

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETÍCIA SZCZEPANSKI

A PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA
BRASILEIRO: SUA EFICIÊNCIA E INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO
EMPRESARIAL DAS COMPANHIAS DO SETOR

CURITIBA
2015

LETÍCIA SZCZEPANSKI

A PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA
BRASILEIRO: SUA EFICIÊNCIA E INFLUÊNCIA NO DESEMPENHO
EMPRESARIAL DAS COMPANHIAS DO SETOR

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Econômico, no Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Guilherme Silva Vieira

CURITIBA
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Szczepanski, Letícia

A pesquisa e o desenvolvimento no setor de energia elétrica brasileiro: sua eficiência e influência no desempenho empresarial das companhias do setor / Letícia Szczepanski. – 2015.

172 f.

Orientador: José Guilherme Silva Vieira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.

Defesa: Curitiba, 2015.

1. Energia elétrica – Pesquisa. 2. Energia elétrica – Aspectos econômicos. 3. Análise de regressão. 4. Energia elétrica - Empresas - Desempenho. I. Vieira, José Guilherme Silva, 1976-. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. III. Título.

CDD 338.476213

TERMO DE APROVAÇÃO

LETICIA SZCZEPANSKI

“A pesquisa e o desenvolvimento no setor de energia elétrica brasileiro: sua eficiência e influência no desempenho empresarial das companhias do setor”

DISSERTAÇÃO APROVADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, PELA SEGUINTE BANCA EXAMINADORA:



**Prof. Dr. José Guilherme Silva Vieira
(Orientador/UFPR)**



**Prof. Dr. Fernando Motta Correia
(Examinador/Externo/UFPR)**



**Profª Drª Carolina Bagattolli
(Examinador/UFPR)**

**NOVEMBRO
2015**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades de crescimento lançadas em minha vida.

Ao meu esposo e minha família, pelo carinho, apoio e compreensão dedicados a mim.

Aos professores do Mestrado Profissional, por contribuírem para minha formação acadêmica e por todo o conhecimento transmitido, o qual permitiu que esse estudo fosse concluído com sucesso.

Aos colegas de turma, pela amizade e apoio ao longo do curso.

RESUMO

A inovação e as atividades de P&D são fundamentais para o crescimento econômico e para o desenvolvimento tecnológico e social. Com o objetivo de incentivar as inovações e atender as demandas tecnológicas em um dos setores mais significativos de infraestrutura do país, o setor elétrico, foi instituído através da Lei nº 9.991/2000 o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica, regulado pela ANEEL, o qual prevê a realização compulsória de investimentos em P&D por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas dos serviços públicos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil. Entretanto, a obrigatoriedade desses investimentos levanta dúvidas sobre a eficiência com a qual os recursos destinados ao programa são aplicados. Dessa forma, o presente estudo buscou avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em termos dos investimentos realizados em P&D, bem como efetuar uma análise complementar para verificar qual a influência desses investimentos no desempenho empresarial dessas companhias. Para atingir tal objetivo, uma amostra de 12 empresas do setor foi analisada no período de 2010 a 2014 por meio dos métodos de Análise Envoltória de Dados e Análise de Regressão, ambas efetuadas através do emprego de indicadores de inovação e de desempenho empresarial. As avaliações de desempenho, efetuadas por meio da Análise Envoltória de Dados, revelaram que a grande maioria das empresas não foi eficiente em transformar os investimentos realizados em P&D nos resultados esperados, medidos pelo volume anual de receita líquida de vendas e pelo número de pedidos de patentes depositados anualmente pelas empresas no INPI. Já as análises de regressão demonstraram que os recursos aplicados em P&D por meio do programa tiveram influência significativa no desempenho empresarial apenas no quesito receita líquida de vendas, não impactando os outros indicadores de *performance* utilizados no estudo (retorno sobre o ativo, retorno sobre o patrimônio líquido e lucro líquido). Para verificar o comportamento entre as variáveis foi inserida a defasagem de um e dois anos entre a efetivação dos dispêndios em P&D e a observação de seus resultados, mas sua inclusão na análise não teve grande relevância, haja vista que os resultados significativos se concentraram nas análises sem defasagem, evidenciando a existência de uma relação mais imediata entre os investimentos em P&D e seus resultados. Assim, as evidências encontradas permitiram concluir que embora seja inegável a relevância do Programa de P&D ao incentivar o desenvolvimento tecnológico e a inovação no setor de energia elétrica brasileiro, seus resultados ainda são inferiores aos esperados.

Palavras-chave: Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor Elétrico, Eficiência, Desempenho empresarial, Análise Envoltória de Dados, Análise de regressão.

ABSTRACT

Innovation and R&D activities are fundamental for economic growth and technological and social development. In order to encourage innovation and meet the technological demands in one of the most significant sectors of the country's infrastructure, the electricity sector, was established by Law 9.991/2000 the Program for Research and Development of Electricity Sector, regulated by ANEEL, which provides for mandatory investments in R & D by the concessionaires, licensees and authorized of electricity generation, transmission and distribution in Brazil. However, the requirement of such investments raises questions about the efficiency with which the resources allocated to the program are applied. Thus, this study aimed to evaluate the efficiency of companies in the electricity sector in terms of investments in R & D, and to make a complementary analysis to check the influence of these investments in the business performance of these companies. To achieve this goal, a sample of 12 companies in the sector was analyzed in the period of 2010 to 2014 through the methods of Data Envelopment Analysis and Regression Analysis, both made by employing innovation and business performance indicators. The performance evaluations, conducted through Data Envelopment Analysis, revealed that the vast majority of companies were not efficient in transforming the investments made in R & D in the expected results, measured by the annual volume of net sales and the number of requests for patents filed annually by companies in INPI. Since the regression analysis showed that the funds invested in R & D through the program had a significant influence on business performance only in the issue net sales, not impacting other performance indicators used in the study (return on asset, return on equity and net profit). To check the behavior of the variables was inserted lag of one to two years between the effectiveness of expenditure on R & D and the observation of their results, but its inclusion in the analysis had little relevance, given that significant results have focused on the analysis without delay, indicating the existence of a more immediate link between R & D and its results. Thus, the evidence found showed that although it is undeniable the importance of R & D program to encourage technological development and innovation in the Brazilian electricity sector, its results are still lower than expected.

Keywords: Research and Development Program of the Electricity Sector, Efficiency, Business Performance, Data Envelopment Analysis, Regression Analysis.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	MODELO LINEAR DE INOVAÇÃO.....	26
FIGURA 2 -	MODELO DE INOVAÇÃO DE LIGAÇÕES EM CADEIA.....	27
FIGURA 3 -	SISTEMA NACIONAL DE INOVAÇÃO.....	29
FIGURA 4 -	ESTRUTURA INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO.....	45
FIGURA 5 -	PROCESSO DE AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE P&D POR PARTE DA ANEEL.....	56
FIGURA 6 -	MODELO DE PESQUISA DO PROCESSO INOVATIVO.....	60
FIGURA 7 -	COMPARAÇÃO ENTRE A DEA E A ANÁLISE DE REGRESSÃO.....	82
FIGURA 8 -	REPRESENTAÇÃO DAS FRONTEIRAS DOS MODELOS CCR E BCC.....	83
FIGURA 9 -	RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: ANÁLISE SEM DEFASAGEM.....	107
FIGURA 10 -	RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE UM ANO NO <i>INPUT</i>	111
FIGURA 11 -	RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE DOIS ANOS NO <i>INPUT</i>	115

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CAPACIDADE INSTALADA – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (MW).....	46
GRÁFICO 2 - INVESTIMENTOS ANUAIS EM P&D DA AMOSTRA ANALISADA: 2010-2014 (EM MIL REAIS).....	102
GRÁFICO 3 - PEDIDOS DE PATENTES DEPOSITADOS NO INPI PELAS EMPRESAS DA AMOSTRA ANALISADA: 2010-2014.....	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 -	DIFERENTES TIPOLOGIAS DA INOVAÇÃO.....	23
QUADRO 2 -	DISTRIBUIÇÃO DOS PERCENTUAIS DE INVESTIMENTO DO PROGRAMA DE P&D DO SETOR ELÉTRICO RELATIVOS A LEI 9.991/2000 E SUAS ALTERAÇÕES.....	49
QUADRO 3 -	TEMAS E SUBTEMAS PRIORIZADOS PELA ANEEL PARA PROJETOS DE P&D.....	52
QUADRO 4 -	PRINCIPAIS RESULTADOS ESPERADOS DE UM PROJETO DE P&D.....	57
QUADRO 5 -	SUMARIZAÇÃO DOS ESTUDOS ACERCA DA UTILIZAÇÃO DA DEA NA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA EM TERMOS DE INOVAÇÃO/ATIVIDADES INOVATIVAS.....	70
QUADRO 6 -	RELAÇÃO DOS INDICADORES MAIS EMPREGADOS EM ANÁLISES DE INFLUÊNCIA DA INOVAÇÃO NO DESEMPENHO EMPRESARIAL.....	76
QUADRO 7 -	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO CCR CONSIDERANDO A MODELAGEM PRIMAL.....	86
QUADRO 8 -	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO BCC CONSIDERANDO A MODELAGEM PRIMAL.....	86
QUADRO 9 -	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO CCR CONSIDERANDO A MODELAGEM DUAL.....	87
QUADRO 10 -	FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO MODELO BCC CONSIDERANDO A MODELAGEM DUAL.....	88
QUADRO 11 -	PROPRIEDADES DAS MODELAGENS DOS MODELOS DEA CCR E BCC.....	88
QUADRO 12 -	AVALIAÇÕES DE DESEMPENHO REALIZADAS.....	91
QUADRO 13 -	ANÁLISES DE REGRESSÃO LINEAR SIMPLES REALIZADAS.....	93
QUADRO 14 -	EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO PERTENCENTES A AMOSTRA ANALISADA.....	101

QUADRO 15 -	ACRÉSCIMOS NOS <i>OUTPUTS</i> NECESSÁRIOS PARA QUE AS EMPRESAS INEFICIENTES SE TORNASSEM EFICIENTES: ANÁLISE SEM DEFASAGEM.....	109
QUADRO 16 -	RESULTADO DA ANÁLISE DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA, TÉCNICA E DE ESCALA: ANÁLISE SEM DEFASAGEM.....	109
QUADRO 17 -	ACRÉSCIMOS NOS <i>OUTPUTS</i> NECESSÁRIOS PARA QUE AS EMPRESAS INEFICIENTES SE TORNASSEM EFICIENTES: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE UM ANO NO <i>INPUT</i>	113
QUADRO 18 -	RESULTADO DA ANÁLISE DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA, TÉCNICA E DE ESCALA: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE UM ANO NO <i>INPUT</i>	113
QUADRO 19 -	ACRÉSCIMOS NOS <i>OUTPUTS</i> NECESSÁRIOS PARA QUE AS EMPRESAS INEFICIENTES SE TORNASSEM EFICIENTES: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE DOIS ANOS NO <i>INPUT</i>	116
QUADRO 20 -	RESULTADO DA ANÁLISE DOS INDICADORES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA, TÉCNICA E DE ESCALA: ANÁLISE COM DEFASAGEM DE DOIS ANOS NO <i>INPUT</i>	116

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	MAIORES PLANTAS HIDROELÉTRICAS NO BRASIL ENTRE OS ANOS DE 1889 E 1930.....	38
TABELA 2 -	INVESTIMENTOS EM P&D DA AMOSTRA ANALISADA: 2010-2014.....	102
TABELA 3 -	DADOS FINANCEIROS DAS EMPRESAS ANALISADAS: 2010-2014.....	104
TABELA 4 -	EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA, MÍNIMA E MÁXIMA DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO SEM DEFASAGEM.....	107
TABELA 5 -	EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA, MÍNIMA E MÁXIMA DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO COM DEFASAGEM DE UM ANO NO <i>INPUT</i>	111
TABELA 6 -	EFICIÊNCIA TÉCNICA MÉDIA, MÍNIMA E MÁXIMA DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO COM DEFASAGEM DE DOIS ANOS NO <i>INPUT</i>	115

LISTA DE SIGLAS

AMFORP	<i>American Foreign & Power Co</i>
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BCC	Banker, Cooper e Charnes
BIRD	Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BRICS	Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CBEE	Companhia Brasileira de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CMBEU	Comissão Mista Brasil – Estados Unidos para o Desenv. Econômico
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DMU	<i>Decision Making Units</i>
EBITDA	<i>Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization</i>
EMAE	Empresa Metropolitana de Águas e Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas
EXIMBANK	Banco de Exportação e Importação
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
KW	<i>Kilowatts</i>
LL	Lucro Líquido
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MP	Medida Provisória
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
MW	<i>Megawatts</i>
NOS	Operador Nacional do Sistema
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PINTEC	Pesquisa de Inovação
PME	Pequena e Média Empresa
RLV	Receita Líquida de Vendas
ROA	Retorno sobre o Ativo
ROE	Retorno sobre o Patrimônio Líquido
ROL	Receita Operacional Líquida
SDE/MJ	Secretaria de Direito Econômico/ Ministério da Justiça
SEAE	Secretaria de Acompanhamento Econômico
SNRH	Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i>
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 A INOVAÇÃO	17
2.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS	17
2.2 TIPOS DE INOVAÇÃO	19
2.3 GRAU DE NOVIDADE E IMPACTO DAS INOVAÇÕES	21
2.4 MODELOS DE INOVAÇÃO	24
2.5 A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE P&D E DA INOVAÇÃO	30
3 O SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	36
3.1 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO EM PERSPECTIVA HISTÓRICA	36
3.2 A PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA	47
4 MENSURAÇÃO DA INOVAÇÃO	59
4.1 INDICADORES DE INOVAÇÃO E DE DESEMPENHO EMPRESARIAL	59
4.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	64
4.3 TÉCNICAS ESTATÍSTICAS E ECONOMETRICAS	72
5 METODOLOGIA	78
5.1 BASE DE DADOS	78
5.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	79
5.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO	91
5.3.1 Qualidade do ajustamento	96
5.3.2 Normalidade dos resíduos	96
5.3.3 Heterocedasticidade	97
5.3.4 Autocorrelação	97
5.3.5 Multicolinearidade	98
5.3.6 Especificação correta do modelo	98
5.3.7 Testes de hipótese	99
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	100
6.1 VISÃO GERAL DAS EMPRESAS ANALISADAS	100
6.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	105
6.2.1 Análise sem defasagem	105
6.2.2 Análise com defasagem de um ano no <i>input</i>	110

6.2.3 Análise com defasagem de dois anos no <i>input</i>	114
6.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO	117
6.3.1 Análise sem defasagem.....	117
6.3.2 Análise com defasagem de um ano no <i>input</i>	119
6.3.3 Análise com defasagem de dois anos no <i>input</i>	121
6.4 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS	122
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
APÊNDICES	146

1 INTRODUÇÃO

A importância da inovação na estratégia empresarial encontra-se consolidada na literatura, evidenciando a existência de uma relação positiva entre inovação, desempenho empresarial, e desenvolvimento tecnológico, econômico e social. A pesquisa e o desenvolvimento (P&D) exercem um papel essencial nesse contexto, já que são responsáveis pela geração de conhecimento e pela criação de novos produtos, processos e serviços.

A preocupação do governo em realizar políticas de incentivo às atividades de P&D reflete a relevância crescente da inovação como um elemento estratégico determinante da competitividade. Sua atuação busca incentivar a criação de uma cultura de inovação dentro das empresas, o que propicia o surgimento de um ambiente inovativo mais homogêneo, auxiliando no processo de independência nacional em termos tecnológicos e proporcionando o desenvolvimento e o crescimento econômico.

Com essa preocupação em mente, o governo regulamentou no ano 2000 um programa de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento em um dos setores mais relevantes de infraestrutura do país, o setor de energia elétrica, o qual exerce um papel de destaque como prestador de serviços essenciais à sociedade. A Lei nº 9.991/2000 criou o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica, regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o objetivo de estimular as inovações e fazer frente aos desafios tecnológicos do setor.

O programa prevê a realização compulsória de um percentual mínimo de investimentos em pesquisa e desenvolvimento por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas dos serviços públicos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil. Até 2013 a ANEEL aprovou 6.629 projetos e foram investidos R\$ 4,54 bilhões em pesquisa e desenvolvimento por meio do programa, evidenciando sua relevância em estimular e impulsionar o desenvolvimento tecnológico no setor com o objetivo de melhorar a eficiência e a qualidade dos serviços prestados e fortalecer as atividades inovativas nessa esfera.

Entretanto, o caráter compulsório desses investimentos faz surgir dúvidas sobre a eficiência com a qual os recursos destinados ao programa estão sendo aplicados. Sendo assim, considerando a relevância tanto do setor de energia elétrica

quanto dos investimentos em P&D para a *performance* e a competitividade das empresas e da economia como um todo, o presente estudo objetiva avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em termos dos investimentos realizados em P&D, bem como efetuar uma análise complementar para verificar qual a influência desses investimentos no desempenho empresarial dessas companhias.

O estudo encontra-se dividido em sete capítulos. O presente **capítulo 1** - Introdução - contextualiza o estudo realizado, traça o objetivo e define a estrutura do texto. O **capítulo 2** traz os aspectos conceituais e as características gerais da inovação, além de abordar questões como os tipos e o grau de novidade e impacto das inovações, os modelos de inovação de maior destaque e a importância das atividades de P&D e das inovações. O **capítulo 3** expõe o setor de energia elétrica em perspectiva histórica e a pesquisa e o desenvolvimento no setor. O **capítulo 4** apresenta uma revisão de literatura acerca da mensuração da inovação a partir da utilização de dois métodos: a avaliação de desempenho, efetuada por meio da Análise Envoltória de Dados, e a utilização de técnicas estatísticas e econométricas, com ênfase para a análise de regressão, ambas efetuadas por meio do emprego de indicadores de inovação e de desempenho empresarial, os quais também são apresentados nesse capítulo. O **capítulo 5** expõe a metodologia empregada, determina a base de dados a ser analisada, apresenta os conceitos teóricos e os procedimentos metodológicos adotados para a realização da avaliação de desempenho e da análise de regressão. O **capítulo 6** apresenta os resultados encontrados, os quais são apresentados detalhadamente e também em uma visão geral. Na sequência, são expostas no **capítulo 7** as considerações finais sobre o estudo realizado e as sugestões para futuras pesquisas. Ao final do trabalho ainda se encontram os Apêndices 1 e 2, relacionados à avaliação de desempenho e às análises de regressão, respectivamente.

2 A INOVAÇÃO

Schumpeter foi um dos precursores da linha de pensamento que defende a inovação como um elemento chave para a eficiência, o desenvolvimento e o crescimento das empresas e da economia como um todo. Embora seus discursos sobre inovação tenham sido elaborados há décadas atrás, eles continuam incrivelmente aplicáveis aos dias atuais, inspirando diversos outros autores ao longo dos anos a aprofundar seus conhecimentos sobre a inovação como propulsora do desenvolvimento econômico. Neste capítulo serão apresentados os aspectos conceituais e as características gerais da inovação, seus tipos, grau de novidade e impacto, os modelos de inovação de maior destaque e a importância das atividades de P&D e das inovações.

2.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Para Schumpeter (1964/1997) novas combinações de forças e materiais dão origem a novos produtos e meios de produção. Assim, as inovações (ou “novas combinações”) podem ser entendidas como a introdução de um novo produto/serviço ou técnica de produção, a abertura de um novo mercado, a adoção de uma nova fonte de insumos ou ainda de uma nova forma de organização.

Dosi (1988b, p. 222) define a inovação como sendo “a busca, descoberta, experimentação, desenvolvimento, imitação e adoção de novos produtos, novos processos de produção e novas estruturas organizacionais.” Para Perez (1985) a inovação consiste na aplicação e difusão de técnicas específicas na esfera produtiva e é determinada por fatores sociais e de lucratividade. Tidd e Bessant (2015, p. 4) afirmam que “a inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito das mesmas”.

Kline e Rosemberg (1986) enfatizam que a inovação, além de ser definida como um novo produto, também pode se referir a um novo processo de produção; a substituição de um componente novo e mais barato num produto já existente; a reorganização da produção, funções internas ou arranjos de distribuição com o intuito

de aumentar a eficiência, melhorar o suporte ou diminuir custos; ou ainda a um aperfeiçoamento de instrumentos e métodos utilizados no processo inovativo.

Já a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE (1997, p.55) segue uma definição mais geral de inovação:

Uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de *marketing*, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Schumpeter (1961) considera as “novas combinações” ou inovações como sendo as propulsoras do desenvolvimento. Destaca que as inovações são responsáveis pelo crescimento e pela dinâmica capitalista, através do processo de “destruição criadora”, possibilitando que as empresas se mantenham operando de modo eficiente. O autor ilustra a revolução contínua da estrutura econômica, que destrói o antigo e cria o novo, incessantemente, com os exemplos da abertura de novos mercados e da passagem da produção artesanal para a produção em larga escala em grandes firmas.

Para Schumpeter (1964/1997) a necessidade por novos bens e serviços não surge espontaneamente nos consumidores e apenas posteriormente é atendida pelos empresários. Mas, ao contrário disso, é a figura do empresário a responsável pela criação das inovações e também por moldar o comportamento e o hábito dos consumidores e instigar seu desejo pelos novos produtos e serviços desenvolvidos. Penrose (2006) destaca a existência de empresários do tipo “produtivistas”, “em formação” ou “construtores de ativos”, os quais visam a melhoria da qualidade de seus produtos, a redução de custos, o desenvolvimento de novas tecnologias e a atuação em novos mercados por meio da introdução de novos produtos e serviços capazes de proporcionar vantagens produtivas e distributivas.

Carlsson e Stankiewicz (1991) também evidenciam o papel crucial do empresariado no processo inovativo através de seu conceito de competência econômica da empresa, a qual pode ser definida como o conjunto de habilidades capazes gerar e tirar vantagem de oportunidades de negócios. Ela inclui habilidades em todas as áreas de atividade, definidas por função - como produção, engenharia, *marketing*, atividades de pesquisa e desenvolvimento - produto ou mercado. Além disso, a competência econômica engloba a capacidade de perceber, interpretar e se

adaptar a mudanças no ambiente econômico, bem como o aprendizado contínuo, a coordenação de atividades, a razoabilidade ao assumir riscos e a habilidade de compreender os limites da própria empresa e das demais.

Com relação às características da inovação, Dosi (1988b) relacionou os seguintes fatos estilizados:

- a) Incerteza: não se refere a simples falta de informações, mas a existência de problemas tecno-econômicos, cujo processo de solução é desconhecido, e a impossibilidade de conhecer precisamente as consequências de cada ação;
- b) Dependência crescente de novas oportunidades tecnológicas e de avanços científicos;
- c) Complexidade crescente das atividades de pesquisa e desenvolvimento: torna as atividades mais organizadas formalmente (laboratórios de P&D privados e públicos, universidades, entre outros);
- d) Crescente papel da experimentação (*learning by doing e by using*);
- e) Caráter cumulativo das atividades inovativas.

Como resultado das características citadas acima, a inovação tende a ser um processo interativo entre diversos agentes, às vezes envolvendo consumidores e empresários, acordos de cooperação entre empresas distintas e até mesmo organização em forma de redes. Assim, o processo inovativo é altamente influenciado pela estrutura organizacional e institucional que o cerca. (Carlsson e Stankiewicz, 1991).

2.2 TIPOS DE INOVAÇÃO

Devido ao fato de as inovações compreenderem diferentes áreas de conhecimento, surge a necessidade de fixar critérios para classificá-las em diferentes tipos, de acordo com seu objeto. (Tidd, Bessant e Pavitt¹, 1997 *apud* Almeida, 2010).

¹ TIDD, J.; BESSANT, J. e PAVITT, K. Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change, 3 ed, 1997.

Schumpeter (1964/1997) classifica as inovações em:

- a) Introdução de um novo bem: Se refere a inserção no mercado de um produto/serviço novo para os consumidores, ou ainda de um produto/serviço com nova qualidade;
- b) Introdução de um novo método de produção: Diz respeito a introdução de um novo método para a indústria, baseado numa descoberta científica que pode, inclusive, implicar num novo manejo comercial de um bem;
- c) Abertura de um novo mercado: Se refere a entrada de uma empresa em um novo mercado para ela;
- d) Conquista de uma nova fonte de insumos: Relacionado à conquista por parte de uma empresa de uma nova fonte de matéria-prima;
- e) Adoção de uma nova forma de organização: Trata-se, por exemplo, da criação de uma posição de monopólio.

Já Francis e Bessant² (2005, *apud* Tidd, Bessant e Pavitt, 2008) classificam as inovações em quatro amplas categorias, de acordo com os “4 Ps” da inovação:

- a) Inovação de produto: mudanças nos produtos/serviços ofertados;
- b) Inovação de processo: mudanças nas formas como os produtos/serviços são desenvolvidos e apresentados aos clientes;
- c) Inovação de posição: mudança no contexto em que os produtos/serviços são inseridos no mercado;
- d) Inovação de paradigma: mudanças nos fundamentos que orientam as atividades da empresa.

Numa visão mais geral, a OCDE (1997, p. 57-61) apresenta no Manual de Oslo, o qual é utilizado como diretriz para gerenciar o ambiente inovativo, além da inovação de produto e processo, as inovações de *marketing* e organizacional:

- a) Inovação de produto: “É a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos.” Engloba o aperfeiçoamento de componentes, *softwares* e materiais incorporados;
- b) Inovação de processo: “É a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou *softwares*”;

² FRANCIS, D. e J. BESSANT. Targeting innovation and implications for capability development. *Technovation*, 25 (3): 171-183, 2005.

- c) Inovação de *marketing*: “É a implementação de um novo método de *marketing* com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços”;
- d) Inovação organizacional: “É a implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas”.

2.3 GRAU DE NOVIDADE E IMPACTO DAS INOVAÇÕES

Garcia e Calantone (2002) enfatizam que tem sido provado teórica e empiricamente que o grau de novidade e a descontinuidade gerada pelos bens com alto grau de inovação são importantes no processo de desenvolvimento de novos produtos.

De acordo com a OCDE (1997), com relação ao grau de novidade, as inovações podem ser classificadas em:

- a) Nova para a empresa: trata-se de uma técnica de produção, processamento, *marketing* ou um método organizacional que é novo para a empresa, englobando, inclusive, os casos de produtos e processos significativamente melhorados;
- b) Nova para o mercado/ mundo: se referem às empresas pioneiras no desenvolvimento de determinadas inovações e à adoção dessas inovações por outras empresas.

Para Garcia e Calantone (2002), as inovações que são novas para a empresa (ou ainda para seus clientes) são consideradas como pertencentes a uma perspectiva micro, cujo grau de inovação irá depender das competências e habilidades da empresa e das características de seus clientes. Já as inovações que são novas para o mercado ou para o mundo pertencem a uma perspectiva macro, na qual o grau de inovação é avaliado com base em fatores exógenos a empresa, como familiaridade da inovação com o mercado/mundo ou o surgimento de concorrentes em decorrência da introdução dessas inovações.

Já com relação ao impacto causado pelas inovações, Dosi (1982) afirma que a mudança técnica do processo de inovação pode ser classificada em a) incremental,

que se refere ao progresso técnico normal, isto é, ao processo de continuidade da tecnologia ou b) radical, que diz respeito ao surgimento de novos paradigmas, ou seja, reflete um processo de descontinuidade da tecnologia.

Para a OCDE (1997) a inovação radical ou disruptiva pode ser definida como aquela que impacta significativamente um mercado e as operações econômicas das demais empresas pertencentes a esse mercado. Tidd, Bessant e Pavitt (2008) destacam que a inovação radical se trata de “algo completamente novo ou uma resposta a condições profundamente alteradas”.

No que diz respeito à inovação incremental, Tidd, Bessant e Pavitt (2008) ressaltam sua importância, enfatizando que ela é responsável por conduzir à elevação dos níveis de qualidade e produtividade ao longo do tempo. Davilla, Epstein e Shelton (2007) destacam que as inovações incrementais buscam extrair o potencial máximo dos produtos existentes, dispensando modificações significativas e altos investimentos. Além disso, a melhoria contínua de componentes, por exemplo, pode trazer vantagens significantes na ampliação da linha de produtos que é composta pela mesma plataforma básica, possibilitando que a empresa atue, inclusive, em diferentes mercados. (Tidd, Bessant e Pavitt, 2008).

Há outros autores, como Henderson e Clark (1990), que defendem que a classificação das inovações apenas em incrementais ou radicais é incompleta e não leva em consideração as melhorias tecnológicas aparentemente menores que são realizadas em produtos e serviços. Os autores, então, propõem uma classificação das inovações em a) modular e b) arquitetural, além da classificação já existente de c) radical e d) incremental. A inovação modular seria aquela em que o *design* do conceito central é alterado, mas a arquitetura do produto é mantida, enquanto que a inovação arquitetural altera a arquitetura do produto, mas preserva os componentes e o *design* do conceito central que o produto incorpora.

Para Freeman (1998), há imensas dificuldades em se definir e classificar as inovações de acordo com suas características e grau de inovação, como demonstra o sistema de patentes. Para ele, as inovações podem ser classificadas em cinco escalas: a) sistemática; b) maior; c) menor; d) incremental e e) sem registro. Contudo, o autor destaca que a literatura mais comumente aborda somente duas classificações, a incremental e a radical.

Garcia e Calantone (2002) relacionaram as diferentes classificações presentes na literatura, as quais encontram-se sintetizadas no Quadro 1:

Nº de classificações	Classificações	Autores
Duas	radical, incremental	Balachandra e Friar (1997); Freeman (1994); Atuahene-Gima (1995); Kessler e Chakrabarti (1991); Lee (1994); Schumpeter (1934); Stobaugh (1988)
	contínua, descontínua	Anderson e Tushman (1990); Robertson (1967)
	realmente nova, incremental	Schmidt e Calantone (1998); Song e Montoya-Weiss (1998)
	instrumental, final	Grossman (1970)
	variação, reorientação	Normann (1971)
	verdadeira, adoção	Maidique e Zirguer (1984)
	original, reformulada	Yoon e Lilien (1985)
	inovação, reinovação	Rothwell e Gardiner (1988)
	radical, rotineira	Meyers e Tucker (1989)
	evolucionária, revolucionária	Utterback (1996)
	sustentável, disruptiva	Christensen (1997)
	ruptura, incremental	Rice <i>et al.</i> (1998)
Três	baixo, moderado e alto grau de inovação	Kleinschmidt e Cooper (1991)
	incremental, nova geração e realmente novo	Wheelwright e Clark (1992)
Quatro	nicho criativo, arquitetural, regular e revolucionária	Abernathy e Clark (1985)
	incremental, modular, arquitetural, radical	Henderson e Clark (1990)
	incremental, mercadologicamente evolucionária, tecnologicamente evolucionária e radical	Moriarty e Kosnik (1990)
	incremental, ruptura mercadológica, ruptura tecnológica, radical	Chandy e Tellis (2000)
	incremental, arquitetural, fusão e ruptura	Tidd (1995)
Cinco	sistemática, maior, menor, incremental, sem registro	Freeman (1994)
Oito	reformulada, novas partes, remerchandising, novos melhoramentos, novos produtos, novo produto, novo usuário, novo mercado, novos compradores	Johnson e Jones (1957)

Quadro 1: Diferentes tipologias da inovação
Fonte: Adaptado de Garcia e Calantone (2002, p. 117).

2.4 MODELOS DE INOVAÇÃO

Os modelos de inovação têm como objetivo representar a interação, colaboração e difusão entre os diversos atores envolvidos no processo inovativo. (Almeida, 2010). Tidd (2006) destaca que compreender a inovação como um processo é importante porque essa compreensão é capaz de guiar a maneira pela qual a inovação é gerenciada. Entretanto, a complexidade, intensidade e a quantidade de processos e conexões entre os diferentes agentes envolvidos no processo inovativo levantam barreiras significativas à construção de modelos compactos que sejam capazes de dar uma visão geral sobre a inovação e identificar os nexos causais entre ciência, tecnologia, economia e sociedade. (Conde e Araujo-Jorge, 2003).

O uso de modelos para a análise de ciência e tecnologia remonta da década de 1945, período em que foi difundido o conceito do modelo linear de inovação. (Conde e Araujo-Jorge, 2003). Mais tarde, na década de 1980, Kline e Rosemberg (1986) apresentaram um modelo alternativo ao linear, o qual chamaram de modelo de ligações em cadeia. Para Rothweel (1994) existem cinco modelos de inovação: a) modelo linear com a tecnologia puxada pelo mercado/procura (*market/demand pull*); b) modelo linear com a tecnologia empurrada pela descoberta científica (*technology push*); c) modelo com a teoria interligada e acoplada com a inovação; d) modelo integrado com a formação de alianças e interações no processo de inovação e e) modelo com sistemas de integração e redes no processo inovativo. Em 1987, Freeman introduziu o modelo de sistemas de inovação, o qual é objeto de estudo de diversos trabalhos recentes sobre inovação.

A seguir, encontram-se detalhados os modelos de inovação de maior destaque: a) modelo linear de inovação; b) modelo de ligações em cadeia; e c) sistemas de inovação.

a) Modelo linear de inovação

A mudança técnica é compreendida como fases sequenciais, nas quais a pesquisa científica gera conhecimentos que conduzem a processos de invenção, com posterior realização de atividades de pesquisa aplicada e desenvolvimento

tecnológico, responsável pela introdução de novos produtos e processos comercializáveis na fase final do modelo. (Conde e Araujo-Jorge, 2003).

Bush (1945) deixa evidente a visão linear do processo de inovação quando ressalta que:

A pesquisa básica é realizada sem o pensamento de encontrar fins práticos. Isso resulta em conhecimentos gerais e na compreensão da natureza e suas leis. Este conhecimento geral fornece os meios de responder a um grande número de problemas práticos importantes, embora não possa dar uma resposta completa específica para qualquer um deles. A função da pesquisa aplicada é fornecer tais respostas completas. [...] Novos produtos e novos processos não surgem completamente desenvolvidos. Eles se baseiam em novos princípios e novas concepções, que por sua vez são meticulosamente desenvolvidas pela pesquisa nos reinos mais puros da ciência.

A direção em que o processo de inovação se dá pode ser explicado por duas teorias: a) *market pull ou demand pull* (mudança técnica “puxada” pelo mercado/procura e b) *technology push* (mudança técnica empurrada pela descoberta científica). No caso da mudança técnica puxada pelo mercado, as forças de mercado são os principais determinantes da mudança técnica, ou seja, as variações nas quantidades demandadas e os preços relativos seriam responsáveis por “puxar” a atividade de inovação para uma determinada direção. (Dosi,1982). A demanda e o mercado são, então, os fatores que influenciam a direção e a velocidade da mudança técnica, indicando em que ponto da fronteira de possibilidades técnicas os investimentos em inovação deveriam ser realizados. (Conde e Araujo-Jorge, 2003). Entretanto, Dosi (1982) destaca que essa teoria falha ao explicar o tempo das inovações e a descontinuidade de seus padrões, além de desconsiderar a complexidade e a incerteza envolvidas no processo inovativo.

Já no caso da mudança técnica empurrada pela descoberta científica, a teoria não admite que mudanças econômicas relativas à demanda e aos preços relativos afetem a inovação, muito menos a direção do progresso técnico. Aqui, a ciência é considerada exógena e neutra na interação com a tecnologia e a economia, pois o processo de desenvolvimento científico é visto como um processo que resulta invariavelmente numa determinada tecnologia. (Dosi,1982).

Ambas as teorias se acomodam aos moldes do modelo linear de inovação, apesar de se diferenciarem quanto aos seus estágios e ordem sequencial, desprezando a importância das interações entre os diferentes agentes no processo inovativo. (Almeida, 2010). Dosi (1982) e Freeman (2010) compartilham da visão de

que ambas as teorias consideradas separadamente são ineficientes ao explicar a direção e a velocidade do avanço tecnológico.

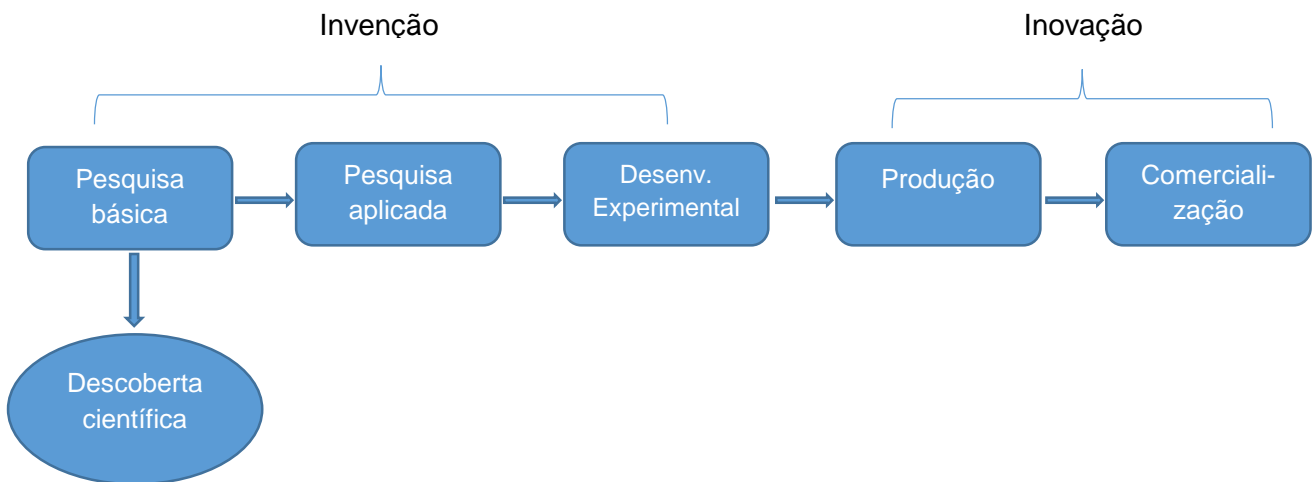


Figura 1: Modelo Linear de Inovação
 Fonte: Marques e Abrunhosa (2005, p.14)

b) Modelo de ligações em cadeia

“O processo de inovação deve ser visto como uma série de mudanças num sistema completo, não apenas de equipamentos, mas também do ambiente de mercado, facilidades de produção e conhecimento, e no contexto social da organização inovativa.” (Kline e Rosenberg, 1986, p. 275).

O modelo de ligações em cadeia trata-se de um modelo interativo do processo de inovação que combina as interações interiores às empresas e aquelas que são realizadas entre empresas distintas, além de considerar também o *link* com o sistema de ciência e tecnologia em que elas atuam. (Conde e Araujo-Jorge, 2003).

Nesse modelo, o processo de inovação é resultado da interação simultânea de conhecimento com três funções internas: pesquisa e desenvolvimento, produção e *marketing*. Esta cadeia de inter-relações apresenta diversos *feedbacks* entre as distintas fases de desenvolvimento do produto e das fontes de conhecimento externas à firma. Os *feedbacks* conectam os usuários e as demandas percebidas no mercado aos potenciais melhoramentos em produtos e serviços a serem realizados numa fase posterior de desenvolvimento no processo inovativo. (Kline e Rosenberg, 1986).

Após a publicação do trabalho de Kline e Rosenberg, o modelo linear de inovação restou superado (Conde e Araujo-Jorge, 2003), já que o modelo de ligações em cadeia apresentava-se como uma alternativa muito mais realista do processo de inovação ao considerar certo grau de interação entre os elementos envolvidos no processo inovativo.

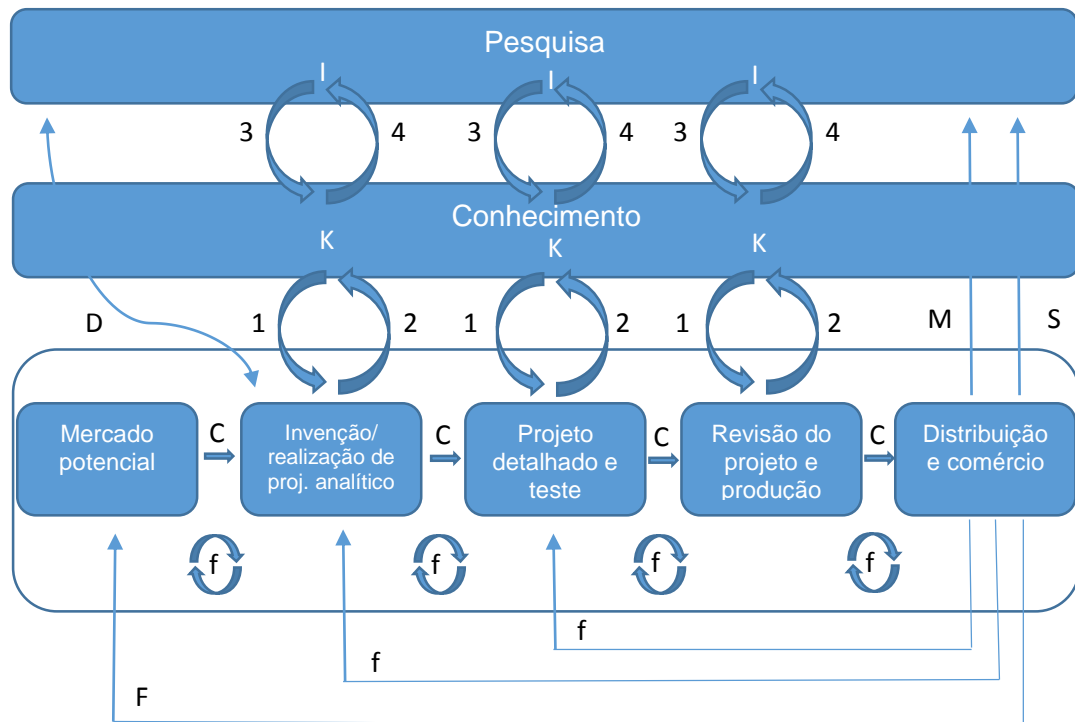


Figura 2: Modelo de Inovação de Ligações em Cadeia

Fonte: Kline e Rosenberg (1986, p. 290)

Legenda: C = cadeia central de inovação, f = efeitos de feedback entre fase contíguas; F = efeito particularmente importante de feedback entre necessidades do mercado e utilizadores as fases a montante do processo de inovação; D = ligação direta entre a pesquisa e a fase inicial da invenção/realização do projeto analítico; M = apoio a pesquisa científica proveniente de instrumentos, máquinas e procedimentos da tecnologia; S = apoio à pesquisa científica através programas públicos de pesquisa que pretendem responder as necessidades da sociedade/mercado; K – I = ligações entre conhecimento (K) e pesquisa (I) nos dois sentidos.

c) Sistemas de inovação

A abordagem de sistemas para a inovação muda o foco de política em direção a uma ênfase na interação das instituições e nos processos interativos no trabalho de criação de conhecimento e em sua difusão e aplicação. (OCDE, 1997).

Segundo Freeman³ (1987 *apud* Carlsson e Stankiewicz, 1991), um sistema de inovação pode ser definido como uma rede de instituições, públicas ou privadas, cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias. Quanto ao seu âmbito, os sistemas de inovação podem ser nacionais (Lundvall, 2010), regionais (Evangelista *et al.*, 2002), setoriais (Malerba, 2002) ou locais (Guia *et al.*, 2006):

- Sistema Nacional de Inovação: Para Lundvall (2010) um sistema nacional de inovação é constituído por elementos e relações localizados dentro das fronteiras de um país que interagem com a produção, difusão e uso de conhecimentos novos e com aplicação econômica.
- Sistema Regional de Inovação: “Pode ser definido como uma rede localizada de atores e instituições nos setores público e privado, cujas atividades e interações geram, importam, modificam e difundem novas tecnologias”. (Evangelista *et al.*, 2002, p. 174).
- Sistema Setorial de Inovação: É um conjunto de agentes que realizam interações mercadológicas e não mercadológicas com o objetivo de criar, produzir e comercializar produtos para um setor específico, gerando e utilizando tecnologia. (Malerba, 2002).
- Sistema Local de Inovação: É constituído por uma rede de agentes locais que interagem entre si. Os atores participam em conjunto e mais ativamente do processo de tomada de decisão envolvendo assuntos locais, tornando mais fácil a implementação de inovações. (Guia *et al.*, 2006).

Marques e Abrunhosa (2005) observam que a literatura sobre sistemas de inovação destaca três características da inovação: a) interdependência; b) caráter sistêmico da inovação; e c) estrutura produtiva da economia:

- a) Interdependência: muitas vezes o ambiente inovativo é complexo e exige que as empresas cooperem com outros agentes, como fornecedores, instituições de pesquisa, financiadores e outras empresas, entre outros, com o intuito de obter e desenvolver as competências e o conhecimento necessário para desenvolver novos produtos/técnicas de produção;

³ FREEMAN, C. Technology policy and economic performance. Pinter Publishers, London, 1987.

- b) Caráter sistêmico da inovação: a inovação não é um processo linear, mas sim um processo interativo que demanda a inter-relação entre diversos agentes e leva em consideração o ambiente institucional, isto é, a cultura e a história de países e locais de produção influenciando o processo inovativo;
- c) Estrutura produtiva da economia: a estrutura produtiva reflete a cumulatividade dos processos de aprendizagem e condiciona o que é produzido e as vantagens competitivas do sistema, determinando, dessa forma, o caminho que o processo inovativo irá percorrer no futuro.

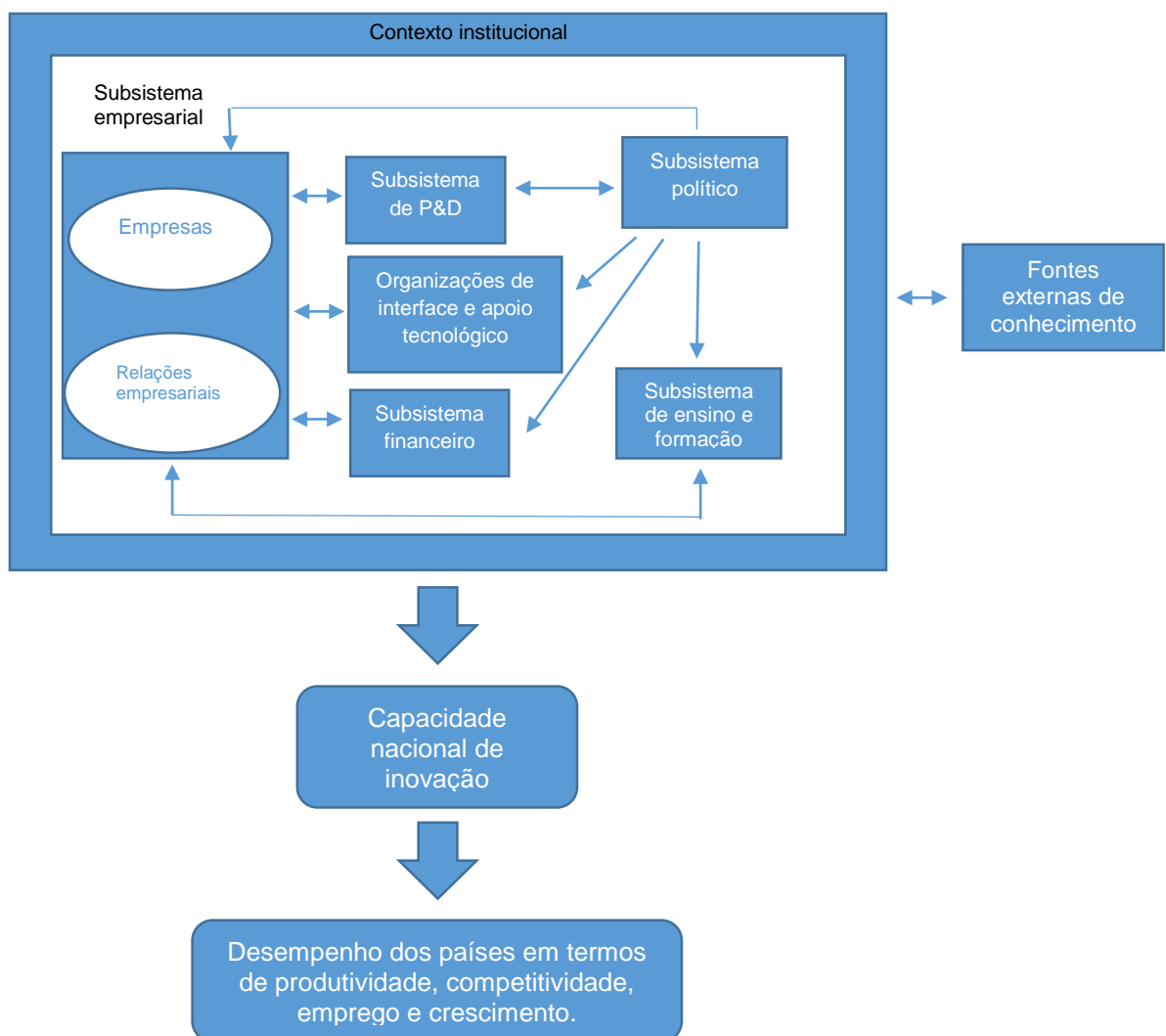


Figura 3: Sistema Nacional de Inovação

Fonte: Adaptado de OCDE⁴ (1999a *apud* Marques e Abrunhosa, 2005, p. 24) e Salavisa⁵ (2001 *apud* Marques e Abrunhosa, 2005, p. 24)

⁴ OECD. Managing National Innovation Systems, Paris: OECD, 1999a.

⁵ SALAVISA LANÇA, I. Mudança Tecnológica e Economia: Crescimento, Competitividade e Indústria Portuguesa, Oeiras: Celta, 2001.

2.5 A IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES DE P&D E DA INOVAÇÃO

As atividades de inovação tecnológica compreendem o conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais, incluindo o investimento em novos conhecimentos, que desenvolvem ou são realizadas com o objetivo de desenvolver produtos e processos tecnologicamente novos e aperfeiçoados. A pesquisa e o desenvolvimento é apenas uma dessas atividades e pode integrar diferentes estágios do processo de inovação, fornecendo ideias inventivas e soluções para os problemas que possam surgir durante o andamento de todo o processo inovativo. (OCDE, 2002).

Segundo a definição da OCDE (2002, p. 38),

A pesquisa e o desenvolvimento incluem o trabalho criativo empregado de forma sistemática, com o objetivo de aumentar o volume de conhecimentos, abrangendo o conhecimento do homem, da cultura e da sociedade, bem como a utilização desses conhecimentos para novas aplicações.

O Manual de Oslo ainda acrescenta que as atividades de P&D incluem a P&D intramuros e extramuros. A P&D intramuros compreende toda a P&D desenvolvida dentro da empresa, incluindo a que é realizada com vistas a contribuir para o desenvolvimento e a implementação de inovações, sejam elas de produto, de processo, de *marketing* ou organizacional, assim como a pesquisa básica que não está relacionada diretamente com uma inovação em particular. Já a P&D extramuros compreende a aquisição de serviços de P&D, inclusive os oriundos de multinacionais com sede no exterior. (OCDE, 1997).

Segundo o Manual de Frascati (OCDE, 2002), a P&D envolve três atividades:

- a) Pesquisa básica: consiste em estudos experimentais ou teóricos desenvolvidos com o objetivo de adquirir novos conhecimentos sobre os fundamentos de fenômenos e fatos observáveis, desconsiderando uma aplicação ou uso específico;
- b) Pesquisa aplicada: também objetiva a aquisição de novos conhecimentos, mas possui um objetivo prático determinado;
- c) Desenvolvimento experimental: refere-se a trabalhos sistemáticos baseados no conhecimento adquirido através de pesquisa ou experiência prática e são

voltados à produção de novos materiais, produtos ou dispositivos, à implementação de novos processos, sistemas e serviços ou para aperfeiçoar os já existentes.

As pesquisas industriais realizadas para estudar a fundo as propriedades dos materiais e das máquinas com o intuito de melhorar/criar produtos e processos produtivos tem existido de alguma forma em todos os lugares onde houve industrialização, entretanto, o desenvolvimento amplo e sistemático dos laboratórios de pesquisa é muito mais recente. (Penrose, 2006). Embora já existissem antes laboratórios de P&D de universidades e do governo, foi a partir da década de 1870 que os primeiros laboratórios especializados em P&D foram estabelecidos na indústria. (Freeman e Soete, 1997). A profissionalização das atividades de P&D para Freeman e Soete (1997) está associada com três mudanças principais: a) a crescente dimensão científica da tecnologia; b) a crescente complexidade da tecnologia e a substituição parcial dos sistemas de produção “por unidades” pelos sistemas de produção contínua e em massa; e c) a tendência geral em direção à divisão do trabalho, que permitiu que os grandes laboratórios de P&D possuíssem profissionais altamente qualificados.

Sbragia (1987) afirma que com o intuito de auxiliar no desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias que possibilitem às empresas sobreviver e crescer dentro do mercado competitivo, as mesmas passaram a investir em subsistemas internos de pesquisa e desenvolvimento, dentre os quais estão laboratórios e departamentos de P&D, centros de tecnologia e grupos de desenvolvimento de produtos e de engenharia, além de unidades informais presentes dentro da empresa na forma de “capacidades tecnológicas embutidas” – habilidades individuais e organizacionais relevantes para o processo de inovação tecnológica. O autor realizou um estudo onde elencou seis tendências na administração da P&D:

a) inclusão do aspecto tecnológico na estratégia empresarial de longo prazo: as atividades de P&D deveriam ser consolidadas no interior das empresas com o intuito de proporcionar diferenciais competitivos em produtos ou mercados já existentes ou como suporte para o aproveitamento de novas oportunidades, garantindo, assim, o sucesso empresarial;

b) elaboração e adoção de estratégias tecnológicas: trata-se de estratégias de P&D ofensivas, empregadas em busca da liderança tecnológica, e defensivas, a partir das quais a empresa se manteria atualizada frente as últimas tecnologias

desenvolvidas pelos concorrentes (diferentes resultados poderiam ser obtidos em função do tipo de estratégia empregada pela empresa);

c) divisão das atividades de P&D em núcleos técnicos menores, deixando apenas as funções estratégicas de planejamento de políticas e diretrizes tecnológicas para as unidades de P&D situadas na cúpula;

d) estímulo à integração entre os esforços de P&D, *marketing* e produção;

e) valorização da figura do “*technical entrepreneurship*”, que está ligada as “capacidades tecnológicas embutidas”: essa figura se refere a indivíduos que desempenham com sucesso as funções de empreendedor, cientista e inventor dentro de empresas que inicialmente não possuem um departamento formal de P&D;

f) Busca de métodos eficientes de mensuração dos resultados das atividades de P&D, não apenas no quesito financeiro, mas também por meio de indicadores de análise com maior alcance a fim de avaliar todos as contribuições geradas pela P&D para alcançar os objetivos empresariais, com o intuito de proporcionar melhorias às atividades de pesquisa realizadas internamente.

Para Penrose (2006) a existência de concorrência está entre uma das principais razões para as empresas realizarem pesquisas. Isso acontece porque as ameaças competitivas de novos produtos, processos e serviços obrigam as empresas que desejam sobreviver a obter conhecimento sobre as práticas e a tecnologia utilizada pelos seus concorrentes com o objetivo de sair na frente no desenvolvimento de inovações e garantir vantagens competitivas.

Uma vez obtida a posição desejada dentro do mercado, é necessária a realização de investimentos sucessivos no desenvolvimento de novas inovações para manter tal posição, em virtude de que uma inovação logo é copiada pelos concorrentes. Assim, uma empresa precisa estar preparada para investir continuamente em cada uma de suas áreas de atuação de modo a estabelecer um processo de inovação ininterrupto ou estar preparada para perder sua posição para outras empresas mais inovadoras. (Penrose, 2006).

Quandt, Silva Junior e Procopiuck (2008) ainda acrescentam que para fortalecer a capacidade inovativa é necessário a realização de investimentos em P&D alinhados com as estratégias da empresa. Uma das principais motivações das empresas é a obtenção de taxas de lucro crescentes e o objetivo principal da firma é, então, reinvestir o máximo possível do lucro obtido no próprio negócio, proporcionando maior nível de crescimento. Logo, a taxa e a direção do crescimento

dependem do grau com que a firma se mantém alerta às oportunidades de investimentos lucrativos, sendo que as empresas, especialmente as grandes, optam por destinar permanentemente uma proporção de seus recursos para a tarefa de investigar possibilidades de expansão lucrativas, dentre as quais estão as inovações. (Penrose, 2006).

Outros autores também ressaltam a relevância das atividades de P&D para a geração de conhecimento. Conde e Araujo-Jorge (2003) afirmam que as atividades de P&D passaram a ser consideradas essenciais na estratégia empresarial para aumentar a capacidade de absorção e emprego de novos conhecimentos, proporcionando às empresas inovadoras níveis mais elevados de produtividade em comparação com as empresas que não inovam. De acordo com Furtado e Freitas⁶ (2002, *apud* Gomes, 2003), o processo de aprendizagem decorrente das atividades de P&D transforma a empresa nos aspectos tecnológico, relacional e organizacional, podendo resultar em diferentes impactos econômicos, mesmo quando os projetos não obtêm sucesso comercial. Nos casos em que o sucesso é alcançado, os impactos gerados são muito maiores, elevando os ganhos globais das atividades de P&D.

Gomes (2003) também enfatiza a importância da P&D para o aumento do estoque de conhecimentos e sua utilização por parte das empresas que buscam vantagens competitivas. Através da transformação das atividades de P&D em inovações propriamente ditas se efetivam os resultados econômicos, sociais e ambientais da pesquisa científica, e embora nem sempre os objetivos das atividades de P&D sejam alcançados, por si só elas já resultam em benefícios, uma vez que proporcionam um processo significativo de aprendizagem.

Penrose (2006) lembra que os laboratórios de pesquisa constituem uma importante fonte de novas ideias e por mais que a finalidade das pesquisas seja a redução de custos e o aumento da qualidade de produtos já existentes, a autora compartilha a ideia de que é certo que as atividades de P&D irão inevitavelmente acelerar a geração de conhecimento e de novos produtos.

Além disso, dentre os benefícios já citados das atividades de pesquisa e desenvolvimento, merece destaque sua relevância para o processo inovativo, já que a P&D constitui uma fonte de avanço econômico e grande parte do progresso

⁶ FURTADO, A.T., FREITAS, A.G. Nacionalismo e Aprendizagem Tecnológica. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia: soluções para a energia no Brasil. Anais... Rio de Janeiro: SBPE, COPPE/UFRJ, Clube de Engenharia, v.3, pp.1001-1009, 2002.

tecnológico é atribuída a essas atividades, pois são responsáveis pela criação de produtos, materiais, processos e sistemas, novos e aperfeiçoados. (Freeman e Soete, 1997). As empresas inovadoras, que realizam esforços significativos em P&D e que estão continuamente atentas às oportunidades, podem maximizar seus ganhos com a inovação e contribuem para o caráter inovador da economia, fortalecendo os esforços nacionais no âmbito da ciência e tecnologia. (Calmanovici, 2011).

Sbragia (1987) afirma que a inovação se tornou essencial para a grande maioria das empresas, especialmente para as que atuam em setores mais dinâmicos, constituindo o resultado natural do progresso. Como prova da importância da inovação, podem ser citadas diversas inovações que transformaram o mundo e tiveram impactos incalculáveis na economia, como a máquina a vapor, a eletricidade, o automóvel, entre outros. (Verspagem, 2006).

A competitividade entre as empresas incentiva o desenvolvimento de inovações, as quais reduzem os custos e elevam a qualidade dos produtos, além de estimular o crescimento da demanda, contribuindo para o processo iterativo de inovação. A competitividade deriva da criação das capacidades diferenciadas necessárias para sustentar o crescimento em um ambiente de seleção competitiva e tais capacidades são criadas através da inovação. Diferentes atores podem melhorar seu nível de competitividade juntos, já que os processos de aprendizagem criativos para a geração das capacidades são abertos e possibilitam alcançar o sucesso por diferentes caminhos. A inovação consiste, então, nos esforços de muitos para desenvolver novas áreas de criação de valor. (Cantwell, 2006).

Para Penrose (2006) os serviços produtivos não-utilizados dentro da empresa constituem um outro fator que estimula as inovações e a expansão da empresa, além de serem considerados uma fonte de vantagens competitivas. Para a autora, a firma é vista como um conjunto de recursos produtivos (materiais e humanos), cuja alocação é determinada por decisões administrativas. Os serviços produtivos podem ser entendidos como os serviços prestados pelos recursos produtivos. Assim, os serviços produtivos não-utilizados facilitam a introdução de novas combinações de recursos (inovações) na firma. Essas novas combinações podem ser combinações de serviços para a criação de novos produtos e processos e novas formas de organização empresarial.

No que diz respeito à relação entre inovação e emprego, Pianta (2006) realizou uma extensa revisão de literatura acerca dos impactos da inovação no

emprego, e embora tenha concluído, de um modo geral, que ainda não foi determinada a existência de uma relação conclusiva entre os esforços inovativos e a melhoria do nível de emprego, em virtude de haver inúmeros fatores que influenciam essa relação, diversos estudos citados pelo autor encontraram evidências de que a inovação proporciona melhorias no emprego, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos.

Uma pesquisa realizada por Salerno e De Negri (2005) a partir de microdados da Pesquisa de Inovação (Pintec), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), corroboram através de seus resultados o grau de relevância das atividades de P&D e das inovações para as empresas que as realizam. Os autores verificaram que as empresas inovadoras e que tem diferenciação de produtos são maiores no quesito faturamento, apresentam níveis mais elevados de produtividade e eficiência de escala e tem maiores chances de serem exportadoras. Essas empresas ainda empregam mais funcionários, os quais tem maior nível de escolaridade, maiores salários e estabilidade no emprego.

Dessa forma, ficam evidentes os benefícios gerados a partir da pesquisa e do desenvolvimento e de sua conseqüente transformação em inovações, sendo ambas consideradas essenciais nos dias atuais, já que possibilitam a criação de vantagens competitivas que garantem a sustentabilidade das empresas, permitem o acesso a novos mercados, aumentam a lucratividade e o valor agregado das empresas, elevam a qualidade dos produtos e serviços ofertados aos consumidores, são responsáveis pela geração de conhecimento e estimulam a formação de parcerias entre o setor público e privado, universidades e centros de pesquisa, aumentam o nível de emprego e renda, entre diversos outros benefícios observados tanto no âmbito econômico quanto tecnológico e social.

3 O SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

O setor de energia elétrica tem um papel bastante relevante no cenário nacional por prestar serviços essenciais à sociedade e por pertencer à área de infraestrutura, sendo responsável por fornecer as condições necessárias para o desenvolvimento de todos os demais setores da economia. Este capítulo apresentará a trajetória de desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, desde sua criação até os dias atuais, bem como discorrerá sobre a pesquisa e o desenvolvimento nessa esfera, implantados através da Lei nº 9.991/2000 com o objetivo impulsionar a inovação e o desenvolvimento tecnológico.

3.1 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO EM PERSPECTIVA HISTÓRICA

Durante a segunda metade do século XIX, uma série de fatores conduziu o Brasil a um processo de modernização, o qual foi responsável por impulsionar o setor elétrico. Nesse período, a exportação de café havia se tornado a principal fonte de renda para o país, cuja produção foi impulsionada por fatores internos, tais como a oferta elástica de mão de obra e de terra, e externos, como a valorização internacional do café, garantindo altas taxas de investimento para esse ramo de atividade.

Adicionalmente, a adoção de medidas protecionistas (como a tarifa Alves Branco, que elevou as taxas para produtos importados), a extinção do tráfico de escravos, o aumento do número de imigrantes estrangeiros, a expansão da renda agroexportadora e os superávits na balança comercial a partir de 1860 impulsionaram o processo de urbanização no Brasil, abrindo caminho para o setor de energia elétrica. (Gomes *et al.*, 2002).

As condições favoráveis da economia brasileira da época permitiram que os primeiros investimentos em energia elétrica, voltados inicialmente para a iluminação e o transporte públicos, ocorressem concomitantemente com a introdução dessa inovação tecnológica na Europa e nos Estados Unidos. Em 1883, começou a operar no Brasil a primeira central geradora elétrica (uma unidade termelétrica localizada em Campos, RJ, com 52 KW de capacidade, utilizada para alimentar 39 lâmpadas) e

também se iniciou o uso da energia elétrica como força motriz com a primeira linha brasileira de bondes elétricos a bateria em Niterói, RJ. (Gomes *et al.*, 2002). Saes (2013), destaca que a década de 1890 marcou o início de uma reforma dos serviços públicos no Brasil, especialmente devido a introdução da eletricidade no processo de urbanização das principais cidades brasileiras, como Rio de Janeiro, São Paulo e Salvador.

Com a intensificação do uso da eletricidade, o setor produtivo passou a incorporar essa inovação no processo produtivo. Entre 1890 e 1909 o número de estabelecimentos industriais cresceu 800% e a substituição do carvão importado como fonte primária de energia pela energia elétrica, gerada inicialmente por hidroelétricas, passou a ocorrer de forma acelerada, devido a possibilidade de redução de custos. Como exemplo, cita-se a Companhia Têxtil Bernardo Mascarenhas, a qual foi a pioneira da América Latina no uso de motores a hidroeletricidade. (Gomes *et al.*, 2002).

Entre 1890 e 1900, diversas pequenas usinas, em sua maioria termelétricas, foram instaladas com o objetivo de fornecer eletricidade para iluminação pública, mineração, indústrias têxteis e beneficiamento de produtos agrícolas. (Baer e McDonald, 1997 e Gomes *et al.*, 2002). Entre 1883 e 1900 a capacidade instalada no Brasil passou de 61 KW para 10.850 KW, dos quais mais da metade eram de origem hidroelétrica. (Gomes *et al.*, 2002). A Tabela 1 a seguir relaciona as maiores plantas hidroelétricas no Brasil entre 1889 e 1930. Saes (2013) destaca que a existência de plantas hidroelétricas no Brasil foi de suma importância para a indústria nacional do setor elétrico em virtude da abundância de recursos naturais presentes no país, bem como da oferta escassa de carvão no mercado internacional.

Na virada do século XX as empresas internacionais começaram a se interessar pelo Brasil, atraídas pela expansão da demanda por eletricidade, como a empresa canadense Light, que atuava inicialmente em linhas de bondes elétricos e também na geração e distribuição de energia elétrica. (Baer e McDonald, 1997). Em pouco tempo, a empresa canadense passou a dominar o mercado, já que havia adquirido por meio de fusões a maior parte de seus pequenos concorrentes. (Gomes e Vieira, 2009). Outras empresas internacionais também se interessaram pelo mercado brasileiro de energia elétrica, como é o caso da American Foreign & Power Co. (AMFORP). (Saes, 2013).

Planta	Ano de Fundação	KW na Fundação	Quant. Máxima de KW atingida
Paranaíba, SP (Light)	1902	2.000	16.000 (1912)
Alberto Torres, RJ (CBEE)	1908	9.000	12.000 (1912)
Fontes, Rj (Light)	1908	12.000	49.000 (1913)
Itatinga, SP (CBEE Group)	1910	15.000	*
Ituparanga, SP (Light)	1914	30.000	56.124 (1925)
Bananeira, BA (CBEE)	1921	4.100	11.250 (1924)
Fagundes, RJ (CBEE)	1924	20.000	*
Rasgão, SP (Light)	1925	22.000	*
Cubatão, SP (Light)	1927	70.000	*

Tabela 1: Maiores plantas hidroelétricas no Brasil entre os anos de 1889 e 1930

Fonte: Gomes⁷ (1986 *apud* Saes, 2013,) e CBEE Reports⁸ (*apud* Saes, 2013, p. 232)

Saes (2013) destaca que apesar de o Brasil ser um país em desenvolvimento, ele criou condições para a formação de companhias nacionais de eletricidade, como a Companhia Brasileira de Energia Elétrica – CBEE, fundada em 1909 pelos empresários Candido Grafée e Eduardo Guinle, capazes de competir no início do século XX com grandes empresas internacionais, como é o caso da Light. Inclusive, essas duas empresas travaram uma disputa pelo mercado nacional que chegou a ganhar a manchete dos jornais da época, mas devido aos problemas financeiros e tecnológicos e às restrições resultantes da 1ª Guerra Mundial, a empresa estrangeira mostrou-se mais bem preparada e prosperou sobre a CBEE.

Entre os anos de 1900 e 1920 a população brasileira aumentou mais de 80%, alavancando com ainda mais força o processo de urbanização e estimulando o surgimento de um mercado interno de bens de consumo. As restrições advindas da 1ª Guerra Mundial e o capital acumulado da atividade cafeeira possibilitaram investimentos crescentes no setor de energia elétrica, especialmente no setor hidroelétrico. A eletricidade passou a representar cerca de 47% das formas de energia utilizadas na indústria. (Gomes *et al.*, 2002).

Diante da crise de 1929, que ocasionou a retração do mercado externo e agravou a crise do café, provocada pelas políticas protecionistas anteriormente adotadas, e sem desprezar a concentração do mercado de eletricidade nas mãos de empresas estrangeiras, o governo vê a necessidade de efetuar modificações em sua

⁷ GOMES, F.A.M. A eletrificação no Brasil, *História & Energia*. São Paulo: 1986.

⁸ National Archive.

estrutura a fim de implantar um modelo econômico para diversificar a estrutura produtiva do país. O governo decide, então, intervir nos serviços públicos por meio da regulamentação. (Gomes *et al.*, 2002). Até então, a regulamentação do setor elétrico era praticamente inexistente no Brasil, havendo apenas algumas diretrizes gerais estabelecidas. Os responsáveis por firmar contratos de concessão e por realizar a inspeção dos serviços prestados eram os próprios municípios. (Saes, 2013).

No início da década de 1930, Gomes *et al.* (2002) destacam que o governo passou a adotar algumas medidas com o intuito de regulamentar o setor elétrico, tais como a interrupção dos processos de autorização de novos aproveitamentos de cursos de água, a extinção da “cláusula ouro” (mecanismo que garantia o reajuste das tarifas pela cotação do ouro) e a proibição de aquisição de empresas.

A regulamentação do setor elétrico foi formalizada com a publicação do Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, que se refere ao Código de Águas. O documento regulamentou o aproveitamento de quedas de água e outras fontes de energia hidráulica, bem como a produção, transmissão, transformação e distribuição de energia hidroelétrica pelo regime de autorizações e concessões. (Brasil, 1934). Assim, passou a ser incumbência da União legislar e outorgar concessões de serviços públicos de energia elétrica, funções antes desempenhadas pelos municípios e estados que firmavam contratos diretamente com as empresas prestadoras de serviços. (Gomes *et al.*, 2002).

O Código de Águas ainda determinou o regime de tarifas sob a forma de serviço pelo custo, o qual levava em consideração a remuneração do capital da empresa, todas as despesas, operações, impostos e taxas, bem como as reservas para depreciação. Além disso, o código ainda estabeleceu que as concessões e autorizações seriam conferidas apenas a brasileiros ou empresas organizadas dentro do país (Brasil, 1934), o que causou o descontentamento das empresas estrangeiras e, juntamente com os entraves decorrentes da 2ª Guerra Mundial, reduziu os investimentos estrangeiros realizados no setor, criando um excesso de demanda em relação à oferta de energia elétrica, agora limitada. (Gomes *et al.*, 2002).

Nesse cenário, o país assumiu um papel mais ativo no setor de energia elétrica, assim como em outros setores estratégicos da economia, passando a atuar na produção de energia. Em 1939 foi criado o Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE), responsável por todos os assuntos relacionados ao setor elétrico. (Gomes e Vieira, 2009). Em 1945, através do Decreto nº 8.031, foi criada a Companhia

Hidroelétrica de São Francisco, destinada a realizar o aproveitamento industrial dos recursos hídricos desse rio. (Brasil, 1945). Ainda em meados da década de 1940, os Estados do Rio Grande do Sul e de São Paulo transferiram as concessões municipais para o Estado. (Baer e McDonald, 1997).

No início dos anos de 1940, a Comissão Cook, que deveria ajudar a planejar a mobilização de recursos para o esforço da guerra, apontou que uma das principais barreiras à industrialização brasileira era o setor elétrico, indicando a necessidade de um planejamento de expansão do setor capaz de interligar os diversos sistemas de energia. Em 1946, então, foi apresentado pelo governo o Plano Nacional de Eletrificação, o qual continha as recomendações da comissão, enfatizando as interligações regionais, bem como estipulando a concentração dos investimentos em usinas de pequeno e médio porte, incumbindo ao Estado o papel de coordenação. (Baer e McDonald, 1997). Em 1947, foi adotado o Plano SALTE (Saúde, Alimentação, Transporte e Energia), sendo que no campo de energia, o plano previa a elevação da capacidade instalada do país de 1500 para 2800 MW em seis anos como uma de suas prioridades. No entanto, o projeto foi cumprido apenas parcialmente e poucos avanços no setor foram realizados. (Gomes *et al.*, 2002).

Na década de 1950, o Brasil formou uma parceria com os Estados Unidos, a Comissão Mista Brasil – Estados Unidos para o Desenvolvimento Econômico (CMBEU), com o objetivo de obter auxílio no processo de instalação da indústria pesada. O relatório da comissão do setor elétrico evidenciava um desequilíbrio entre oferta e demanda, julgando como fatores responsáveis por esse desequilíbrio a) a urbanização acelerada; b) o forte crescimento industrial das duas décadas anteriores; c) o rigoroso controle tarifário; e d) a mudança da matriz energética (da lenha e do carvão importado para a energia elétrica e o petróleo).

Para atender as sugestões da comissão, o Brasil firmou um acordo de cooperação financeira com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD) e com o Banco de Exportação e Importação (Eximbank), criando para isso o Programa de Reparcelamento Econômico, com recursos vindos do Fundo de Reparcelamento Econômico, formado por empréstimo compulsório dos contribuintes do imposto de renda e empréstimos contraídos no exterior. O responsável pela administração do fundo era o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE, depois BNDES), criado em 1952. (Gomes *et al.*, 2002).

Foi também na década de 1950 que o país adotou a posição de que os altos investimentos demandados pela geração e transmissão de energia necessários para o processo de industrialização ocorreriam por meio de empresas estatais (federais e estaduais), restando para o setor privado a distribuição de energia. (Baer e McDonald, 1997).

Paralelamente às atividades da CMBEU (Gomes *et al.*, 2002), o governo adotou outras medidas, como a criação do Fundo Federal de Eletrificação em 1953, com recursos advindos de um imposto sobre o consumo de energia e do BNDE; a criação da Eletrobrás em 1962, responsável pela coordenação do setor estatal de energia elétrica (Baer e McDonald, 1997 e Gomes *et al.*, 2002) e a criação do Ministério de Minas e Energia em 1960, responsável pelo estudo e despacho dos assuntos relativos a produção mineral e energia (Brasil, 1960 e Gomes e Vieira, 2009). Entre os anos de 1956 e 1961, no governo de Kubitschek, foi criada a maior parte das companhias estaduais de energia elétrica, como a Cemig (1952), a Copel (1954), a Celesc (1956), a Escelsa (1956), Furnas (1957), a Cemar (1959), a Coelba (1960), entre outras. (Gomes *et al.*, 2002).

Ainda no governo de Kubitschek foi adotado o Plano de Metas, seu principal instrumento de política econômica (Gomes *et al.*, 2002), cuja área de investimento prioritária era o setor de energia, com 42,4% do total de recursos. Suas principais metas para o setor eram aumentar a capacidade geradora de 3,2 milhões de KW em 1955 para 5,2 milhões de KW em 1960 e iniciar obras que assegurassem um aumento de 3,6 milhões de KW nos anos de 1961 a 1965. Ao fim do plano cumpriu-se 82% da meta proposta para o setor de energia. (Abreu, 1989).

Gomes e Vieira (2009) destacam que o BNDE era o banco financiador e o responsável por gerir os fundos do setor elétrico no governo de Kubitschek. O BNDE teve papel fundamental no planejamento da economia, atuando no setor de energia na concessão de financiamentos, garantias e avais indispensáveis à obtenção de financiamentos estrangeiros para importar máquinas e equipamentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. (Gomes *et al.*, 2002).

Em 1963 a hidroelétrica de Furnas entrou em operação, marcando o início da implantação efetiva da interligação do sistema elétrico brasileiro, conectando os sistemas de suprimento de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Na sequência, outros sistemas foram conectados no Sudeste, Sul e Nordeste. (Gomes *et al.*, 2002). Em 1964, com a aquisição do grupo AMFORP, iniciou-se a nacionalização do setor

elétrico, finalizada em 1979, com a compra da Light. Em 1968 e 1973, respectivamente, foram criadas pelo governo federal as geradoras Eletrosul e Eletronorte. (Gomes e Vieira, 2009). Através da Lei nº 5.899 de julho de 1973, o governo ainda criou a Itaipu Binacional, passando seu controle para a Eletrobrás, transformando também a Eletrosul e a Eletronorte em subsidiárias da Eletrobrás (Brasil, 1973), “consolidando seu papel como agência de planejamento, financiamento e *holding* federal no setor elétrico, atuando em todo o território nacional”. (Gomes e Vieira, 2009, p. 308-309).

Com relação às tarifas do setor elétrico, em 20 de maio de 1971 entrou em vigor a Lei nº 5.655, que dava garantia de remuneração de 10 a 12% do capital investido a ser computado na tarifa (Brasil, 1971), dando sustentação financeira ao setor e tornando-o capaz de financiar sua própria expansão, devido também à disponibilidade de recursos para financiamentos internos e externos. (Gomes *et al.*, 2002).

Em 1974, o governo estabeleceu uma equiparação das tarifas elétricas em todo o país transferindo os recursos das empresas superavitárias para as deficitárias (Baer e McDonald, 1997), pois havia divergências no custo de geração e distribuição de energia entre as regiões do país em virtude das variações no número de usuários de energia elétrica. (Gomes *et al.*, 2002).

No ano seguinte, o governo limitou os reajustes das tarifas à taxa de inflação, causando declínio do seu valor real e diminuição das reservas geradas internamente, forçando as empresas a buscar recursos no mercado externo e, conseqüentemente, aumentando seu nível de endividamento externo. Em consequência disso, a década de 1980 apresentou declínio nas taxas de investimento do setor. (Baer e McDonald, 1997).

A partir de 1987, houve ainda restrições por parte do Conselho Monetário Nacional ao apoio do Sistema Financeiro Nacional às empresas estatais, dificultando ainda mais o acesso a recursos internos. (Gomes *et al.*, 2002). Com o advento da Constituição Federal de 1988 e a legitimação dos governos estaduais, suas distribuidoras de energia deixaram de quitar os tributos federais, bem como chegaram ao ponto de não mais pagar a energia fornecida pelas geradoras federais, iniciando um processo de inadimplência e agravando a crise do setor elétrico. (Gomes e Vieira, 2009).

Diante da crise fiscal vivenciada no Brasil, em meados da década de 1990, o governo optou pela ampliação do processo de desestatização dos serviços públicos e o setor privado passou a receber permissão para operar empresas de serviços públicos por meio de concessões. A cadeia produtiva foi desverticalizada, separando-se as atividades de geração, comercialização (ambas progressivamente desreguladas), transmissão e distribuição (ainda abordadas como serviços públicos regulados, por se tratarem de monopólios naturais). (Gomes *et al.*, 2002). Gomes e Vieira (2009) dão destaque para a Lei nº 8.631/1993, que suprimiu a equalização de tarifas e criou condições para conciliação dos débitos e créditos dos agentes do setor.

A formalização do processo de privatização ocorreu por meio da Lei das Concessões, de 13 de fevereiro de 1995, na qual destacam-se as seguintes disposições: a) as concessões eram outorgadas por determinado período de tempo, havendo a abertura de concorrência para uma nova concessão ao fim do período estabelecido; b) o governo não iria conceder qualquer tipo de subsídio; c) o usuário participaria da supervisão dos serviços públicos prestados; e e) não estava prevista qualquer remuneração fixa com base nos custos totais no momento da outorga das concessões. (Brasil, 1995). A primeira privatização foi da Escelsa em 1995, seguida pela Light e Cerj em 1996 (Gomes e Vieira, 2009), Coelba em 1997, Coelce, Celpa e Eletropaulo Metropolitana em 1998 (Memória da Eletricidade, 2015).

Com as privatizações em andamento, outras medidas foram adotadas pelo governo, as quais alteraram o cenário institucional do setor elétrico. Entre as medidas destacam-se a criação do Operador Nacional do Sistema (ONS), responsável por realizar a operação interligada dos sistemas elétricos nacionais; a passagem do papel de órgão financiador do sistema elétrico da Eletrobrás para o BNDES e do planejamento setorial para o Ministério de Minas e Energia, bem como a inclusão da Eletrobrás e suas controladas no Plano Nacional de Desestatização. (Gomes e Vieira, 2009).

Em 1996, através da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro, foi instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) com a finalidade de “regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal”. (Brasil, 1996). Baer e McDonald (1997) ainda destacam como fatos importantes da década de 1990 a) a criação do Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica, que permitia que qualquer empresa privada com capacidade de gerar energia tivesse acesso a rede

nacional de transmissão e b) a promulgação de leis que eliminaram a distinção entre empresas privadas nacionais e estrangeiras. Ambas as medidas objetivavam aumentar a concorrência no âmbito da prestação de serviços de energia elétrica. (Memória da eletricidade, 2015).

No ano de 2001, o Brasil passou por um racionamento de energia, decorrente da falta de planejamento e investimentos suficientes na geração de energia, sendo criada no mesmo ano a Câmara de Gestão da Crise de Energia (Gomes e Vieira, 2009), com o objetivo de propor e implementar medidas emergenciais para equilibrar a demanda e oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções nos serviços. Em junho/2001 foi implantando o programa de racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, encerrado em fevereiro/2002. (Memória da eletricidade, 2015).

Em 2003 iniciou-se um debate sobre a construção de um novo modelo institucional para o setor de energia elétrica, cujos principais objetivos eram: segurança do suprimento energético, modicidade tarifária e universalização do atendimento. O novo modelo começou a operar no ano de 2004 e era composto pela Empresa de Pesquisa Energética, responsável por estudos relacionados ao planejamento estratégico; pelo Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, com a função de avaliar a segurança do suprimento de energia elétrica; e pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, instituição destinada a celebrar contratos de comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional, não deixando de mencionar também o importante papel da ONS, da ANEEL e do Conselho Nacional de Políticas Energéticas. (Ventura Filho, 2013). Na Figura 4 é possível visualizar com maior clareza a estrutura do modelo institucional do setor elétrico, o qual relaciona as instituições participantes do novo modelo adotado a partir de 2004.

Dentre as medidas trazidas juntamente com o novo modelo institucional destacam-se a obrigatoriedade de contratação de energia no longo prazo para todas as distribuidoras; a retomada da competência do Estado na elaboração do planejamento do setor de energia elétrica; a adoção de leilões pelo menor preço com o objetivo de estimular a competição pela construção de geradoras e transmissoras e a instituição do Programa Luz para Todos. (Ventura Filho, 2013).

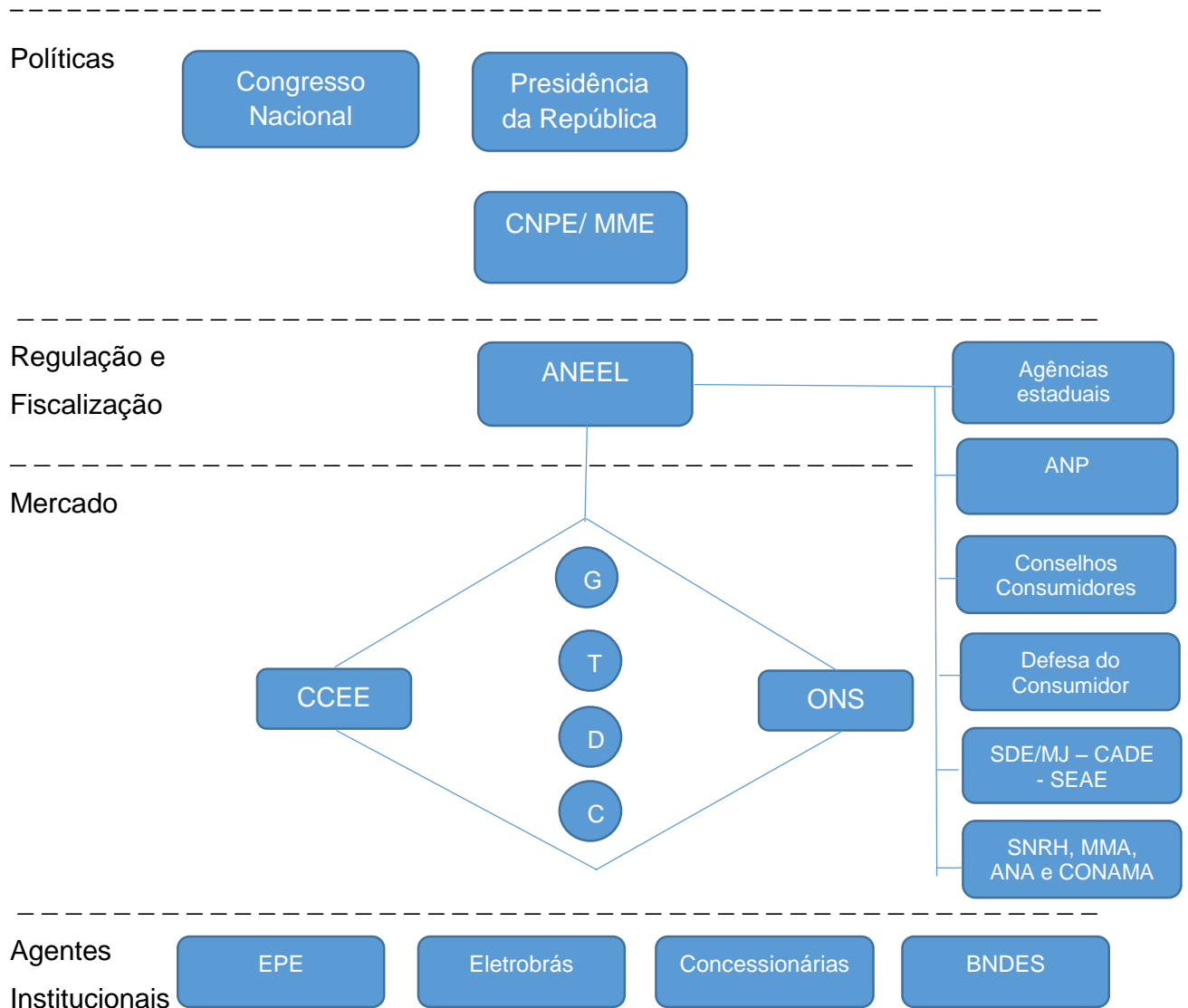


Figura 4: Estrutura Institucional do Setor Elétrico

Fonte: ANEEL (2008, p. 20)

Legenda: CNPE = Conselho Nacional de Política Energética; MME = Ministério de Minas e Energia; ANEEL = Agência Nacional de Energia Elétrica; ANP = Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; SDE/MJ = Secretaria de Direito Econômico/ Ministério da Justiça; CADE = Conselho Administrativo de Defesa Econômica; SEAE = Secretaria de Acompanhamento Econômico; SNRH = Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos; MMA = Ministério do Meio Ambiente; ANA = Agência Nacional de Águas; CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente; CCEE = Câmara de Comercialização de Energia Elétrica; ONS = Operador Nacional do Sistema Elétrico; G = Geradoras; T= Transmissoras; D = Distribuidora; C = Comercializadoras; EPE = Empresa de Pesquisa Energética; BNDES = Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.

No ano de 2006, a Empresa de Pesquisa Energética concluiu os estudos do 1º Plano Decenal de Expansão de Energia 2006-2015, propondo diretrizes, metas e recomendações sobre a expansão da geração e transmissão de energia elétrica. Em 2009, foi sancionada a Lei nº 11.943 de 28 de maio de 2009, que autoriza a União, os Estados e o Distrito Federal a participarem do Fundo de Garantia a Empreendimentos de Energia Elétrica, cuja finalidade era prestar garantias proporcionais à participação da empresa estatal do setor elétrico em sociedades que fizessem parte de programas estratégicos, como o Programa de Aceleração do Crescimento, com o objetivo de produzir ou transmitir energia, no Brasil e no exterior. (Memória da Eletricidade, 2015).

No início da década de 2010/2020, de toda a capacidade instalada do Brasil, a energia advinda de hidroelétricas correspondia a cerca de 70% do total, com mais de mil usinas em operação. Em seguida estava a energia térmica, obtida a partir de fontes variadas (gás natural, biomassa, óleo, carvão mineral, reações nucleares e gás industrial residual), responsável por aproximadamente 30% da capacidade instalada. Com participação ainda muito reduzida estava a energia obtida através de fontes solares e eólicas. (Ventura Filho, 2013).

Assim como pode ser observado no Gráfico 1, a capacidade instalada de geração de energia elétrica tem apresentado apenas taxas positivas de crescimento desde o ano de 1900, alcançando em 2012 o montante de 120.973 MW. O conceito de capacidade instalada é obtido através da fórmula energia = potência x tempo e pode ser entendida como a capacidade máxima de produção de energia elétrica de todas as geradoras de energia instaladas no país. (Gomes e Vieira, 2009)

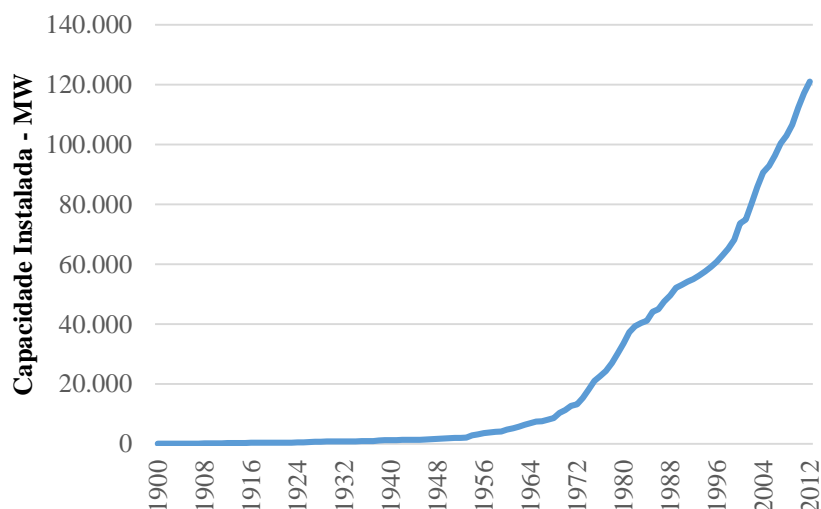


Gráfico 1: Capacidade instalada: Geração de energia elétrica (MW)

Fonte: Elaborado pelo autor, com base nos dados disponíveis no Portal IPEADATA (2015).

Ventura Filho (2013) destaca que nos próximos 10 a 15 anos, as fontes de energia mais adequadas para se expandir o sistema gerador nacional são a energia hidráulica, a eólica e a térmica, obtida através do bagaço de cana de açúcar. Entre os fatores que contribuem para a escolha dessas três fontes estão: a) alta disponibilidade de recursos energéticos; b) maior grau de competitividade econômica; c) viabilidade ambiental vantajosa; d) tecnologia nacional dominada para seu completo aproveitamento; e) baixo comprometimento da camada de ozônio, em virtude de possuir baixa taxa de emissão de gases do efeito estufa; e f) possibilidade de aproveitamento das fontes de energia para outros fins, como por exemplo, a produção de etanol a partir da cana de açúcar.

Embora sejam exigidos pelo setor altos níveis de investimento com longo prazo de maturação, Ventura Filho (2013) ressalta que o Ministério de Minas e Energia, assim como as demais entidades setoriais, encontram-se alinhados em suas políticas e ações para garantir e estimular a expansão do setor energético no Brasil. O último Plano Decenal de Expansão de Energia, 2013-2023, prevê investimentos superiores a 300 bilhões de reais destinados à oferta de energia elétrica, além de aumento de aproximadamente 57% na capacidade instalada de 2013 para 2023. (MME/EPE, 2014).

3.2 A PESQUISA E O DESENVOLVIMENTO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

Cabello e Pompermayer (2011) afirmam que a maior parte das iniciativas de pesquisa no Brasil sempre foi realizada pelo setor público, mas a partir da década de 1980, o modelo, que era até então centralizado, já começava a mostrar sinais de esgotamento, com declínio nas taxas de investimento, culminando no processo de privatização ocorrido na década de 1990. Pereira (2005) destaca que os programas de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento, assim como os fundos setoriais, foram implantados para garantir que os setores privatizados a partir da década de 1990 mantivessem seus investimentos em pesquisa científica e tecnológica a fim de não colocar em xeque a capacitação já adquirida pelo Brasil.

Uma das preocupações existentes no momento da transição para o gerenciamento privado do setor elétrico brasileiro foi a criação medidas para garantir

a continuidade dos investimentos em eficiência energética e em pesquisa e desenvolvimento. De acordo com Jannuzzi (2000), o artigo 29, inciso X, da Lei 8.987/1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no artigo 175 da Constituição Federal, incumbe o poder concedente de estimular o aumento da qualidade e produtividade, o qual possibilitou a criação de um programa de estímulo a pesquisa e ao desenvolvimento no âmbito do setor elétrico.

Assim, com o objetivo de incentivar as inovações no setor de energia elétrica, foi regulamentado através da Lei 9.991, de 24 de julho de 2000, o Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica, regulado pela ANEEL. O programa prevê a realização compulsória de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviços públicos de distribuição, transmissão e geração de energia elétrica no Brasil, excluindo-se apenas as que geram energia exclusivamente a partir de instalações eólica, solar, de biomassa, cogeração qualificada e pequenas centrais hidroelétricas. (Brasil, 2000).

O artigo 1º dessa lei determina que as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica apliquem anualmente no mínimo 0,5% de sua receita operacional líquida em P&D e no mínimo 0,5% em eficiência energética. Já as concessionárias de geração e transmissão e as autorizadas à produção devem aplicar anualmente no mínimo 1% de sua receita operacional líquida em P&D no setor elétrico. (Brasil, 2000).

Os recursos são distribuídos da seguinte forma: a) 40% para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) regulamentados pela ANEEL; b) 40% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), para aplicação no financiamento de programas e projetos de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico e na eficiência energética no uso final; e c) 20% para o Ministério de Minas e Energia (MME), para custear os estudos e pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como os de inventário e de viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidroelétricos. (Brasil, 2000). Os valores destinados ao Programa de P&D são contabilizados por cada empresa por meio de uma conta contábil específica, denominada Conta de P&D. (ANEEL, 2012).

A lei também prevê que no mínimo 30% desses investimentos sejam destinados aos projetos desenvolvidos por instituições de pesquisa sediadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. Como incentivo à empresa que realiza investimentos nessas regiões, a ANEEL permite a utilização de um montante maior de recursos no projeto de gestão e propicia uma maior apropriação sobre as receitas geradas com a comercialização dos resultados dos projetos de P&D. (ANEEL, 2012).

O Quadro 2 sintetiza a distribuição dos percentuais relativos a Lei 9.991/2000 e suas alterações:

Segmento	Lei 9.991/2000	MP 144/2003	Lei 10.848/2004		Lei 11.465/2007		Lei 12.212/2010	
			*	**	*	**	*	**
Pesquisa e Desenvolvimento								
Distribuição	0,25	0,125	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Geração	0,25	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Transmissão	0,5	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Programas de Eficiência Energética								
Distribuição	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,25
Geração								
Transmissão								
Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico								
Distribuição	0,25	0,25	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3
Geração	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Transmissão	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ministério de Minas e Energia								
Distribuição		0,125	0,1	0,15	0,1	0,15	0,1	0,15
Geração		0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Transmissão		0,25	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Quadro 2: Distribuição dos percentuais sobre a ROL de investimento do Programa de P&D do Setor Elétrico relativos a Lei 9.991/2000 e suas alterações.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2015).

Legenda: Lei 9.991/2000: vigente de 24/07/2000 a 11/12/2003; MP 144/2003: vigente de 11/12/2003 a 14/03/2004; Lei 10.848/2004 *: vigente de 15/03/2004 a 31/12/2005; **: a partir de 01/01/2006; Lei 11.465/2007 *: vigente de 28/03/2007 a 31/12/2010; **: a partir de 01/01/2011; Lei 12.212/2010 *: vigente de 21/01/2010 a 31/12/2015; **: a partir de 01/01/2016.

O artigo 6º da referida lei também cria um Comitê Gestor no âmbito do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) com o objetivo de definir as diretrizes gerais e o plano anual de investimentos, acompanhar as medidas implementadas e avaliar os resultados obtidos. O comitê é formado por um membro da Administração Central do MCT, um do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), um da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), um representante do

MME, um da ANEEL, dois da comunidade científica e tecnológica e dois do setor produtivo. (Brasil, 2000).

As diretrizes e as orientações gerais para a elaboração dos projetos de P&D são estabelecidas através do manual do programa, elaborado pela ANEEL. O manual contempla questões como os procedimentos para apresentação dos projetos, as despesas permitidas em sua execução, a forma de submissão desses projetos e sua aprovação, o acompanhamento da execução e fiscalização, a contabilização dos gastos, as áreas de investimento prioritário, aspectos referentes a propriedade intelectual dos resultados obtidos, entre outros. (ANEEL, 2012).

Os projetos devem objetivar a busca de inovações para atender aos desafios tecnológicos do setor e, diferentemente da pesquisa pura acadêmica, que apresenta alto grau de liberdade de pesquisa, os projetos do programa de P&D do setor elétrico devem conter informações sobre sua aplicabilidade, resultado esperado, os custos envolvidos, a expectativa do retorno financeiro, a importância do projeto para o setor e o grau de inovação ou avanço tecnológico pretendido. (ANEEL, 2012).

A ANEEL (2012, p. 14) define projetos de P&D como sendo

[...] aqueles destinados à capacitação e ao desenvolvimento tecnológico das empresas de energia elétrica, visando à geração de novos processos ou produtos, ou o aprimoramento de suas características.

Os projetos podem ser desenvolvidos individualmente pela empresa ou em parceria com outras empresas, instituições públicas ou privadas de ensino e/ou pesquisa, empresas de consultoria ou fabricantes de materiais e equipamentos. A ANEEL também permite a antecipação de investimentos em projetos de P&D para compensação futura. (ANEEL, 2012).

Pompermayer *et al.* (2011) avaliaram a abrangência e as características da rede de pesquisa formada pelo programa de P&D regulado pela ANEEL através da análise dos dados relativos aos projetos de P&D aprovados no período de 2000 a 2007 e constataram que nesse período mais de 180 concessionárias de energia, 288 empresas e 335 instituições de pesquisa estavam envolvidas nos projetos. Cerca de 50% das concessionárias que participaram do programa estabeleceram parceria com grupos de pesquisa, evidenciando a importância das parcerias nos projetos de P&D.

Ferro (2013), afirma que a criação do Programa de P&D do Setor de Energia Elétrica possibilitou o progresso do setor em termos de desenvolvimento e utilização

de novas tecnologias. Destaca que uma das perspectivas futuras é a potencialização das parcerias a fim de alcançar patamares ainda mais elevados no desenvolvimento de novas tecnologias, no compartilhamento de conhecimento e na sinergia de esforços para fazer frente aos desafios tecnológicos do setor.

Os projetos regulados pela ANEEL têm duração máxima de 60 meses e são enquadrados em sua fase proposta para desenvolvimento dentro da cadeia de inovação, podendo ser classificado como:

a) Pesquisa básica dirigida: Se refere a fase teórica ou experimental, na qual busca-se o conhecimento sobre novos fenômenos, como a investigação de materiais e suas propriedades morfológicas, a fim de desenvolver novos produtos e processos;

b) Pesquisa aplicada: Diz respeito à aplicação dos conhecimentos adquiridos a partir da pesquisa básica dirigida e engloba atividades como o desenvolvimento de novos equipamentos, componentes ou protótipos;

c) Desenvolvimento experimental: Se refere ao aperfeiçoamento do conhecimento advindo da pesquisa básica e aplicada, na qual elaboram-se projetos de demonstração e testes para provar a viabilidade técnica/funcional e posterior aplicação comercial;

d) Cabeça de série: Nessa fase o desenho e as especificações dos protótipos obtidos em projetos anteriores passam por mudanças para melhorar sua reprodução e definem-se as características básicas da linha de produção e do produto;

e) Lote pioneiro: Fase em que se analisa a produção em escala piloto de cabeça de série desenvolvido em projeto anterior. São analisadas questões como custos e refino do projeto para alcançar a produção industrial e/ou comercialização;

f) Inserção no mercado: Fase final da cadeia de inovação que visa a difusão dos resultados obtidos no setor e envolve atividades de estudo mercadológico, material de divulgação, registro de patentes e serviços jurídicos.

Com a finalidade de estimular inovações tecnológicas relevantes para o setor elétrico brasileiro, a ANEEL divulga temas e subtemas que devem concentrar, preferencialmente, os investimentos em P&D. A listagem de temas e subtemas pode ser alterada a fim de mantê-la sempre atualizada frente aos desafios do setor. (ANEEL, 2012). Necessariamente, os projetos devem ser classificados em um tema e subtema, podendo ocorrer o enquadramento em mais de um tema, se esse for o caso. Atualmente, os temas e respectivos subtemas priorizados pela ANEEL encontram-se listados no Quadro 3.

Temas	Subtemas
<p>Fontes alternativas de geração de energia elétrica: Enquadram-se aqui os projetos destinados ao desenvolvimento ou aperfeiçoamento de tecnologias ou sistemas de geração elétrica a partir de fontes renováveis ou alternativas, como energia eólica, solar, hidráulica, biomassa, resíduos sólidos, entre outros.</p>	<p>Alternativas energéticas sustentáveis de atendimento a pequenos sistemas isolados; Geração de energia a partir de resíduos sólidos urbanos; Novos materiais e equipamentos para geração de energia por fontes alternativas; Tecnologias para aproveitamento de novos combustíveis em plantas geradoras.</p>
<p>Geração Termelétrica: Engloba todos os projetos de geração termelétrica com vistas a redução de custos, aperfeiçoamento da eficiência das plantas e fontes e minimização do impacto ambiental.</p>	<p>Avaliação de riscos e incertezas do fornecimento contínuo de gás natural para geração termelétrica; Novas técnicas para maior eficiência e redução da emissão de poluentes de usinas termelétricas a combustível derivado de petróleo; Otimização da geração de energia elétrica em plantas industriais: aumento de eficiência na cogeração; Microsistemas de cogeração residenciais; Técnicas para captura e sequestro de carbono de termelétricas.</p>
<p>Gestão de bacias e reservatórios: Os estudos sobre gestão de bacias hidrográficas são de grande relevância, especialmente no que diz respeito ao quesito sustentabilidade, pois deve levar em consideração questões como assoreamento, perda de capacidade de reserva de água, deterioração da qualidade da água e emissão de gases estufa.</p>	<p>Emissões de gases de efeito estufa em reservatórios de usinas hidrelétricas; Efeitos de mudanças climáticas globais no regime hidrológico de bacias hidrográficas; Integração e otimização do uso múltiplo de reservatórios hidrelétricos; Gestão sócio patrimonial de reservatórios de usinas hidrelétricas; Gestão da segurança de barragens de usinas hidrelétricas; Assoreamento de reservatórios formados por barragens de usinas hidrelétricas.</p>
<p>Meio ambiente: Enquadra projetos direcionados ao melhor entendimento dos impactos ambientais decorrentes da exploração de energia elétrica (externalidades) e ao estudo de medidas capazes de minimizá-los.</p>	<p>Impactos e restrições socioambientais de sistemas de energia elétrica; Metodologias para mensuração econômico-financeira de externalidades em sistemas de energia elétrica; Estudos de toxicidade relacionados à deterioração da qualidade da água em reservatórios.</p>
<p>Segurança: Envolve a segurança dos consumidores finais de energia e das equipes de manutenção, bem como o desenvolvimento de equipamentos para vistoriar e fazer a manutenção das redes elétricas.</p>	<p>Identificação e mitigação dos impactos de campos eletromagnéticos em organismos vivos; Análise e mitigação de riscos de acidentes elétricos; Novas tecnologias para equipamentos de proteção individual; Novas tecnologias para inspeção e manutenção de sistemas elétricos.</p>

(continua)

(continuação)

Temas	Subtemas
Eficiência energética: Envolve projetos com vistas ao desenvolvimento de novas tecnologias ou métodos de redução do consumo das fontes de geração de energia elétrica e também do consumo de energia dos subsistemas e equipamentos de uso final.	Novas tecnologias para melhoria da eficiência energética; Gerenciamento de carga pelo lado da demanda; Definição de indicadores de eficiência energética; Metodologias para avaliação de resultados de projetos de eficiência energética.
Planejamento de subsistemas de energia elétrica: Engloba os projetos elaborados com o objetivo de desenvolver novas metodologias, técnicas e dispositivos de auxílio ao planejamento de sistemas elétricos, incluindo os segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, tanto os relativos ao Sistema Interligado Nacional como aos sistemas isolados.	Integração de centrais eólicas ao Sistema Integrado Nacional; Integração de geração distribuída a redes elétricas; Metodologia de previsão de mercado para diferentes níveis temporais e estratégias de contratação; Modelos hidrodinâmicos aplicados em reservatórios de usinas hidrelétricas; Materiais supercondutores para transmissão de energia elétrica; Tecnologias e sistemas de transmissão de energia em longas distâncias.
Operação de sistemas de energia elétrica: Semelhante ao item anterior, mas aqui as inovações de métodos, técnicas e ferramentas destinam-se ao auxílio da operação dos sistemas elétricos.	Ferramentas de apoio à operação de sistemas elétricos de potência em tempo real; Critérios de gerenciamento de carga para diferentes níveis de hierarquia; Estruturas, funções e regras de operação dos mercados de serviços ancilares; Otimização estrutural e paramétrica da capacidade dos sistemas de distribuição; Alocação de fontes de potência reativa em sistemas de distribuição; Estudo, simulação e análise do desempenho de sistemas elétricos de potência; Análise das grandes perturbações e impactos no planejamento, operação e controle; Desenvolvimento de modelos para a otimização de despacho hidrotérmico; Desenvolvimento e/ou aprimoramento dos modelos de previsão de chuva versus vazão; Sistemas de monitoramento da operação de usinas não-despachadas pelo ONS.
Supervisão, controle e proteção de sistemas de energia elétrica: Diz respeito ao desenvolvimento de sistemas de monitoramento, telecontrole e teleproteção de sistemas de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica.	Implementação de sistemas de controle (robusto, adaptativo e inteligente); Análise dinâmica de sistemas em tempo real; Técnicas eficientes de restauração rápida de grandes centros de carga; Desenvolvimento de técnicas para recomposição de sistemas elétricos; Técnicas de inteligência artificial aplicadas ao controle, operação e proteção de sistemas elétricos;

(continua)

(continuação/conclusão)

Temas	Subtemas
Supervisão, controle e proteção de sistemas de energia elétrica: Diz respeito ao desenvolvimento de sistemas de monitoramento, telecontrole e teleproteção de sistemas de geração, distribuição e transmissão de energia elétrica.	Novas tecnologias para supervisão do fornecimento de energia elétrica;
	Desenvolvimento e aplicação de sistemas de medição fasorial;
	Análise de falhas em sistemas elétricos;
	Compatibilidade eletromagnética em sistemas elétricos;
	Sistemas de aterramento.
Qualidade e confiabilidade dos serviços de energia elétrica: Envolve o monitoramento de grandezas elétricas em sistemas elétricos para avaliar a confiabilidade do sistema e a qualidade da energia distribuída. Como fenômenos que podem afetar a qualidade da energia estão as variações de tensão de curta e longa duração (interrupções ou redução/elevação de tensão), os desequilíbrios de tensão e a flutuação de tensão.	Sistemas e técnicas de monitoração e gerenciamento da qualidade da energia elétrica;
	Modelagem e análise dos distúrbios associados à qualidade da energia elétrica;
	Requisitos para conexão de cargas potencialmente perturbadoras no sistema elétrico;
	Curvas de sensibilidade e de suportabilidade de equipamentos;
	Impactos econômicos e aspectos contratuais da qualidade da energia elétrica;
	Compensação financeira por violação de indicadores de qualidade.
Medição, faturamento e combate a perdas comerciais: As perdas comerciais decorrentes de furto e fraude dificultam a regularização, fornecimento e cobrança adequada de tarifas do serviço de energia elétrica. Assim, as pesquisas nessa área são vistas como imprescindíveis.	Avaliação econômica para definição da perda mínima atingível;
	Estimação, análise e redução de perdas técnicas em sistemas elétricos;
	Desenvolvimento de tecnologias para combate à fraude e ao furto de energia elétrica;
	Diagnóstico, prospecção e redução da vulnerabilidade de sistemas elétricos ao furto e à fraude;
	Energia economizada e agregada ao mercado após regularização de fraudes;
	Uso de indicadores socioeconômicos, dados fiscais e gastos com outros insumos;
	Gerenciamento dos equipamentos de medição (qualidade e redução de falhas);
	Impacto dos projetos de eficiência energética na redução de perdas comerciais;
	Sistemas centralizados de medição, controle e gerenciamento de energia em consumidores finais;
	Sistemas de tarifação e novas estruturas tarifárias.

Quadro 3: Temas e subtemas priorizados pela ANEEL para projetos de P&D.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2015)

Pompermayer *et al.* (2011) realizaram uma revisão bibliográfica acerca das tendências de inovação no setor elétrico e suas conclusões sobre os principais desafios tecnológicos para o setor de energia elétrica estão inclusos nos temas priorizados pela ANEEL: a) eficiência em geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica; b) armazenamento de energia; c) sistemas de gestão energética inteligente; d) meio ambiente e sustentabilidade; e) operações em grandes escalas; e f) fontes alternativas de energia.

A ANEEL ainda realiza chamadas para Projetos de P&D Estratégicos, que são aqueles de interesse nacional e grande importância para o setor. Geralmente envolvem alto grau de complexidade na área científica e tecnológica, altos níveis de investimento e cooperação entre empresas e instituições. Os projetos estratégicos são divulgados por meio de chamadas públicas e as empresas que desejarem participar devem manifestar seu interesse junto à ANEEL. (ANEEL, 2012;2015).

Os projetos de P&D são enviados pelas empresas à ANEEL e apenas após sua avaliação é que ocorre a aprovação, total ou parcial, do projeto e reconhecimento dos investimentos realizados. O processo de avaliação de um projeto de P&D envolve a verificação dos objetivos, dos resultados esperados vs. alcançados, da relevância, da eficiência econômica e da sustentabilidade.

A ANEEL utiliza critérios como originalidade, aplicabilidade, relevância e razoabilidade dos custos para avaliar os projetos de P&D do setor, os quais também são objeto de auditoria contábil e financeira. Após a análise de todos os relatórios sobre o projeto, a ANEEL realiza o reconhecimento contábil do investimento considerado adequado. Para os casos de reconhecimento parcial ou reprovação dos investimentos, há o estorno dos gastos não reconhecidos à conta de contábil de P&D da empresa. (ANEEL, 2012).

Resumidamente, apresenta-se na Figura 5 o processo de avaliação dos projetos de P&D pela ANEEL.

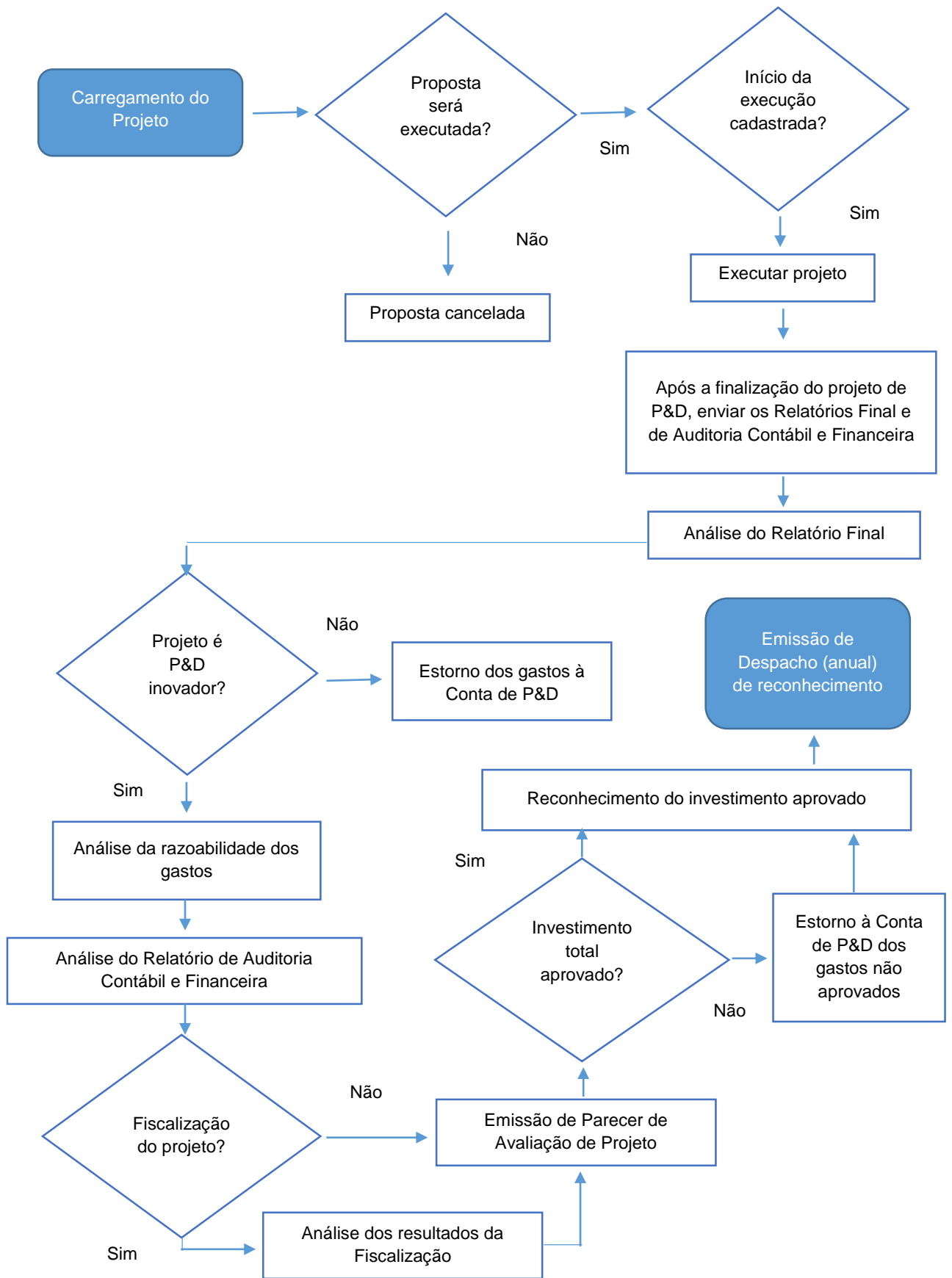


Figura 5: Processo de Avaliação dos Projetos de P&D por parte da ANEEL
 Fonte: ANEEL (2012, p. 20)

Os resultados esperados de um projeto de P&D podem variar de acordo com a natureza, fase ou características do projeto e encontram-se resumidos no Quadro 4:

Fase do Projeto	Principal Resultado Esperado
Pesquisa básica dirigida	Nova estrutura, modelo ou algoritmo
Pesquisa aplicada	Nova metodologia ou técnica, protótipo ou projeto piloto.
Desenvolvimento experimental	<i>Softwares</i> ou serviços novos ou aperfeiçoados, protótipos de equipamentos ou materiais, implantação de um projeto piloto.
Cabeça de série/ Lote pioneiro/ Inserção no mercado	Aperfeiçoamento do produto com vistas à produção industrial ou comercialização.

Quadro 4: Principais resultados esperados de um projeto de P&D

Fonte: Adaptado de ANEEL (2012)

Além desses resultados, outros também são obtidos através de um projeto de P&D:

- a) Capacitação profissional, que inclui a formação de especialistas, mestres e doutores em áreas de interesse do setor elétrico;
- b) Capacitação tecnológica, que pode ocorrer por meio de produção técnico científica (publicação de artigos sobre o projeto), apoio a infraestrutura de P&D (obrar civis para criação ou aperfeiçoamento da infraestrutura ou compra de equipamentos) e propriedade intelectual (a ANEEL incentiva a proteção dos direitos de propriedade sobre os produtos gerados nos projetos de P&D e estimula sua comercialização);
- c) Desenvolvimento de tecnologias mais eficientes;
- d) Impactos econômicos e socioambientais, entre outros.

Esses resultados podem alavancar novos mercados de atuação, maiores receitas, ganhos de produtividade, melhorias em processos e na qualidade dos serviços, redução de custos para a empresa e de tarifas para o consumidor final, melhoria da qualidade dos serviços prestados, elevação da capacidade de produção científica e tecnológica em áreas estratégicas para o setor elétrico, entre outros,

beneficiando não somente as empresas de energia elétrica, mas a sociedade como um todo. (ANEEL, 2012).

Guedes (2010) corrobora os resultados obtidos a partir dos projetos de P&D em seu estudo, no qual foram analisados os relatórios finais de uma amostra de projetos de P&D, bem como entrevista com os gestores dos projetos a fim de avaliar a percepção dos agentes a respeito do programa, concluindo que o modelo de investimentos diretos em P&D tem se materializado, ainda que em medidas inferiores as desejadas, em benefícios para o setor.

Os principais resultados do programa de P&D perceptíveis através de sua análise foram: a) a superação do contingenciamento crônico dos recursos destinados a fundos setoriais e b) o investimento compulsório em P&D realizado diretamente pelas empresas do setor elétrico, sem intermediação governamental, constitui um avanço significativo, já que o investimento fica a cargo de quem conhece a fundo as dificuldades e os desafios do setor.

Os números apurados pela ANEEL após 13 anos de existência do Programa de P&D demonstram a relevância dos investimentos para o setor ao impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação no setor de energia elétrica. Até 2013 a ANEEL aprovou 6.629 projetos que já foram concluídos, estão em andamento ou em análise e foram investidos R\$ 4,54 bilhões em pesquisa e desenvolvimento por meio do programa. Apenas em 2012 foram iniciados 490 projetos com previsão de investimentos de R\$ 1,91 milhão no período de realização (de até cinco anos).

Entre as Chamadas de P&D de Projeto Estratégico com maior volume de recursos aplicados estão a Chamada nº 14/2012 - Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás oriundo de Resíduos e Efluentes Líquidos na Matriz Energética Brasileira - com R\$ 447,38 milhões investidos e a Chamada nº 13/2011 - Arranjos Técnicos e Comerciais para Inserção da Geração Solar Fotovoltaica na Matriz Energética Brasileira - com R\$ 440,77 milhões arrecadados. (ANEEL, 2013).

4 MENSURAÇÃO DA INOVAÇÃO

A mensuração da inovação tem um papel bastante relevante dentro do processo inovativo, pois é capaz de fornecer informações importantes sobre a forma como a inovação é realizada e os resultados gerados a partir do desenvolvimento de uma inovação. Além disso, as análises quantitativas dos investimentos em cada atividade de inovação oferecem uma medida importante do nível de atividade de inovação na esfera da empresa, da indústria e do país. (OCDE, 1997). Nesse contexto, destacam-se dois métodos de mensuração da inovação: a avaliação de desempenho, efetuada por meio da Análise Envoltória de Dados, e a utilização de técnicas estatísticas e econométricas, com ênfase para a análise de regressão, ambos efetuados por meio do emprego de indicadores de inovação e de desempenho empresarial. Este capítulo apresentará uma revisão de literatura acerca dos estudos já realizados na área de mensuração da inovação a partir dos métodos citados e discorrerá sobre os indicadores de inovação e de desempenho empresarial mais comumente utilizados na literatura.

4.1 INDICADORES DE INOVAÇÃO E DE DESEMPENHO EMPRESARIAL

Os indicadores exercem um papel de destaque na mensuração da inovação, já que são utilizados para avaliar os investimentos e as atividades ligadas a inovação, bem como para capturar o desempenho inovativo das empresas. (Hagedoorn e Cloudt, 2003). De um ponto de vista mais abrangente, o desempenho inovativo pode contemplar medidas em todos os estágios do processo, delineados pela trajetória desde a concepção da ideia até a introdução no mercado. (Ernst⁹, 2001 *apud* Hagedoorn e Cloudt, 2003).

Múltiplos indicadores ainda podem ser utilizados na mensuração de desempenho, o que é bastante útil, uma vez que permite formar uma variedade de composições de medidas que facilitam a captura do desempenho inovativo.

⁹ ERNST, H. Patent applications and subsequent changes of performance: evidence from time-series cross-section analyses on the firm level. *Research Policy* 30, 143–157, 2001.

(Hagedoorn e Cloudt, 2003). Os indicadores são classificados mais comumente em *inputs* e *outputs* ou indicadores de entrada e saída (insumos e resultados). (Hagedoorn e Cloudt, 2003; Flor e Oltra, 2004).

Atualmente, diversos estudos na área de inovação têm apresentado novos indicadores do processo inovativo. Para Kemp *et al.* (2003) uma parte considerável da literatura utiliza modelos de pesquisa que englobam pelo menos quatro estágios, assim como demonstrado na Figura 6. O processo de inovação pode conter vários *feedbacks* que podem afetar todas as fases do processo.

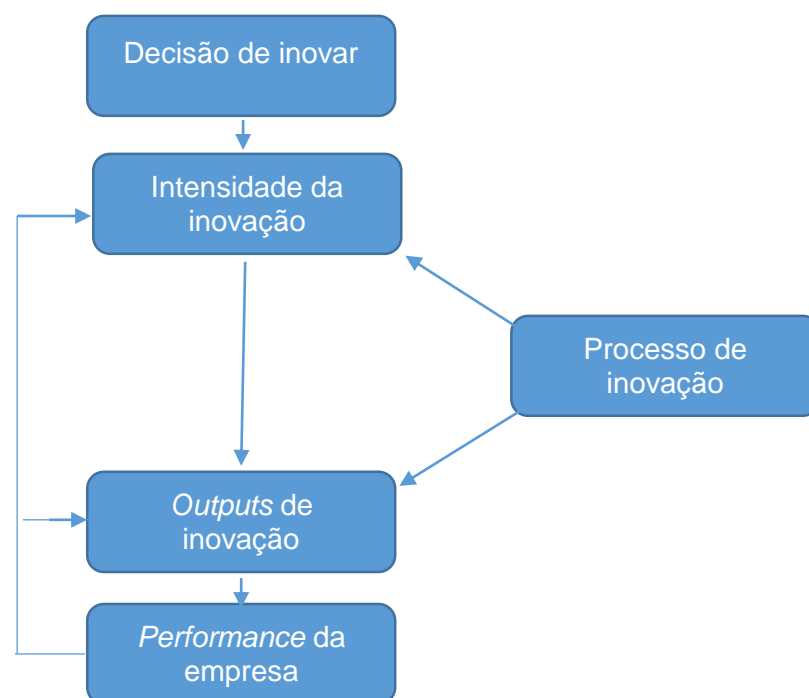


Figura 6: Modelo de pesquisa do processo inovativo

Fonte: Kemp *et al.* (2003, p. 10).

Primeiramente, existe a decisão de inovar ou não inovar. Essa é uma decisão muito importante para as empresas, que precisam estar dispostas a investir recursos caso sua escolha seja inovar. A decisão pode ser influenciada por fatores como o tamanho da empresa, a intensidade de exportação, sua trajetória de pesquisa e desenvolvimento, o nível de formação de seus colaboradores, sua cultura e estratégia. (Kemp *et al.*, 2003).

O sucesso na área de inovação exige das empresas uma estratégia claramente definida e de acordo com suas condições reais. (Davilla, Epstein e

Shelton, 2007). Para Dodgson, Gann e Salter (2008), a estratégia de inovação é a base para a estratégia global de uma empresa, já que a inovação é responsável por promover vantagens competitivas significativas. A inovação estratégica envolve a análise do ambiente tecnológico, do mercado e do ramo de negócios da empresa, bem como leva em consideração os recursos disponíveis que farão parte da estratégia. (Dodgson, Gann e Salter, 2008).

A intensidade da inovação pode ser entendida como o esforço realizado pela empresa para inovar. É geralmente medida em termos da pesquisa e do desenvolvimento realizado e dos colaboradores dedicados à inovação. (Kemp *et al.*, 2003). As atividades de P&D fazem parte dos *inputs* do processo inovativo, sejam elas abordadas em termos de dispêndios em P&D, da existência formal de um departamento de P&D dentro da empresa ou da execução dessas atividades através da participação em projetos conjuntos com universidades e centros de pesquisa. (Hagedoorn e Cloudt, 2003; Kleinknecht, Van Montfort e Brouwer, 2002; Flor e Oltra, 2004; Smith, 2006).

Kleinknecht, Van Montfort e Brouwer (2002) destacam que o fato de os dados sobre P&D serem coletados com certa periodicidade por instituições interessadas em inovação, como por exemplo, a OCDE, caracteriza uma vantagem na utilização desse indicador, uma vez que facilita as pesquisas e fornece informações mais detalhadas sobre essa variável. Entretanto, os mesmos autores, assim como Flor e Oltra (2004), ressaltam que os dados sobre P&D constituem apenas um *input* que é necessário ao processo de inovação, mas não suficiente para garantir que o resultado do processo alcançará o sucesso, ou seja, os dados relativos ao P&D não trazem qualquer informação sobre os resultados do processo inovativo.

A capacitação dos recursos humanos envolvidos no processo inovativo também é considerada como um *input*. (Flor e Oltra, 2004). A utilização dessa variável como um indicador de inovação se deve ao fato de que os profissionais mais bem qualificados, frequentemente engenheiros e cientistas, são contratados para executar tarefas de natureza científica e técnica e são os responsáveis pelos avanços científicos e tecnológicos. Além disso, esse indicador não exclui as empresas que não possuem um departamento formal de P&D. (Jacobsson *et al.*¹⁰, 1996 *apud* Flor e Oltra, 2004).

¹⁰ JACOBSSON, S. *et al.* Indicators of technological activities - comparing educational, patent and R&D statistics in the case of Sweden. Research Policy 25, 573–585, 1996.

O processo de inovação é caracterizado pela transformação dos *inputs* em *outputs*. (Kemp *et al.*, 2003). Um dos *outputs* do processo inovativo são as patentes (Hagedoorn e Cloudt, 2003; Flor e Oltra, 2004; Kleinknecht, Van Montfort e Brouwer, 2002; Smith, 2006; Kemp *et al.*, 2003). Os dados sobre patentes são acessíveis ao público em geral e, inclusive, permitem identificar a importância das patentes por meio de análise de citação.

Contudo, alguns aspectos fragilizam a utilização das patentes como indicador de inovação, dentre os quais estão: a) algumas tecnologias não são patenteáveis; b) as patentes podem nunca ser transformadas em produtos e serviços comercializáveis; e c) a propensão a patentear pode diferir entre indústrias em função dos custos relativos da inovação vs. imitação. (Kleinknecht, Van Montfort e Brouwer, 2002; Kemp *et al.*, 2003). Pavitt¹¹ (1985 *apud* Bagatolli e Dagnino, 2013) ainda acrescenta à lista de razões que levam uma empresa a não patentear a) o entendimento de que em algumas situações é mais seguro manter a invenção sob a forma de segredo industrial; b) alguns tipos de invenção e setores não são abarcados pela legislação das patentes; c) o custo elevado e a morosidade no processo de solicitação de patentes, entre outras dificuldades.

Freeman (1969) também menciona que a propensão a patentear é maior nos setores onde o custo de desenvolvimento é elevado, mas a cópia pode ser feita facilmente pelos concorrentes, como é o caso da indústria farmacêutica. Macdonald (2004) ainda destaca que as patentes podem apresentar uma função estratégica que poderia ser entendida a partir de duas perspectivas: como uma forma de elevar o valor de mercado da empresa (ativo intangível) e como uma forma de prevenir que os concorrentes solicitem patentes de ideias semelhantes e as utilizem (“patentes defensivas”).

Outro *output* é a participação dos produtos novos no total de vendas das empresas. (Flor e Oltra, 2004; Kleinknecht, Van Montfort e Brouwer, 2002; Kemp *et al.*, 2003). Esse indicador constitui uma medida direta do sucesso da inovação, já que avalia as inovações que foram introduzidas no mercado e resultaram num fluxo de caixa positivo. Smith (2006) ainda enumera como um indicador de inovação (classificado como *output*) os dados bibliométricos, que se referem à análise da composição e dinâmica das publicações e citações científicas. Kemp *et al.* (2003)

¹¹ PAVITT, K. Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems. *Scientometrics*, pp. v.7, nº. 1, pp. 77-99, 1985.

acrescenta também à lista de *outputs* os anúncios de novos produtos e serviços realizados em revistas especializadas e técnicas.

Atualmente, diversos estudos têm utilizado outros indicadores de inovação, além dos mais comuns já citados. A escolha do indicador vai depender do objetivo e do objeto de estudo, uma vez que a inovação é um processo que leva em consideração diversas particularidades, como por exemplo, o conhecimento prévio da empresa, seu comportamento estratégico e toda a trajetória tecnológica já percorrida, não podendo, dessa forma, ser encarada como um processo homogêneo em que os mesmos indicadores podem mensurar o desempenho inovativo de qualquer empresa. Hagedoorn e Cloudt (2003), por exemplo, concluíram em seu estudo que os indicadores relacionados aos dispêndios em P&D, patentes, citações de patentes e novos produtos foram capazes de captar o desempenho inovativo de empresas de setores americanos considerados de alta tecnologia, mas não deixaram de ressaltar que um conjunto diferente de indicadores pode ser necessário para captar o desempenho de outros setores industriais.

No entanto, ao fim do processo, todas as atividades inovadoras devem resultar em um melhor desempenho empresarial em relação às empresas que não inovam. (Kemp *et al.*, 2003). A inovação constitui uma variável estratégica cada vez mais presente no meio organizacional, por meio do qual empresas e setores são capazes de ampliar sua produtividade, melhorar os meios e processos de produção, assim como a qualidade dos produtos e serviços ofertados no mercado, diminuindo seus custos, elevando seus níveis de rentabilidade e gerando benefícios econômicos e sociais para toda a sociedade.

Entre os indicadores de desempenho empresarial mais comumente utilizados estão o retorno sobre o ativo (Brito E., Brito L. e Morganti, 2009; Santos, Basso e Kimura, 2014; Zhu e Huang, 2012); o retorno sobre o patrimônio líquido (Santos, Basso e Kimura, 2014; Santos, Gois e Rebouças, 2014; Zhu e Huang, 2012); o lucro (Andreassi e Sbragia, 2002; Santos, Gois e Rebouças, 2014; Kemp *et al.*, 2003); a receita de vendas (Ramos e Zilber, 2013; Brito E., Brito L. e Morganti, 2009; Santos, Basso e Kimura, 2014); o faturamento (Andreassi e Sbragia, 2002); a margem EBITDA (Brito E., Brito L. e Morganti, 2009); a margem operacional (Santos, Basso e Kimura, 2014); e a participação de mercado (Andreassi e Sbragia, 2002), entre outros.

Destaca-se que uma série de fatores pode afetar o desempenho das empresas. Segundo Porter (2004), o desempenho de uma empresa depende da

estrutura da indústria, já que ela afeta a natureza da competição e, conseqüentemente, o desempenho empresarial, que por sua vez está relacionado com as estratégias adotadas pela empresa. Para Penrose (2006) a firma é vista como um conjunto de recursos produtivos (materiais e humanos) e seu crescimento está condicionado a percepção e ao aproveitamento das oportunidades produtivas, as quais existem em função desses recursos e pela forma com que eles são utilizados.

Já Paula (2007) chegou a propor um modelo integrativo que prega que o desempenho empresarial é influenciado pelos recursos da empresa, pela estratégia adotada e pela estrutura da indústria a qual pertence, sendo que todos esses fatores ainda sofrem influência do ambiente no qual a empresa está inserida.

4.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Dentro do campo de mensuração da inovação está a avaliação de desempenho em termos de esforços inovativos. Avaliar quantitativamente os resultados dos esforços inovativos revela-se um ponto chave no processo de inovação, já que a maior parte das inovações exige grandes investimentos, além de concentrar os resultados no longo prazo. Assim, os recursos destinados à inovação devem ser aplicados de modo eficiente, garantindo que os resultados esperados sejam atingidos e, inclusive, superados, principalmente quando se fala em setores estratégicos para a economia.

Nessa linha de pesquisa destaca-se a DEA, sigla em inglês para Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis*), cujos princípios foram introduzidos por Edward Rodhes, com orientação de W.W. Cooper, em 1978, em sua tese de doutoramento na *Carnegie Mellow University*. Inicialmente, a técnica foi desenvolvida para analisar os resultados de um experimento educacional de larga escala em escolas públicas americanas (Onusic, Casa Nova e Almeida, 2007), e atualmente a técnica tem ganhado espaço na análise de eficiência no campo da inovação.

A explanação teórica detalhada acerca da DEA será realizada no próximo capítulo, mas, por hora, pode-se dizer que a DEA consiste, basicamente, numa avaliação de desempenho de um conjunto de *Decision Making Units* (que podem ser

empresas, setores, plantas, departamentos, etc) a partir de um modelo matemático que relaciona resultados e insumos. (Cooper, Seiford e Zhu, 2011).

Os trabalhos sobre eficiência em atividades de inovação podem ser segmentados de acordo com o objeto de estudo: a) Sistemas Nacionais de Inovação/países (Cai, 2011; Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczysti, 2009; Hollanders e Esser, 2007; Hsu, 2011); b) Projetos de P&D (Hsu e Hsueh, 2009; Almeida, 2010; Park, 2014); e c) Setores/empresas (Mendes, Lopes e Gomes, 2012; Almeida, 2010; Jacob et al., 2013; Hashimoto e Haneda, 2005).

Cai (2011) utilizou a DEA para analisar a eficiência dos sistemas nacionais de inovação dos países do BRICS no período de 2000 a 2008, incluindo na amostra outros países, dentre os quais os do G7, totalizando 22 países avaliados. Como variáveis de resultado (*outputs*) utilizou o número de patentes concedidas pela WIPO, artigos científicos e técnicos publicados e exportação de serviços de alta tecnologia e tecnologia da informação. Já como insumos (*inputs*) empregou os gastos gerais e o pessoal ocupado em P&D. Os resultados demonstraram que os países do BRICS diferem muito na eficiência de seu sistema, com China, Índia e Rússia apresentando classificação bastante elevada, e Brasil e África do Sul localizando-se mais abaixo no *ranking*.

Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczysti (2009) realizaram um estudo com os sistemas nacionais de inovação de 26 países membros e 2 não membros da OCDE no período de 1995 a 2004 com o objetivo de avaliar a eficiência dos sistemas em termos de esforços de P&D, além de analisar também o impacto de fatores ambientais regulatórios na eficiência do P&D. A DEA foi aplicada no estudo considerando como *inputs* as despesas em P&D, segmentadas em despesas gerais, despesas das empresas de negócios, despesas do ensino superior e despesas do governo intramuros, além do número de pesquisadores atuantes. Como *outputs* foram utilizados o número de patentes ponderadas e o de não ponderadas.

Foi considerada ainda uma defasagem de dois anos nos *inputs* devido ao fato de que as entradas do processo inovativo não levam a resultados imediatos. Os resultados sugeriram que um sistema econômico amadurecido leva a uma maior eficiência de pesquisa em comparação com países ainda em desenvolvimento de sua indústria e tecnologia padrão. Ainda foram encontradas evidências de que barreiras à entrada, com o objetivo de reduzir a concorrência, tornam menor a eficiência da pesquisa, atenuando o incentivo para inovar e para alocar recursos de forma eficiente.

Hsu (2011) avaliou a eficiência a partir da Análise Envoltória de Dados dos sistemas nacionais de inovação de 33 países contidos no *European Innovation Scoreboard Report 2005*. Os *inputs* utilizados correspondiam a três dimensões: a) motores da inovação; b) criação de conhecimento e c) inovação e empreendedorismo, compostas por um total de 15 indicadores. Por sua vez, os dois *outputs* utilizados, a) aplicações e b) propriedade intelectual, compreendiam um conjunto de 10 indicadores. Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Luxemburgo, Malta e Suíça foram os países que apresentaram maior eficiência entre os 33 países do estudo.

Os mesmos *inputs* e *outputs* foram utilizados no estudo de Hollanders e Esser (2007), os quais empregaram a DEA para analisar em separado a eficiência dos países mais inovativos e dos menos inovativos, segundo o *European Innovation Scoreboard Report 2007*, totalizando 37 países em sua amostra. Todos os líderes de inovação (Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Israel, Japão, Suíça, Reino Unido e os EUA), com exceção da Suécia, apresentaram eficiência acima da média em transformar insumos em aplicações. Os seguidores de inovação também tiveram eficiência acima da média em transformar insumos em aplicações e apenas a Áustria, Países Baixos e Luxemburgo mostraram eficiência acima da média em propriedade intelectual.

Os inovadores moderados revelaram diferentes eficiências. Os países em fase de recuperação, como Portugal, também mostraram uma variedade de graus de eficiência na transformação de insumos de inovação em aplicações. Na eficiência da propriedade intelectual todos os países estavam significativamente abaixo da média, com exceção de Portugal. Áustria, Alemanha, Luxemburgo, Holanda e Suíça apresentaram combinações de escores de eficiência elevados tanto em aplicações quanto em propriedade intelectual.

Destaca-se, também, o fato de que os autores verificaram se a introdução de defasagem de 1 a 3 anos nos *inputs* poderia afetar os escores de eficiência. Os resultados mostraram que o efeito da defasagem foi pequeno para as dimensões criação de conhecimento e inovação e empreendedorismo, enquanto que os escores de eficiência da maioria dos países aumentou com o emprego de defasagens de períodos curtos na dimensão motores da inovação.

Já o estudo de Hsu e Hsueh (2009) teve como foco a avaliação de projetos de P&D. Os dados foram obtidos a partir de uma pesquisa de campo com empresas que tiveram seus projetos de P&D patrocinados pelo governo de Taiwan entre os anos

de 1997 e 2005, resultando numa amostra de 110 projetos. Como *inputs* foram utilizados o número de equipes trabalhando nos projetos, a quantidade de recursos governamentais empregados, o orçamento da firma beneficiária investido no projeto e o tempo de execução do projeto. Já os *outputs* empregados foram o número de artigos publicados em periódicos e conferências, os pedidos de patentes e patentes concedidas, as patentes aplicadas em produtos ou tecnologias, a quantidade de tecnologias e produtos derivados e, por fim, os lucros da comercialização da tecnologia. Foi empregada a DEA de três estágios, a qual associa um modelo Tobit para controlar variáveis externas.

O estudo revelou que o tamanho da empresa, do setor e a proporção de subsídio público em pesquisa e desenvolvimento e do orçamento da empresa beneficiária influenciaram significativamente a eficiência técnica dos projetos subsidiados pelo governo de Taiwan. Depois de controlar as variáveis externas, o valor médio da eficiência técnica no terceiro estágio aumentou e tornou-se significativamente diferente da primeira fase. A maioria dos projetos subsidiados pelo governo aumentaram seus retornos quando seus projetos foram ampliados.

Almeida (2010), realizou um estudo para verificar qual a contribuição dos investimentos públicos em inovação tecnológica, realizados através do Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa, para o incremento da eficiência das pequenas empresas do Estado São Paulo. Para isso, utilizou a DEA e o Índice Malmquist, com o objetivo de analisar a eficiência das empresas e dos projetos, utilizando como base 148 projetos vinculados a 113 empresas de São Paulo.

Como *inputs* foram utilizados dados relativos a experiência do coordenador do projeto, número de consultorias, tamanho da equipe de P&D e recursos financeiros (segmentados em recursos advindos de terceiros, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e recursos próprios). Já como *outputs* foram utilizados dados sobre o número de patentes e publicações realizadas pelas empresas, o percentual de *market share* e o faturamento.

Entre as principais conclusões do estudo estão: o grupo de projetos ineficientes consumiu mais recursos públicos, próprios e de terceiros; os projetos com eficiência máxima foram influenciados pela idade dos mesmos e tamanho das empresas, bem como os anos de experiência do coordenador foram significativos, mas sua qualificação não; o setor aeroespacial apresentou a maior eficiência média e o setor de agronegócio a menor; e metade das empresas e metade dos projetos

estavam na fronteira de eficiência máxima: para os projetos eficientes os fatores preponderantes foram tamanho da equipe de P&D e experiência do coordenador; para as empresas foi a carteira de clientes.

Park (2014), aplicou a DEA para analisar a eficiência de 139 projetos de pequenas e médias empresas financiados pelo governo coreano através de um projeto chamado KETIP com o objetivo de identificar se havia diferença na eficiência entre os diferentes tipos de colaboração e entre o tamanho dos subsídios governamentais de P&D. Foram utilizados os dados do KETIP 2012, que investigou todos os projetos completos de P&D e efetuou o acompanhamento do desempenho por cinco anos, de 2007 a 2011. Dessa forma, a amostra considerou a defasagem entre as entradas e os resultados das atividades de inovação.

Os *inputs* foram os mesmos do estudo de Hsu e Hsueh (2009) e os *outputs* utilizados foram dados relativos a publicações, patentes e vendas. Os autores verificaram que as publicações e as patentes apresentaram uma correlação positiva estatisticamente significativa com o subsídio do governo, enquanto que a correlação positiva entre as vendas de comercialização e subsídio do governo não foi estatisticamente significativa. Quando se controlou a influência do tamanho do subsídio do governo de P&D não houve diferença estatisticamente significativa na eficiência, contudo o tipo de colaboração de P & D *Joint-Venture "SME-University-Laboratory"* foi superior aos demais, alcançando a maior média e o menor intervalo interquartil dos escores de eficiência da DEA.

Já os autores Mendes, Lopes e Gomes (2012), analisaram por meio da DEA a eficiência dos dispêndios em inovação de 23 setores da indústria de transformação brasileira entre os anos de 2003 e 2005. Como variável de resultado foi empregada a receita líquida de vendas do setor e como insumos foram utilizados os gastos com atividades internas e externas de P&D e aquisição de outros conhecimentos, os gastos com aquisição de máquinas e equipamentos, com treinamento, com introdução de inovações tecnológicas no mercado, com projetos industriais, além da mão de obra envolvida em atividades inovativas. Os dados foram retirados da Pesquisa de Inovação, realizada pelo IBGE.

Os autores verificaram que o nível de eficiência se reduziu ao longo dos anos, com decréscimo no escore médio entre 2003 e 2005, além de neste último ano ter ocorrido uma mudança em relação às unidades eficientes. Os setores ligados à produção de derivados do petróleo, de metais não ferrosos e de automóveis foram

eficientes em ambos os anos de análise. Ao considerar o modelo DEA com defasagem (insumos de 2003 e resultados de 2005) a maior parte dos resultados anteriores foi confirmada.

Jacob *et al.* (2013) utilizaram a DEA para analisar a eficiência de 29 setores industriais brasileiros (indústrias de transformação e extração) no ano de 2011, além de verificar, através de análise econométrica, como a eficiência dos setores estava relacionada com os investimentos em P&D. As variáveis custos e despesas – gastos com pessoal, custos das operações industriais, depreciação e demais custos e despesas operacionais foram classificadas como insumos e a variável valor bruto da produção industrial foi classificada como resultado. Constatou-se que 12 setores obtiveram eficiência máxima com retornos constantes. Por meio de um modelo Tobit verificou-se que existia relação positiva e significativa entre o nível de eficiência destes setores e os esforços tecnológicos, permitindo concluir que os investimentos em P&D tenderam a refletir em um maior coeficiente de eficiência para os setores analisados.

Hashimoto e Haneda (2005) buscaram analisar a eficiência dos dispêndios em P&D de 10 empresas da indústria farmacêutica japonesa, no período de 1982 a 2001, além de examinar como a eficiência dos dispêndios em P&D em nível industrial mudou ao longo do tempo. Os dispêndios em P&D foram utilizados como *inputs* e o número de patentes, o volume de vendas e do lucro operacional foram utilizados como *outputs*. Os resultados revelaram que a eficiência de P&D da indústria farmacêutica japonesa piorou no decorrer do período analisado.

Os estudos mencionados acima evidenciam a existência de diferentes abordagens quanto a análise de eficiência em termos de inovação/atividades de P&D, o que culmina na adoção de uma variedade de *inputs*, *outputs* e modelos utilizados nos trabalhos realizados. O Quadro 5 sumariza as variáveis mais comumente empregadas nos estudos sobre o tema, bem como cita as pesquisas correlatas.

Autores	Modelo DEA	Inputs	Outputs
Cai (2011)	CRS, orientação para <i>output</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gastos gerais com P&D 2. Pessoal ocupado em P&D 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Patentes concedidas pela WIPO 2. Artigos científicos e técnicos publicados 3. Exportação de serviços de alta tecnologia e tecnologia da informação
Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczynski (2009)	VRS, orientação para <i>output</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Despesas gerais com P&D 2. Despesas das empresas de negócios com P&D 3. Despesas do Ensino superior com P&D 4. Despesas do governo intramuros em P&D 5. Pesquisadores 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Patentes ponderadas 2. Patentes não ponderadas
Hsu (2011) e Hollanders e Esser (2007)	CRS, orientação para <i>output</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Motores da inovação: graduados em Ciência e Engenharia por 1000 habitantes com idade entre 20 - 29; população com ensino superior por 100 habitantes com idade entre 25-64; taxa de penetração da banda larga (número de linhas de banda larga por 100 habitantes); participação na aprendizagem ao longo da vida por 100 habitantes com idade entre 25-64; nível de educação da juventude (% da população entre os 20-24 anos que concluiu pelo menos o ensino secundário superior). 2. Criação de conhecimento: gastos públicos com P&D (% do PIB), gastos das empresas com P&D (% do PIB); participação do P&D de média-alta e alta tecnologia (% dos gastos de produção de P&D); percentual de empresas que recebem financiamento público para a inovação. 3. Inovação e empreendedorismo: PME inovadoras <i>in-house</i> (% de todas as PMEs); PMEs inovadoras cooperando com outras (% de todas as PMEs); despesas de inovação (% do volume de negócios total); estágio inicial de capital de risco (% do PIB); Despesas de TIC (% do PIB); PMEs que utilizam a inovação organizacional (% de todas as PMEs). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicações: emprego nos serviços de alta tecnologia (% da força de trabalho total); exportações de produtos de alta tecnologia como parcela do total das exportações; vendas de produtos novos para o mercado (% do volume de negócios total); vendas de produtos novos para a empresa (% do volume de negócios total); emprego na produção de médio-alta e alta tecnologia (% da força de trabalho total). 2. Propriedade intelectual: Patentes do EPO por milhão de habitantes; Patentes concedidas pelo USPTO por milhão de habitantes; tríade de patentes por milhão de habitantes; marcas comunitárias por milhão de habitantes; modelos comunitários por milhão de habitantes.
Hsu e Hsueh (2009)	VRS, orientação para <i>input</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nº de equipes trabalhando no projeto 2. Quantidade de recursos governamentais 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Artigos publicados em periódicos e conferências 2. Nº de pedidos de patentes e patentes concedidas

(continua)

(continuação/conclusão)

Autores	Modelo DEA	Inputs	Outputs
Hsu e Hsueh (2009)		3. Orçamento da firma beneficiária investido no projeto patrocinado pelo governo 4. Tempo de execução	3. Nº de patentes aplicadas em produtos ou tecnologias e nº de tecnologias e produtos derivados 4. Lucros da comercialização da tecnologia
Almeida (2010)	CRS e VRS, orientação para <i>output</i>	1. Experiência do coordenador 2. Nº de consultoria 3. Tamanho de equipe de P&D 4. Rec. Financ. De 3º 5. Rec. da FAPESP 6. Rec. Financ. Próprios	1. Nº de patentes 2. Nº de publicações 3. <i>Market share</i> 4. Faturamento
Park (2014)	VRS, orientação para <i>input</i>	1. Nº de equipes trabalhando no projeto 2. Quantidade de recursos governamentais 3. Orçamento da firma beneficiária 4. Período de P&D	1. Publicações 2. Patentes 3. Vendas
Mendes, Lopes e Gomes (2012)	VRS, orientação para <i>output</i>	1. gastos com atividades internas e externas de P&D e aquisição de outros conhecimentos 2. gastos com aquisição de máquinas e equipamentos 3. gastos com treinamento 4. gastos com introdução de inovações tecnológicas no mercado 5. gastos com projetos industriais e outras preparações técnicas 6. mão de obra envolvida em atividades inovativas	1. Receita líquida de vendas no setor
Jacob <i>et al.</i> (2013)	CRS e VRS, orientação para <i>input</i>	1. Custos e despesas - gastos de pessoal 2. Custos das operações industriais 3. Depreciação 4. Demais custos e despesas operacionais.	1. Valor bruto da produção industrial
Hashimoto e Haneda (2005)	CRS, orientação para <i>input</i>	1. Dispêndios em P&D	1. Patentes 2. Vendas 3. Lucro operacional

Quadro 5: Sumarização dos estudos acerca da utilização da DEA na análise de eficiência em termos de inovação/atividades inovativas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 TÉCNICAS ESTATÍSTICAS E ECONOMÉTRICAS

A relação entre sucesso empresarial e inovação se torna cada vez mais evidente nos dias de hoje, haja vista que quanto maior a capacidade inovadora de uma empresa, melhor será seu desempenho em termos de competitividade, participação de mercado, lucratividade, entre outros. Chaney *et al.*¹² (1991, *apud* Brito *et al.*, 2009) destacam que diversos trabalhos empíricos tem encontrado evidências consistentes da relação entre o desempenho empresarial e indicadores de inovação.

Dessa forma, estudos atuais tem aliado técnicas estatísticas e econométricas a indicadores de inovação e de *performance* para avaliar a influência das atividades inovativas no desempenho empresarial das empresas. Dentre essas técnicas, destaca-se a análise de regressão, que se ocupa do estudo da dependência de uma variável, considerada dependente, em relação a uma ou mais variáveis, consideradas independentes, com o objetivo de estimar e/ou prever o valor médio da primeira em termos de valores conhecidos ou fixados das segundas. (GUJARATI, 2000).

Entre os estudos que empregaram a técnica de análise de regressão, bem como outras técnicas estatísticas e econométricas, tais como a análise de correlação, podem ser citados os de Brito E., Brito L. e Morganti (2009), Andreassi e Sbragia (2002), Santos, Basso e Kimura (2014), Atalay *et al.* (2013), Santos, Gois e Rebouças (2014), Ramos e Zilber (2013), Kemp *et al.* (2003) e Zhu e Huang (2012).

Brito E., Brito L. e Morganti (2009) realizaram um estudo com 62 empresas brasileiras do setor químico entre os anos de 1999 e 2001 com o objetivo de identificar se o investimento em inovação estaria relacionado positivamente com o crescimento e a lucratividade das empresas. Para atingir seu objetivo, utilizaram a técnica de regressão linear múltipla empregando como indicadores de inovação os gastos com atividades internas e externas de P&D e aquisição de outros conhecimentos, os gastos com aquisição de máquinas e equipamentos, com treinamento, com introdução de inovações tecnológicas no mercado, com projetos industriais, além da mão de obra envolvida em atividades inovativas, o pessoal acadêmico e o pessoal técnico/suporte envolvido no processo inovativo, o percentual de vendas locais e de exportação

¹² CHANEY, P. K. *et al.*. The impact of new product introductions on the market value of firms. *The Journal of Business*, v. 64, n. 4, p. 573-610, 1991.

advindo de produtos novos para a empresa ou para o mercado e o percentual de vendas cobertas por patente.

Como métricas de desempenho financeiro foram empregadas as variáveis retorno sobre os ativos totais, margem EBITDA e crescimento da receita líquida. A conclusão do estudo foi de que o esforço inovador tende a afetar mais o crescimento do que a lucratividade, já que foi constatado que o investimento em inovação estaria positivamente associado ao crescimento das empresas.

Andreassi e Sbragia (2002) realizaram um estudo com 125 empresas da base de dados da Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras, nos anos de 1994 e 1996, a partir de um modelo conceitual e análise de correlação, a fim de estudar as relações entre os indicadores de P&D, tanto *inputs* como *outputs*, com os indicadores de resultado empresarial. Gastos em P&D e patentes foram utilizados como indicadores de inovação e os dados relativos a lucratividade, participação de mercado, faturamento e novos produtos introduzidos no mercado constituíram os indicadores de desempenho empresarial.

Os resultados encontrados indicaram que os investimentos em P&D estavam fortemente associados com a futura participação de novos produtos na receita total das empresas e que, diferentemente do que ocorre em outros países, são as receitas de vendas que parecem condicionar os investimentos em P&D no futuro. As hipóteses de que existiria correlação positiva entre patentes e faturamento e entre patentes e grau de introdução de produtos novos no mercado foram aceitas com restrições.

Santos, Basso e Kimura (2014) efetuaram um estudo semelhante ao de Brito E., Brito L. e Morganti (2009) para os anos de 2003 e 2005, com 231 e 277 empresas industriais brasileiras, com o intuito de verificar a relação entre inovação e desempenho das empresas. Como métricas de inovação foi empregada uma variável de recursos humanos (total de doutores, mestres, graduados e técnicos dedicados exclusivamente a P&D em relação ao efetivo total), uma variável de recursos internos (total dos dispêndios em treinamento, em P&D interno, em aquisição de máquinas e em introdução de inovações tecnológicas dividido pela receita da firma) e uma variável de recurso relacional (total dos dispêndios em P&D externo e na aquisição de conhecimento externo dividido pela receita da firma).

Como métricas de desempenho financeiro foram utilizados o retorno sobre o patrimônio líquido, sobre o ativo e sobre a receita total e a margem operacional. Os dados foram examinados por análise fatorial e regressão múltipla, de forma que a

primeira estratificou o recurso inovação e a análise de regressão confirmou, apenas em 2005, o relacionamento entre o recurso inovação e o desempenho financeiro, sendo que os dispêndios realizados em pesquisa e desenvolvimento no interior das empresas e aqueles para introdução de novos produtos ou processos no mercado foram os mais significativos para explicar a *performance* da indústria.

Atalay *et al.* (2013) efetuaram uma pesquisa de campo com 113 fornecedores da indústria automotiva da Turquia no ano de 2011 e buscaram analisar a relação entre inovação e *performance* das empresas por meio de análise fatorial e de regressão linear. Os indicadores foram obtidos a partir da aplicação da técnica de análise fatorial sobre um questionário encaminhado às empresas que abordava os temas de inovação de produto, de processo, de *marketing* e organizacional e a *performance* da empresa. O estudo comprovou que as inovações organizacionais e de *marketing* não foram significativas, enquanto que as inovações de produto e processo foram significativas e tiveram impacto positivo na *performance* das empresas analisadas.

Santos, Gois e Rebouças (2014) analisaram os efeitos da inovação no desempenho de firmas brasileiras, utilizando como medidas da inovação os investimentos em P&D e em ativos intangíveis de inovação, e como medidas de desempenho, as variáveis retorno sobre o patrimônio líquido, valor adicionado, lucro líquido e percepção de mercado. Foram aplicados Testes de Mann-Whitney e modelos ajustados de regressão linear múltipla numa amostra de 76 empresas listadas na Bovespa, nos anos de 2011 e 2012. Outras variáveis explicativas referentes a cada empresa foram incluídas nos modelos de regressão, tais como tamanho, idade, governança corporativa e setor de atuação.

Dentre os resultados, foi observado que as empresas mais inovadoras detinham maior média de desempenho. No entanto, a inovação influenciou negativamente o desempenho nas perspectivas lucratividade e geração de valor, logo, concluiu-se que no curto prazo a inovação pode não ser benéfica ao desempenho das empresas.

Ramos e Zilber (2013) analisaram a correlação entre investimentos em P&D e receita bruta de vendas, levando em consideração a defasagem temporal, de duas empresas de alta tecnologia, Itautec S/A e Tectoy S/A, entre os anos de 1997 e 2009. Através de relatórios financeiros, foram levantados os fluxos de investimento e receita de vendas, buscando evidenciar os desempenhos comparados de correlações entre

as duas variáveis. Os resultados obtidos a partir dos dados estatísticos evidenciaram correlações diretas e positivas entre os investimentos em P&D e as receitas de vendas, com diferenças apenas nas defasagens temporais das empresas examinadas: dois anos de defasagem para a Itaotec e quatro anos para a Tectoy.

Kemp *et al.* (2003) realizaram uma pesquisa de campo, no ano de 2000, com pequenas e médias empresas de diversos setores industriais da Holanda com o objetivo de investigar a relação entre inovação e *performance* das empresas. A pesquisa resultou numa amostra de 3.000 empresas distribuídas entre as 15 regiões da Holanda. Os dados foram analisados a partir de diversas técnicas econométricas, estando entre elas a análise de regressão.

Na análise da influência da inovação no desempenho das empresas utilizou-se como métrica de inovação (*output* de inovação) o percentual de novos produtos pelo volume total de negócios. Incluiu-se também variáveis *dummy* para indicar o setor das empresas analisadas. A *performance* das firmas foi medida por quatro indicadores: crescimento do volume de negócios, crescimento do emprego, lucro e produtividade, sendo que apenas para os dois primeiros houve resultados significativos (lucro e produtividade não foram significativamente influenciados pela métrica de inovação).

Zhu e Huang (2012) utilizaram a técnica de regressão linear múltipla para testar a relação entre a intensidade dos investimentos em P&D e a *performance* das firmas chinesas de tecnologia da informação listadas no relatório anual, no período de 2007 a 2009. Como indicadores de inovação foram utilizados os dispêndios em P&D e a razão entre os dispêndios em P&D e os ativos. Já como indicadores de desempenho da empresa foram empregados os dados relativos ao retorno sobre o ativo e o retorno sobre o patrimônio líquido, com defasagem de um ano.

A análise sugeriu que havia correlação significativa entre a intensidade de P&D e a *performance* financeira das empresas, permitindo concluir que as empresas com uma estratégia de investimento intensivo em P&D teriam significativamente maior *performance* financeira no ano seguinte.

A partir da revisão de literatura realizada acima é possível observar que alguns indicadores de inovação e de desempenho empresarial são mais comumente utilizados, tais como os investimentos em P&D, o retorno sobre o ativo, o retorno sobre o patrimônio líquido e o lucro. No entanto, verifica-se também que esses indicadores podem variar em decorrência do foco da análise, bem como em função da

disponibilidade dos dados. O Quadro 6 relaciona os indicadores mais frequentemente empregados e os autores que os utilizaram em suas análises sobre o tema.

Indicadores de Inovação	Autores
Ativos intangíveis de inovação	Santos, Gois e Rebouças (2014)
Dispêndios com aquisição externa de outros conhecimentos	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Dispêndios com aquisição externa de P&D	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Dispêndios com aquisição de máquinas e equipamentos	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Dispêndios com treinamento	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Dispêndios com introdução de inovações tecnológicas	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Dispêndios com P&D	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Andreassi e Sbragia (2002); Santos, Basso e Kimura (2014); Santos, Gois e Rebouças (2014); Ramos e Zilber (2013); Zhu e Huang (2012)
Dispêndios com projetos industriais e outras preparações	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Novos produtos	Kemp <i>et al.</i> (2003)
Patentes	Andreassi e Sbragia (2002)
Pessoal ocupado com inovação - Doutores	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Pessoal ocupado com inovação – Graduados	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Pessoal ocupado com inovação – Mestres	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Pessoal ocupado com inovação – Suporte	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Pessoal ocupado com inovação – Técnicos	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014)
Vendas cobertas por patente solicitada ou em vigor	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Vendas de exportação advindas de produtos novos para mercado ou para empresa	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Vendas locais advindas de produtos novos para mercado ou para empresa	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Indicadores de Desempenho Empresarial	Autores
Crescimento da receita líquida	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Crescimento do emprego	Kemp <i>et al.</i> (2003)
Crescimento do volume de negócios	Kemp <i>et al.</i> (2003)
Faturamento	Andreassi e Sbragia (2002)
Lucro	Andreassi e Sbragia (2002) Santos, Gois e Rebouças (2014); Kemp <i>et al.</i> (2003)
Margem EBITDA	Brito E., Brito L. e Morganti (2009)
Margem Operacional	Santos, Basso e Kimura (2014)
Novos produtos introduzidos no mercado	Andreassi e Sbragia (2002)
Participação de mercado	Andreassi e Sbragia (2002)
Percepção de mercado	Santos, Gois e Rebouças (2014)

(continua)

(continuação/conclusão)

Indicadores de Desempenho Empresarial	Autores
Produtividade	Kemp <i>et al.</i> (2003)
Receita de vendas	Ramos e Zilber (2013)
Retorno sobre a receita total	Santos, Basso e Kimura (2014)
Retorno sobre o ativo	Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014); Zhu e Huang (2012)
Retorno sobre o patrimônio líquido	Santos, Basso e Kimura (2014); Santos, Gois e Rebouças (2014); Zhu e Huang (2012)
Valor adicionado	Santos, Gois e Rebouças (2014)

Quadro 6: Relação dos indicadores mais empregados em análises de influência da inovação no desempenho empresarial.

Fonte: Elaborado pelo autor

5 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentada a base de dados que deu origem a amostra analisada, bem como serão abordados os conceitos teóricos acerca dos métodos empregados e os procedimentos metodológicos adotados para a realização da avaliação de desempenho, através da Análise Envoltória de Dados, que irá fornecer as medidas de eficiência das empresas analisadas em termos dos investimentos realizados em P&D, e da análise de regressão, por meio da qual será verificada qual a influência desses investimentos sobre o desempenho empresarial das companhias da amostra.

5.1 BASE DE DADOS

Para compor a base de dados buscar-se-á as empresas do segmento de energia elétrica que possuem ações negociadas na BM&F Bovespa, ou seja, no mercado acionário brasileiro. Pretende-se selecionar as empresas que tem como atividade principal a geração, transmissão e/ou distribuição de energia elétrica e, portanto, fazem parte do Programa de P&D da ANEEL.

Os dados individuais relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento das empresas selecionadas serão obtidos por meio dos relatórios da administração, notas explicativas e demonstrações financeiras, tais como balanços patrimoniais e demonstrações de resultado de exercício, os quais são divulgados ao público no portal da BM&F Bovespa, já que todas as empresas em questão se tratam de companhias abertas.

Com o objetivo de avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em termos dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento realizados, bem como verificar qual a influência desses investimentos no desempenho empresarial, serão relacionadas as seguintes variáveis: a) gastos anuais com P&D (em reais); b) número de pedidos de patentes depositados anualmente pelas empresas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI; c) receita líquida de vendas anual (em reais); d) lucro líquido anual (em reais); e) retorno sobre o patrimônio líquido (ROE),

obtido a partir da divisão do lucro líquido pelo patrimônio líquido da empresa; e f) retorno sobre o ativo (ROA), resultado da razão entre o lucro líquido e o ativo total da empresa.

Embora seja indiscutível que as análises realizadas num período mais longo de tempo são capazes de captar de forma mais abrangente e clara as relações existentes entre as variáveis, não se pode deixar de ressaltar uma das limitações mais comuns encontrada em análises semelhantes, que é a dificuldade em coletar dados para grandes horizontes de tempo.

Assim, não se pode desconsiderar a restrição de acesso aos dados para um período de análise mais longo, pois a ênfase nas atividades de P&D no Brasil só ganhou destaque nos últimos anos e o registro dos dados relativos a essas atividades para análises posteriores é ainda mais recente. Dessa forma, para que haja um horizonte de tempo razoável de análise, pretende-se relacionar os investimentos anuais em P&D de cada uma das empresas selecionadas nos últimos cinco anos (2010 a 2014).

Adicionalmente, cabe acrescentar à lista de limitações a dificuldade em acessar determinados dados sobre P&D, o que culminou na seleção das variáveis descritas acima para compor a análise. Essas variáveis foram escolhidas tanto em virtude de estarem em conformidade com a revisão de literatura do capítulo anterior quanto pelo fato de haver certa limitação de acesso a outros dados relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento. Apesar de as empresas analisadas se tratarem de companhias abertas e haver uma regulamentação da ANEEL quanto aos investimentos em P&D do setor, não existe a obrigatoriedade, nem por parte da BM&F Bovespa, nem da ANEEL, de divulgação ao público de dados detalhados sobre o programa de P&D de cada empresa.

5.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: A ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

O histórico de desenvolvimento da DEA, sigla em inglês para Análise Envoltória de Dados, inicia-se com Edwardo Rodhes, em 1978, em sua tese de doutoramento na *Carnegie Mellow University*, orientada por W.W. Cooper. Desenvolvida a partir da medida de eficiência técnica proposta por Farrel em 1957, a

DEA foi utilizada inicialmente para analisar os resultados de um experimento educacional de larga escala em escolas públicas americanas.

A técnica relacionava resultados ou produtos (*outputs*) como, por exemplo, aumento da autoestima, com insumos (*inputs*), como o tempo despendido pelos pais em leitura com os filhos. Essa tentativa de medir a eficiência das escolas públicas a partir de múltiplos *inputs* e *outputs* resultou na formulação do modelo CCR, abreviação do sobrenome dos autores Charnes, Cooper e Rhodes. (Cooper, Seiford e Zhu, 2011). A primeira publicação sobre o tema ocorreu em 1978, no *European Journal of Operations Research*. (Onusic, Casa Nova e Almeida, 2007).

Pode-se afirmar que a DEA é uma técnica não-paramétrica que consiste, essencialmente, numa avaliação de desempenho de um conjunto de *Decision Making Units* (entidades tais como empresas, hospitais, escolas, países, etc) baseada em programação matemática que relaciona resultados e insumos. A DEA tem sido aplicada com sucesso mundialmente em diferentes contextos. O desempenho de uma série de diferentes tipos de entidades envolvidas em atividades diversas tem sido avaliado por meio da DEA, tais como hospitais, universidades, empresas e outros, incluindo a avaliação de desempenho de países e regiões. (Cooper, Seiford e Zhu, 2011).

Para que seja possível compreender mais facilmente o mecanismo envolvido na DEA, faz-se necessário apresentar a nomenclatura utilizada:

- *Decision Making Units* - DMUs (unidades tomadoras de decisão): São as unidades sob avaliação. O estudo original utilizou escolas, mas as DMUs podem ser diversos outros tipos de entidades, assim como já mencionado. A única condição é que as unidades sejam homogêneas, ou seja, obtenham os mesmos resultados a partir dos mesmos insumos, variando apenas em quantidade e intensidade.
- *Inputs* (insumos): São os recursos consumidos pelas unidades tomadoras de decisão para obter os resultados pretendidos. Como exemplos, podem ser citados os recursos investidos em uma empresa (patrimônio líquido) e o número de professores atuantes em uma escola.
- *Outputs* (resultados ou produtos): Representam os resultados obtidos pelas DMUs, tais como o lucro obtido pelas empresas e o número de alunos que concluem o curso para o caso de escolas. São valores observáveis.

- Plano de produção: Corresponde as quantidades observadas de *inputs* consumidos e *outputs* obtidos por cada DMU.
- Indicador de eficiência: é o escore de eficiência calculado para cada DMU, a partir de um programa de programação matemática linear, considerando seu plano de produção. O indicador varia entre 0 e 1, sendo 0 máxima ineficiência e 1 máxima eficiência. É comumente representado por um percentual que varia entre 0 e 100%. As unidades tomadoras de decisão com indicador igual a 1 formam a fronteira de eficiência e servem de *benchmark* para as demais.

A eficiência, então, seria basicamente definida como a razão entre *outputs* e *inputs*. Quanto maiores os resultados obtidos por unidade de insumo empregada, maior é o nível de eficiência. Ao se chegar no maior resultado possível por unidade de insumo obtém-se um estado de eficiência ótima e, uma vez alcançado esse estado, só é possível aumentar o nível de eficiência se houver uma nova tecnologia ou alterações no processo de produção. (Sherman e Zhu, 2006)

Logo, a medida de eficiência calculada pela DEA é uma generalização de medidas usuais de produtividade que relacionam insumos consumidos e resultados alcançados. (Onusic, Casa Nova e Almeida, 2007). A partir da relação ótima insumo/produto, a DEA define a curva de eficiência (ou de máxima produtividade). Assim, as unidades eficientes, que obtiveram a alocação ótima entre insumos e produtos, são posicionadas na curva de máxima eficiência relativa e as demais unidades, não eficientes, são posicionadas abaixo da curva, “envolvidas” pelo desempenho das unidades eficientes. (Santos e Casa Nova, 2005). A Figura 7 traz uma comparação da reta de regressão, obtida através de uma Análise de Regressão Linear e os resultados da DEA. Os pontos representam as observações individuais.

É importante ressaltar que a DEA mede a eficiência relativa, não absoluta, das unidades avaliadas, já que sua formulação permite fazer uma comparação de desempenho da *j*-ésima DMU com todas as outras DMUs da análise. Assim, se houver substituição, acréscimo ou redução no número de unidades avaliadas, bem como nos *inputs/outputs*, o resultado da avaliação de desempenho e, inclusive, a fronteira de eficiência será modificada.

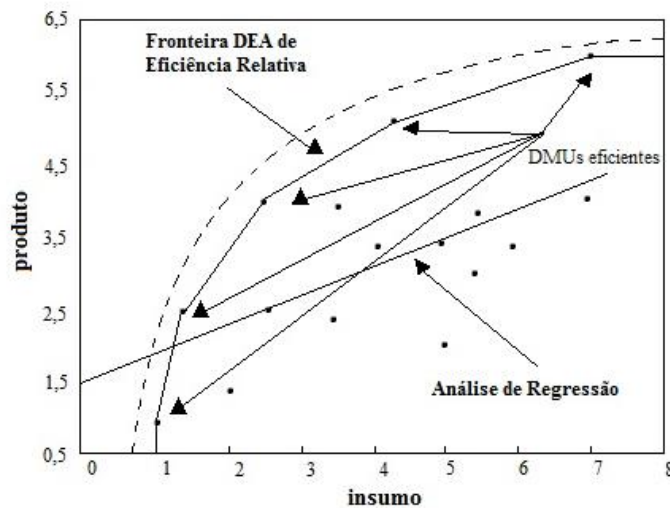


Figura 7: Comparação entre a DEA e a Análise de Regressão
 Fonte: Niederauer¹³ (1998 *apud* Santos e Casa Nova, 2005)

Casa Nova e Santos (2008) ainda destacam que se as unidades avaliadas estiverem operando em economias protegidas ou em setores monopolistas, a fronteira eficiente revelada pode não constituir a fronteira eficiente efetiva, mas sim uma fronteira de eficiência relativa que leva em consideração as condições em que as empresas estão operando.

Dessa forma, existiria outra fronteira, representada pela linha pontilhada na Figura 7, que indicaria o conjunto de produção ideal. Por isso, usa-se a expressão eficiência relativa ou Pareto eficiente e as empresas eficientes seriam mais corretamente definidas como pontos Pareto não-dominados. Ou seja, uma DMU é classificada como totalmente eficiente com base nas evidências disponíveis se, e somente se, o desempenho das outras DMUs não revela que alguns de seus insumos ou produtos poderiam ser melhorados sem piorar alguns de seus outros insumos ou produtos. (Cooper, Seiford e Zhu, 2011).

Com relação aos modelos matemáticos da DEA, Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) destacam que a principal diferença entre os modelos é em relação ao formato da fronteira e ao tipo de retorno a escala. O primeiro modelo matemático da DEA, CCR, também é referenciado como CRS, sigla em inglês para *Constant Returns to Scale* (retornos constantes de escala) e sua principal característica é determinar a eficiência total ou produtiva das unidades avaliadas.

¹³ NIEDERAUER, C.A.P. Avaliação dos bolsistas de Produtividade em Pesquisa da Engenharia da Produção utilizando Data Envelopment Analysis. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

O modelo CCR desconsidera os ganhos de escala ao calcular a eficiência. Dessa forma, a eficiência relativa de uma DMU é obtida por meio da razão entre a sua produtividade e a maior produtividade dentre as DMUs analisadas. Assim, o formato da fronteira de eficiência do modelo CCR é uma reta com ângulo de 45° . (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006).

Já o modelo BCC (Banker, Cooper e Charnes), também conhecido como VRS (*Variable Returns to Scale*), é uma extensão do modelo CCR que assume retornos variáveis de escala, os quais podem ser: a) retornos crescentes: o aumento no número de insumos gera um aumento desproporcionalmente maior no número de produtos; b) retornos constantes: o acréscimo na quantidade de *inputs* gera um acréscimo proporcional nos *outputs* (nesse caso, a DMU está operando na sua capacidade ótima); e c) retornos decrescentes: o aumento do número de insumos causa um aumento desproporcionalmente menor no número de produtos. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006). O modelo BCC é capaz de estimar a eficiência técnica pura e identificar se estão presentes ganhos de escala crescentes, decrescentes ou constantes.

O modelo BCC propõe comparar apenas DMUs que operem em escala semelhante. Dessa forma, a eficiência de uma DMU é obtida dividindo-se sua produtividade pela maior produtividade dentre as DMUs que apresentam o mesmo tipo de retorno a escala. Assim, a fronteira BCC apresenta retas de ângulos variados o que caracteriza uma fronteira linear por partes. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006). A Figura 8 traz uma comparação entre as fronteiras dos modelos CCR e BCC.

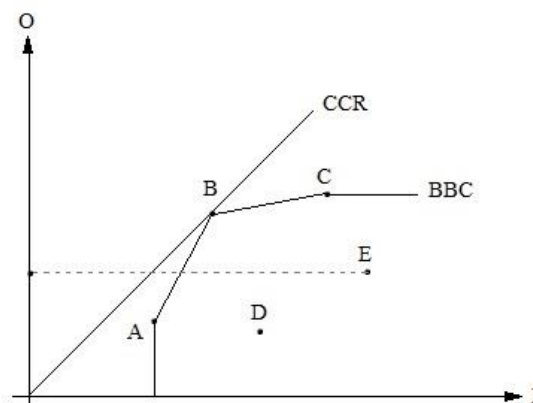


Figura 8: Representação das fronteiras dos modelos CCR e BCC

Fonte: Mello *et al.* (2004, p. 92)

A partir da razão entre a eficiência de ambos os modelos é possível obter a eficiência de escala:

$$\text{Eficiência de escala} = \frac{\text{Eficiência produtiva ou total (CCR)}}{\text{Eficiência técnica (BCC)}} \quad (1)$$

Segundo Mariano (2007) a eficiência produtiva ou total pode ser entendida como “a capacidade de transformar *inputs* em *outputs* em proporções adequadas e de maneira produtiva”. A eficiência produtiva se subdivide em eficiência técnica e de escala, sendo que a eficiência técnica corresponde a parcela da eficiência produtiva relacionada a fatores de ordem técnica ou de engenharia. Já a eficiência de escala diz respeito a parcela da eficiência produtiva que está ligada a fatores de ordem econômica ou de escala.

O autor ainda ressalta que a presença de problemas de ordem técnica ou problemas de escala de produção constituem as causas pelas quais uma empresa pode não conseguir operar com eficiência produtiva. A ineficiência técnica é causada por problemas que podem ser classificados como típicos de engenharia, como problemas com o maquinário, com a qualidade dos insumos ou ainda com a qualificação inadequada da mão de obra. Já a ineficiência de escala está relacionada com o fato de a empresa estar ou não produzindo em sua escala ótima de produção.

Assim, Casa Nova e Santos (2008) destacam que as análises possíveis obtidas a partir dos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala são:

1. Se o indicador de eficiência produtiva for igual a 1, a DMU opera com eficiência produtiva e deve apresentar os indicadores de eficiência de escala e eficiência técnica também iguais a 1;
2. Se o indicador de eficiência produtiva for maior que 1, a DMU sob análise apresenta ineficiência produtiva, que pode ser decorrente de ineficiência técnica ou de escala:
 - 2.1. Se o indicador de eficiência técnica for igual a 1, a ineficiência produtiva é decorrente de a unidade operar em uma escala inapropriada;
 - 2.2. Se o indicador de eficiência técnica for maior que 1, a unidade opera com ineficiência técnica. Nesse caso, calcula-se o indicador de eficiência de escala para verificar se a unidade opera com eficiência de escala:

2.2.1. Se o indicador de eficiência de escala for igual a 1, toda ineficiência é decorrente de fatores técnicos;

2.2.2. Se o indicador de eficiência de escala for maior que 1, a unidade analisada apresenta fatores de ineficiências técnicas e de escala.

Os modelos podem ter dois tipos de orientação: a) ao *input*, no qual ocorre a minimização da quantidade dos *inputs*, mantendo a quantidade dos *outputs* constante ou b) ao *output*, no qual os *outputs* são maximizados, mantendo os *inputs* constantes. As orientações dos modelos matemáticos apresentam comportamentos diferentes quando se utiliza o modelo CCR e o BCC. No caso de o modelo utilizado ser o CCR, as duas orientações convergem para o mesmo resultado, o que se deve ao fato de que a fronteira desse modelo é uma reta com um ângulo de 45°. Já no caso do modelo BCC as duas orientações apresentam resultados diferentes, já que esses modelos são baseados no fato dos insumos e dos produtos não serem proporcionais. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006).

As principais modelagens dos modelos CCR e BCC são a primal e a dual. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006). Para Cook e Seiford¹⁴ (2009 *apud* Almeida, 2010) o modelo primal CCR e BCC pode ser referenciado como forma do multiplicador e o modelo dual como forma do envelopamento. A modelagem primal é obtida a partir da linearização da modelagem fracionária, a qual é resultante das fórmulas de produtividade e de eficiência relativa, mas como possui infinitas soluções, é necessário linearizar esse modelo para que se obtenha uma solução única. Para cada DMU que é analisada, é necessário elaborar e buscar a solução para um modelo de programação linear diferente, sendo que a eficiência relativa da DMU em análise será o próprio resultado da função objetivo no caso do modelo orientado aos insumos ou o inverso dela para o modelo orientado aos produtos. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006).

A modelagem primal também fornece estimativas para as utilidades dos insumos e dos produtos da DMU sob análise através das variáveis u_i e v_j , que integram a modelagem. Ao considerar que a utilidade representa a importância de um determinado bem, a modelagem primal pode auxiliar as empresas na classificação de seus produtos e insumos por ordem de importância. (Mariano, Almeida e Rebelatto,

¹⁴ COOK, W.D. e SEIFORD, L.M. Data Envelopment Analysis (DEA) – thirty years on. European Journal of Operational Research, v. 192, p. 1-17, 2009.

2006). Os Quadros 7 e 8 apresentam as formulações matemáticas dos modelos CCR e BCC, com ambas as possibilidades de orientação (ao insumo e ao produto), considerando a modelagem primal.

Modelagem Primal	
Modelo CCR orientando ao <i>input</i>	Modelo CCR orientando ao <i>output</i> :
$MAX \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0}$	$Min \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0}$
Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2, \dots, z$	Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k = 1, 2, \dots, z$
$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$
$u_i \text{ e } v_j \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1 \dots, n$	$u_i \text{ e } v_j \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1 \dots, n$

Quadro 7: Formulação matemática do modelo CCR considerando a modelagem primal

Fonte: Almeida (2010, p. 80)

Em que: u_i = Utilidade do *output* i ; v_j = Utilidade do *input* j ; x_{jk} = Quantidade do insumo j da DMU k ; y_{ik} = Quantidade do produto i da DMU k ; x_{j0} = Quantidade do insumo j da DMU em análise; y_{i0} = Quantidade do produto i da DMU em análise; z = Número de unidades em avaliação; m = Número de *outputs*; n = Número de *inputs*.

Modelagem Primal	
Modelo BCC orientando ao <i>input</i>	Modelo BCC orientando ao <i>output</i> :
$MAX \sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} + u$	$Min \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} + v$
Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{jk} + u - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k$ $= 1, 2, \dots, z$	Sujeito a: $\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{ik} - v - \sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{jk} \leq 0 \text{ para } k$ $= 1, 2, \dots, z$
$\sum_{j=1}^n v_j \cdot x_{j0} = 1$	$\sum_{i=1}^m u_i \cdot y_{i0} = 1$
$u_i \text{ e } v_j \geq 0, u_i \text{ e } v_j \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1 \dots, n$	$u_i \text{ e } v_j \geq 0, u_i \text{ e } v_j \geq 0, i = 1, \dots, m, j = 1 \dots, n$

Quadro 8: Formulação matemática do modelo BCC considerando a modelagem primal

Fonte: Almeida (2010, p. 81)

Em que: u_i = Peso calculado para o produto i ; v_j = Peso calculado para o insumo j ; x_{jk} = Quantidade do insumo j da DMU k ; y_{ik} = Quantidade do produto i da DMU k ; x_{j0} = Quantidade do insumo j da DMU em análise; y_{i0} = Quantidade do produto i da DMU em análise; z = Número de unidades em avaliação; m = Número de *outputs*; n = Número de *inputs*; u e v = coeficientes de retorno a escala.

Thanassolis (2001) afirma que todo modelo de programação linear se associa a outro modelo de programação linear chamado dual e a solução para o modelo dual pode ser obtida através do modelo primal. Através das modelagens duais é possível calcular as metas para as DMUs ineficientes. A partir dos coeficientes λ_k que integram a modelagem dual é possível determinar quais DMUs eficientes podem ser adotadas como *benchmarks*. Para determinar os *benchmarks* é necessário considerar que cada variável λ_k representa uma DMU k diferente e após a resolução, se a variável λ associada a uma determinada DMU for igual a zero, a DMU não será um *benchmark* para a DMU analisada; se for diferente de zero a DMU será um *benchmark*. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006).

Destaca-se que a modelagem primal do modelo BCC possibilita a determinação do tipo de retorno a escala para cada DMU. O mesmo não ocorre com as modelagens duais, já que a estrutura matemática do modelo é diferente. Ressalta-se ainda que o tipo de retorno a escala das orientações ao insumo e ao produto não serão necessariamente iguais. (Mariano, Almeida e Rebelatto, 2006).

Os Quadros 9 e 10 apresentam as formulações matemáticas dos modelos CCR e BCC, orientados ao insumo e ao produto, considerando a modelagem dual.

Modelagem Dual	
Modelo CCR orientando ao <i>input</i>	Modelo CCR orientando ao <i>output</i>
<i>MIN</i> θ	<i>MAX</i> η
Sujeito a:	Sujeito a:
$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$	$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0}, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$
$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$	$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$
$\lambda_k \text{ e } \theta \geq 0, k = 1, \dots, j$	$\lambda_k \text{ e } \eta \geq 0, k = 1, \dots, j$

Quadro 9: Formulação matemática do modelo CCR considerando a modelagem dual

Fonte: Almeida (2010, p. 82)

Em que: θ = Eficiência; θ^{-1} = Inverso da eficiência; λ_k = Participação da DMU k na meta da DMU em análise; x_{jk} = Quantidade do insumo j da DMU k; y_{ik} = Quantidade do produto i da DMU k; x_{j0} = Quantidade do insumo j da DMU em análise; y_{i0} = Quantidade do produto i da DMU em análise; z = Número de unidades em avaliação; m = Número de *outputs*; n = Número de *inputs*.

Modelagem Dual	
Modelo BCC orientando ao <i>input</i>	Modelo BCC orientando ao <i>output</i> :
$MIN \theta$	$MAX \eta$
Sujeito a: $\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k \geq y_{i0}, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$	Sujeito a: $\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k \leq x_{j0}, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$
$\sum_{k=1}^z x_{jk} \cdot \lambda_k - \theta \cdot x_{j0} \leq 0, \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$	$\sum_{k=1}^z y_{ik} \cdot \lambda_k - \eta \cdot y_{i0} \geq 0, \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$
$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1$	$\sum_{k=1}^z \lambda_k = 1$
$\lambda_k \text{ e } \theta \geq 0, k = 1, \dots, j$	$\lambda_k \text{ e } \eta \geq 0, k = 1, \dots, j$

Quadro 10: Formulação matemática do modelo BCC considerando a modelagem dual

Fonte: Almeida (2010, p. 83)

Em que: θ = Eficiência; η = Inverso da eficiência; λ_k = Participação da DMU k na meta da DMU em análise; x_{jk} = Quantidade do insumo j da DMU k; y_{ik} = Quantidade do produto i da DMU k; x_{j0} = Quantidade do insumo j da DMU em análise; y_{i0} = Quantidade do produto i da DMU em análise; z = Número de unidades em avaliação; m = Número de *outputs*; n = Número de *inputs*.

O Quadro 11 relaciona resumidamente as propriedades das modelagens dos modelos DEA CCR e BCC:

Modelos	Modelagem	Resultado da Função Objetivo	Resultado da Modelagem	Informações adicionais
CCR	Primal - <i>Input</i>	Eficiência	As eficiências calculadas são iguais	Utilidades
	Primal - <i>Output</i>	Inverso da Eficiência		
	Dual - <i>Input</i>	Eficiência		Metas e <i>benchmarks</i>
	Dual - <i>Output</i>	Inverso da eficiência		
BCC	Primal - <i>Input</i>	Eficiência	As eficiências são diferentes	Utilidades e tipo de retorno à escala
	Primal - <i>Output</i>	Inverso da Eficiência		
	Dual - <i>Input</i>	Eficiência	As eficiências são diferentes	Metas e <i>benchmarks</i>
	Dual - <i>Output</i>	Inverso da eficiência		

Quadro 11: Propriedades das modelagens dos modelos DEA CCR e BCC

Fonte: Mariano, Almeida e Rebelatto (2006).

Os modelos DEA são invariantes a escala, permitindo incluir indicadores em forma de valor, variação percentual e até média de um determinado período. Entretanto, os valores precisam ser positivos, já que apenas alguns modelos específicos permitem realizar um ajuste ao transformar as variáveis negativas em positivas, sem alteração dos escores de eficiência. Para os casos em que o número de unidades sob avaliação é grande, Santos e Casa Nova (2005) destacam que alguns autores sugerem a exclusão das unidades que apresentam valores negativos em insumos e produtos.

Os modelos Aditivo e BCC foram apresentados por Ali e Seiford¹⁵ (1990, *apud* Santos e Casa Nova, 2005) como sendo capazes de traduzir os valores negativos através da soma de uma constante. No entanto, Pastor¹⁶ (1996, *apud* Santos e Casa Nova, 2005) provou que a propriedade de traduzir valores negativos era limitada no modelo BCC, já que a tradução poderia ser aplicada apenas aos produtos quando o modelo fosse orientado ao insumo, e apenas aos insumos quando o modelo fosse orientado ao produto.

Com relação ao número de unidades avaliadas, bem como o de insumos e produtos utilizados na análise, Fitzsimmons, J. e Fitzsimmons, M. (2000, p. 202) citam:

Uma questão frequentemente arguida a respeito do tamanho da amostra diz respeito ao número de unidades de serviços que são necessárias em comparação com o número de variáveis de entrada e saída selecionadas na análise. O seguinte relacionamento, associando o número de unidades de serviços K utilizadas na análise e o número de tipos de entradas N e saídas M que estão sendo consideradas, está baseado em achados empíricos e na experiência de usuários de DEA: $K \geq 2(N + M)$.

Em conformidade com a revisão de literatura apresentada no capítulo anterior e com o objetivo de avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em termos dos investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento, optou-se por utilizar o modelo BCC, que permite retornos variáveis de escala, com orientação ao *output*, ou seja, os *inputs* são mantidos constantes enquanto os *outputs* são maximizados (Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczysti, 2009; Almeida, 2010; Mendes, Lopes e Gomes, 2012).

¹⁵ ALI, A.I.e SEIFORD, L.M. Translation invariance in Data Envelopment Analysis. Operations Research Letters, vol. 9, p. 403-405, 1990.

¹⁶ PASTOR, J. T. Translation invariance in data envelopment analysis: a generalization. Annals of Operations Research, vol. 66, p. 93-102, 1996.

O montante anual de investimentos em P&D consistirá no *input* da análise (Cai, 2011; Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczysti, 2009; Hsu, 2011; Hollanders e Esser, 2007; Hsu e Hsueh, 2009; Almeida, 2010; Park, 2014; Mendes, Lopes e Gomes, 2012; Hashimoto e Haneda, 2005), enquanto o número de pedidos de patentes depositados por cada empresa anualmente no INPI (Cai, 2011; Cullmann, Schmidt-Ehmcke e Zloczysti, 2009; Hsu, 2011; Hollanders e Esser, 2007; Hsu e Hsueh, 2009; Almeida, 2010; Park, 2014; Hashimoto e Haneda, 2005) e a receita líquida de vendas anual (Hsu, 2011; Hollanders e Esser, 2007; Park, 2014; Mendes, Lopes e Gomes, 2012; Hashimoto e Haneda, 2005) serão classificados como os *outputs*. Assim, a função de produção implicitamente empregada na abordagem DEA será:

$$Y_{i,a} e Z_{i,a} = f(X_{i,a}), i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Em que: Y = Receita líquida de vendas anual; Z = Número de pedidos de patentes depositados por cada empresa anualmente no INPI; X = Montante anual de investimentos em P&D; a = 2010, ..., 2014; i = DMU 1, DMU 2, ..., DMU n.

Ao empregar um *input* e dois *outputs* destaca-se que, apesar de o objeto de estudo consistir numa amostra relativamente pequena, o número de observações estará dentro do indicado pela teoria, já que no caso em tela o número de empresas analisadas deve ser maior que seis (o número de empresas deve ser maior ou igual ao dobro da soma dos insumos e produtos).

O Manual de Oslo destaca que “um aspecto importante para qualquer análise do impacto das inovações é a defasagem entre uma inovação e seu impacto. Alguns efeitos podem materializar-se durante o período de observação, enquanto outros podem levar mais tempo.” (OCDE, 1997, p. 125). Logo, com base no Manual de Oslo, bem como nos estudos realizados por Park (2014), Mendes, Lopes e Gomes (2012), Cullmann Schmidt-Ehmcke e Zloczysti (2009) e Hollanders e Esser (2007), os quais utilizaram defasagem de um a cinco anos nos *inputs*, optou-se por efetuar as avaliações de desempenho sem defasagem e com defasagem entre os investimentos em P&D e seus resultados para verificar o comportamento da relação entre as variáveis, conforme detalhado no Quadro 12.

Considerando a dificuldade em encontrar dados relacionados à pesquisa e ao desenvolvimento para amplos horizontes de tempo, optou-se por utilizar a defasagem

de um e dois anos entre a realização dos dispêndios em P&D e a observação dos resultados obtidos pelas empresas.

Sem defasagem	Defasagem de um ano no <i>input</i>	Defasagem de dois anos no <i>input</i>
$Y_{i,2010} \text{ e } Z_{i,2010} = f(X_{i,2010}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2011} \text{ e } Z_{i,2011} = f(X_{i,2010}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2012} \text{ e } Z_{i,2012} = f(X_{i,2010}), i = 1, \dots, n$
$Y_{i,2011} \text{ e } Z_{i,2011} = f(X_{i,2011}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2012} \text{ e } Z_{i,2012} = f(X_{i,2011}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2013} \text{ e } Z_{i,2013} = f(X_{i,2011}), i = 1, \dots, n$
$Y_{i,2012} \text{ e } Z_{i,2012} = f(X_{i,2012}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2013} \text{ e } Z_{i,2013} = f(X_{i,2012}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2014} \text{ e } Z_{i,2014} = f(X_{i,2012}), i = 1, \dots, n$
$Y_{i,2013} \text{ e } Z_{i,2013} = f(X_{i,2013}), i = 1, \dots, n$	$Y_{i,2014} \text{ e } Z_{i,2014} = f(X_{i,2013}), i = 1, \dots, n$	
$Y_{i,2014} \text{ e } Z_{i,2014} = f(X_{i,2014}), i = 1, \dots, n$		

Quadro 12: Avaliações de desempenho realizadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fim de identificar quais unidades avaliadas apresentam eficiência produtiva ou total, bem como quais apresentam ineficiência técnica e/ou de escala, serão calculados para cada unidade avaliada os indicadores de eficiência de escala. Para isso, as avaliações de desempenho relacionadas no Quadro 12 serão elaboradas também por meio do modelo CCR *output-oriented* para se obter a eficiência produtiva ou total, já que o modelo BCC *output-oriented* fornece apenas a eficiência técnica. Através da razão entre os dois indicadores de eficiência serão obtidos os indicadores de eficiência de escala que serão analisados posteriormente.

5.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO

Com o intuito de efetuar uma análise complementar à avaliação de desempenho que será realizada por meio da Análise Envoltória de Dados, pretende-se empregar a análise de regressão para verificar qual a influência dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento no desempenho empresarial das companhias do setor de energia elétrica da amostra.

A análise de regressão se ocupa do estudo da dependência de uma variável, considerada dependente, em relação a uma ou mais variáveis, consideradas independentes, com o objetivo de estimar e/ou prever o valor médio da primeira em termos de valores conhecidos ou fixados das segundas. (Gujarati, 2000). Comumente,

a literatura que busca investigar a influência da inovação no desempenho empresarial emprega modelos de regressões lineares. (Brito E., Brito L. e Morganti (2009); Santos, Basso e Kimura (2014); Atalay *et al.* (2013); Santos, Gois e Rebouças (2014); Kemp *et al.* (2003); Zhu e Huang (2012)).

A função de regressão linear amostral tem o seguinte formato genérico:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 X_i + \hat{\mu}_i \quad (3)$$

A variável Y é a variável dependente, a variável X é a variável independente, β_1 é o intercepto, β_2 é o coeficiente de regressão e μ_i são os resíduos. β_2 também é conhecido como coeficiente parcial de regressão, uma vez que mede o efeito direto ou líquido da variável independente sobre a variável dependente, ou seja, mede a variação do valor médio de Y, E(Y), por unidade de variação de X_i .

Pode haver apenas uma variável independente, como na função acima, que caracteriza uma regressão simples, ou mais de uma variável independente, caracterizando uma regressão múltipla. O chapéu (^) sobre as variáveis indica que se tratam de estimadores e podem ser entendidos como uma regra, fórmula ou método que revela como estimar o parâmetro da população a partir de informações contidas numa amostra. (Gujarati, 2000).

Consoante com a literatura apresentada pretende-se utilizar como variável independente os investimentos anuais em P&D, (Brito E., Brito L. e Morganti, 2009; Andreassi e Sbragia, 2002; Santos, Basso e Kimura, 2014; Santos, Gois e Rebouças, 2014; Ramos e Zilber, 2013; Zhu e Huang, 2012) e como variáveis dependentes os dados relativos ao: a) retorno sobre o ativo (Brito E., Brito L. e Morganti, 2009; Santos, Basso e Kimura, 2014; Zhu e Huang, 2012); b) retorno sobre o patrimônio líquido (Santos, Basso e Kimura, 2014; Santos, Gois e Rebouças, 2014; Zhu e Huang, 2012); c) lucro líquido (Andreassi e Sbragia, 2002; Santos, Gois e Rebouças, 2014; Kemp *et al.*, 2003); e d) receita líquida de vendas (Ramos e Zilber, 2013), os quais representarão o desempenho empresarial das companhias do setor.

Dessa forma serão realizadas quatro regressões lineares simples para cada período de análise:

$$ROA_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_i + \hat{\mu}_i \quad (4)$$

$$ROE_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_i + \hat{\mu}_i \quad (5)$$

$$LL_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_i + \hat{\mu}_i \quad (6)$$

$$RLV_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_i + \hat{\mu}_i \quad (7)$$

Em que: P&D = Investimentos em P&D; ROA = Retorno sobre o Ativo; ROE = Retorno sobre o Patrimônio Líquido; LL = Lucro Líquido; RLV = Receita Líquida de Vendas.

Com base no Manual de Oslo, que defende a utilização da defasagem nas análises sobre inovação e seus impactos, bem como nos trabalhos de Zhu e Huang (2012), que consideraram um intervalo temporal entre o emprego dos insumos e os resultados das atividades de P&D, e Brito E., Brito L. e Morganti (2009), os quais também sugeriram ao fim de seu estudo a inclusão da defasagem em futuras análises sobre a relação entre investimentos em inovação e o desempenho empresarial, optou-se por efetuar as regressões sem defasagem e com defasagem entre os dispêndios em P&D e a variável representativa do desempenho empresarial, a fim de verificar o comportamento da relação entre as variáveis, conforme detalhado no Quadro 13.

Levando em consideração a dificuldade em encontrar dados relacionados às atividades de P&D para horizontes temporais mais extensos, optou-se por utilizar a defasagem de um e dois anos entre a realização dos dispêndios em P&D e a observação das variáveis representativas do desempenho empresarial.

Sem defasagem	Defasagem de um ano no <i>input</i>	Defasagem de dois anos no <i>input</i>
$ROA_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$	$ROA_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$	$ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$
$ROA_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$	$ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$	$ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$
$ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$	$ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$	$ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$
$ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$	$ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$	
$ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2014} + \hat{\mu}$		
$ROE_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$	$ROE_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$	$ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$
$ROE_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$	$ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$	$ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$
$ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$	$ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$	$ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$
$ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$	$ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$	
$ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2014} + \hat{\mu}$		

(continua)

(continuação/conclusão)

Sem defasagem	Defasagem de um ano no <i>input</i>	Defasagem de dois anos no <i>input</i>
$LL_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$	$LL_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$	$LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$
$LL_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$	$LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$	$LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$
$LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$	$LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$	$LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$
$LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$	$LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$	
$LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2014} + \hat{\mu}$		
$RLV_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$	$RLV_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$	$RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$
$RLV_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$	$RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$	$RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$
$RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$	$RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$	$RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$
$RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$	$RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$	
$RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2014} + \hat{\mu}$		

Quadro 13: Análises de regressão linear simples realizadas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados utilizados nas análises de regressão no caso em tela podem ser classificados como dados de corte transversal ou *cross-sectional*, que se referem a variáveis coletadas no mesmo ponto de tempo (GUJARATI, 2000).

Hair *et al.* (2009) sugere uma regra geral para o tamanho da amostra em análises de regressão, que deve ser numa proporção de no mínimo 5 observações para cada variável independente. Entretanto, o nível desejado é entre 15 e 20 observações para cada variável independente. Amostras pequenas, com menos de 30 observações, são apropriadas apenas para análises de regressão simples, com uma única variável independente.

Levando-se em consideração que o universo de empresas do setor de energia elétrica que atuam no mercado acionário brasileiro e que tem como atividade principal a geração, transmissão e/ou distribuição de energia elétrica é relativamente pequeno, até mesmo em função do caráter oligopolista do setor, optou-se por utilizar uma regressão simples, na qual a única variável independente será os investimentos anuais em P&D.

O método mais difundido e comum de estimação de modelos de regressão linear é o Método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Esse método escolhe β_1 e β_2 de tal forma que, para qualquer amostra, a somatória dos resíduos ao quadrado é a menor possível. Os estimadores MQO são expressos unicamente em termos de quantidades observáveis como X e Y; são estimadores pontuais (dada a amostra,

cada estimador proporciona apenas um único valor do parâmetro populacional relevante); e alcançadas as estimativas de MQO, a linha de regressão pode ser facilmente obtida. (Gujarati, 2000).

O Modelo Clássico de Regressão Linear traz dez premissas subjacentes ao MQO, as quais facilitam o desdobramento do assunto em etapas graduais. (Gujarati, 2000). São elas:

1. O modelo de regressão é linear nos parâmetros;
2. Os valores de X são fixos em amostras repetidas;
3. O valor médio do termo de erro (μ_i) é zero;
4. Homocedasticidade ou variância igual de μ_i ;
5. Não há autocorrelação entre os termos de erro;
6. Ausência de covariância entre μ_i e X_i ;
7. O número de observações deve ser maior que o número de parâmetros a serem estimados;
8. Variabilidade dos valores de X;
9. O modelo de regressão está especificado de forma correta;
10. Não há multicolinearidade perfeita entre as variáveis explanatórias.

Dadas as premissas do Modelo Clássico de Regressão Linear, os estimadores de MQO da classe dos estimadores lineares não tendenciosos tem variância mínima, ou seja, são os melhores estimadores lineares não tendenciosos. Essa afirmação é conhecida como Teorema de Gauss-Markov. (Gujarati, 2000).

Uma vez que os dados são selecionados e é realizada a análise de regressão linear por meio do método de Mínimos Quadrados Ordinários, o cálculo necessita ser avaliado em diversos pontos, inclusive alguns relacionados às premissas acima, para garantir a qualidade dos resultados obtidos. A seguir enumera-se os pontos que demandam análise e os testes utilizados para tal verificação.

5.3.1 Qualidade do ajustamento

A qualidade do ajustamento se refere a quão “bem” uma linha de regressão amostral é adequada aos dados. Normalmente, existem alguns resíduos positivos e negativos que ficam em torno da linha de regressão e o que se espera é que eles sejam os menores possíveis. (Gujarati, 2000).

Como medida da qualidade do ajustamento utiliza-se o coeficiente de determinação r^2 (para uma regressão de duas variáveis) ou R^2 (no caso de uma regressão múltipla), que mede a proporção ou percentual da variação total de Y explicada pelo modelo de regressão. O r^2 é um número não negativo e situa-se entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, melhor o ajustamento. (Gujarati, 2000).

Já o coeficiente de determinação ajustado (\bar{r}^2) controla o número de regressores do modelo, permitindo comparar a qualidade de ajustamento entre modelos com diferentes variáveis explicativas. (Gujarati, 2000).

É importante ressaltar que maximizar o coeficiente de determinação ajustado não é o objetivo principal da análise. O mais importante é a relevância lógica ou teórica das variáveis explicativas sobre a variável dependente e sua significância estatística. (Gujarati, 2000).

5.3.2 Normalidade dos resíduos

O modelo normal de regressão linear clássico pressupõe que cada μ_i seja normalmente distribuído com média zero e variância constante. Será realizado o teste de *Jarque-Bera* para confirmar formalmente a hipótese de normalidade. Nesse teste as hipóteses são: H_0 : normalidade; H_1 : não normalidade. O valor calculado da estatística *Jarque-Bera* deve ficar abaixo do valor crítico do *qui-quadrado* com 2 graus de liberdade para então ser aceita a hipótese de normalidade. (Hill, Griffiths e Judge, 2003).

A verificação da normalidade é de extrema importância porque os testes de hipótese para os coeficientes se apoiam no pressuposto de que os resíduos são normalmente distribuídos. (Hill, Griffiths e Judge, 2003).

5.3.3 Heterocedasticidade

A heterocedasticidade é um problema econométrico que pode levar a inconsistências nos resultados da regressão. Ela ocorre quando a variância do erro não é constante no decorrer da amostra e pode levar à ineficiência dos estimadores, que deixam de ser os melhores estimadores. (Gujarati, 2000).

Para a verificação da heterocedasticidade será utilizado o teste de *White*, onde as hipóteses são: H_0 : modelo homoscedástico; H_1 : modelo heterocedástico.

Esse teste consiste em regredir os quadrados dos resíduos da regressão original contra as variáveis independentes originais, seus valores elevados ao quadrado e os produtos cruzados dos regressores. O coeficiente de determinação desta regressão auxiliar é multiplicado pelo número de observações do modelo e este valor deve ser inferior ao valor de *qui-quadrado* com um número de regressores (excluindo o termo constante) igual ao número de graus de liberdade para então considerar que não há heterocedasticidade no modelo. (Hill, Griffiths e Judge, 2003).

5.3.4 Autocorrelação

Gujarati (2000) e Hill, Griffiths e Judge (2003) definem autocorrelação como sendo a influência do termo de erro de uma observação sobre outro, ou seja, é a correlação entre integrantes de séries de observações ordenadas no tempo ou espaço.

A estimação do modelo pelo método MQO, com a presença de autocorrelação, resulta em estimadores não eficientes, além de que os testes de hipótese podem ser errôneos, uma vez que os erros-padrão dos estimadores deixam de ser corretos. (Gujarati, 2000 e Hill, Griffiths e Judge, 2003).

Para a detecção de autocorrelação serão realizadas análises de regressão auxiliares, nas quais a variável dependente será o erro ($\hat{\mu}_i$) obtido na regressão original e a variável independente será o erro defasado ($\hat{\mu}_{i-1}$):

$$\hat{\mu}_i = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 \hat{\mu}_{i-1} \quad (8)$$

Como regra de decisão, caso a variável independente seja significativa no teste de hipóteses, admite-se que há a presença de autocorrelação no modelo.

5.3.5 Multicolinearidade

A multicolinearidade consiste na existência de uma relação entre algumas ou todas as variáveis explanatórias de um modelo de regressão. (Gujarati, 2000). Considerando que há apenas uma variável explanatória no modelo, são desnecessários os testes para verificação da presença de multicolinearidade.

5.3.6 Especificação correta do modelo

Um modelo selecionado para análise empírica deveria atender aos seguintes critérios: a) ser confirmável pelos dados (as previsões feitas a partir do modelo devem ser logicamente possíveis); b) ser coerente com a teoria; c) as variáveis explanatórias não devem estar relacionadas com o termo de erro; d) apresentar constância dos parâmetros; e) mostrar constância nos dados; e f) ser abrangente. (Gujarati, 2000).

No entanto, ao especificar o modelo, é possível cometer alguns tipos de erros que podem comprometer os resultados obtidos. Entre os erros de especificação, podem ser citados os seguintes: a) omissão de uma ou mais variáveis relevantes; b) inclusão de uma ou mais variáveis desnecessárias; c) adoção de forma funcional incorreta; d) erros de medição; e e) especificação incorreta do termo de erro estocástico. (Gujarati, 2000).

Para testar se o modelo está corretamente especificado será utilizado o teste *Reset*, que é um teste geral para a detecção de erros de especificação. Nesse teste as hipóteses são: H_0 : não há erro de especificação; H_1 : há erro de especificação. Se a estatística p – *valor* for menor que o nível de significância, a hipótese nula é rejeitada em favor da alternativa. (Gujarati, 2000).

5.3.7 Testes de hipótese

Depois de comprovada a qualidade dos dados da análise de regressão, através dos testes descritos acima, faz-se necessário lançar mão de testes de hipóteses para testar a significância dos coeficientes do modelo de regressão.

Os testes de hipóteses utilizam a estimativa pontual de MQO e o erro padrão de um parâmetro da amostra de dados para tirar conclusões sobre a conjectura ou hipótese. Sendo assim, serão elaboradas as hipóteses do teste: a hipótese nula, H_0 , que será testada contra uma hipótese alternativa, H_1 . (Hill, Griffiths e Judge, 2003).

De acordo com Gujarati (2000), um teste de significância é um procedimento em que os resultados amostrais são usados para verificar se uma hipótese nula é verdadeira ou falsa.

Será utilizado neste estudo o teste *t de Student* para testar as seguintes hipóteses levantadas, respectivamente:

- Teste de hipóteses relativo aos coeficientes de regressão individuais:

$$H_0: \beta_1 = 0$$

$$H_0: \beta_2 = 0$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0$$

$$H_1: \beta_2 \neq 0$$

Ao expor o resultado dos testes apresenta-se, costumeiramente, o *valor-p*, que representa a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou maior do que o valor absoluto do valor amostral da estatística do teste. Como regra de decisão, se o *valor-p* é menor que o nível de significância, a hipótese nula pode ser rejeitada em favor da alternativa.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados encontrados, os quais serão expostos da seguinte maneira: primeiramente, os dados da amostra analisada serão abordados em um aspecto geral por meio de estatística descritiva; na sequência, serão exibidos os resultados detalhados obtidos a partir da avaliação de desempenho, empregada com o objetivo de verificar o nível de eficiência das empresas analisadas em termos dos investimentos realizados em P&D, e da análise de regressão, utilizada para verificar se esses investimentos influenciaram o desempenho empresarial das companhias; e, por fim, será apresentada uma visão geral dos resultados encontrados.

6.1 VISÃO GERAL DAS EMPRESAS ANALISADAS

Para compor a amostra analisada foram selecionadas, inicialmente, dentre as empresas do segmento de energia elétrica que possuíam ações negociadas na BM&F Bovespa, as que tinham como atividade principal a geração, transmissão e/ou distribuição de energia elétrica. Essa primeira seleção resultou num total de 41 empresas. Na sequência, foram buscados os dados relativos aos investimentos anuais em P&D dessas empresas. Todas elas faziam parte do Programa de P&D da ANEEL, sendo obrigadas a investir os percentuais mínimos de sua receita operacional líquida estabelecidos em lei em pesquisa e desenvolvimento.

Após analisar os relatórios da administração, notas explicativas, balanços patrimoniais e demonstrações de resultado de exercício de cada empresa, em busca dos montantes anuais investidos em P&D no período de 2010 a 2014, foi obtida uma amostra final de 12 empresas, relacionadas no Quadro 14. A maior parte dos dados individuais de cada empresa, tanto em termos de investimentos em P&D quanto em termos financeiros, só pôde ser coletada porque as empresas selecionadas eram de capital aberto e, portanto, estavam obrigadas a divulgar uma série de informações ao público por meio do portal da BM&F Bovespa.

Empresas analisadas
AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A
AES Tietê S/A
Bandeirante Energia S/A
Cemig Distribuição S/A
Cemig Geração e Transmissão S/A
Companhia Energética de Pernambuco - CELPE
Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN
Companhia Paranaense de Energia - COPEL
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo
Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A - EMAE
Espírito Santo Centrais Elétricas S/A - ESCELSA
Tractebel Energia S/A

Quadro 14: Empresas do setor elétrico brasileiro pertencentes a amostra analisada

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Frente à redução de mais de 50% no número de empresas da amostra inicial, não restam dúvidas sobre a dificuldade encontrada na coleta de dados, haja vista que apesar de haver uma regulamentação da ANEEL quanto aos investimentos em P&D do setor elétrico, não existe a obrigatoriedade de divulgação ao público dos dispêndios anuais em P&D em termos monetários, bem como outros dados relacionados ao programa de P&D de cada empresa, como número/duração dos projetos executados e tamanho/qualificação da equipe envolvida nas atividades de P&D. Existe um sistema interno da ANEEL, o Sistema de Gestão de P&D, no qual as empresas que se enquadram na Lei nº 9.991 de 24 de julho de 2000 devem fornecer diversas informações sobre seu programa de pesquisa e desenvolvimento, contudo, o acesso a esse sistema não é aberto ao público.

Apesar de a amostra final ser classificada como uma amostra pequena, foi possível realizar todas as análises pretendidas no estudo em questão, talvez não com a abrangência desejada, mas de forma alguma esse fato minimizou a importância dos resultados encontrados, os quais permitiram chegar a conclusões significativas sobre a eficiência das empresas participantes do Programa de P&D da ANEEL, conforme exposto na sequência.

Durante os últimos cinco anos, as empresas da amostra investiram um montante superior a R\$ 779 milhões em pesquisa e desenvolvimento. 2012 foi o ano de maior investimento, alcançando o volume de aproximadamente R\$ 182 milhões,

com média de investimento superior a R\$ 15 milhões por empresa, assim como é possível observar na Tabela 2.

Nos anos de 2010 e 2011 a Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo foi a empresa com os maiores volumes de investimento anual em P&D, enquanto que de 2012 a 2014 a Cemig Distribuição esteve no topo do *ranking*. Considerando o investimento acumulado nos últimos cinco anos, os maiores dispêndios em atividades de pesquisa e desenvolvimento foram realizados pelas empresas Cemig Distribuição, Eletropaulo e Cemig Geração e Transmissão.

	Em mil reais				
	2010	2011	2012	2013	2014
Volume total	113.421,00	168.352,68	181.849,72	169.966,92	145.417,43
Média	9.451,75	14.029,39	15.154,14	14.163,91	12.118,12
Mínimo	300,00	458,00	1.123,00	1.321,00	464,43
Máximo	41.100,00	39.700,00	51.070,00	39.300,00	30.660,00

Tabela 2: Investimentos em P&D da amostra analisada: 2010-2014

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

O Gráfico 2 revela que houve um padrão de crescimento nos investimentos anuais em P&D de 2010 a 2012, e após esse período houve uma queda no volume total de recursos empregados em atividades de pesquisa e desenvolvimento.

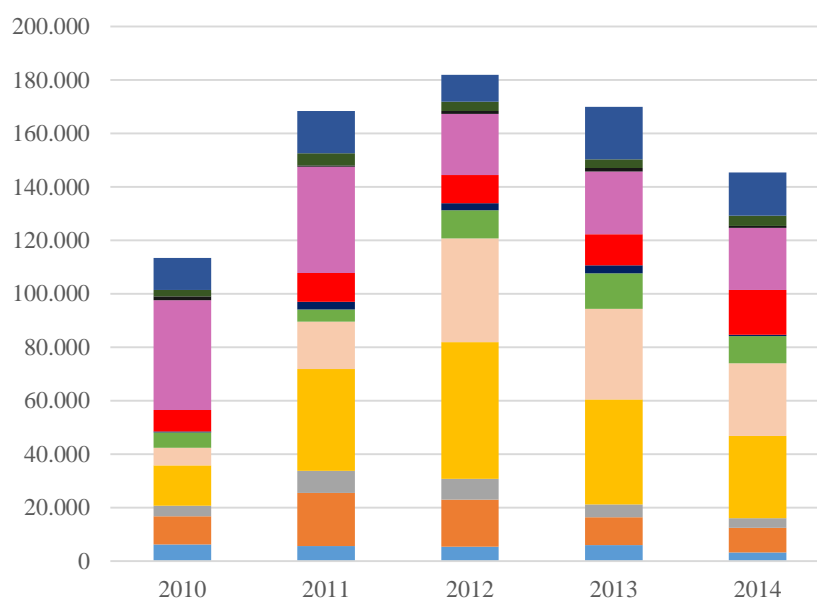


Gráfico 2: Investimento anuais em P&D da amostra analisada: 2010-2014 (em mil reais)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Com relação ao número de pedidos de patentes depositados pelas empresas da amostra no INPI, verifica-se no Gráfico 3 que o ano de 2012 foi o ano em que foi depositado o maior número de pedidos de patentes. No acumulado dos cinco anos, as empresas que lideraram o *ranking* de pedidos de patentes foram a Cemig Distribuição (16), a Copel (12) e a Celpe (8).

Nesse ponto, destaca-se que apenas a líder dos investimentos em P&D, a Cemig Distribuição, se manteve na mesma posição quanto aos pedidos de patentes, enquanto que a Eletropaulo e a Cemig Geração e Transmissão, que estavam no 2º e 3º lugar dos maiores volumes destinados a atividades de pesquisa e desenvolvimento, tiveram apenas 3 e 5, pedidos de patentes depositados no INPI no período, respectivamente. A Emae e a Escelsa não depositaram pedidos de patentes no período analisado.

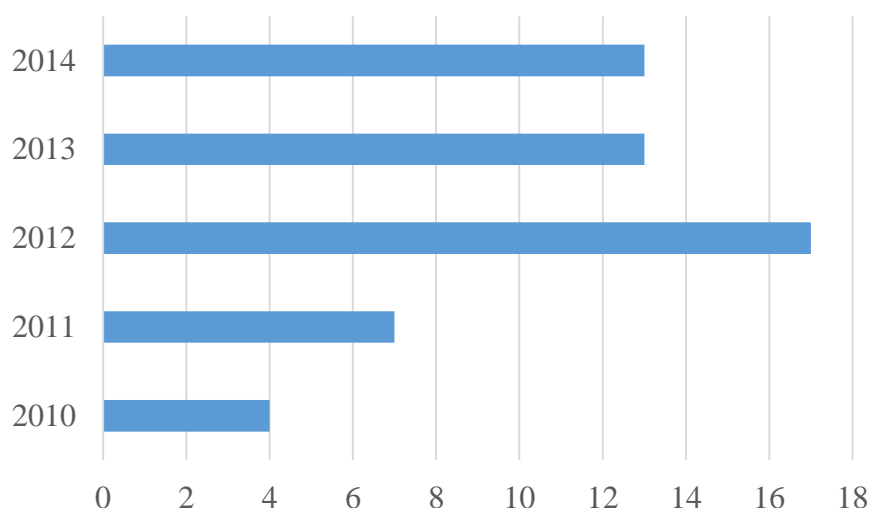


Gráfico 3: Pedidos de patentes depositados no INPI pelas empresas da amostra analisada: 2010-2014

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

No que se refere aos aspectos financeiros das empresas analisadas, observa-se na Tabela 3 que a receita líquida de vendas média anual das empresas analisadas teve uma trajetória de crescimento nos últimos cinco anos. Entre 2010 e 2012 a Eletropaulo apresentou os maiores volumes de receita líquida de vendas. Já em 2013 e 2014 quem liderou o *ranking* foi a Cemig Distribuição e a Copel, respectivamente. A Emae apresentou os menores montantes de receita líquida de vendas no período.

Com relação ao lucro líquido, houve flutuações em seu valor médio durante o período de análise. A primeira posição do *ranking* ficou com a Eletropaulo, nos anos

de 2010 e 2011, e com a Cemig Geração e Transmissão, de 2012 a 2014, a qual também apresentou o maior volume de lucro líquido acumulado nos últimos cinco anos, representando 23,8% do montante total.

O valor médio do retorno sobre o ativo – ROA apresentou trajetória de queda nos últimos cinco anos, havendo uma leve melhora apenas em 2013. O ROA é obtido através da razão entre o lucro líquido e o ativo total da empresa e pode ser definido como o retorno sobre todas as fontes de financiamento da empresa. No ano de 2010, o valor médio de 0,0955 indicava que para cada R\$ 100 investidos na empresa, tanto de capital próprio quanto de capital de terceiros, o lucro médio obtido era de aproximadamente R\$ 9,55 (9,55%). Já em 2014 esse lucro médio caiu para R\$ 6,39.

Já o retorno sobre o patrimônio líquido – ROE, resultado da razão entre o lucro líquido e o patrimônio líquido da empresa, apresentou flutuações em seu valor médio durante o período de análise. Em 2010, seu valor médio de 0,2440 indicava que para cada R\$ 100 investidos pelos sócios, o lucro médio obtido era de R\$ 24,40 (24,4%). Em 2014 houve redução da taxa de lucro médio para 19,2%.

Entre 2010 e 2013 os maiores valores, tanto do ROA quanto do ROE, eram da empresa AES Tietê e em 2014 da Cemig Geração e Transmissão. Os menores retornos sobre o ativo e sobre o patrimônio líquido entre 2010 e 2012 eram da Emae e em 2013 da AES Sul. Em 2014, a última colocação no *ranking* do ROA era da Emae e no *ranking* do ROE era da Eletropaulo.

Receita Líquida de Vendas (em mil reais)					
	2010	2011	2012	2013	2014
Média	3.549.669,33	3.867.577,50	4.300.162,08	4.341.656,33	5.589.752,33
Mínimo	142.781,00	164.093,00	174.509,00	192.834,00	151.102,00
Máximo	9.697.157,00	9.835.578,00	9.959.198,00	9.205.932,00	13.918.517,00
Lucro Líquido (em mil reais)					
	2010	2011	2012	2013	2014
Média	600.346,75	673.233,92	497.902,58	550.071,58	540.749,50
Mínimo	13.974,00	-40.815,00	-125.253,00	-20.078,00	-131.747,00
Máximo	1.347.688,00	1.572.105,00	1.919.485,00	1.811.374,00	2.088.965,00
Retorno sobre o Ativo					
	2010	2011	2012	2013	2014
Média	0,0955	0,0918	0,0650	0,0774	0,0639
Mínimo	0,0123	-0,0361	-0,1174	-0,0065	-0,0248
Máximo	0,1751	0,2045	0,2285	0,2164	0,1688

(continua)

(continuação/conclusão)

Retorno sobre o Patrimônio Líquido					
	2010	2011	2012	2013	2014
Média	0,2440	0,2383	0,1675	0,1932	0,1920
Mínimo	0,0172	-0,0529	-0,1937	-0,0227	-0,0513
Máximo	0,3722	0,4324	0,4984	0,4941	0,5991

Tabela 3: Dados financeiros das empresas analisadas: 2010-2014

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

6.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

Com o objetivo de avaliar a eficiência técnica das empresas do setor de energia elétrica da amostra em termos dos investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento, utilizou-se o modelo DEA BCC, com orientação ao *output*. O montante anual de investimentos em P&D foi classificado como o único *input* da análise e o número de pedidos de patentes depositados por cada empresa anualmente no INPI e a receita líquida de vendas anual foram classificados como os *outputs*.

Logo, a análise foi composta por 12 *Decision Making Units*, 1 *input* e 2 *outputs*, corroborando a indicação teórica de que o número de empresas avaliadas deve ser maior ou igual ao dobro da soma dos insumos e produtos, no caso, 6. Para efetuar as avaliações de desempenho utilizou-se o *software online* DEEOS.

6.2.1 Análise sem defasagem

Inicialmente, as avaliações de desempenho foram elaboradas considerando que os investimentos em P&D realizados no decorrer de um determinado ano seriam capazes de trazer resultados dentro do mesmo período de análise, ou seja, impactariam o número de pedidos de patentes depositados e a receita líquida de vendas nesse mesmo ano. Dessa forma, foi realizada uma análise DEA para cada um dos cinco anos da amostra.

A Figura 9 traz a relação das unidades avaliadas, seu percentual de eficiência técnica correspondente, bem como a representação gráfica da eficiência de cada empresa avaliada. Como é possível observar, as empresas que atingiram nível de eficiência igual a 100% (escore igual a 1) estavam posicionadas na fronteira de eficiência e, portanto, foram consideradas eficientes. Aproximadamente 42% das empresas avaliadas foi considerada eficiente nos anos de 2010 a 2012; em 2013 o percentual passou para 50%, e no último ano caiu para 25%, resultando no percentual médio de empresas eficientes igual a 40%.

Na Tabela 4 é possível visualizar que em relação ao primeiro ano de análise, 2010, a eficiência técnica média aumentou no decorrer dos anos, alcançando seu maior valor no ano de 2013, 83,4%. A eficiência técnica média geral ficou em 74,0%.

Em relação ao desempenho individual, destaca-se que a Copel foi a única empresa considerada eficiente em todos os anos de análise, ou seja, obteve uma alocação ótima entre os recursos aplicados em pesquisa e desenvolvimento e o número de pedidos de patentes depositados no INPI e sua receita líquida de vendas. A Cemig Distribuição teve desempenho semelhante à Copel e não ficou na fronteira de eficiência apenas no ano de 2011. A Celpe foi eficiente na alocação entre recursos e resultados nos anos de 2010, 2011 e 2013. A Eletropaulo foi eficiente no período de 2010 a 2012, mas a partir daí sua eficiência entrou em declínio, alcançando 76% em 2014.

A empresa Cosern foi considerada eficiente nos anos de 2010, 2012 e 2014. A AES Sul, a Bandeirante Energia e a Escelsa alcançaram escore igual a 1 apenas em um dos cinco anos de análise. Já a Emae destaca-se por ter sido considerada eficiente nos anos de 2011, 2012 e 2013 e apresentar nos anos de 2010 e 2014 os menores percentuais de eficiência, 7% e 9%, respectivamente. A empresa AES Tietê, a qual apresentou os menores níveis de eficiência entre 2011 e 2013, juntamente com a Cemig Geração e Transmissão e a Tractebel não estiveram na fronteira de eficiência em nenhum dos anos de análise, mas todas elas apresentaram uma melhora significativa de eficiência no decorrer dos anos.

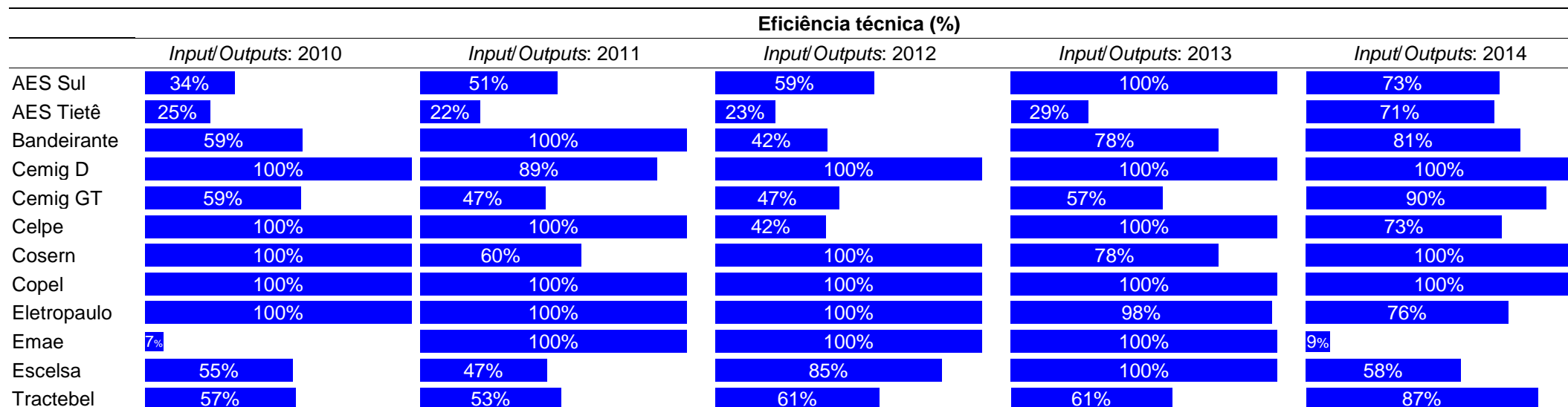


Figura 9: Resultado da avaliação de desempenho: análise sem defasagem

Fonte: Adaptado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados nos dados da amostra

	<i>Input/Outputs</i> 2010	<i>Input/Outputs</i> 2011	<i>Input/Outputs</i> 2012	<i>Input/Outputs</i> 2013	<i>Input/Outputs</i> 2014
Eficiência média	66,2%	72,6%	71,6%	83,4%	76,4%
Mínimo	7,1%	22,4%	22,6%	28,9%	8,8%
Máximo	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 4: Eficiência técnica média, mínima e máxima da avaliação de desempenho sem defasagem

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados nos dados da amostra

Como optou-se por utilizar o modelo DEA BCC *output oriented*, assume-se que o *input* permanece fixo enquanto os *outputs* são maximizados, assim, partindo da referência teórica de que as DMUs que alcançam 100% de eficiência formam a fronteira de eficiência e passam a servir de *benchmark* para as demais, é possível verificar em qual (ou quais) *output(s)* deveria(m) haver acréscimos para que cada uma das empresas ineficientes se tornasse eficiente, conforme exposto no Quadro 15. A empresa Tractebel, por exemplo, deveria gerar um volume maior de pedidos de patentes e de receita líquida de vendas no período analisado para ser considerada eficiente. Já a Emae deveria aumentar sua receita líquida de vendas em mais de 1000% para ser classificada como eficiente nos anos de 2010 e 2014.

A partir dos indicadores de eficiência técnica obtidos através do modelo BBC, expostos na Figura 9, e dos indicadores de eficiência produtiva, os quais foram calculados por meio do modelo CCR, foram apurados os indicadores de eficiência de escala, obtidos através da razão entre os indicadores de eficiência produtiva do modelo CCR e os indicadores de eficiência técnica do modelo BCC. A relação dos indicadores pode ser visualizada no Apêndice 1.

Ao avaliar os indicadores obtidos, conforme os critérios de Casa Nova e Santos (2008) já mencionados no capítulo anterior, verificou-se que as empresas que apresentaram eficiência produtiva, isto é, as quais foram capazes de transformar eficientemente seus insumos em resultados, foram a Celpe nos anos de 2010, 2011 e 2013, a Copel em 2011, 2012 e 2013, a Cosern em 2010 e 2014, a Bandeirante em 2011, a AES Sul em 2013 e a Cemig Distribuição em 2014. O percentual médio de empresas com eficiência produtiva ficou em 18,33%. Vale ressaltar que de acordo com o modelo DEA BCC a Copel apresentou eficiência técnica em todos os anos de análise, mas os indicadores de eficiência produtiva e de escala revelaram a presença de ineficiência de escala nos anos de 2010 e 2014, ou seja, a empresa não estava operando em sua escala ótima de produção nesses anos.

Também foi possível observar que em todos os anos de análise a maioria das unidades apresentou ineficiência técnica e de escala, ou seja, a maior parte das empresas enfrentou tanto problemas técnicos (relacionados com a falta de habilidade da empresa em converter insumos em produtos ou com problemas de engenharia) quanto com problemas de escala (os quais indicam que possivelmente a produção não estava sendo realizada na escala ótima). Os resultados da análise dos indicadores encontram-se relacionados no Quadro 16.

Empresa	2010		2011		2012		2013		2014	
	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)
AES Sul	0,00	198%	0,99	95%	4,51	69%	0,00	0%	0,00	38%
AES Tietê	0,08	306%	1,69	347%	4,26	343%	0,00	246%	0,42	42%
Bandeirante	0,00	70%	0,00	0%	7,04	137%	0,00	28%	0,00	24%
Cemig D	0,00	0%	0,13	13%	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
Cemig GT	0,00	71%	1,76	113%	0,00	115%	2,21	76%	0,44	32%
Celpe	0,00	0%	0,00	0%	10,00	141%	0,00	0%	0,36	36%
Cosern	0,00	0%	0,46	66%	0,00	0%	0,00	28%	0,00	0%
Eletropaulo	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%	0,70	2%	0,00	32%
Emae	0,00	1311%	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%	0,00	1030%
Escelsa	0,00	81%	0,80	112%	2,48	18%	0,00	0%	0,00	73%
Tractebel	0,12	77%	1,83	88%	8,37	63%	1,16	65%	0,30	15%

Quadro 15: Acréscimos nos *outputs* necessários para que as empresas ineficientes se tornassem eficientes: análise sem defasagem

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

Empresa	<i>Input/Outputs: 2010</i>	<i>Input/Outputs: 2011</i>	<i>Input/Outputs: 2012</i>	<i>Input/Outputs: 2013</i>	<i>Input/Outputs: 2014</i>
AES Sul	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala
AES Tietê	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Bandeirante	Ineficiência técnica e de escala	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Cemig D	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva
Cemig GT	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica
Celpe	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala
Cosern	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala	Eficiência produtiva
Copel	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva	Ineficiência de escala
Eletropaulo	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Emae	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala
Escelsa	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala
Tractebel	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala

Quadro 16: Resultado da análise dos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise sem defasagem

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

6.2.2 Análise com defasagem de um ano no *input*

Aqui, as avaliações de desempenho foram elaboradas considerando que os investimentos em P&D realizados no decorrer de um determinado ano levariam cerca de um ano para gerar os resultados esperados relativos ao número de pedidos de patentes depositados e a receita líquida de vendas. Dessa forma, foram realizadas quatro avaliações de desempenho, sempre considerando os investimentos em P&D de um ano e o número de pedidos de patentes e a receita líquida de vendas do ano seguinte.

A Figura 10 relaciona as unidades avaliadas e a representação gráfica da eficiência de cada empresa. Como é possível observar, as empresas consideradas eficientes foram aquelas que atingiram o nível máximo de eficiência de 100%. O percentual de empresas eficientes manteve-se em cerca de 42% com relação aos investimentos em P&D realizados nos anos de 2010, 2011 e 2012. Já quanto ao montante investido em 2013, apenas 25% das empresas obtiveram uma alocação ótima entre insumos e resultados, o que resultou no percentual médio de empresas eficientes igual a 37,5%. A eficiência técnica média apresentou trajetória crescente, assim como é possível observar na Tabela 5, alcançando o valor de 82,6% no último ano de análise. A eficiência técnica média geral ficou em 75%.

No que diz respeito ao grau de eficiência individual das empresas analisadas, verificou-se que a Copel e a Cemig Distribuição foram consideradas eficientes em todos os anos de análise. A Celpe foi eficiente no que se refere aos investimentos em P&D realizados nos anos de 2011 e 2012. Já a Eletropaulo foi eficiente em 2010 e 2011 e a partir daí sua eficiência declinou. A AES Sul, a Bandeirante Energia e a Cosern alcançaram score igual a 1 apenas em um dos anos de análise. A empresa Emae foi considerada eficiente com relação aos investimentos em P&D de 2011, 2012 e 2013, mas apresentou o menor percentual de eficiência em 2010 (7,7%). As empresas AES Tietê, Cemig Geração e Transmissão, Escelsa e Tractebel não estiveram na fronteira em nenhum dos anos de análise, mas todas elas elevaram seu nível de eficiência durante o período analisado, chegando a alcançar a casa dos 90% de eficiência com relação aos investimentos em P&D realizados em 2013.

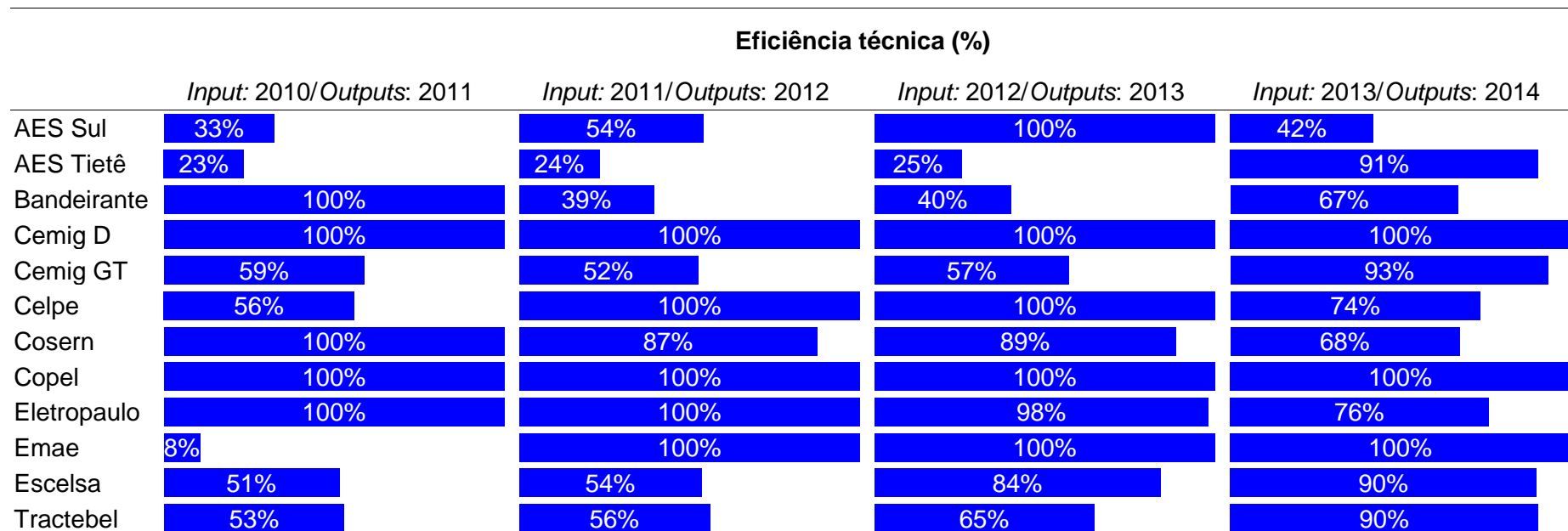


Figura 10: Resultado da avaliação de desempenho: análise com defasagem de um ano no *input*
 Fonte: Adaptado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados nos dados da amostra

	<i>input: 2010/ output: 2011</i>	<i>input: 2011/ output: 2012</i>	<i>input: 2012/ output: 2013</i>	<i>input: 2013/ output: 2014</i>
Eficiência média	65,3%	72,2%	79,8%	82,6%
Mínimo	7,7%	23,5%	25,4%	41,9%
Máximo	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 5: Eficiência técnica média, mínima e máxima da avaliação de desempenho com defasagem de um ano no *input*
 Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados nos dados da amostra

Com base nos *benchmarks* da análise (empresas posicionadas na fronteira de eficiência), estão relacionados no Quadro 17 os *outputs* que deveriam apresentar acréscimos para que todas as empresas fossem consideradas eficientes em termos de investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Nota-se que tanto a AES Tietê quanto a Cemig Geração e Transmissão teriam que obter, a partir dos recursos empregados em P&D, um número maior de pedidos de patentes, bem como um volume superior de receita líquida de vendas, para se tornarem eficientes.

Após ter em mãos os indicadores de eficiência técnica obtidos através do modelo BBC e os de eficiência produtiva resultantes do modelo CCR foram elaborados os cálculos dos indicadores de escala. Os resultados da análise dos indicadores encontram-se relacionados no Quadro 18. É possível observar que a Copel apresentou eficiência produtiva com relação aos investimentos em P&D realizados nos anos de 2011 a 2013; a Bandeirante Energia e a Cosern alcançaram a eficiência produtiva apenas no que tange ao montante direcionado as atividades de P&D no ano de 2010; já a Celpe e a Cemig Distribuição conseguiram transformar de maneira produtiva seus investimentos em P&D realizados nos anos de 2012 e 2013, respectivamente, nos resultados esperados no que diz respeito ao volume de receita líquida de vendas obtida e no número de pedidos de patentes depositados.

O percentual médio anual de empresas que apresentaram eficiência produtiva ou total ficou em 14,58%. Verificou-se, novamente, que a maioria das unidades avaliadas apresentou ineficiência técnica e de escala, o que evidencia que tanto os problemas técnicos quanto os ligados à escala inadequada de produção foram os causadores da ineficiência apresentada pela maior parte das empresas.

Empresa	<i>input:2010/output:2011</i>		<i>input:2011/output:2012</i>		<i>input:2012/output:2013</i>		<i>input:2013/output:2014</i>	
	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)
AES Sul	1,53	207%	1,61	86%	0,00	0%	0,00	139%
AES Tietê	1,64	327%	6,85	325%	0,69	293%	0,10	10%
Bandeirante	0,00	0%	5,89	153%	0,00	150%	0,00	49%
Cemig GT	1,64	69%	7,60	91%	1,79	76%	0,28	25%
Celpe	0,78	78%	0,00	0%	0,00	0%	0,36	36%
Cosern	0,00	0%	0,29	47%	0,00	13%	0,00	48%
Eletropaulo	0,00	0%	0,00	0%	0,21	2%	0,00	32%
Emae	0,30	1207%	0,00	0%	0,00	0%	0,00	0%
Escelsa	0,55	95%	0,00	86%	0,00	19%	0,00	11%
Tractebel	1,44	89%	7,27	79%	0,00	55%	0,21	11%

Quadro 17: Acréscimos necessários nos *outputs* para que as empresas ineficientes se tornassem eficientes: análise com defasagem de um ano no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados na amostra

Empresa	<i>Input: 2010/Outputs: 2011</i>	<i>Input: 2011/Outputs: 2012</i>	<i>Input: 2012/Outputs: 2013</i>	<i>Input: 2013/Outputs: 2014</i>
AES Sul	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala
AES Tietê	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Bandeirante	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Cemig D	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva
Cemig GT	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Celpe	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala
Cosern	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Copel	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva
Eletropaulo	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Emae	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala
Escelsa	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Tractebel	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala

Quadro 18: Resultado da análise dos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise com defasagem de um ano no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

6.2.3 Análise com defasagem de dois anos no *input*

Na última avaliação de desempenho, considerou-se que os resultados obtidos a partir dos investimentos em P&D só poderiam ser observados após transcorrer dois anos a contar da data de realização dos investimentos. Sendo assim, foram realizadas três avaliações de desempenho considerando: a) *input* de 2010 e *outputs* de 2012; b) *input* de 2011 e *outputs* de 2013 e c) *input* de 2012 e *outputs* de 2014.

Na Figura 11 é possível observar as unidades avaliadas e a representação gráfica de suas eficiências. Verifica-se que o percentual de empresas eficientes foi de aproximadamente 34% em todas as análises, ou seja, o número de empresas que alcançaram a alocação ótima entre insumos e resultados, considerando o espaço temporal de dois anos entre a realização dos investimentos em P&D e a obtenção de seus resultados, manteve-se constante entre os anos de 2010 a 2014, havendo apenas distinção entre as unidades eficientes em cada ano.

Considerando que os resultados obtidos a partir da realização de investimentos em P&D só poderiam ser observados dois anos após a concretização desses investimentos, observa-se na Tabela 6 que a eficiência técnica média registrou crescimento no decorrer do período analisado, chegando a 73,5% no último ano. Já a eficiência técnica média geral atingiu 68,8%.

Analisando o desempenho individual das unidades avaliadas, verificou-se novamente que as empresas Copel e Cemig Distribuição estavam posicionadas na fronteira de eficiência em todos os anos de análise. A Eletropaulo e a Cosern foram eficientes apenas em relação aos investimentos em P&D de 2010. A Emae alcançou a fronteira de eficiência com relação aos investimentos de 2011 e 2012. A Celpe foi considerada eficiente apenas quanto aos investimentos em P&D de 2011 e a Tractebel de 2012. O restante das empresas ficou abaixo da fronteira de eficiência (escores inferiores a 1) em todos os anos de análise.

Tomando as empresas eficientes como referência, seria necessário que as empresas listadas no Quadro 19 gerassem maiores volumes de *outputs* a partir dos recursos empregados em P&D para serem consideradas eficientes. Novamente, as empresas AES Tietê e Cemig Geração e Transmissão precisariam apresentar melhores resultados em ambos os *outputs* para se tornarem eficientes em toda a análise.

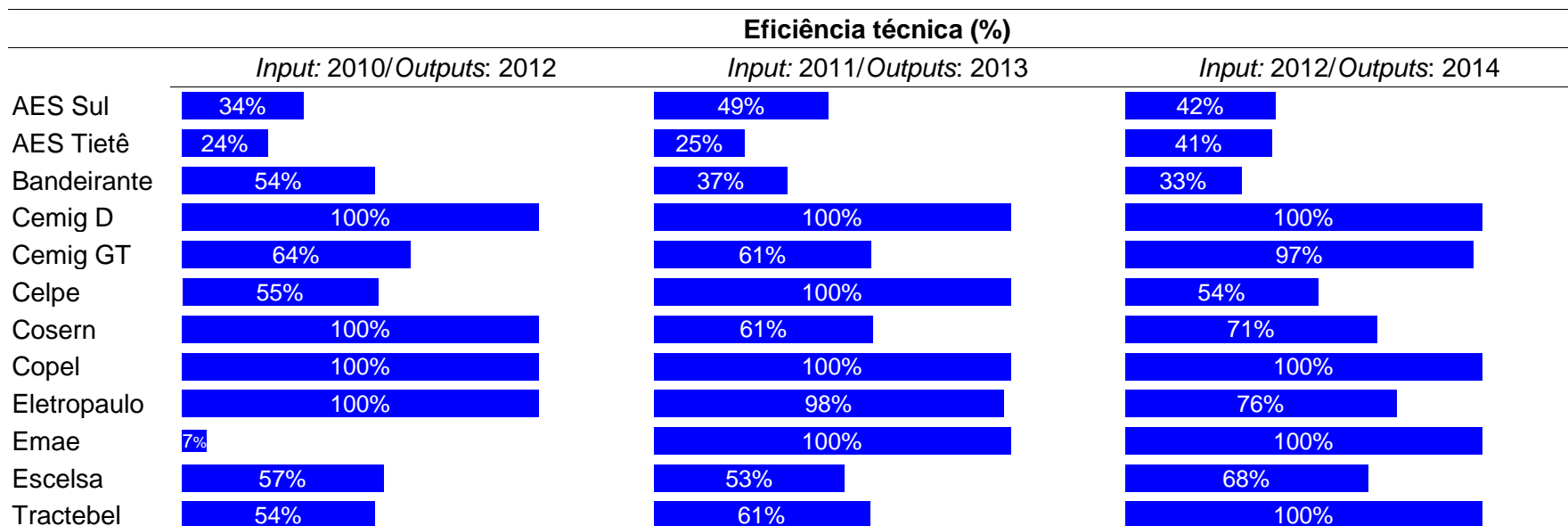


Figura 11: Resultado da avaliação de desempenho: análise com defasagem de dois anos no *input*
 Fonte: Adaptado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados nos dados da amostra

	<i>input: 2010/ output: 2012</i>	<i>input: 2011/ output: 2013</i>	<i>input: 2012/ output: 2014</i>
Eficiência média	62,4%	70,5%	73,5%
Mínimo	7,0%	25,4%	32,5%
Máximo	100,0%	100,0%	100,0%

Tabela 6: Eficiência técnica média, mínima e máxima da avaliação de desempenho com defasagem de dois anos no *input*
 Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do Software DEAOS baseados nos dados da amostra

Ao efetuar a análise dos resultados obtidos a partir dos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala, os quais encontram-se relacionados no Quadro 20, verifica-se que considerando dois anos de intervalo temporal entre a realização dos investimentos em P&D e a obtenção dos resultados esperados, a Copel apresentou eficiência produtiva com relação aos investimentos efetuados nos anos de 2011 e 2012; a Cosern foi eficiente no que diz respeito aos investimentos em P&D feitos em 2010, a Celpe em 2011 e a Tractebel em 2012.

O percentual médio de empresas com eficiência produtiva alcançou apenas 13,89%. Mais uma vez, estavam presentes na maioria das empresas avaliadas a ineficiência técnica (ligada a problemas técnicos e de engenharia) e de escala (relacionada à operação em escala inadequada de produção).

Empresa	<i>input:2010/output:2012</i>		<i>input:2011/output:2013</i>		<i>input:2012/output:2014</i>	
	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)	Nº pedidos de patentes (unid.)	Receita de vendas (%)
AES Sul	8,13	193%	2,10	105%	0,00	139%
AES Tietê	7,81	321%	1,33	293%	1,43	143%
Bandeirante	5,74	86%	0,00	167%	0,00	208%
Cemig GT	8,55	56%	0,64	64%	0,11	27%
Celpe	7,65	82%	0,00	0%	0,84	84%
Cosern	0,00	0%	0,00	63%	0,00	42%
Eletropaulo	0,00	0%	3,00	2%	0,00	32%
Emae	3,20	1325%	0,00	0%	0,00	0%
Escelsa	4,18	76%	0,00	87%	0,00	47%
Tractebel	5,63	85%	0,73	65%	0,00	0%

Quadro 19: Acréscimos nos *outputs* necessários para que as empresas ineficientes se tornassem eficientes: análise com defasagem de dois anos no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do Software DEEOS baseados na amostra

Empresa	<i>Input: 2010/Outputs: 2012</i>	<i>Input: 2011/Outputs: 2013</i>	<i>Input: 2012/Outputs: 2014</i>
AES Sul	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica	Ineficiência técnica e de escala
AES Tietê	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Bandeirante	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Cemig D	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala
Cemig GT	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Celpe	Ineficiência técnica e de escala	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala
Cosern	Eficiência produtiva	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Copel	Ineficiência de escala	Eficiência produtiva	Eficiência produtiva
Eletropaulo	Ineficiência de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Emae	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência de escala	Ineficiência de escala
Escelsa	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala
Tractebel	Ineficiência técnica e de escala	Ineficiência técnica e de escala	Eficiência produtiva

Quadro 20: Resultado da análise dos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise com defasagem de dois anos no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEEOS baseados na amostra

6.3 ANÁLISE DE REGRESSÃO

Com o objetivo de efetuar uma análise complementar à avaliação de desempenho, empregou-se a análise de regressão para verificar qual a influência dos investimentos realizados em P&D no desempenho empresarial das companhias do setor de energia elétrica analisadas. Utilizou-se um modelo de regressão linear simples, sendo a variável independente o montante de investimentos anuais em P&D e as variáveis dependentes a) o retorno sobre o ativo; b) o retorno sobre o patrimônio líquido; c) o lucro líquido; e d) a receita líquida de vendas, os quais representaram o desempenho empresarial das companhias do setor.

A amostra analisada foi composta de 12 observações para cada ano de análise (2010 a 2014). Destaca-se que o tamanho da amostra corrobora a indicação teórica de que deve haver no mínimo 5 observações para cada variável independente e que amostras com menos de 30 observações são apropriadas apenas para análises de regressão simples. Os modelos foram rodados conforme as funções de regressão linear descritas anteriormente no Quadro 13, pelo Método de Mínimos Quadrados Ordinários, através do *Software* Gretl.

6.3.1 Análise sem defasagem

O primeiro bloco de análises de regressão realizado testou se os investimentos em P&D efetuados pelas empresas da amostra no decorrer de um determinado ano seriam capazes de influenciar seu desempenho empresarial desse mesmo ano. Dessa forma, foram realizadas quatro análises de regressão para cada um dos cinco anos da amostra.

Ao efetuar as análises de regressão e analisar os resultados encontrados, os quais estão relacionados detalhadamente no Apêndice 2, verificou-se que considerando o retorno sobre o ativo (ROA) como variável dependente, o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) não foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em nenhuma das análises, o que indica que os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra nos anos de 2010 a 2014 não

influenciaram seu desempenho empresarial no quesito retorno sobre o ativo no mesmo ano de análise, ou seja, os dispêndios em P&D realizados não impactaram o retorno sobre todas as fontes de financiamento das empresas.

Ao considerar o retorno sobre o patrimônio líquido (ROE) como variável dependente, os resultados encontrados foram idênticos, exceto pelos investimentos em P&D realizados em 2011, os quais, segundo a análise de regressão empregada, foram capazes de influenciar positivamente o retorno sobre o capital próprio investido pelas empresas no mesmo ano, com um nível de significância de 10%. O coeficiente de determinação (r^2) apresentou valor igual a 0,29881 e o coeficiente de determinação ajustado (\bar{r}^2), que controla o número de regressores do modelo, foi igual a 0,228691, o que indica que aproximadamente 23% das variações do retorno sobre o patrimônio líquido foram explicadas pelo modelo de regressão.

Foram realizados todos os testes descritos no capítulo 5, adotando o nível de significância de 5%, e não foram encontrados problemas com o modelo, ou seja, o modelo atendeu as premissas de apresentar normalidade na distribuição dos resíduos e homocedasticidade (variância do termo de erro constante no decorrer da amostra), além de não apresentar problemas de autocorrelação (influência do termo de erro de uma observação sobre outro) ou especificação incorreta do modelo.

Alterando a variável dependente para o lucro líquido, verificou-se que os dispêndios em P&D realizados no ano de 2010 influenciaram positivamente o lucro líquido obtido no mesmo ano, já que o coeficiente parcial da regressão ($\hat{\beta}_2$) foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5%. O coeficiente de determinação ajustado (\bar{r}^2) foi igual a 0,399623, o que indica que cerca 40% das variações do lucro líquido foram explicadas pelo modelo de regressão. Os resultados encontrados foram testados com um nível de significância de 5% e o modelo apresentou tanto normalidade na distribuição dos resíduos quanto homocedasticidade, bem como não revelou problemas de autocorrelação ou especificação incorreta do modelo.

Com relação aos investimentos em P&D realizados em 2011, apesar de o coeficiente $\hat{\beta}_2$ ter sido significativo ao nível de significância de 5%, indicando que os investimentos desse ano influenciaram positivamente o lucro líquido, o modelo apresentou erro de especificação. Já os dispêndios em P&D de 2012 não exerceram influência sobre o lucro líquido desse ano, também com 5% de significância. Quanto

ao volume empregado em P&D em 2013 e 2014, embora os testes de hipóteses tenham mostrado que esses recursos impactaram positivamente o lucro líquido desse período, ao nível de significância de 10%, ambos os modelos apresentaram heterocedasticidade, o que pode levar a ineficiência dos estimadores e a inconsistências nos resultados da regressão.

Nos modelos em que a variável dependente era a receita líquida de vendas, observou-se que o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em todas as análises, o que indica que os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra influenciaram positivamente seu desempenho empresarial no quesito receita líquida de vendas. Os resultados encontrados foram testados com um nível de significância de 5% e os modelos não apresentaram problemas econométricos, exceto os relativos aos dispêndios em P&D dos anos de 2011 e 2014, nos quais se constatou que não havia normalidade na distribuição dos termos de erro, o que compromete o resultado dos testes de hipóteses, que se apoiam nessa premissa.

Assim, foram considerados significativos e sem problemas econométricos os modelos que relacionaram os investimentos em pesquisa e desenvolvimento realizados em 2010, 2012 e 2013 e a receita líquida de vendas desses mesmos períodos. É importante destacar que o intercepto ($\hat{\beta}_1$) foi considerado estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% apenas quanto ao ano de análise de 2010. O coeficiente de determinação (r^2) desses modelos apresentou valores considerados razoáveis, já que o percentual de variação da receita líquida de vendas explicada pelos modelos variou de aproximadamente 67% em 2010, para 37% em 2012 e 51% em 2013.

6.3.2 Análise com defasagem de um ano no *input*

O segundo bloco de análises de regressão realizado testou se os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra no decorrer de um determinado ano exerceriam influência sobre seu desempenho empresarial do ano seguinte.

Ao analisar os resultados encontrados, verificou-se que considerando o retorno sobre o ativo (ROA) e o retorno sobre o patrimônio líquido (ROE) como variável dependente, o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) não foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em nenhuma das análises, o que indica que considerando o espaço temporal de um ano entre a efetivação dos investimentos em P&D e a observação de seus possíveis resultados sobre o desempenho empresarial, os dispêndios em P&D não influenciaram a *performance* das empresas no período analisado nos quesitos retorno sobre todas as fontes de financiamento e retorno sobre o capital próprio investido.

Os resultados foram idênticos quando se substituiu a variável dependente para o lucro líquido, haja vista que $\hat{\beta}_2$ não foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em nenhuma das análises, exceto com relação ao modelo que relacionou os investimentos em P&D realizados em 2010 e o montante de lucro líquido de 2011. Entretanto, apesar de haver uma possível indicação nesse modelo de que os investimentos em P&D de 2010 teriam influenciado o lucro líquido de 2011, o teste de normalidade revelou a não normalidade na distribuição dos resíduos, o que compromete o resultado dos testes de hipóteses, que se apoiam nessa premissa.

Nos modelos em que a variável dependente era a receita líquida de vendas, observou-se que o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em todas as análises, o que indica que os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra influenciaram positivamente seu desempenho empresarial do ano seguinte no quesito receita líquida de vendas. Os resultados encontrados foram testados com um nível de significância de 5% e os modelos não apresentaram problemas econométricos, exceto os relativos aos dispêndios em P&D efetuados nos anos de 2011 e 2013, nos quais se constatou, novamente, que não havia normalidade na distribuição dos termos de erro, comprometendo os resultados dos testes de hipóteses.

Dessa forma, foram considerados significativos e sem problemas econométricos os modelos que relacionaram os investimentos em pesquisa e desenvolvimento realizados em 2010 e 2012 e a receita líquida de vendas obtida em 2011 e 2013, respectivamente. Destaca-se que o intercepto ($\hat{\beta}_1$) foi considerado estatisticamente significativo apenas ao nível de significância de 10% em ambos os modelos. O coeficiente de determinação ajustado (r^2) desses modelos apresentou

valores considerados plausíveis, já que o percentual de variação da receita líquida de vendas explicada pelos modelos variou de cerca de 58% para os investimentos em P&D feitos em 2010 para 37% em 2012.

6.3.3 Análise com defasagem de dois anos no *input*

O terceiro e último bloco de análises de regressão realizado testou se os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra no decorrer de um determinado ano exerceriam influência sobre seu desempenho empresarial considerando a defasagem de dois anos.

Ao analisar os resultados encontrados, verificou-se que considerando o retorno sobre o ativo (ROA), o retorno sobre o patrimônio líquido (ROE) e o lucro líquido como variável dependente, o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) não foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em nenhuma das análises, revelando que ao considerar o intervalo de dois anos entre a efetivação dos investimentos em P&D e a observação de seus possíveis resultados sobre o desempenho empresarial, os dispêndios em P&D não influenciaram a *performance* das empresas no período analisado no que se refere ao retorno sobre todas as fontes de financiamento, ao retorno sobre o capital próprio investido e ao montante de lucro líquido obtido.

Já ao considerar a receita líquida de vendas como variável dependente observou-se que o coeficiente parcial das regressões ($\hat{\beta}_2$) foi estatisticamente significativo ao nível de significância de 5% em todas as análises, o que indica que os investimentos em P&D realizados pelas empresas da amostra influenciaram positivamente seu desempenho empresarial do segundo ano após a concretização dos dispêndios.

Ao testar os resultados encontrados com um nível de significância de 5% o único modelo a não apresentar problemas econométricos foi o que relacionou os investimentos em P&D realizados em 2010 e a receita líquida de vendas obtida em 2012, pois os outros dois modelos não apresentaram normalidade na distribuição dos termos de erro, comprometendo os resultados dos testes de hipóteses. O coeficiente

de determinação (r^2) do modelo considerado estatisticamente significativo alcançou 0,5102 indicando que aproximadamente 51% das variações da receita líquida de vendas foi explicada pelo modelo.

6.4 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Ao avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em transformar os recursos investidos em P&D em novas patentes e em volumes maiores de receita líquida de vendas, foi possível constatar, através da aplicação do modelo DEA BCC *output-oriented*, que o percentual médio de empresas eficientes foi de apenas 40% na análise sem defasagem, 37,5% na análise com defasagem de um ano no *input* e 34% na análise com defasagem de dois anos no *input*.

Independentemente de se considerar ou não a defasagem entre a efetivação dos dispêndios em P&D e a observação dos resultados obtidos, o número de empresas consideradas eficientes não ultrapassou 50% em nenhuma das avaliações de desempenho, o que evidencia que, do ponto de vista técnico, a maioria das unidades avaliadas não foi eficiente em converter os recursos de pesquisa e desenvolvimento nos resultados esperados.

Considerando a eficiência individual das empresas, a Copel foi a única empresa a estar na fronteira de eficiência técnica em todas as análises. A Cemig Distribuição esteve em uma situação semelhante à da Copel, já que apenas na avaliação de desempenho do ano de 2011, sem defasagem, a referida empresa não obteve 100% de eficiência técnica. As empresas Celpe, Eletropaulo e Emae foram eficientes em pelo menos 50% das análises. Já as companhias AES Sul, Bandeirante Energia, Cosern, Escelsa e Tractebel foram eficientes em menos da metade das análises. A Cemig Geração e Transmissão e a AES Tietê foram as únicas duas empresas que não alcançaram a fronteira de eficiência em nenhuma das análises realizadas.

Com relação à eficiência técnica média anual, observou-se que houve elevação de seu valor em relação ao primeiro e ao último ano de análise, passando de 66% para 76% na análise sem defasagem, de 65% para 83% na análise com defasagem de um ano no *input* e de 62% para 73% na análise com defasagem de

dois anos no *input*. No que diz respeito à eficiência técnica média geral, os valores encontrados foram muito próximos nas análises realizadas sem defasagem (74%) e com defasagem de um ano no *input* (75%), sendo que seu menor valor foi observado na análise com defasagem de dois anos no *input* (69%).

No que se refere aos indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala, observou-se que o percentual médio de empresas que apresentaram eficiência produtiva foi de apenas 18,33% na análise sem defasagem, 14,58% na análise com defasagem de um ano no *input* e 13,89% na análise com defasagem de dois anos no *input*, ou seja, um número muito pequeno de empresas conseguiu obter um volume adequado, sem desperdícios, de receita líquida de vendas e de patentes a partir dos investimentos destinados a pesquisa e ao desenvolvimento.

Outro ponto de destaque é o fato de que a maioria das unidades avaliadas apresentou ambos os tipos de ineficiência: técnica e de escala. Isso significa que muitas empresas enfrentaram tanto problemas técnicos, os quais indicam que essas empresas não possuíam a habilidade necessária para obter o nível máximo de produto a partir dos insumos empregados, quanto problemas de escala, os quais indicam que possivelmente a produção não estava sendo realizada na escala ótima.

Os resultados encontrados não podem ser considerados atípicos, já que a última Pesquisa de Inovação (Pintec) realizada pelo IBGE, relativa ao período de 2009 a 2011, já havia revelado que somente 28,4% das empresas inovadoras do setor de eletricidade e gás atribuíram alto ou médio grau de importância às atividades de P&D realizadas internamente, indicando uma provável negligência quanto a relevância conferida à pesquisa e ao desenvolvimento para a estratégia empresarial.

A pesquisa também revelou que cerca de 37% das empresas do setor de eletricidade e gás que implementaram inovações mantinham relações de cooperação com outras organizações. As parcerias existentes entre universidades e institutos de pesquisa ainda foram classificadas como sendo de alto ou médio grau de importância por aproximadamente 70% das empresas, mas embora as parcerias sejam bastante relevantes para o processo inovativo, nesse caso em que o objeto da maioria das parcerias era a realização de P&D e ensaios para testes de produtos, os números devem ser interpretados com cautela, pois podem estar indicando um nível significativo de terceirização das atividades de P&D por parte das empresas do setor, comprometendo a internalização do conhecimento gerado através da P&D.

Um estudo de aderência sobre os fundos setoriais, dentre os quais estava o fundo do setor de energia (CTEnerg) já havia identificado que mesmo no âmbito dos fundos setoriais as empresas do setor elétrico tendem a se envolver pouco nos projetos (menos de 30% dos recursos do fundo foram alocados a projetos que tinham parcerias com empresas), evidenciando que a maioria dos projetos era de cunho acadêmico e chefiado por universidades. (Pereira, 2005 e Velho, Pereira e Azevedo, 2005).

As evidências encontradas acerca da baixa eficiência produtiva e da presença de ineficiência técnica e de escala no quesito pesquisa e desenvolvimento dentro do setor elétrico também não podem ser consideradas anormais, já que a Pintec ainda revelou que apenas 37,8% das empresas do setor de eletricidade e gás que implementaram inovações no período de 2009 a 2011 atribuíram alto ou médio grau de importância para o aumento da capacidade produtiva advindo das inovações implementadas, a qual está ligada ao nível de eficiência da empresa.

Já com relação à análise de regressão, utilizada como análise complementar à avaliação de desempenho para verificar se os investimentos em pesquisa e desenvolvimento tiveram influência sobre o desempenho empresarial das companhias do setor de energia elétrica da amostra, foi possível afirmar, com um nível de significância de 5%, que os investimentos em P&D pareceram não influenciar o desempenho empresarial das companhias analisadas no que se refere ao retorno sobre o ativo e ao retorno sobre o patrimônio líquido, independentemente de se considerar ou não o intervalo temporal entre a efetivação dos dispêndios e a observação dos indicadores de *performance*.

Situação semelhante foi observada no que se refere ao lucro líquido, já que com um nível de significância de 5% apenas os investimentos em P&D do ano de 2010 influenciaram positivamente o desempenho empresarial medido em termos de volume de lucro líquido obtido no mesmo ano.

No que diz respeito à receita líquida de vendas, os resultados foram mais otimistas, pois indicaram, com 5% de significância, que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento influenciaram positivamente a receita líquida de vendas em metade das análises. Acrescenta-se que a maior proporção de resultados significativos foi observada nas análises sem defasagem, pois na medida em que foi inserido o espaço temporal entre os investimentos em P&D e a observação da receita líquida de vendas, houve redução no número de resultados significativos: os

investimentos em P&D realizados em 2010, 2012 e 2013 influenciaram positivamente a receita líquida de vendas desses mesmos anos, mas apenas os investimentos em P&D feitos em 2010 e 2012 impactaram positivamente a receita líquida de vendas do ano seguinte, enquanto que somente os dispêndios em P&D de 2010 foram capazes de influenciar a receita líquida de vendas do segundo ano posterior a concretização dos dispêndios (2012).

Outros autores já citados também encontraram resultados semelhantes quanto à influência dos esforços inovativos no desempenho empresarial, tais como Ramos e Zilber (2013), os quais encontraram correlações diretas e positivas entre os investimentos em P&D e as receitas de vendas; Brito E., Brito L. e Morganti (2009), que verificaram que o esforço inovador tendia a afetar mais o crescimento do que a lucratividade das empresas; Santos, Gois e Rebouças (2014), os quais observaram que embora as empresas mais inovadoras possuíssem maior média de desempenho, a inovação influenciou negativamente o desempenho nas perspectivas lucratividade e geração de valor das empresas; e Kemp *et al.* (2003), que verificaram em seu estudo que as métricas de inovação influenciaram apenas o crescimento do volume de negócios e do emprego, não impactando o lucro e a produtividade.

Com relação a defasagem entre a efetivação dos dispêndios em P&D e a observação de seus resultados, que foi inserida tanto nas avaliações de desempenho quanto nas análises de regressão, constatou-se que os resultados mais relevantes foram encontrados nas análises sem defasagem, o que indica que os investimentos em P&D realizados pelas empresas analisadas geraram resultados mais imediatos. Uma possível explicação para esse fato pode ser a existência de um ambiente de incerteza institucional e regulatória no âmbito do setor elétrico que reflete as recentes alterações na política de renovação dos contratos de concessão e pode estar desestimulando os investimentos em P&D com prazos maiores de maturação e que exigem grande aporte de recursos financeiros.

A discussão sobre a prorrogação das concessões iniciou-se em 2012 com os contratos das usinas geradoras de energia, entre as quais estavam as seguintes empresas integrantes da amostra analisada: a) Empresa Metropolitana de Águas e Energia, com contratos cujo vencimento estava previsto para 2012, b) Copel, com contratos vencendo em 2014 e 2015; e c) Cemig Geração e Transmissão, com a maioria dos contratos vencendo em 2015. A prorrogação dos contratos de concessão ainda está em discussão pela ANEEL, agora focada em 36 contratos de distribuição

de energia com vencimento em 2015, 5 em 2016 e 1 em 2017, dentre os quais estão 4 contratos da Cemig e 1 da Copel, ambas empresas membros da amostra analisada.

Esse cenário de incerteza quanto aos termos exigidos na prorrogação dos contratos, que teve, inclusive, a recente intervenção do Tribunal de Contas da União no que se refere a determinação das situações nas quais uma empresa poderia perder sua concessão, gera insegurança entre os agentes e pode estar interferindo nas decisões sobre a aplicação dos recursos de pesquisa e desenvolvimento, fazendo-a concentra-se nos investimentos com retorno mais rápido. A discussão sobre a incerteza e os riscos no meio empresarial são comumente abordados na literatura. Penrose (2006), por exemplo, considera que ambos constituem fatores limitadores à expansão das empresas.

Indícios dessa falta de eficiência na aplicação dos recursos do programa e da geração de resultados aquém dos esperados também foram encontrados em outros trabalhos que se dedicaram a entrevistar os agentes envolvidos no Programa de P&D da ANEEL, os quais acharam evidências de que os investimentos em P&D realizados pelo setor elétrico brasileiro não estão sendo vistos como prioridade nem estão alinhados com a estratégia das empresas. Entre esses estudos podem ser citados os de Quandt, Silva Junior e Procopiuck (2008), Cabello e Pompermayer (2011) e Lunardon e Geus (2013).

Os primeiros autores aplicaram um questionário aos gestores dos programas de P&D de cerca de 20% das empresas do setor elétrico e os resultados obtidos revelaram que os projetos desenvolvidos não buscaram a melhoria do desempenho ou a geração de novos produtos e serviços, mas procuraram simplesmente atender as demandas operacionais internas das empresas. A prioridade dos investimentos foi atender a obrigação legal e não gerar retornos positivos para as empresas e/ou para a sociedade, o que evidencia que a inovação não estava inserida na estratégia competitiva das empresas do setor.

Já Cabello e Pompermayer (2011) realizaram uma análise qualitativa dos resultados do Programa de P&D da ANEEL por meio de entrevistas com os gerentes de P&D das principais empresas do setor elétrico brasileiro e com coordenadores de pesquisa de instituições científicas e de empresas parceiras, além de analisar uma amostra de projetos submetidos ao programa. As conclusões dos autores estão de acordo com os resultados encontrados por Quandt, Silva Junior e Procopiuck (2008) no que se refere ao fato de que a maioria dos projetos procurou atender problemas

operacionais, gerando inovações incrementais e revelando um alinhamento apenas parcial às estratégias das empresas.

Além disso, os autores apontaram que embora os resultados tenham revelado indícios da criação de uma cultura de inovação dentro das empresas do setor elétrico, os agentes se envolveram pouco no processo de execução dos projetos, devido à terceirização efetuada através de instituições de pesquisa e laboratórios de P&D.

Por sua vez, Lunardon e Geus (2013) realizaram uma revisão de literatura acerca do programa de P&D da ANEEL, além de entrevistas com os responsáveis pelo programa de quatro concessionárias de energia e com um instituto de pesquisa e dois institutos de ensino superior. Os resultados encontrados corroboraram, em sua maioria, os observados por Quandt, Silva Junior e Procopiuck (2008) e Cabello e Pompermayer (2011), pois apontaram que as atividades de P&D não foram abordadas como prioridade ou ponto estratégico na gestão das empresas, o que dificultou a criação ou manutenção de departamentos exclusivos de pesquisa dentro das próprias empresas.

Adicionalmente, foi verificado que grande parte das concessionárias optou por terceirizar os programas de pesquisa por meio de parcerias com institutos especializados, o que pode gerar perdas significativas na internalização do conhecimento pelos agentes. Além disso, foi observado que os projetos eram voltados para a resolução de problemas pontuais, o que resultou apenas em inovações incrementais. Por fim, os autores concluíram que “quando o objetivo do programa não é cumprido, o investimento em P&D por parte das concessionárias assemelha-se a um imposto, reduzindo-se a uma obrigação que não gera retorno”. (Lunardon e Geus, 2013, p.21)

Ao considerar que a instauração da Lei nº 9.991/2000 constituiu verdadeiramente um marco institucional que regulamentou e passou a estimular a busca por inovações tecnológicas relevantes para o setor de energia elétrica e que os investimentos em P&D são indispensáveis para promover melhorias e avanços nesse setor estratégico da economia do país, entende-se que um dos gargalos da regulamentação é a falta de mecanismos de registro, controle, avaliação e acompanhamento dos recursos empregados e dos resultados gerados a partir de cada projeto desenvolvido no âmbito do Programa de P&D da ANEEL, os quais, se existissem, poderiam garantir a eficiência dos investimentos em P&D realizados pelo setor.

Jannuzzi (2000), em seu estudo comparativo entre as experiências dos Estados Unidos e do Brasil relacionadas a políticas públicas no setor elétrico, já havia identificado essa deficiência em relação aos mecanismos de avaliação dos recursos empregados em P&D e destacou que a avaliação de desempenho dos investimentos se restringe a uma simples contabilidade de despesas, sem nenhuma quantificação dos benefícios gerados pelo programa.

A eficiência na operação do setor elétrico, de um modo mais geral é, inclusive, um assunto debatido atualmente pela ANEEL na prorrogação condicionada dos contratos de concessão de distribuidoras de energia elétrica que estão vencendo em 2015. A prorrogação das concessões está condicionada a um plano de cumprimento das disposições do art. 7º da Lei nº 12.783/2013 e do Decreto nº 8.461/2015, que autoriza a prorrogação das concessões apenas se houver o cumprimento, no prazo máximo de cinco anos, além de metas anuais definidas por trajetórias de melhoria contínua estabelecidas pela ANEEL, de critérios relacionados a: a) eficiência da qualidade do serviço prestado; b) eficiência da gestão econômico-financeira; c) racionalidade operacional e econômica; e d) modicidade tarifária.

A eficiência é tratada em duas dimensões: 1) qualidade do serviço, que será mensurada por meio de indicadores que considerem a frequência e a duração média das interrupções do serviço público de distribuição de energia elétrica; e 2) sustentabilidade da gestão econômico-financeira, mensurada por indicadores que apurem a capacidade de a concessionária honrar seus compromissos econômico-financeiros de maneira sustentável. Além disso, o não cumprimento das metas de melhoria contínua prevê penalidades às empresas. (Brasil, 2015).

Assim, espera-se que essa preocupação com a eficiência no setor elétrico se estenda também (e em breve) ao Programa de P&D, a fim de garantir que os recursos destinados ao programa sejam aplicados de modo eficiente, sem desperdícios e com o real objetivo de alcançar resultados positivos para o setor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As inovações são responsáveis pela geração de diversos benefícios econômicos e sociais e devido a sua importância crescente como um componente estratégico para o melhor desempenho das empresas e da economia de um modo geral o governo brasileiro regulamentou através da Lei nº 9.991/2000 o Programa de P&D do Setor de Energia Elétrica, que é um setor com grande relevância para a infraestrutura do país.

Com isso, surgem dúvidas sobre a real eficiência com a qual os recursos destinados ao programa, que completou 15 anos em 2015, estão sendo empregados. Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar a eficiência das empresas do setor de energia elétrica em termos dos investimentos realizados em P&D, bem como efetuar uma análise complementar para verificar qual a influência desses investimentos no desempenho empresarial dessas companhias.

Uma amostra de 12 empresas do setor elétrico cuja atividade principal era geração, transmissão e/ou distribuição de energia elétrica e que possuíam ações negociadas na bolsa de valores brasileira foi analisada no período de 2010 a 2014 por meio dos métodos de Análise Envoltória de Dados e Análise de Regressão, ambas efetuadas através do emprego de indicadores de inovação e de desempenho empresarial.

Os resultados encontrados permitiram concluir, de modo geral, que: a) a grande maioria das empresas do setor elétrico da amostra não foi eficiente em transformar os recursos destinados compulsoriamente à atividade de P&D nos resultados esperados; b) os investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento influenciaram de forma mais concreta o desempenho empresarial apenas no quesito receita líquida de vendas; e c) os resultados mais relevantes, tanto relativos às avaliações de desempenho quanto às análises de regressão, foram encontrados nas análises sem defasagem, evidenciando a existência de uma relação mais imediata entre os investimentos em P&D e seus resultados.

As avaliações de desempenho revelaram que a maior parte das empresas analisadas não foi eficiente em transformar os recursos investidos em P&D nos resultados esperados, representados pelo volume de receita líquida de vendas e pelo número de pedidos de patentes depositados pelas empresas no INPI. Além disso,

quase a totalidade das empresas apresentou tanto ineficiência técnica quanto de escala, evidenciando a possível existência de falhas na aplicação dos recursos destinados ao programa, bem como o fato de que os agentes envolvidos podem estar subestimando as atividades de P&D como geradoras e propulsoras do conhecimento e do desenvolvimento.

Os resultados obtidos, embora aquém dos esperados, são condizentes com a última Pintec, especialmente no que se refere ao baixo grau de importância conferido às atividades internas de P&D pelas empresas do setor de eletricidade e gás, revelado na pesquisa.

Destaca-se que é imprescindível que sejam realizados estudos mais aprofundados para verificar se os mesmos padrões de eficiência são encontrados em amostras maiores e num conjunto de dados mais amplo, pois não se pode deixar de enfatizar a existência de fatores limitadores à realização do presente estudo, tais como a dificuldade em encontrar dados mais detalhados sobre o Programa de P&D da ANEEL e disponíveis para horizontes de análise mais amplos, bem como as limitações já citadas presentes em algumas variáveis empregadas, como é o caso das patentes. Além disso, as razões pelas quais algumas empresas foram ineficientes na aplicação dos recursos não foram abordadas no presente trabalho por estarem além do objetivo de análise proposto e, portanto, também constituem um tópico de estudo para investigação futura.

Já as análises de regressão permitiram concluir que os investimentos realizados tiveram influência significativa apenas sobre a receita líquida de vendas das empresas, não impactando os outros indicadores de desempenho empresarial utilizados no estudo (retorno sobre o ativo, retorno sobre o patrimônio líquido e lucro líquido).

Embora resultados semelhantes tenham sido encontrados por outros autores já citados, como Ramos e Zilber (2013), Brito E., Brito L. e Morganti (2009), Santos, Gois e Rebouças (2014) e Kemp *et al.* (2003), é importante ressaltar que há uma série de fatores que pode afetar o desempenho das empresas, tais como as estratégias adotadas, sua alocação de recursos disponíveis, bem como as variáveis ligadas a fatores históricos, políticos e culturais e a realidade na qual as empresas analisadas estão inseridas. Sendo assim, é necessário investigar mais a fundo a relação entre os dispêndios em atividades inovativas e seus impactos no desempenho empresarial, haja vista que a análise de tais fatores não foi contemplada no presente estudo.

No que se refere a defasagem (de um e dois anos) entre a efetivação dos dispêndios em P&D e a observação de seus resultados, a qual foi inserida tanto nas avaliações de desempenho quanto nas análises de regressão para verificar o comportamento da relação entre as variáveis, foi possível concluir que sua inclusão não teve grande relevância, haja vista que os resultados mais significativos foram observados nas análises que coletaram os dados no mesmo ponto de tempo, indicando que os investimentos em P&D parecem gerar resultados mais imediatos.

Destaca-se que embora não tenha sido possível analisar os dados a longo prazo, em virtude da dificuldade em encontrar dados disponíveis para horizontes de análise mais amplos, os resultados obtidos a partir da inclusão da defasagem revelam uma tendência de decréscimo da eficiência à medida que aumenta o espaço temporal entre a efetivação dos investimentos em P&D e a observação dos resultados gerados a partir de tais investimentos.

A existência de um ambiente de incerteza institucional e regulatória no âmbito do setor elétrico, causado pelas recentes alterações na política de renovação dos contratos de concessão, eleva o nível de risco e incerteza entre os agentes e pode ser um dos fatores responsáveis por concentrar os recursos do programa em investimentos com retorno mais rápido. Entretanto, essa é uma questão que extrapola o escopo do presente estudo, sendo necessária uma análise em separado sobre como o ambiente institucional do setor elétrico brasileiro pode afetar os investimentos em P&D realizados pelas empresas do setor.

Embora diversos autores já citados (Sbragia, 1987; Penrose, 2006; Conde e Araujo-Jorge, 2003; Gomes, 2003; Freeman e Soete, 1997; Calmanovici, 2011; Verspagem, 2006; Cantwell, 2006; Salerno e De Negri, 2005) tenham enfatizado o quão essenciais as atividades de P&D e as inovações são para a estratégia empresarial e a dimensão dos benefícios gerados por elas, que vão desde a criação de vantagens competitivas e do aumento da lucratividade até a geração de conhecimento e a elevação dos níveis de emprego e renda, os resultados encontrados a partir da amostra analisada indicaram que esse entendimento parece não ser totalmente aplicável ao setor elétrico brasileiro.

Dessa forma, o estudo realizado revela-se como um alerta, pois permite concluir que embora seja inegável a relevância do Programa de P&D ao incentivar e impulsionar o desenvolvimento tecnológico e a inovação no setor de energia elétrica brasileiro seus resultados ainda são inferiores aos esperados.

As evidências encontradas ainda indicam que é possível que as empresas participantes estejam vendo os recursos destinados ao programa apenas do ponto de vista do cumprimento da obrigação legal, deixando a preocupação com a eficiência na aplicação desses recursos em segundo plano, o que corrobora os resultados já encontrados por outros autores, como Quandt, Silva Junior e Procopiuck (2008), Cabello e Pompermayer (2011) e Lunardon e Geus (2013).

A obrigatoriedade dos investimentos estipulada pela Lei 9.991/2000 parece fazer os agentes envolvidos subvalorizarem as atividades de P&D, o que explica, não em sua totalidade, mas em uma parcela significativa, os resultados encontrados no presente estudo, além de também ser um fator explicativo para as evidências encontradas em outros trabalhos, tais como os elevados níveis de terceirização das atividades de P&D e a adoção, na maioria dos casos, de inovações incrementais em vez de radicais.

Adicionalmente, um ponto chave que precisa ser mais bem compreendido é o fato de que não basta tornar obrigatórios os investimentos em P&D para garantir um processo de inovação eficiente dentro de um setor ou de uma empresa. A existência de ferramentas de registro, avaliação e acompanhamento dos investimentos realizados e dos resultados gerados, bem como a conscientização, tanto dos órgãos reguladores quanto dos agentes envolvidos em todo o processo inovativo, sobre a importância de aplicar de modo eficiente os recursos destinados ao programa, são indispensáveis para impedir que esses investimentos se tornem uma simples resposta a uma imposição legal e possam, de fato, gerar benefícios econômicos e sociais que sejam perceptíveis muito além dos limites de cada empresa.

Finalmente, acrescenta-se que ainda que o presente estudo tenha atendido de maneira satisfatória o objetivo proposto, não se pode considerar que ele termina aqui, uma vez que os resultados encontrados abrem um leque com inúmeras possibilidades para novas pesquisas, não apenas no âmbito dos esforços inovativos realizados pelo setor elétrico, mas também por outros setores da economia brasileira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.P. (org.) A ordem do progresso: cem anos de política econômica republicana. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1989.

ALMEIDA, M. R. A eficiência dos investimentos do Programa de Inovação Tecnológica em Pequena Empresa (PIPE): uma integração da Análise Envoltória de Dados e Índice Malmquist. 2010, 273 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-26112010-144241/pt-br.php>>. Acesso em: 10/09/2014.

ANDREASSI, T e SBRAGIA, S. Relações entre indicadores de P&D e resultado empresarial. Revista de Administração, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 72-84, jan-mar/2002.

ANEEL. <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 10/10/2015.

ANEEL. < <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=75&idPerfil=6&idiomaAtual=0>>. Acesso em: 07 e 21/02/2015.

ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3 ed. Brasília: 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689>. Acesso em: 03/02/2015.

ANEEL. Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica. Versão 2012. Brasília: ANEEL, 2012.

ANEEL. P&D: Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, n. 5, agosto/2013.

ATALAY, M. et al. The relationship between innovation and firm performance: an empirical evidence from Turkish automotive supplier industry. Procedia – Social and Behavioral Science, 75, 2013, p. 226-235.

BAER, W. e McDONALD, C. Um retorno ao passado? A privatização de empresas de serviços públicos no Brasil: o caso do setor de energia elétrica. Planejamento de Políticas Públicas, n. 16, dez/1997.

BAGATOLLI, C. e DAGNINO, R.P. Política de estímulo às patentes no Brasil: avançado na contramão? Revista Economia & Tecnologia (RET), v.9, n.3, p.73-86, jul/set-2013.

BM&F BOVESPA. <<http://www.bmfbovespa.com.br/cias-listadas/empresas-listadas/BuscaEmpresaListada.aspx?segmento=Energia+EI%C3%A9trica&idioma=pt-br>>. Acesso em: março-abril/2015.

BRASIL. Decreto nº 8.031, de 3 de outubro de 1945. Autoriza a organização da Companhia Hidroelétrica do São Francisco. Rio de Janeiro, 1945. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del8031.htm>. Acesso em: 29/01/2015.

BRASIL. Decreto nº 8.461, de 2 de junho de 2015. Regulamenta a prorrogação das concessões de distribuição de energia elétrica, de que trata o art. 7º da Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, e o art. 4º-B da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8461.htm>. Acesso em: 22/07/2015.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro, 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 27/01/2015.

BRASIL. Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960. Cria os Ministérios da Indústria e do Comércio e das Minas e Energia e dá outras providências. Brasília, 1960. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L3782.htm>. Acesso em: 31/01/2015.

BRASIL. Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971. Dispõe sobre a remuneração legal do investimento dos concessionários de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, 1971. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5655.htm>. Acesso em: 29/01/2015.

BRASIL. Lei nº 5.899, de 05 de julho de 1973. Dispõe sobre a aquisição dos serviços de eletricidade da Itaipu e dá outras providências. Brasília, 1973. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5899.htm>. Acesso em: 31/01/2015.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previstos no art. 175 da Constituição Federal e dá outras providências. Brasília, 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8987cons.htm>. Acesso em: 29/01/2015.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime de concessões dos serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9427cons.htm>. Acesso em: 29/01/2015.

BRASIL. Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre a realização de investimento em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei20009991.pdf>>. Acesso em: 07/02/2015.

BRASIL. Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nºs 10.438, de 26 de abril de 2002, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/L12783.htm>. Acesso em: 22/07/2015.

BRITO, E.P.Z.; BRITO, L.A.L. e MORGANTI, F. Inovação e desempenho empresarial: lucro ou crescimento? Revista de Administração de Empresas (RAE – eletrônica), v. 8, n. 1, art. 6, jan-jun/2009.

BUSH, V. Science, the endless frontier. Washington: United States Government Printing Office, 1945. Disponível em: <<https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>>. Acesso em: 15/05/2015.

CABELLO, A.F. e POMPERMAYER, F.M. Impactos qualitativos do Programa de P&D regulado pela ANEEL. In: POMPERMAYER, F.M.; DE NEGRI, F. e CAVALCANTE, L.R. (orgs.) Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL. IPEA: Brasília, 2011.

CAI, Y. Factors Affecting the Efficiency of the BRICS' National Innovation Systems: A Comparative Study Based on DEA and Panel Data Analysis. Economics (open e-Journal), Economics Discussion Papers, n. 2011-52, dezembro/2011.

CALMANOVICI, C.E. A inovação, a competitividade e a projeção mundial das empresas brasileiras. Revista USP, São Paulo, n.89, p.190-2013, março-maio/2011.

CANTWELL, J. Innovation and competitiveness. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (ed.). The Oxford handbook of innovation. Oxford University Press: New York, 2006.

CARLSSON, B. E STANKIEWICZ, R. On the nature, function and composition of technological systems. Journal of Evolutionary Economics, 1991.

CASA NOVA, S.P.C. e SANTOS, A. Aplicação da Análise por Envoltória de Dados utilizando variáveis contábeis. RCO – Revista de Contabilidade e Organizações, v.3, n.2, p. 132-154, maio-agosto/2008.

CHARNES, A.; COOPER, W.W. e RHODES, E. Measuring efficiency on decision making units. European Journal of Operational Research 2, p.429-444, 1978.

COHEN, W. M. e LEVINTHAL, D. A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. Administrative Science Quarterly, v. 35, n.1, Special Issue: Technology, organizations and innovation, p. 128-152, mar/1990.

CONDE, M.V.F. e ARAUJO-JORGE, T.C. Modelos e concepções de inovação: a transição de paradigmas, a reforma da C&T brasileira e as concepções de gestores de uma instituição pública de pesquisa em saúde. Ciência e Saúde Coletiva, v. 8, n. 3, p. 727-741, 2003.

COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. e ZHU, J. Data Envelopment Analysis: History, models and interpretations. Capítulo 1. In: COOPER, W.W.; SEIFORD, L.M. e ZHU, J. Handbook on Data Envelopment Analysis. Springer: 2 ed., 2011.

CULLMANN, A.; SCHMIDT-EHMCKE, J. e ZLOCZYSTI, P. (2009). Innovation, R&D Efficiency and the Impact of The Regulatory Environment – A Two-Stage Semi-Parametric DEA Approach. German Institute for Economic Research, Discussion paper n. 883: Berlin, Maio/2009.

DAVILA, T.; EPSTEIN, M.J. e SHELTON, R. Inovação: Como gerenciar, como medir e como lucrar. Editora Bookman: Porto Alegre, 2007. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=5aj5P1sYKpAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> . Acesso em: 07/01/2014.

DEAOS (*Software Online*).

<<https://www.deaos.com/login.aspx?ReturnUrl=%2fprojects.aspx>>.

DODGSON, M.; GANN, D. e SALTER, A. The management of technological innovation: Strategy and practice. Oxford University Press, 2008. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YuS7VfTa5_8C&oi=fnd&pg=PT2&dq=innovation+strategy&ots=ACLhSt5TZS&sig=OurV70VWSdndrH3Rb611gWSjLTE#v=onepage&q=draw&f=false>. Acesso em: 12/01/2015.

DOSI, G. Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation. Journal of Economic Literature: vol. XXVI, setembro/1988a.

DOSI, G. Technological Paradigms and Technological Trajectories. Research Policy: 1982.

DOSI, G. The nature of innovative process. In: DOSI, G. *et al.* (eds). Technical change and economic theory. Printer Publishers: London, 1988b.

EVANGELISTA, R. *et al.* Looking for regional systems of innovation: Evidence from the Italian innovation survey. Regional Studies, v. 36, n. 2, p. 173-186, 2002.

FERRO, D. F. Desafios e perspectivas para inovação no setor de transmissão de energia elétrica. P&D: Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL, n. 5, agosto/2013.

FITZSIMMONS, J.A. e FITZSIMMONS, M.J. Administração de serviços: Operações, estratégia e tecnologia da informação. 7 ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=XCi9AwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=202&f=false>. Acesso em: 14/03/2015.

FLOR, M.L. e OLTRA, M.J. Identification of innovating firms through technological innovation indicators: in application to the Spanish ceramic tile industry. Research Police, v. 33, 2004, p. 323-336.

FREEMAN, C. Measurement of output of research and experimental development. Paris: Unesco, 1969.

FREEMAN, C. The determinants of innovation: Market demand, technology, and the response to social problems. Revista Brasileira de Inovação, Rio de Janeiro, v.9, n.2, p. 215-230, julho-dezembro/2010.

FREEMAN, C. The economics of technical change. In: ARCHIBUGI, D. e MICHIE, J.(ed). Trade, growth and technical change. Cambridge University Press: Reino Unido, 1998. Disponível em: < <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=OyjMoCFxc1kC&oi=fnd&pg=PA16&dq=the+economics+of+technical+change+a+critical+survey+freeman&ots=re5kFff9iv&sig=kDxd1Nlz2g629sejhOhskLS1MHE#v=onepage&q=unrecorded&f=false>>. Acesso em: 07/01/2015.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment: business cycles and investment behavior. In: DOSI, G. et al. (eds.). Technical Change and Economic Theory. London: Pinter, 1988.

FREEMAN, C; SOETE, L. The economics of industrial innovation. 3 ed. MIT Press, 1997. Disponível em: < <http://users.dcc.uchile.cl/~cguierr/cursos/INV/economics.pdf>>. Acesso em: 05/06/2015.

GARCIA, R. e CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. The Journal of Product Innovation Management: v. 19, p. 110-132, 2002.

GOMES, A.C.S. et al. O setor elétrico. In: RIBEIRO, A.D. (ed). BNDES 50 anos: Histórias Setoriais. BNDES, dez/2002. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf>. Acesso em: 11/11/2014.

GOMES, R.D.M. Pesquisa & desenvolvimento de interesse público e as reformas do setor elétrico brasileiro. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, São Paulo: Campinas, 2003. Disponível em: < <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/TeseRodolfo.pdf>>. Acesso em: 10/10/2015.

GOMES, J.P.P e VIEIRA, M.M.F. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. Revista de Administração Pública, Rio de Janeiro, v.43, n.2, p.295-321, mar/abr-2009.

GUEDES, C. F. B. Políticas públicas de estímulo à P&D: uma avaliação dos resultados do programa regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília (UnB)/Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (Face)/Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), Brasília, 2010. Disponível em: <

http://bdtd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_arquivos/61/TDE-2011-02-11T133701Z-5666/Publico/2010_CleliaFabianaBuenoGuedes.pdf>. Acesso em: 10/02/2015.

GUIA, J. et al. The destination as a local system of innovation: the role of relational networks. In: LAZZERETTI, L. e PETRILLO, C.S. Tourism local system and networking. Elsevier: 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=4p1dEN9yTboC&pg=PA18&lpg=PA18&dq=Tourism+local+system+and+networking&source=bl&ots=1WY2V8ki08&sig=QmUYWdbGtr36f70UclsopjifNg&hl=pt-BR&sa=X&ei=ve2zVOabKle0ggT0rISQCg&ved=0CDEQ6AEwAg#v=onepage&q=Tourism%20local%20system%20and%20networking&f=false>>. Acesso em 12/01/2015.

GUJARATI, D.N. Econometria Básica. 3 ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

HADEDOORN, J. e CLOODT, M. Measuring innovative performance: is there an advantage in using multiple indicators? *Research Police*, v.32, 2003, p. 1365-1379.

HAIR, J.F. *et al.* Análise Multivariada de Dados. 6 ed. Bookman, 2009. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=oFQs_zJI2GwC&printsec=frontcover&hl=pt-br&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 10/03/2015.

HASHIMOTO, A. e HANEDA, S. Measuring the change in R&D efficiency of the Japanese Pharmaceutical Industry. Department of Social System and Management. Discussion Paper Series nº 1128, July, 2005. Disponível em: <<http://www.sk.tsukuba.ac.jp/SSM/libraries/pdf1126/1128.pdf>>. Acesso em: 11/11/2014.

HENDERSON, R.M. e CLARK, K.B. Architectural innovation: The reconfiguration of existing. *Administrative Science Quarterly*: v. 35, n. 1, março/1990.

HILL, R.C., GRIFFITHS, G.E. e JUDGE, G.G. Econometria. Tradução de Alfredo Alves de Faria. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

HOLLANDERS, H., ESSER, F.C. Measuring Innovation Efficiency. INNO-Metrics Thematic Paper, December 2007.

HSU, Y. Cross National Comparison of Innovation Efficiency and Policy Application. *African Journal of Business Management*, v. 5, n. 4, fevereiro/2011, p. 1378–1387.

HSU, F.M. e HSUEH, C.C. Measuring relative efficiency of government-sponsored R&D projects: A three-stage approach. *Evaluation and Program Planning*, v. 32, p. 178-186, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI).

<<http://www.inpi.gov.br/>> e <

<https://gru.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchAvancado.jsp> > . Acesso em: março-abril/2015.

IPEADATA. < <http://ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 03/02/2015.

JACOB, K.G. *et al.* A influência dos investimentos em P&D na eficiência dos setores industriais brasileiros: uma análise para 2011. Anais do II Simpósio Internacional de Gestão de Projetos e I Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, SP, 07 e 08/11/2013. Disponível em:

<<https://repositorio.uninove.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/536/436-789-1-RV%20-%20a%20influencia%20dos%20investimentos.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 11/11/2014.

JANNUZZI, G. M. Políticas públicas para eficiência energética e energia renovável no novo contexto de mercado: uma análise da experiência recente dos EUA e do Brasil. Campinas: Autores Associados, 2000.

KEMP, R.G.M. *et al.* Innovation and firm performance. SCALES – Scientific Analysis of Entrepreneurship and SMEs. Research Report H200207. Zoetermeer, janeiro/2003.

KLEINKNECHT, A.; VAN MONTFORT, K. e BROUWER, E. The non-trivial choice between innovation indicators. *Economics of Innovation and New Technology*, v.11, n.2, p. 109-121, 2002.

KLINE, S. J. e ROSENBERG, N. An overview of innovation, pp. 275-306. In R Landau & N Rosenberg (eds.). *The positive sum strategy*. National Academy Press, Washington, 1986.

KOTSEMIR, M. Measuring National Innovation Systems efficiency – a review of DEA approach. National Research University Higher School of Economics, Working Papers, Series: Science, technology and innovation, WP BRP 16/STI/2013.

LUNARDON, B. e GEUS, K. de. Desafios do setor elétrico e seu programa de P&D como caminho para a inovação. *Espaço Energia*, edição 19, p. 11-22, outubro/2013.

LUNDVALL, B.A. Nacional system of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning. Londres: Anthem Press, 2010, 404 p. Disponível em: <http://books.google.co.uk/books?id=iDXGwacw-4oC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12/01/2015.

MACDONALD, S. When means become ends: considering the impact of patent strategy on innovation. Information Economics and Policy, v. 16, p. 135-158, 2004.

MALERBA, F. Sectoral system of innovation and production. Research Policy, v. 31, p. 247-264, 2002.

MARIANO, E.B. Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva. XIV SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru-SP, 05 a 07/11/2007. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/257397765_Conceitos_Bsicos_de_Analise_d_e_Efincia_produtiva>. Acesso em: 04/07/2015.

MARIANO, E.B.; ALMEIDA, M.R. e REBELATTO, D.A.N. Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados. XII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru-SP, 06 a 08/11/2006. Disponível em: <http://www.simpeptestemigracao.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/816.pdf>. Acesso em: 30/06/2015.

MARQUES, A. e ABRUNHOSA, A. Do modelo linear de inovação à abordagem sistêmica: aspectos teóricos e de política econômica. Documento de trabalho/Discussion Paper nº 33. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, 2005. Disponível em: <http://www4.fe.uc.pt/ceue/working_papers/abrun33i.pdf>. Acesso em: 12/01/2015.

MELLO, J.C.C.B.S. Suavização da fronteira DEA: o caso BCC tridimensional. Investigação Operacional, v. 24, n. 1 p. 89-107, junho-2004.

MEMÓRIA DA ELETRICIDADE.

<<http://memoriadaeletricidade.com.br/Default.asp?pagina=destaques/linha&menu=368&iEmpresa=Menu#368>>. Acesso em: 31/01/2015.

MENDES, C.S.; LOPES, L.S. e GOMES, A.P. Eficiência dos dispêndios em inovação nas indústrias de transformação do Brasil. Revista Brasileira de Inovação, Campinas (SP), v.11, n.1, p. 193-218, janeiro/junho/2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA/ EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (MME/EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Brasília, 2014.

OCDE. Manual de Frascati. Metodologia proposta para a definição da pesquisa e desenvolvimento experimental. Tradução de: Olivier Snard, 2002.

OCDE. Manual de Oslo: Diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação. Tradução de: Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP. 3ª edição. 1997.

ONUSIC, L.M.; CASA NOVA, S.P.C e ALMEIDA, F. C. Modelos de previsão de insolvência utilizando a Análise Envoltória de Dados: aplicação a empresas brasileiras. Revista de Administração Contemporânea, 2 ed., 2007, p. 77-97.

PARK, S. Analyzing the efficiency of small and medium-sized enterprises of a national technology innovation research and development program. Springer Plus, Korea, v.3, 2014.

PAULA, F. Fatores que influenciam o desempenho das firmas: um modelo integrativo. III Encontro de Estudos em Estratégia, São Paulo, 09 a 11/05/2007. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/diversos/trabalhos/3Es/3es_2007/2007_3ES487.pdf>. Acesso em: 07/10/2015.

PIANTA, M. Innovation and employment. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (ed.). The Oxford handbook of innovation. Oxford University Press: New York, 2006.

PENROSE, E. A teoria do crescimento da Firma. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.

PEREIRA, N.M. Fundos setoriais: Avaliação das estratégias de implementação e gestão. Texto para discussão nº 1136. IPEA: Brasília, 2005.

PEREZ, C. Microeletronics, long waves and world structural change: new perspectives for developing countries. World Development, v.13, n.3, p. 441-463, 1985.

PESQUISA DE INOVAÇÃO (PINTEC). <<http://www.pintec.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10/10/2015.

POMPERMAYER, F.M. Rede de pesquisa formada pelo Programa de P&D regulado pela ANEEL: abrangência e características. In: POMPERMAYER, F.M.; DE NEGRI, F. e CAVALCANTE, L.R. (orgs.) Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa de P&D regulado pela ANEEL. IPEA: Brasília, 2011.

PORTER, M. Estratégia Competitiva: Técnicas para análise de indústrias e da concorrência. Tradução de Elizabeth Maria de Pinho Braga. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=SxvCKIh706gC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=desempenho&f=false>
Acesso em 07/70/2015.

QUANDT, C.O; SILVA JUNIOR, R. G. e PROCOPIUCK, M. Estratégia e inovação: análise das atividades de P&D do setor elétrico brasileiro. REBRAE – Revista Brasileira de Estratégia, Curitiba, v.1, n.2, p.243-255, maio/agosto/2008.

RAMOS, A. e ZILBER, S. Relações entre investimentos em P&D e receita de vendas: um estudo exploratório. II Simpósio Internacional de Gestão de Processo e I Simpósio Internacional de Inovação e Sustentabilidade. São Paulo, SP, 07 e 08/11/2013.

ROTHWELL, R. Toward the fifty-generation innovation process. International Marketing Review, v.11, n.1, 1994, p. 7-31. Disponível em:
<[file:///C:/Users/Let%C3%ADcia/Desktop/Towards%20the%20Fifth-generation%20Innovation%20Process%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Let%C3%ADcia/Desktop/Towards%20the%20Fifth-generation%20Innovation%20Process%20(1).pdf)>. Acesso em: 25/04/2015.

SAES, A.M. Modernizing electric utilities in Brazil: national vs. foreign capital, 1889-1930. Business History Review, n. 87, p. 229-253, 2013.

SALERNO, M. S.; DE NEGRI, J. A. A. Inovação, estratégias competitivas e inserção internacional das firmas da indústria brasileira. Parcerias Estratégicas, Brasília, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), n. 20 – parte 4, p. 1.309-1.333, jun. 2005. Número especial: seminários temáticos para a 3ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ISSN: 1.413-9.375.

SANTOS, A. e CASA NOVA, S.P.C. Proposta de um modelo estruturado de análise de demonstrações contábeis. RAE – eletrônica, v.4, n.1, art. 8, jan-jun/2005.

SANTOS, D.F.L.; BASSO, L.F.C. e KIMURA, H. O recurso inovação e o desempenho financeiro da indústria brasileira. Base - Revista de Administração e Contabilidade da Unisinos, v. 11, n. 3, 204-217, jul-set/2014.

SANTOS, J.G.C; GOIS, A.D. e REBOUÇAS, S. M. D. P. Efeito da inovação no desempenho de firmas brasileiras: rentabilidade, lucro, geração de valor ou percepção de mercado? Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais. São Paulo, SP, 27 a 29/08/2014.

SBRAGIA, R. A função de P&D na empresa e tendências recentes na sua administração. Revista de Administração, São Paulo, v.22, n.3, p.79-81, jul-set/1987.

SCHUMPETER, J. A. Capitalismo, socialismo e democracia. Tradução de Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Ed. Fundo de Cultura, 1961. Disponível em: <<https://www.dropbox.com/s/96qxl6igz5c9fwv/Capitalismo%2C%20Socialismo%20e%20Democracia%20-%20Joseph%20A.%20Schumpeter.pdf>>. Acesso em: 05/01/2014.

SCHUMPETER, J. A. Teoria do desenvolvimento econômico. Tradução de Maria Silvia Possas. São Paulo: Ed. Nova Cultural, 1964/1997 (Coleção Os Economistas).

SHERMAN, H.D. e ZHU, J. Service productivity management: Improving service performance using Data Envelopment Analysis (DEA). Boston: Springer, 2006.

SMITH, K. Measuring innovation. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (ed.). The Oxford handbook of innovation. Oxford University Press: New York, 2006.

THANASSOLIS, E. Introduction to the theory and application of Data Envelopment Analysis: a foundation text with integrated software. Kluwer Academic Publishers, 2001. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=SS1k4g85apAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=dual&f=false>. Acesso em: 30/06/2015.

TIDD, J. A review of innovation models. Discussion Paper 1/1. Imperial College London, 2006.

TIDD, J. e BESSANT, J. Gestão da Inovação. 5 ed. Editora Bookman: Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=Jyj1BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 20/11/2015.

TIDD, J. BESSANT, J. e PAVITT, K. Gestão da Inovação. 3 ed. Editora Bookman: Porto Alegre, 2008. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=lw25_gxd77MC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 06/01/2014.

VELHO, L.; PEREIRA, N. e AZEVEDO, A.M. Avaliação de aderência de fundos setoriais: Relatório Final. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2005.

VENTURA FILHO, A. Energia elétrica no brasil: contexto atual e perspectivas. Interesse Nacional, ano 6, n.21, abr/jun-2013.

VERSPAGEN, B. Innovation and economic growth. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.C. e NELSON, R.R. (ed.). The Oxford handbook of innovation. Oxford University Press: New York, 2006.

ZHU, Z. HUANG, F. The Effect of R&D Investment on Firms' Financial Performance: Evidence from the Chinese Listed IT Firms. Modern Economy, v. 3, p.915-919, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA, TÉCNICA E DE ESCALA.....	147
APÊNDICE 2 - ANÁLISES DE REGRESSÃO E TESTES ESTATÍSTICOS E ECONOMETRÍCOS REALIZADOS.....	150

APÊNDICE 1: INDICADORES DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA, TÉCNICA E DE ESCALA

Empresa	Input/Outputs: 2014			Input/Outputs: 2013			Input/Outputs: 2012			Input/Outputs: 2011			Input/Outputs: 2010		
	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala
AES Sul	4,12	1,38	2,99	1,00	1,00	1,00	1,86	1,69	1,10	1,99	1,95	1,02	12,82	2,98	4,31
AES Tietê	1,45	1,42	1,02	3,50	3,46	1,01	6,71	4,42	1,52	7,58	4,46	1,70	23,26	4,07	5,72
Bandeirante	3,85	1,24	3,10	1,45	1,28	1,13	2,45	2,37	1,03	1,00	1,00	1,00	6,62	1,70	3,89
Cemig D	1,00	1,00	1,00	2,13	1,00	2,13	4,33	1,00	4,33	3,23	1,12	2,87	1,28	1,00	1,28
Cemig GT	1,11	1,11	1,00	4,05	1,76	2,30	6,76	2,15	3,15	3,28	2,12	1,54	7,35	1,71	4,31
Celpe	1,54	1,36	1,13	1,00	1,00	1,00	2,40	2,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cosern	1,00	1,00	1,00	1,69	1,28	1,32	1,21	1,00	1,21	1,77	1,66	1,07	1,00	1,00	1,00
Copel	4,10	1,00	4,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,44	1,00	4,44
Eletropaulo	7,52	1,32	5,71	1,78	1,02	1,74	1,84	1,00	1,84	2,91	1,00	2,91	5,46	1,00	5,46
Emae	14,08	11,36	1,24	5,38	1,00	5,38	5,18	1,00	5,18	2,01	1,00	2,01	38,46	14,08	2,73
Escelsa	5,49	1,73	3,18	1,25	1,00	1,25	1,47	1,18	1,24	2,18	2,11	1,03	6,13	1,81	3,39
Tractebel	1,26	1,15	1,10	2,78	1,65	1,68	1,64	1,63	1,01	2,63	1,88	1,40	11,24	1,77	6,36

Indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise sem defasagem

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

Empresa	Input: 2013/Outputs: 2014			Input: 2012/Outputs: 2013			Input: 2011/Outputs: 2012			Input: 2010/Outputs: 2011		
	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala
AES Sul	2,68	2,39	1,12	1,05	1,00	1,05	1,89	1,86	1,02	11,76	3,07	3,84
AES Tietê	1,20	1,10	1,09	6,54	3,94	1,66	7,46	4,26	1,75	21,74	4,27	5,09
Bandeirante	1,79	1,49	1,20	2,59	2,50	1,04	2,55	2,53	1,01	1,00	1,00	1,00
Cemig D	1,00	1,00	1,00	3,17	1,00	3,17	3,16	1,00	3,16	3,92	1,00	3,92
Cemig GT	1,08	1,07	1,01	5,24	1,76	2,98	3,02	1,91	1,58	6,49	1,69	3,84
Celpe	1,43	1,36	1,05	1,00	1,00	1,00	1,02	1,00	1,02	2,39	1,78	1,34
Cosern	2,23	1,48	1,51	1,61	1,13	1,42	1,31	1,14	1,14	1,00	1,00	1,00
Copel	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,51	1,00	1,51
Eletropaulo	2,64	1,32	2,00	1,94	1,02	1,90	3,14	1,00	3,14	9,80	1,00	9,80
Emae	10,42	1,00	10,42	5,05	1,00	5,05	2,07	1,00	2,07	34,48	12,99	2,66
Escelsa	1,59	1,11	1,43	1,48	1,19	1,24	1,91	1,86	1,02	6,06	1,95	3,11
Tractebel	1,13	1,10	1,03	1,56	1,55	1,01	2,54	1,79	1,42	10,64	1,89	5,62

Indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise com defasagem de um ano no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

Empresa	Input: 2012/Outputs: 2014			Input: 2011/Outputs: 2013			Input: 2010/Outputs: 2012		
	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala	Ef. Produtiva	Ef. Técnica	Ef. Escala
AES Sul	2,67	2,39	1,11	2,05	2,05	1,00	12,50	2,93	4,26
AES Tietê	3,52	2,43	1,45	7,25	3,94	1,84	23,81	4,20	5,67
Bandeirante	3,19	3,08	1,04	2,69	2,67	1,01	7,19	1,86	3,88
Cemig D	2,04	1,00	2,04	3,33	1,00	3,33	7,52	1,00	7,52
Cemig GT	1,94	1,03	1,89	2,82	1,64	1,72	6,71	1,56	4,30
Celpe	1,92	1,85	1,04	1,00	1,00	1,00	7,63	1,81	4,21
Cosern	2,12	1,42	1,50	1,74	1,63	1,07	1,00	1,00	1,00
Copel	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	4,42	1,00	4,42
Eletropaulo	2,83	1,32	2,15	3,69	1,02	3,61	19,61	1,00	19,61
Emae	9,80	1,00	9,80	2,02	1,00	2,02	40,00	14,29	2,80
Escelsa	1,88	1,47	1,28	1,93	1,87	1,03	5,95	1,76	3,38
Tractebel	1,00	1,00	1,00	2,41	1,65	1,46	11,49	1,85	6,22

Indicadores de eficiência produtiva, técnica e de escala: análise com defasagem de dois anos no *input*

Fonte: Elaborado pelo autor, conforme resultados do *software* DEAOS baseados na amostra

**APÊNDICE 2: ANÁLISES DE REGRESSÃO E TESTES ESTATÍSTICOS E
ECONOMÉTRICOS REALIZADOS**

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0909944	0,0191641	4,748	0,0008 ***
PD	4,73E-10	1,36E-09	0,3475	0,7355
Média var. dependente		0,095467		D.P. var. dependente 0,047178
Soma resíd. quadrados		0,024192		E.P. da regressão 0,049185
R-quadrado		0,011928		R-quadrado ajustado -0,086879
F(1, 10)		0,120722		P-valor(F) 0,735454
Log da verossimilhança		20,21266		Critério de Akaike -36,42531
Critério de Schwarz		-35,45550		Critério Hannan-Quinn -36,78437

Resultado da análise de regressão $ROA_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0656402	0,0246678	2,661	0,0239 **
PD	1,86E-09	1,31E-09	1,422	0,1853
Média var. dependente		0,091789		D.P. var. dependente 0,059574
Soma resíd. quadrados		0,03247		E.P. da regressão 0,056982
R-quadrado		0,168294		R-quadrado ajustado 0,085123
F(1, 10)		2,023477		P-valor(F) 0,18532
Log da verossimilhança		18,44685		Critério de Akaike -32,89370
Critério de Schwarz		-31,92388		Critério Hannan-Quinn -33,25275

Resultado da análise de regressão $ROA_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0519851	0,0386422	1,345	0,2082
PD	8,56E-10	1,83E-09	0,469	0,6492
Média var. dependente		0,064955		D.P. var. dependente 0,090113
Soma resíd. quadrados		0,087402		E.P. da regressão 0,093489
R-quadrado		0,021519		R-quadrado ajustado -0,076329
F(1, 10)		0,219927		P-valor(F) 0,649152
Log da verossimilhança		12,50561		Critério de Akaike -21,01122
Critério de Schwarz		-20,04140		Critério Hannan-Quinn -21,37028

Resultado da análise de regressão $ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0690828	0,0304963	2,265	0,0469 **
PD	5,86E-10	1,64E-09	0,3565	0,7289
Média var. dependente		0,077387		D.P. var. dependente 0,065427
Soma resíd. quadrados		0,046497		E.P. da regressão 0,068189
R-quadrado		0,012552		R-quadrado ajustado -0,086193
F(1, 10)		0,127115		P-valor(F) 0,728851
Log da verossimilhança		16,29242		Critério de Akaike -28,58483
Critério de Schwarz		-27,61502		Critério Hannan-Quinn -28,94389

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0581125	0,0254214	2,286	0,0453 **
PD	4,76E-10	1,61E-09	0,296	0,7733
Média var. dependente		0,063882		D.P. var. dependente 0,054137
Soma resíd. quadrados		0,031959		E.P. da regressão 0,056532
R-quadrado		0,008685		R-quadrado ajustado -0,090446
F(1, 10)		0,087613		P-valor(F) 0,773289
Log da verossimilhança		18,54207		Critério de Akaike -33,08414
Critério de Schwarz		-32,11433		Critério Hannan-Quinn -33,4432

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2014} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,214442	0,042739	5,017	0,0005 ***
PD	3,13E-09	3,04E-09	1,029	0,3275
Média var. dependente		0,243991		D.P. var. dependente 0,109987
Soma resíd. quadrados		0,120319		E.P. da regressão 0,10969
R-quadrado		0,095813		R-quadrado ajustado 0,005394
F(1, 10)		1,059655		P-valor(F) 0,327549
Log da verossimilhança		10,58781		Critério de Akaike -17,17562
Critério de Schwarz		-16,20581		Critério Hannan-Quinn -17,53468

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROE_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,161553	0,0499149	3,237	0,0089 ***
PD	5,47E-09	2,65E-09	2,064	0,0659 *
Média var. dependente		0,23834		D.P. var. dependente 0,131288
Soma resíd. quadrados		0,132947		E.P. da regressão 0,115302
R-quadrado		0,29881		R-quadrado ajustado 0,228691
F(1, 10)		4,261477		P-valor(F) 0,065907
Log da verossimilhança		9,989024		Critério de Akaike -15,97805
Critério de Schwarz		-15,00823		Critério Hannan-Quinn -16,33711
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 0,815401 com p-valor = P(F(2, 8) > 0,815401) = 0,476113			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 1,40084 com p-valor = P(F(1, 9) > 1,40084) = 0,266901	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 1,32672 com p-valor = P(F(1, 9) > 1,32672) = 0,279068			Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 0,65887 com p-valor = 0,719328	
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: LM = 1,88776 com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 1,88776) = 0,3891				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	-0,010	0,035	-0,274	0,790
e-1	0,072	0,317	0,228	0,824

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROE_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,145639	0,080478	1,81	0,1005
PD	1,44E-09	3,80E-09	0,38	0,7119
Média var. dependente		0,167525		D.P. var. dependente 0,186979
Soma resíd. quadrados		0,379098		E.P. da regressão 0,194704
R-quadrado		0,014232		R-quadrado ajustado -0,084344
F(1, 10)		0,144379		P-valor(F) 0,711912
Log da verossimilhança		3,701948		Critério de Akaike -3,403896
Critério de Schwarz		-2,434083		Critério Hannan-Quinn -3,762956

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,135046	0,0706989	1,91	0,0852 *
PD	4,10E-09	3,81E-09	1,076	0,3071
Média var. dependente		0,193166		D.P. var. dependente 0,159215
Soma resíd. quadrados		0,249893		E.P. da regressão 0,15808
R-quadrado		0,103821		R-quadrado ajustado 0,014203
F(1, 10)		1,15849		P-valor(F) 0,30706
Log da verossimilhança		6,202507		Critério de Akaike -8,405013
Critério de Schwarz		-7,435200		Critério Hannan-Quinn -8,764073

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,149381	0,0791981	1,886	0,0886 *
PD	3,52E-09	5,01E-09	0,7023	0,4985
Média var. dependente		0,192027		D.P. var. dependente 0,172015
Soma resíd. quadrados		0,310184		E.P. da regressão 0,17612
R-quadrado		0,047003		R-quadrado ajustado -0,048297
F(1, 10)		0,493207		P-valor(F) 0,498521
Log da verossimilhança		4,905718		Critério de Akaike -5,811435
Critério de Schwarz		-4,841622		Critério Hannan-Quinn -6,170495

$$\text{Resultado da análise de regressão } ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2014} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	3,32E+08	1,38E+08	2,404	0,0371 **
PD	28,3477	9,82673	2,885	0,0163 **
Média var. dependente		6,00E+08		D.P. var. dependente 4,58E+08
Soma resíd. quadrados		1,26E+18		E.P. da regressão 3,55E+08
R-quadrado		0,454203		R-quadrado ajustado 0,399623
F(1, 10)		8,321822		P-valor(F) 0,016253
Log da verossimilhança		-252,1823		Critério de Akaike 508,3646
Critério de Schwarz		509,3345		Critério Hannan-Quinn 508,0056
Teste RESET para especificação -		Teste RESET p/ especific. (apenas quadrados) -		
Hipótese nula: a especificação é adequada		Hipótese nula: a especificação é adequada		
Estatística de teste: F(2, 8) = 1,71472		Estatística de teste: F(1, 9) = 1,86297		
com p-valor = P(F(2, 8) > 1,71472) = 0,240027		com p-valor = P(F(1, 9) > 1,86297) = 0,2054		

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,65289$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,65289) = 0,23066$</p>		<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 5,7944 com p-valor = 0,055176</p>		
<p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 2,27123$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 2,27123) = 0,3212$</p>				
<p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p>				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	1,36E+07	1,06E+08	0,129	0,900
e-1	-0,294	0,356	-0,827	0,429

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,50E+08	1,88E+08	1,328	0,2138
PD	30,1608	10,0067	3,014	0,0130 **
Média var. dependente	6,73E+08		D.P. var. dependente	5,73E+08
Soma resíd. quadrados	1,89E+18		E.P. da regressão	4,35E+08
R-quadrado	0,476014		R-quadrado ajustado	0,423616
F(1, 10)	9,084486		P-valor(F)	0,013027
Log da verossimilhança	-254,6284		Critério de Akaike	513,2568
Critério de Schwarz	514,2267		Critério Hannan-Quinn	512,8978
<p>Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(2, 8) = 3,24213$ com p-valor = $P(F(2, 8) > 3,24213) = 0,0930626$</p>		<p>Teste RESET para especificação (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 6,54753$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 6,54753) = 0,0307469$</p>		
<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 6,05829$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 6,05829) = 0,0360781$</p>		<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 0,616387 com p-valor = 0,734773</p>		
<p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 2,77688$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 2,77688) = 0,249464$</p>				
<p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p>				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	3,06E+05	1,37E+08	0,002	0,998
e-1	-0,235	0,387	-0,606	0,559

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,79E+08	2,60E+08	1,069	0,31
PD	14,4762	12,3001	1,177	0,2665
Média var. dependente		4,98E+08		D.P. var. dependente 6,41E+08
Soma resíd. quadrados		3,97E+18		E.P. da regressão 6,30E+08
R-quadrado		0,121662		R-quadrado ajustado 0,033828
F(1, 10)		1,385137		P-valor(F) 0,266482
Log da verossimilhança		-259,0699		Critério de Akaike 522,1397
Critério de Schwarz		523,1096		Critério Hannan-Quinn 521,7807

Resultado da análise de regressão $LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,76E+08	2,41E+08	0,7313	0,4814
PD	26,4038	12,9841	2,034	0,0694 *
Média var. dependente		5,50E+08		D.P. var. dependente 6,10E+08
Soma resíd. quadrados		2,90E+18		E.P. da regressão 5,38E+08
R-quadrado		0,292553		R-quadrado ajustado 0,221808
F(1, 10)		4,135335		P-valor(F) 0,069391
Log da verossimilhança		-257,1822		Critério de Akaike 518,3643
Critério de Schwarz		519,3341		Critério Hannan-Quinn 518,0053
Teste RESET para especificação -		Teste RESET para especific. (apenas quadrados) -		
Hipótese nula: a especificação é adequada		Hipótese nula: a especificação é adequada		
Estatística de teste: $F(2, 8) = 0,750209$		Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,36652$		
com p-valor = $P(F(2, 8) > 0,750209) = 0,502793$		com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,36652) = 0,27244$		
Teste RESET para especificação (apenas cubos) -		Teste da normalidade dos resíduos -		
Hipótese nula: a especificação é adequada		Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal		
Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,51062$		Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 1,48777		
com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,51062) = 0,250209$		com p-valor = 0,475263		
Teste de White para a heteroscedasticidade -				
Hipótese nula: sem heteroscedasticidade				
Estatística de teste: $LM = 10,4514$				
com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 10,4514) = 0,00537657$				
Teste de Autocorrelação				
Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	-6,05E+06	1,44E+08	-0,042	0,967
e-1	-0,569	0,312	-1,822	0,102

Resultado da análise de regressão $LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,39E+08	2,77E+08	0,5012	0,6271
PD	33,1761	17,5122	1,894	0,0874 *
Média var. dependente		5,41E+08		D.P. var. dependente 6,84E+08
Soma resíd. quadrados		3,79E+18		E.P. da regressão 6,15E+08
R-quadrado		0,264108		R-quadrado ajustado 0,190519
F(1, 10)		3,58895		P-valor(F) 0,087418
Log da verossimilhança		-258,7885		Critério de Akaike 521,577
Critério de Schwarz		522,5468		Critério Hannan-Quinn 521,218
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 0,453456 com p-valor = P(F(2, 8) > 0,453456) = 0,650806			Teste RESET para especificação (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 0,674656 com p-valor = P(F(1, 9) > 0,674656) = 0,432652	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 0,795089 com p-valor = P(F(1, 9) > 0,795089) = 0,395779			Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 0,872101 com p-valor = 0,646585	
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: LM = 8,92141 com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 8,92141) = 0,0115542				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	-2,89E+07	1,75E+08	-0,165	0,872
e-1	-0,498	0,320	-1,558	0,154

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2014} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,47E+09	6,43E+08	2,284	0,0455 **
PD	220,285	45,6552	4,825	0,0007 ***
Média var. dependente		3,55E+09		D.P. var. dependente 2,87E+09
Soma resíd. quadrados		2,72E+19		E.P. da regressão 1,65E+09
R-quadrado		0,699522		R-quadrado ajustado 0,669474
F(1, 10)		23,28025		P-valor(F) 0,000697
Log da verossimilhança		-270,6145		Critério de Akaike 545,2289
Critério de Schwarz		546,1988		Critério Hannan-Quinn 544,8699
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 0,795949 com p-valor = P(F(2, 8) > 0,795949) = 0,48388			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 1,78617 com p-valor = P(F(1, 9) > 1,78617) = 0,214196	

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,79012$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,79012) = 0,21373$</p> <p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 1,4917$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 1,4917) = 0,474332$</p> <p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficientes</th> <th>Erro padrão</th> <th>Stat t</th> <th>valor-P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Interseção</td> <td>8,79E+07</td> <td>5,14E+08</td> <td>0,171</td> <td>0,868</td> </tr> <tr> <td>e-1</td> <td>0,030</td> <td>0,327</td> <td>0,092</td> <td>0,928</td> </tr> </tbody> </table>		Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Interseção	8,79E+07	5,14E+08	0,171	0,868	e-1	0,030	0,327	0,092	0,928	<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 3,84768$ com p-valor = 0,146045</p>
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P												
Interseção	8,79E+07	5,14E+08	0,171	0,868												
e-1	0,030	0,327	0,092	0,928												

Resultado da análise de regressão $RLV_{2010} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,07E+09	8,02E+08	1,332	0,2124
PD	199,497	42,6218	4,681	0,0009 ***
Média var. dependente		3,87E+09		D.P. var. dependente 3,16E+09
Soma resíd. quadrados		3,44E+19		E.P. da regressão 1,85E+09
R-quadrado		0,686602		R-quadrado ajustado 0,655262
F(1, 10)		21,90828		P-valor(F) 0,000867
Log da verossimilhança		-272,0177		Critério de Akaike 548,0354
Critério de Schwarz		549,0052		Critério Hannan-Quinn 547,6764
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(2, 8) = 2,94073$ com p-valor = $P(F(2, 8) > 2,94073) = 0,110311$	Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 0,03539$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 0,0353901) = 0,854954$			
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 0,128754$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 0,128754) = 0,728001$	Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 10,5222$ com p-valor = 0,005189			
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 1,86306$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 1,86306) = 0,39395$				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	1,49E+07	5,88E+08	0,025	0,980
e-1	0,051	0,333	0,152	0,883

Resultado da análise de regressão $RLV_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,18E+09	1,09E+09	2,001	0,0733 *
PD	140,216	51,3534	2,73	0,0212 **
Média var. dependente		4,30E+09		D.P. var. dependente 3,31E+09
Soma resíd. quadrados		6,92E+19		E.P. da regressão 2,63E+09
R-quadrado		0,427105		R-quadrado ajustado 0,369815
F(1, 10)		7,455199		P-valor(F) 0,021178
Log da verossimilhança		-276,2194		Critério de Akaike 556,4388
Critério de Schwarz		557,4086		Critério Hannan-Quinn 556,0797
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 1,67073 com p-valor = P(F(2, 8) > 1,67073) = 0,247562			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 1,07743 com p-valor = P(F(1, 9) > 1,07743) = 0,326355	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 0,749326 com p-valor = P(F(1, 9) > 0,749326) = 0,409171			Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 3,53548 com p-valor = 0,17071	
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: LM = 3,9446 com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 3,9446) = 0,139136				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	7,33E+07	8,24E+08	0,089	0,931
e-1	0,161	0,333	0,484	0,640

Resultado da análise de regressão $RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,60E+09	1,01E+09	1,579	0,1455
PD	193,48	54,6989	3,537	0,0054 ***
Média var. dependente		4,34E+09		D.P. var. dependente 3,24E+09
Soma resíd. quadrados		5,14E+19		E.P. da regressão 2,27E+09
R-quadrado		0,555785		R-quadrado ajustado 0,511363
F(1, 10)		12,51162		P-valor(F) 0,005382
Log da verossimilhança		-274,4396		Critério de Akaike 552,8792
Critério de Schwarz		553,849		Critério Hannan-Quinn 552,5201
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 1,16401 com p-valor = P(F(2, 8) > 1,16401) = 0,359991			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 1,90964 com p-valor = P(F(1, 9) > 1,90964) = 0,200335	

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,63275$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,63275) = 0,233295$</p> <p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 1,45668$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 1,45668) = 0,482709$</p> <p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficientes</th> <th>Erro padrão</th> <th>Stat t</th> <th>valor-P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Interseção</td> <td>6,56E+07</td> <td>7,01E+08</td> <td>0,094</td> <td>0,928</td> </tr> <tr> <td>e-1</td> <td>0,208</td> <td>0,324</td> <td>0,642</td> <td>0,537</td> </tr> </tbody> </table>		Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Interseção	6,56E+07	7,01E+08	0,094	0,928	e-1	0,208	0,324	0,642	0,537	<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 5,33615$ com p-valor = 0,06938</p>
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P												
Interseção	6,56E+07	7,01E+08	0,094	0,928												
e-1	0,208	0,324	0,642	0,537												

Resultado da análise de regressão $RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,41E+09	1,13E+09	1,254	0,2385
PD	344,697	71,2981	4,835	0,0007 ***
Média var. dependente		5,59E+09		D.P. var. dependente 4,36E+09
Soma resíd. quadrados		6,28E+19		E.P. da regressão 2,51E+09
R-quadrado		0,700359		R-quadrado ajustado 0,670395
F(1, 10)		23,37328		P-valor(F) 0,000687
Log da verossimilhança		-275,6362		Critério de Akaike 555,2723
Critério de Schwarz		556,2421		Critério Hannan-Quinn 554,9132
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(2, 8) = 0,973609$ com p-valor = $P(F(2, 8) > 0,973609) = 0,418363$	Teste RESET para especificação (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,62961$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,62961) = 0,233711$			
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,87105$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,87105) = 0,204533$	Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 9,60056$ com p-valor = 0,00822743			
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 2,20387$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 2,20387) = 0,332227$				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	-2,14E+07	7,85E+08	-0,027	0,979
e-1	0,170	0,329	0,515	0,619

Resultado da análise de regressão $RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2014} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,071558	0,0224041	3,194	0,0096 ***
PD	2,14E-09	1,59E-09	1,345	0,2085
Média var. dependente		0,091789		D.P. var. dependente 0,059574
Soma resíd. quadrados		0,033063		E.P. da regressão 0,0575
R-quadrado		0,153098		R-quadrado ajustado 0,068408
F(1, 10)		1,807738		P-valor(F) 0,208483
Log da verossimilhança		18,33821		Critério de Akaike -32,67642
Critério de Schwarz		-31,70661		Critério Hannan-Quinn -33,03548

Resultado da análise de regressão $ROA_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0562915	0,0407489	1,381	0,1972
PD	6,18E-10	2,16E-09	0,2853	0,7812
Média var. dependente		0,064955		D.P. var. dependente 0,090113
Soma resíd. quadrados		0,088603		E.P. da regressão 0,094129
R-quadrado		0,008074		R-quadrado ajustado -0,091119
F(1, 10)		0,081396		P-valor(F) 0,781237
Log da verossimilhança		12,42372		Critério de Akaike -20,84744
Critério de Schwarz		-19,87763		Critério Hannan-Quinn -21,20650

Resultado da análise de regressão $ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0662714	0,0279347	2,372	0,0391 **
PD	7,34E-10	1,32E-09	0,556	0,5904
Média var. dependente		0,077387		D.P. var. dependente 0,065427
Soma resíd. quadrados		0,045676		E.P. da regressão 0,067584
R-quadrado		0,029986		R-quadrado ajustado -0,067015
F(1, 10)		0,30913		P-valor(F) 0,590437
Log da verossimilhança		16,3993		Critério de Akaike -28,79859
Critério de Schwarz		-27,82878		Critério Hannan-Quinn -29,15765

Resultado da análise de regressão $ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0542563	0,0250789	2,163	0,0558 *
PD	6,80E-10	1,35E-09	0,5025	0,6262
Média var. dependente		0,063882		D.P. var. dependente 0,054137
Soma resíd. quadrados		0,031445		E.P. da regressão 0,056075
R-quadrado		0,02463		R-quadrado ajustado -0,072907
F(1, 10)		0,252522		P-valor(F) 0,626186
Log da verossimilhança		18,63936		Critério de Akaike -33,27873
Critério de Schwarz		-32,30891		Critério Hannan-Quinn -33,63778

Resultado da análise de regressão $ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,182504	0,0467683	3,902	0,0029 ***
PD	5,91E-09	3,32E-09	1,778	0,1058
Média var. dependente		0,23834		D.P. var. dependente 0,131288
Soma resíd. quadrados		0,144076		E.P. da regressão 0,120032
R-quadrado		0,240113		R-quadrado ajustado 0,164124
F(1, 10)		3,159854		P-valor(F) 0,105839
Log da verossimilhança		9,506677		Critério de Akaike -15,01335
Critério de Schwarz		-14,04354		Critério Hannan-Quinn -15,37241

Resultado da análise de regressão $ROE_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,15758	0,0847896	1,858	0,0927 *
PD	7,09E-10	4,50E-09	0,1574	0,8781
Média var. dependente		0,167525		D.P. var. dependente 0,186979
Soma resíd. quadrados		0,383621		E.P. da regressão 0,195862
R-quadrado		0,002471		R-quadrado ajustado -0,097282
F(1, 10)		0,024772		P-valor(F) 0,878069
Log da verossimilhança		3,630785		Critério de Akaike -3,261570
Critério de Schwarz		-2,291757		Critério Hannan-Quinn -3,620630

Resultado da análise de regressão $ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,132246	0,063556	2,081	0,0641 *
PD	4,02E-09	3,00E-09	1,339	0,2101
Média var. dependente		0,193166		D.P. var. dependente 0,159215
Soma resíd. quadrados		0,236434		E.P. da regressão 0,153764
R-quadrado		0,152088		R-quadrado ajustado 0,067297
F(1, 10)		1,793679		P-valor(F) 0,210123
Log da verossimilhança		6,534685		Critério de Akaike -9,069370
Critério de Schwarz		-8,099557		Critério Hannan-Quinn -9,428430

Resultado da análise de regressão $ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,131688	0,0767213	1,716	0,1168
PD	4,26E-09	4,14E-09	1,03	0,3274
Média var. dependente		0,192027		D.P. var. dependente 0,172015
Soma resíd. quadrados		0,29428		E.P. da regressão 0,171546
R-quadrado		0,095864		R-quadrado ajustado 0,00545
F(1, 10)		1,060281		P-valor(F) 0,327413
Log da verossimilhança		5,221511		Critério de Akaike -6,443023
Critério de Schwarz		-5,473210		Critério Hannan-Quinn -6,802083

Resultado da análise de regressão $ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2013} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	3,29E+08	1,69E+08	1,945	0,0804 *
PD	36,4517	12,0072	3,036	0,0126 **
Média var. dependente		6,73E+08		D.P. var. dependente 5,73E+08
Soma resíd. quadrados		1,88E+18		E.P. da regressão 4,34E+08
R-quadrado		0,479605		R-quadrado ajustado 0,427566
F(1, 10)		9,216181		P-valor(F) 0,012552
Log da verossimilhança		-254,5872		Critério de Akaike 513,1743
Critério de Schwarz		514,1441		Critério Hannan-Quinn 512,8153
Teste RESET para especificação -			Teste RESET p/ especific. (apenas quadrados) -	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: a especificação é adequada	
Estatística de teste: $F(2, 8) = 1,96079$			Estatística de teste: $F(1, 9) = 3,50603$	
com p-valor = $P(F(2, 8) > 1,96079) = 0,20278$			com p-valor = $P(F(1, 9) > 3,50603) = 0,093932$	

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 3,25337$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 3,25337) = 0,104773$</p>		<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 9,823 com p-valor = 0,007358</p>		
<p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: LM = 1,16454 com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 1,16454) = 0,5586$</p>				
<p>Teste de autocorrelação Variável dependente: e</p>				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	7,68E+06	1,30E+08	0,059	0,954
e-1	-0,328	0,363	-0,905	0,389

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	3,88E+08	2,87E+08	1,351	0,2065
PD	7,82786	15,2603	0,513	0,6191
Média var. dependente	4,98E+08		D.P. var. dependente	6,41E+08
Soma resíd. quadrados	4,40E+18		E.P. da regressão	6,64E+08
R-quadrado	0,025638		R-quadrado ajustado	-0,071798
F(1, 10)	0,263123		P-valor(F)	0,619122
Log da verossimilhança	-259,6924		Critério de Akaike	523,3848
Critério de Schwarz	524,3546		Critério Hannan-Quinn	523,0257

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,90E+08	2,38E+08	1,218	0,2513
PD	17,1456	11,2575	1,523	0,1587
Média var. dependente	5,50E+08		D.P. var. dependente	6,10E+08
Soma resíd. quadrados	3,33E+18		E.P. da regressão	5,77E+08
R-quadrado	0,188287		R-quadrado ajustado	0,107115
F(1, 10)	2,319622		P-valor(F)	0,158727
Log da verossimilhança	-258,0071		Critério de Akaike	520,0141
Critério de Schwarz	520,984		Critério Hannan-Quinn	519,6551

$$\text{Resultado da análise de regressão } LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,67E+08	2,81E+08	0,593	0,5663
PD	26,4115	15,1547	1,743	0,112
Média var. dependente		5,41E+08		D.P. var. dependente 6,84E+08
Soma resíd. quadrados		3,95E+18		E.P. da regressão 6,28E+08
R-quadrado		0,232972		R-quadrado ajustado 0,156269
F(1, 10)		3,037335		P-valor(F) 0,111978
Log da verossimilhança		-259,0372		Critério de Akaike 522,0743
Critério de Schwarz		523,0441		Critério Hannan-Quinn 521,7153

Resultado da análise de regressão $LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,72E+09	7,98E+08	2,149	0,0572 *
PD	227,713	56,7279	4,014	0,0025 ***
Média var. dependente		3,87E+09		D.P. var. dependente 3,16E+09
Soma resíd. quadrados		4,20E+19		E.P. da regressão 2,05E+09
R-quadrado		0,617053		R-quadrado ajustado 0,578758
F(1, 10)		16,11324		P-valor(F) 0,002462
Log da verossimilhança		-273,2203		Critério de Akaike 550,4405
Critério de Schwarz		551,4103		Critério Hannan-Quinn 550,0814
Teste RESET para especificação -			Teste RESET para especific. (apenas quadrados)	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: a especificação é adequada	
Estatística de teste: $F(2, 8) = 1,26986$			Estatística de teste: $F(1, 9) = 2,71044$	
com p-valor = $P(F(2, 8) > 1,26986) = 0,331929$			com p-valor = $P(F(1, 9) > 2,71044) = 0,1341$	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) -			Teste da normalidade dos resíduos -	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal	
Estatística de teste: $F(1, 9) = 2,78796$			Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 5,2414	
com p-valor = $P(F(1, 9) > 2,78796) = 0,129315$			com p-valor = 0,0727519	
Teste de White para a heteroscedasticidade -				
Hipótese nula: sem heteroscedasticidade				
Estatística de teste: $LM = 2,31115$				
com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 2,31115) = 0,314$				
Teste de Autocorrelação				
Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	9,98E+07	6,41E+08	0,156	0,880
e-1	0,009	0,328	0,027	0,979

Resultado da análise de regressão $RLV_{2011} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,40E+09	8,66E+08	1,617	0,1369
PD	206,651	46,0089	4,492	0,0012 ***
Média var. dependente		4,30E+09		D.P. var. dependente 3,31E+09
Soma resíd. quadrados		4,00E+19		E.P. da regressão 2,00E+09
R-quadrado		0,668589		R-quadrado ajustado 0,635448
F(1, 10)		20,17402		P-valor(F) 0,001158
Log da verossimilhança		-272,9353		Critério de Akaike 549,8707
Critério de Schwarz		550,8405		Critério Hannan-Quinn 549,5116
Teste RESET para especificação -			Teste RESET para especific. (apenas quadrados)	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: a especificação é adequada	
Estatística de teste: F(2, 8) = 2,42818			Estatística de teste: F(1, 9) = 0,000245025	
com p-valor = P(F(2, 8) > 2,42818) = 0,14993			com p-valor = P(F(1, 9) > 0,000245025) = 0,9878	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) -			Teste da normalidade dos resíduos -	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal	
Estatística de teste: F(1, 9) = 0,0281229			Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 10,5327	
com p-valor = P(F(1, 9) > 0,0281229) = 0,870528			com p-valor = 0,005162	
Teste de White para a heteroscedasticidade -				
Hipótese nula: sem heteroscedasticidade				
Estatística de teste: LM = 1,81239				
com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 1,81239) = 0,404				
Teste de Autocorrelação				
Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	1,98E+07	6,36E+08	0,031	0,976
e-1	0,004	0,333	0,013	0,990

Resultado da análise de regressão $RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,26E+09	1,06E+09	2,124	0,0596 *
PD	137,341	50,265	2,732	0,0211 **
Média var. dependente		4,34E+09		D.P. var. dependente 3,24E+09
Soma resíd. quadrados		6,63E+19		E.P. da regressão 2,57E+09
R-quadrado		0,42745		R-quadrado ajustado 0,370195
F(1, 10)		7,465722		P-valor(F) 0,021108
Log da verossimilhança		-275,9623		Critério de Akaike 555,9247
Critério de Schwarz		556,8945		Critério Hannan-Quinn 555,5656
Teste RESET para especificação -			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) -	
Hipótese nula: a especificação é adequada			Hipótese nula: a especificação é adequada	
Estatística de teste: F(2, 8) = 1,70661			Estatística de teste: F(1, 9) = 1,19908	
com p-valor = P(F(2, 8) > 1,70661) = 0,241395			com p-valor = P(F(1, 9) > 1,19908) = 0,301944	

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 0,857861$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 0,857861) = 0,378505$</p> <p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 2,10159$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 2,10159) = 0,349$</p> <p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficientes</th> <th>Erro padrão</th> <th>Stat t</th> <th>valor-P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Interseção</td> <td>1,16E+08</td> <td>8,02E+08</td> <td>0,144</td> <td>0,889</td> </tr> <tr> <td>e-1</td> <td>0,177</td> <td>0,337</td> <td>0,526</td> <td>0,611</td> </tr> </tbody> </table>		Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Interseção	1,16E+08	8,02E+08	0,144	0,889	e-1	0,177	0,337	0,526	0,611	<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 5,32496$ com p-valor = 0,06977</p>
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P												
Interseção	1,16E+08	8,02E+08	0,144	0,889												
e-1	0,177	0,337	0,526	0,611												

$$\text{Resultado da análise de regressão } RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,13E+09	1,46E+09	1,456	0,176
PD	244,25	78,887	3,096	0,0113 **
Média var. dependente	5,59E+09		D.P. var. dependente	4,36E+09
Soma resíd. quadrados	1,07E+20		E.P. da regressão	3,27E+09
R-quadrado	0,489443		R-quadrado ajustado	0,438387
F(1, 10)	9,58644		P-valor(F)	0,011324
Log da verossimilhança	-278,8337		Critério de Akaike	561,6673
Critério de Schwarz	562,6371		Critério Hannan-Quinn	561,3083
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(2, 8) = 1,11884$ com p-valor = $P(F(2, 8) > 1,11884) = 0,372866$	Teste RESET para especificação (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,64927$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,64927) = 0,23113$			
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,38032$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,38032) = 0,270193$	Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 15,6213$ com p-valor = 0,00040539			
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 0,979321$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 0,979321) = 0,612834$				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	7,83E+07	1,02E+09	0,077	0,941
e-1	0,155	0,328	0,472	0,648

$$\text{Resultado da análise de regressão } RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2013} + \hat{\mu}$$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0706013	0,0367287	1,922	0,0835 *
PD	-5,973e-010	2,61E-09	-0,2289	0,8236
Média var. dependente		0,064955		D.P. var. dependente 0,090113
Soma resíd. quadrados		0,088859		E.P. da regressão 0,094265
R-quadrado		0,005212		R-quadrado ajustado -0,094267
F(1, 10)		0,052392		P-valor(F) 0,823565
Log da verossimilhança		12,40644		Critério de Akaike -20,81287
Critério de Schwarz		-19,84306		Critério Hannan-Quinn -21,17193

Resultado da análise de regressão $ROA_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0758028	0,0296985	2,552	0,0287 **
PD	1,13E-10	1,58E-09	0,0716	0,9443
Média var. dependente		0,077387		D.P. var. dependente 0,065427
Soma resíd. quadrados		0,047064		E.P. da regressão 0,068603
R-quadrado		0,000512		R-quadrado ajustado -0,099436
F(1, 10)		0,005127		P-valor(F) 0,944331
Log da verossimilhança		16,2197		Critério de Akaike -28,43940
Critério de Schwarz		-27,46959		Critério Hannan-Quinn -28,79846

Resultado da análise de regressão $ROA_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROA				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,0554333	0,0231699	2,392	0,0378 **
PD	5,58E-10	1,09E-09	0,5095	0,6215
Média var. dependente		0,063882		D.P. var. dependente 0,054137
Soma resíd. quadrados		0,031423		E.P. da regressão 0,056056
R-quadrado		0,025301		R-quadrado ajustado -0,072169
F(1, 10)		0,259575		P-valor(F) 0,621466
Log da verossimilhança		18,64349		Critério de Akaike -33,28698
Critério de Schwarz		-32,31716		Critério Hannan-Quinn -33,64604

Resultado da análise de regressão $ROA_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,187593	0,0758225	2,474	0,0329 **
PD	-2,12327e-09	5,39E-09	-0,3941	0,7018
Média var. dependente		0,167525		D.P. var. dependente 0,186979
Soma resíd. quadrados		0,37869		E.P. da regressão 0,1946
R-quadrado		0,015293		R-quadrado ajustado -0,083178
F(1, 10)		0,155303		P-valor(F) 0,701791
Log da verossimilhança		3,708406		Critério de Akaike -3,416812
Critério de Schwarz		-2,446999		Critério Hannan-Quinn -3,775872

Resultado da análise de regressão $ROE_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,160775	0,07097	2,265	0,0469 **
PD	2,31E-09	3,77E-09	0,6125	0,5539
Média var. dependente		0,193166		D.P. var. dependente 0,159215
Soma resíd. quadrados		0,268762		E.P. da regressão 0,163939
R-quadrado		0,036155		R-quadrado ajustado -0,06023
F(1, 10)		0,37511		P-valor(F) 0,553903
Log da verossimilhança		5,765761		Critério de Akaike -7,531522
Critério de Schwarz		-6,561709		Critério Hannan-Quinn -7,890582

Resultado da análise de regressão $ROE_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: ROE				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	0,132645	0,0698019	1,9	0,0866 *
PD	3,92E-09	3,30E-09	1,189	0,262
Média var. dependente		0,192027		D.P. var. dependente 0,172015
Soma resíd. quadrados		0,285188		E.P. da regressão 0,168875
R-quadrado		0,123799		R-quadrado ajustado 0,036179
F(1, 10)		1,412908		P-valor(F) 0,262035
Log da verossimilhança		5,409819		Critério de Akaike -6,819638
Critério de Schwarz		-5,849825		Critério Hannan-Quinn -7,178698

Resultado da análise de regressão $ROE_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P\&D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	5,04E+08	2,62E+08	1,925	0,0832 *
PD	-0,657658	18,6131	-0,03533	0,9725
Média var. dependente		4,98E+08		D.P. var. dependente 6,41E+08
Soma resíd. quadrados		4,52E+18		E.P. da regressão 6,72E+08
R-quadrado		0,000125		R-quadrado ajustado -0,099863
F(1, 10)		0,001248		P-valor(F) 0,97251
Log da verossimilhança		-259,8475		Critério de Akaike 523,6949
Critério de Schwarz		524,6647		Critério Hannan-Quinn 523,3359

Resultado da análise de regressão $LL_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	3,91E+08	2,69E+08	1,456	0,176
PD	11,3069	14,2778	0,7919	0,4468
Média var. dependente		5,50E+08		D.P. var. dependente 6,10E+08
Soma resíd. quadrados		3,86E+18		E.P. da regressão 6,21E+08
R-quadrado		0,059013		R-quadrado ajustado -0,035085
F(1, 10)		0,627142		P-valor(F) 0,446784
Log da verossimilhança		-258,8938		Critério de Akaike 521,7875
Critério de Schwarz		522,7573		Critério Hannan-Quinn 521,4285

Resultado da análise de regressão $LL_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: LL				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,92E+08	2,75E+08	1,059	0,3144
PD	16,4333	13,0064	1,263	0,2351
Média var. dependente		5,41E+08		D.P. var. dependente 6,84E+08
Soma resíd. quadrados		4,44E+18		E.P. da regressão 6,66E+08
R-quadrado		0,137663		R-quadrado ajustado 0,051429
F(1, 10)		1,596393		P-valor(F) 0,235076
Log da verossimilhança		-259,7399		Critério de Akaike 523,4798
Critério de Schwarz		524,4496		Critério Hannan-Quinn 523,1207

Resultado da análise de regressão $LL_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$

Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,16E+09	9,04E+08	2,388	0,0381 **
PD	226,66	64,2056	3,53	0,0054 ***
Média var. dependente		4,30E+09		D.P. var. dependente 3,31E+09
Soma resíd. quadrados		5,38E+19		E.P. da regressão 2,32E+09
R-quadrado		0,554814		R-quadrado ajustado 0,510295
F(1, 10)		12,4625		P-valor(F) 0,005445
Log da verossimilhança		-274,7061		Critério de Akaike 553,4123
Critério de Schwarz		554,3821		Critério Hannan-Quinn 553,0532
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 1,56502 com p-valor = P(F(2, 8) > 1,56502) = 0,266915			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 3,35943 com p-valor = P(F(1, 9) > 3,35943) = 0,100038	
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 3,44566 com p-valor = P(F(1, 9) > 3,44566) = 0,0963876			Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: Qui-quadrado(2) = 4,61848 com p-valor = 0,0993369	
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: LM = 2,40075 com p-valor = P(Qui-quadrado(2) > 2,40075) = 0,301				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	1,11E+08	7,26E+08	0,153	0,882
e-1	0,017	0,328	0,050	0,961

Resultado da análise de regressão $RLV_{2012} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2010} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	1,63E+09	9,21E+08	1,772	0,1068
PD	193,192	48,8956	3,951	0,0027 ***
Média var. dependente		4,34E+09		D.P. var. dependente 3,24E+09
Soma resíd. quadrados		4,52E+19		E.P. da regressão 2,13E+09
R-quadrado		0,609547		R-quadrado ajustado 0,570501
F(1, 10)		15,61124		P-valor(F) 0,002725
Log da verossimilhança		-273,6656		Critério de Akaike 551,3312
Critério de Schwarz		552,301		Critério Hannan-Quinn 550,9721
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(2, 8) = 1,83287 com p-valor = P(F(2, 8) > 1,83287) = 0,221162			Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: F(1, 9) = 0,26257 com p-valor = P(F(1, 9) > 0,262574) = 0,620695	

<p>Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 0,146264$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 0,146264) = 0,711006$</p> <p>Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 1,47249$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 1,47249) = 0,478$</p> <p>Teste de Autocorrelação Variável dependente: e</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficientes</th> <th>Erro padrão</th> <th>Stat t</th> <th>valor-P</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Interseção</td> <td>5,51E+07</td> <td>6,72E+08</td> <td>0,082</td> <td>0,937</td> </tr> <tr> <td>e-1</td> <td>-0,039</td> <td>0,335</td> <td>-0,116</td> <td>0,910</td> </tr> </tbody> </table>		Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	Interseção	5,51E+07	6,72E+08	0,082	0,937	e-1	-0,039	0,335	-0,116	0,910	<p>Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 8,91295$ com p-valor = 0,011603</p>
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P												
Interseção	5,51E+07	6,72E+08	0,082	0,937												
e-1	-0,039	0,335	-0,116	0,910												

Resultado da análise de regressão $RLV_{2013} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2011} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra

Variável dependente: RLV				
	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor
const	2,93E+09	1,48E+09	1,976	0,0764 *
PD	175,388	70,0694	2,503	0,0313 **
Média var. dependente		5,59E+09		D.P. var. dependente 4,36E+09
Soma resíd. quadrados		1,29E+20		E.P. da regressão 3,59E+09
R-quadrado		0,385196		R-quadrado ajustado 0,323715
F(1, 10)		6,265338		P-valor(F) 0,031282
Log da verossimilhança		-279,9485		Critério de Akaike 563,8969
Critério de Schwarz		564,8667		Critério Hannan-Quinn 563,5379
Teste RESET para especificação - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(2, 8) = 1,36005$ com p-valor = $P(F(2, 8) > 1,36005) = 0,310145$	Teste RESET para especific. (apenas quadrados) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 1,28689$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 1,28689) = 0,2859$			
Teste RESET para especificação (apenas cubos) - Hipótese nula: a especificação é adequada Estatística de teste: $F(1, 9) = 0,979332$ com p-valor = $P(F(1, 9) > 0,979332) = 0,348221$	Teste da normalidade dos resíduos - Hipótese nula: o erro tem distribuição Normal Estatística de teste: $\text{Qui-quadrado}(2) = 10,249$ com p-valor = 0,005949			
Teste de White para a heteroscedasticidade - Hipótese nula: sem heteroscedasticidade Estatística de teste: $LM = 0,802626$ com p-valor = $P(\text{Qui-quadrado}(2) > 0,802626) = 0,66$				
Teste de Autocorrelação Variável dependente: e				
	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	1,36E+08	1,12E+09	0,121	0,906
e-1	0,154	0,332	0,463	0,655

Resultado da análise de regressão $RLV_{2014} = \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_2 P \& D_{2012} + \hat{\mu}$
 Fonte: Resultado do Software Gretl baseado nos dados da amostra