

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS
NÍVEL MESTRADO

CRISTIANO REMPEL

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA RELATIVA DE EMPRESAS
BRASILEIRAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA
ABORDAGEM DE A**

SÃO LEOPOLDO

2013

CRISTIANO REMPEL

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA RELATIVA DE EMPRESAS
BRASILEIRAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA
ABORDAGEM DEA**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl

SÃO LEOPOLDO

2013

R389a Rempel, Cristiano
Análise da eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem DEA / por Cristiano Rempel. -- São Leopoldo, 2013.

74 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, São Leopoldo, RS, 2013.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl, Escola de Gestão e Negócios.

1. Indústria elétrica – Brasil. 2. Serviços de eletricidade – Brasil. 3. Eficiência organizacional – Indústria elétrica. 4. Análise de envoltória de dados. 5. Benchmarking (Administração). I. Diehl, Carlos Alberto. II. Título.

CDU 621.31(81)
658.015.25: 621.31

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

CRISTIANO REMPEL

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA RELATIVA DE EMPRESAS
BRASILEIRAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA
ABORDAGEM DE A**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Contábeis, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl

Aprovado em: 14/01/2014

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Tiago Wickstrom Alves

Prof. Dr. Marcos Antonio de Souza

Prof. Dr. Peter Bent Hansen

AGRADECIMENTOS

Faço um agradecimento especial:

Aos meus pais, Pedro Rempel e Loreci L. Rempel, que sempre primaram pela minha educação, e ao meu irmão Gustavo Rempel. Dedico este título a minha família, sem vocês este sonho não seria possível de ser realizado;

A minha namorada Mayara Becker Delwing pelo companheirismo, paciência e carinho durante todo o período de estudos;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl, pelos seus ensinamentos e aprendizado compartilhados durante esta longa caminhada de curso, contribuindo para o meu desenvolvimento pessoal e intelectual;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis da Unisinos, em especial ao Prof. Dr. Marcos Antonio de Souza, por compartilhar seus conhecimentos e experiências;

Ao professor Mauricio Tagliari pelo tempo disponibilizado e pela contribuição frente à discussão dos resultados desta dissertação;

A empresa Bebidas Fruki que me incentivou e ajudou a concretizar mais esta etapa. Em especial a minha equipe pelo apoio nos períodos em que estive ausente, e ao meu gestor Marciano Schorr, por toda presteza e compreensão nestes dois anos de curso;

Aos meus primos Carla Schnorr e Eduardo Schnorr pelas dicas e ajuda na minha caminhada acadêmica, desde a época do colégio;

A todos os amigos e familiares que de alguma forma compartilharam comigo este momento. A minha gratidão pela compreensão dos momentos de ausência, mesmo quando presente.

“Você deve ter um apetite insaciável
por aprender aquilo que você não sabe.”

Jack Welch

RESUMO

Essa dissertação tem como objetivo principal analisar a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. A busca por eficiência tem sido uma constante em muitos setores e tem crescido em vista do maior grau de competição e das pressões sociais por melhor aproveitamento de recursos. Entre estes, o setor de energia elétrica tem sido demandado a oferecer crescente desempenho que possa apoiar o ciclo de desenvolvimento econômico do país. A técnica de pesquisa utilizada é o levantamento ou *survey*, classifica-se como descritivo, com abordagem quantitativa, realizado com base em dados de 2012. Utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) foi possível mensurar a eficiência técnica relativa das empresas selecionadas, identificar os determinantes da eficiência dessas unidades, definir as unidades *benchmarks*, bem como os percentuais de melhorias. A partir da aplicação DEA e com base no rol de variáveis selecionadas, identificou-se que são eficientes tecnicamente sete empresas dentre as 18 concessionárias de distribuição de energia elétrica brasileiras da amostra, sendo elas: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN e CPFL-PA. A empresa RGE é o melhor *benchmark* para as empresas ineficientes, detentora de diferentes prêmios de qualidade e gestão do setor. Por fim, o que contribuiu para os escores de eficiência das empresas foi a variável Potência Instalada, tendo como melhorias potenciais para as empresas ineficientes principalmente as variáveis Extensão da Rede, Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento.

Palavras-chave: Eficiência Técnica. Setor Elétrico. Distribuidoras de Energia Elétrica. Análise Envoltória de Dados.

ABSTRACT

This dissertation has as main objective to analyze the relative technical efficiency of Brazilian electricity distribution companies. The quest of efficiency has been constant in many sectors and has grown due to the greater degree of competition and social pressures for better utilization of resources. Among these, the electricity sector has been prosecuted to offer increased performance that can support the cycle of economic development of the country. The technique used is the survey, ranks as descriptive, quantitative approach carried out based on 2012 data. Using the methodology of Data Envelopment Analysis (DEA) was possible to measure the relative efficiency of the selected companies, to identify the determinants of the efficiency of these units, set the benchmark units and the percentage of improvement. From the DEA application and based on the list of selected variables, there were identified seven technically efficient companies, among 18 dealers of Brazilian electricity distribution in the sample, namely: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN and CPFL-PA. The company RGE is the best benchmark for inefficient firms, holder of different awards of quality and management of the sector. Finally, contributing to the efficiency scores of companies was the variable Installed Capacity, with the potential improvements for inefficient firms mainly consisting of variables Network Extension, Number of Employees and Average Time of Service.

Key-words: Technical Efficiency. Electricity Sector. Electricity Distribution Companies. Data Envelopment Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Redes de relacionamentos do setor elétrico	31 32
Figura 2: Localização geográfica e o nível de eficiência das unidades em análise	55
Figura 3: Localização geográfica e o nível de eficiência das DMU's da região sudeste.....	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Demonstração das várias eficiências	25
Gráfico 2: Envelope no modelo CCR com orientação a <i>input</i>	27
Gráfico 3: Envelope no modelo BCC com orientação a <i>input</i>	27
Gráfico 4: Relação entre Energia Elétrica Consumida e a Potência Instalada	<u>4647</u>
Gráfico 5: Relação entre Energia Elétrica Consumida e a Extensão da Rede	47
Gráfico 6: Relação entre Energia Elétrica Consumida e o Número de Empregados.....	48
Gráfico 7: Distribuição dos escores de eficiência técnica	52
Gráfico 8: <i>Benchmarking</i> das unidades ineficientes.....	<u>5859</u>
Gráfico 9: Melhorias potenciais totais.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais órgãos da rede de relacionamentos do setor elétrico	32
Quadro 2: Variáveis de insumos e produtos dos estudos nacionais	34
Quadro 3: Variáveis de insumos e produtos dos estudos internacionais	36
Quadro 4: Empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica	43
Quadro 5: Variáveis de insumos e produtos pré-selecionadas	44
Quadro 6: Variáveis de insumos e produtos selecionadas	45
Quadro 7: Variáveis selecionadas para definição do modelo DEA	46
Quadro 8: Características das empresas selecionadas	50
Quadro 9: Empresas eficientes vencedoras do prêmio ABRADDEE	59 60
Quadro 10: Empresas ineficientes vencedoras do prêmio ABRADDEE	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escores das empresas distribuidoras de energia elétrica	51
Tabela 2: <i>Ranking</i> de continuidade dos serviços.....	53
Tabela 3: Indicadores de Tempo Médio de Atendimento.....	54
Tabela 4: Percentuais de contribuição dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para unidades eficientes.....	57
Tabela 5: Percentuais de contribuição dos <i>inputs</i> e <i>outputs</i> para unidades ineficientes.....	58
Tabela 6: Melhorias potenciais (%) para as DMU's ineficientes	63

LISTA DE SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica
AES SUL	AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.
AMPLA	Ampla Energia e Serviços S.A.
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BANDEIRANTE	Bandeirante Energia S.A.
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CEEE-D	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
CELPA	Centrais Elétricas do Pará S.A.
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CEMAT	Centrais Elétricas Matogrossenses S.A.
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CPFL-PA	Companhia Paulista de Força e Luz
CPFL-PI	Companhia Piratininga de Força e Luz
CRS	<i>Constant Returns to Scale</i> (Retornos Constantes de Escala)
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise Envoltória de Dados)
DEC	Duração Equivalente de Continuidade

DGC	Desempenho Global de Continuidade
DMU	<i>Decision Making Unit</i> (Unidade de Tomada de Decisão)
EBITDA	Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização
ELEKTRO	Elektro Eletricidade e Serviços S.A.
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
ELETROPAULO	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.
ENERSUL	Empresa Energética do Mato Grosso do Sul S.A.
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.
FEC	Frequência Equivalente de Continuidade
FUNDIBEQ	<i>Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad</i>
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPC	Índice de Potencial de Consumo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KV	<i>Kilovolt</i>
KVA	<i>Kilovoltampere</i>
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S.A.
MME	Ministério de Minas e Energia
NOK	Moeda Norueguesa
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PIB	Produto Interno Bruto
PNQ	Prêmio Nacional da Qualidade
RGE	Rio Grande Energia S.A.
SIN	Sistema Interligado Nacional

SO2	Dióxido de enxofre
TJ	<i>Terajoules</i>
TMA	Tempo Médio de Atendimento
TMD	Tempo Médio de Deslocamento
TME	Tempo Médio de Execução
TMP	Tempo Médio de Preparação
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i> (Retornos Variáveis de Escala)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	16
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO	18
1.3.1 Objetivo Geral.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	<u>18-19</u>
1.4 JUSTIFICATIVAS DO ESTUDO.....	19
1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	20
1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E O CONCEITO DE EFICIÊNCIA.....	23
2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.....	26
2.3 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	28
2.4 ESTUDOS RELACIONADOS À EFICIÊNCIA NO SETOR ELÉTRICO	33
2.4.1 Estudos Nacionais.....	33
2.4.2 Estudos Internacionais.....	35
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	41
3.1 CLASSIFICAÇÃO GERAL DA PESQUISA	41
3.2 ETAPAS DA PESQUISA	42
3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA	42
3.4 COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DE EVIDÊNCIAS	43
3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO	48
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	50
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA.....	50
4.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	51
4.3 ANÁLISE DOS DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA.....	57

4.4 ANÁLISE DAS UNIDADES *BENCHMARKS* E DOS PERCENTUAIS DE MELHORIA 58

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 65

5.1 CONCLUSÕES 65

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS 67

REFERÊNCIAS..... 68

APÊNDICE A – SITES CONSULTADOS DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE
ENERGIA..... 74

1 INTRODUÇÃO

A primeira seção inicia-se com uma contextualização do trabalho. Em seguida, é apresentado o problema de pesquisa, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos. Evidencia-se, depois disso, a importância desse trabalho, justificando-o com sua relevância, contribuição e oportunidade. Por fim, são apresentadas as delimitações da pesquisa e a estrutura da dissertação.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Ao longo das últimas décadas os setores de infraestrutura no mundo inteiro sofreram transformações profundas no sentido de aumentar sua capacidade e uso. Segundo Faria e Gomes (2009) a globalização dos mercados caracterizada entre outros aspectos pela abertura econômica para o comércio internacional refletiu em diversos setores de infraestrutura no Brasil, inclusive no setor elétrico, responsável pela geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. Conforme Vaninsky (2006) a produção de energia elétrica é um processo abrangente, envolvendo grandes quantidades de recursos de capital, trabalho e tecnológico.

Foi a partir de 1995 que o governo brasileiro privatizou parte do sistema objetivando a melhoria da qualidade dos serviços, a livre concorrência, a redução dos preços finais, o reinvestimento na capacidade geradora do país, entre outros. O setor predominantemente monopolista, considerando que o domínio do setor era de empresas estatais, passou em parte, a ser operado por empresas privadas licitadas. Uma nova roupagem do sistema elétrico brasileiro foi criada abrindo novas oportunidades e expansão de negócios (FARIA; GOMES, 2009).

Para este novo quadro estrutural no qual o governo transferiu parte das atividades do setor para empresas privadas, criou-se uma estrutura de comercialização, regulação e fiscalização das atividades destas empresas, realizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), visando a transparência para o mercado e benefícios para o usuário. Desta forma, as transformações por parte do mercado brasileiro de energia refletiram nas empresas participantes. Essas empresas buscaram tornar-se mais ágeis e dinâmicas por meio de diversas

formas de gerenciar e controlar seus recursos, pois um novo ambiente foi criado, com novas regras para um novo mercado regulado no Brasil (FARIA; GOMES, 2009).

A estrutura do setor elétrico existente no Brasil nas últimas décadas foi marcada por uma forte influência governamental e pela aplicação de tarifas reduzidas em relação ao mercado internacional. Segundo estudo divulgado em dezembro de 2013 no site da ABRADDEE (Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica) a tarifa de energia elétrica do Brasil está entre as mais baratas e competitivas do mundo, passando da 12ª colocação em 2012 para a 4ª posição no *ranking* dos menores valores de mercado. Este estudo mostra os efeitos da Medida Provisória nº 579, de 2012, que prorrogou as concessões de geração e transmissão, e reduziram 20% em média os encargos setoriais da tarifa de energia elétrica.

Até alguns anos atrás, havia pouco interesse em medidas de redução de consumo ou no aumento da eficiência de processos. Devido às alterações recentes na estrutura do setor elétrico, existe atualmente uma preocupação com a redução do consumo e uso racional da energia elétrica, tanto da parte da iniciativa privada como de órgãos governamentais. É crescente o número de programas e projetos implantados visando estabelecer uma nova conscientização, bem como adotando medidas práticas para o uso eficiente da energia elétrica (BALTAR; KAEHLER; PEREIRA, 2005).

Neste sentido, uma ferramenta alternativa vem se expandindo e se consolidando como uma alternativa na avaliação de eficiência relativa das empresas, denominada Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*).

Segundo Hatami-Marbini, Emrouznejad e Tavana (2011) a DEA é uma metodologia para medir e avaliar a eficiência relativa de um conjunto de unidades de tomada de decisão (*Decision Making Units - DMUs*¹) que utilizam múltiplas entradas para produzir múltiplas saídas. Para Macedo, Nova e Almeida (2009) as avaliações feitas em caráter relativo, mensurando a eficiência da organização em relação a outras, são geradoras de resultados potencialmente consistentes. Isto ocorre à medida que informam o posicionamento da empresa perante a referência e as demais empresas, sendo também conhecido como *Benchmark*. Pessanha, Mello e Souza (2010) mencionam que o uso desta técnica é bastante difundido entre

¹ O termo DMU refere-se qualquer objeto de investigação, podendo ser empresas, instituições, pessoas, setores da economia, regiões, etc.

os agentes reguladores do setor elétrico, em particular na regulação dos serviços de distribuição e transmissão de eletricidade.

Esses fatores têm levado diversos pesquisadores a medir e avaliar os elementos relacionados à eficiência das empresas. Como exemplos de pesquisas no setor elétrico, citam-se os estudos internacionais de Yuzhi e Zhangna (2012), Shu, Zhong e Zhang (2011), Von Geymueller (2009), Vaninsky (2006), Pombo e Taborda (2006), Abbott (2006), Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004), Cherchye e Post (2003), Pacudan e Guzman (2002), Raczka (2001), Førsund e Kittelsen (1998), Yunos e Hawdon (1997), Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996) e Weyman-Jones (1991). Já no âmbito nacional citam-se os estudos de Pinheiro (2012), Pessanha, Mello e Souza (2010), Santana (2008), Meza *et al.* (2007) e, Santana, Périco e Rebelatto (2006). Corroboram Zhou, Ang e Poh (2008) ao mencionarem que, em estudos de energia, a DEA tem sido amplamente utilizada para estudar e comparar a eficiência dos setores de energia, em particular na indústria de eletricidade.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Em função do contexto apresentado, o presente estudo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: Quais os índices de eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica, segundo método DEA?

1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral estabelecido, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Verificar se a função de produção da isoquanta apresenta retornos constantes ou variáveis de escala;
- b) Identificar os determinantes da eficiência técnica relativa das unidades de tomada de decisão das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica.
- c) Definir as unidades *benchmarks*, bem como os percentuais de melhorias das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica;

1.4 JUSTIFICATIVAS DO ESTUDO

A relevância do estudo se dá em razão da representatividade do setor elétrico na conjuntura econômica e social de um país. Um dos grandes indicadores de desenvolvimento de um país é o consumo de energia elétrica. Além de ser um bem escasso, a energia em suas diversas formas, é um requisito indispensável para o funcionamento do aparelho produtivo de que dispõe uma determinada sociedade. Por isso é importante uma política energética eficaz, uma vez que mal conduzida pode levar a custos sociais elevados.

A contribuição teórica se concretiza nos resultados que poderão ser apropriados pelos pesquisadores e órgãos reguladores como estudo relacionado e fonte alternativa de pesquisa para futuros trabalhos. Mas principalmente cita-se a contribuição advinda do modelo utilizado na determinação da eficiência técnica das distribuidoras de energia elétrica, com variáveis diferentes das normalmente utilizadas neste tipo de estudo em nível nacional. Baseando-se na sugestão de Pinheiro (2012), utilizaram-se os indicadores de continuidade (DEC e FEC), porém consolidados na variável DGC (Desempenho Global de Continuidade) e o TMA (Tempo Médio de Atendimento), estendendo assim a outras dimensões da qualidade do serviço, além da continuidade.

A contribuição empírica se concretiza nos resultados que poderão ser apropriados pelos gestores como uma nova forma de análise sobre a eficiência, auxiliando na busca por melhores resultados e na identificação das melhores práticas. Segundo Anjos, Bordin e Mello (2010) é de fundamental importância, para se obter melhores resultados que os concorrentes, a redução de custos, uma vez que, no mesmo nível de eficiência, teoricamente, todos teriam os mesmos retornos. Já Bogetoft e Nielsen (2003) argumentam que a análise envoltória de dados constitui uma estrutura ideal para implementação de estratégias de regulação por comparação,

pois além de avaliar índices de eficiência para cada concessionária, o modelo DEA identifica por meio da função de produção da isoquanta a eficiência técnica relativa, ou seja, os melhores padrões de desempenho (*benchmark*) que servem de referência para cada empresa, conferindo maior transparência ao processo regulatório.

A oportunidade se dá em função do novo modelo adotado e o atual momento do setor elétrico brasileiro. O novo modelo lançado pelo governo federal visa garantir a segurança do suprimento de energia, promover a modicidade tarifária e a inserção social no setor elétrico brasileiro, em particular pelos programas de universalização de atendimento (ONS, 2013). Outro novo capítulo na história do setor elétrico iniciou-se com a Medida Provisória 579/2012, posteriormente convertida na Lei 12.783/2013, no qual empresas geradoras e transmissoras puderam renovar antecipadamente seus contratos de concessão e principalmente a redução dos encargos setoriais da tarifa de energia elétrica (ABRADEE, 2013).

Conforme estudo ABRADEE citado anteriormente, alguns impactos da Medida Provisória já são evidentes, embora o real impacto seja sentido efetivamente no futuro, o qual será possível comparar se houveram melhorias ou não. Nelson Fonseca Leite, presidente da ABRADEE, questiona as mudanças introduzidas pela MP 579/2012, argumentando que não se pode buscar a modicidade tarifária no curto prazo se, no longo prazo, não haverá condições para o concessionário assumir os riscos do negócio (SENADO, 2013).

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Alguns pontos devem ser destacados como delimitação da pesquisa a ser realizada. A primeira questão refere-se à eficiência relativa, uma vez que esta dissertação não pretende analisar a eficiência absoluta das empresas selecionadas, mas a comparação de cada uma em relação às demais. Segundo Mariano, Almeida e Rebelatto (2006) na eficiência absoluta a produtividade máxima é um valor teórico e inatingível (ideal), enquanto que na eficiência relativa a produtividade máxima é a do concorrente mais eficiente dessa DMU.

A segunda delimitação diz respeito ao termo “fronteira”, frequentemente utilizado em trabalhos sobre Análise Envoltória de Dados (DEA), está relacionado ao nível máximo de eficiência sobre os quais uma unidade produtiva hipotética é tecnicamente eficiente (LORENZETT; LOPES; LIMA, 2010).

Outra delimitação refere-se ao fato de que o estudo baseou-se em dados disponíveis, não sendo objetivo do mesmo verificar a veracidade das informações, mas utilizá-las para cálculo dos escores de eficiência técnica relativa das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica.

Já, quanto ao modelo utilizado, esta dissertação não objetiva testar todos os fatores relacionados ao processo de distribuição de energia elétrica, mas aquelas variáveis comumente utilizadas e; embora diversos aspectos devam ser considerados na operação do setor elétrico, em vista de sua importância social e pelo fato de que há peculiaridades a serem respeitadas, o presente estudo se concentra em avaliar unicamente a eficiência técnica por meio da Análise Envoltória de Dados, não sendo objetivo utilizar métodos multicriteriais.

Por fim, este estudo se insere na linha de pesquisa “Controle de Gestão” do Programa de Mestrado em Ciências Contábeis da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), no grupo de pesquisa CONTEST (Implementação e Controle Estratégico), sob a orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl, orientador dessa dissertação.

1.6 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está estruturada em quatro capítulos. O primeiro trata da introdução, contemplando a contextualização do tema, o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa do estudo e a delimitação da pesquisa.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico que dá sustentação ao estudo, abordando a função de produção e o conceito de eficiência; caracterização do modelo DEA; aspectos relevantes do setor elétrico e estudos relacionados com o tema.

O terceiro capítulo destina-se aos aspectos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa, apresentando a classificação geral do estudo, etapas da pesquisa, caracterização da população e amostra, as técnicas de coleta, tratamento e análise das evidências, além das limitações do método.

No quarto capítulo são apresentados os resultados da pesquisa e no quinto capítulo as conclusões do estudo e as recomendações para futuros trabalhos.

Finaliza-se o estudo com a lista de referências utilizadas na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os temas nos quais esta dissertação se fundamenta; compõe-se de quatro seções. A primeira aborda a função de produção e o conceito de eficiência. Após é tratada a Análise Envoltória de Dados (DEA), explicando sua origem e conceitos. A terceira seção sintetiza o setor elétrico brasileiro e sua evolução no tempo, finalizando com estudos nacionais e internacionais, que também tiveram aplicação no setor elétrico e utilizaram a ferramenta DEA como método de medição da eficiência.

2.1 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO E O CONCEITO DE EFICIÊNCIA

Como a produção envolve o processo de transformação de uma condição de entrada em uma condição de saída, o ato de produzir um determinado nível de saída requer um conjunto de entradas (chamado *input* ou fator de produção). Embora existam numerosos fatores de produção, a teoria econômica clássica identifica quatro grandes categorias, a saber, Terra (também chamado de Recursos Naturais), o Trabalho, o Capital, e a Capacidade Empreendedora. Para fins econométricos, no entanto, esta classificação é simplificada através da identificação de duas categorias de insumos, ou seja, de Capital (K) e de Trabalho (L), onde o Capital é considerado como incluindo Terra, e o Trabalho é considerado como incluindo Capacidade Empreendedora (CLARK, 1996).

Entretanto, para Besanko e Braeutigam (2004) a função de produção inclui, além dos fatores supracitados, a Tecnologia (T). De uma forma geral, a função de produção é representada pela equação (1).

$$Q = f(L, K, T) \tag{1}$$

Onde:

- Q representa a quantidade produzida;
- f a função;
- L a mão-de-obra empregada;
- K o capital investido;
- T o nível tecnológico utilizado.

Nesta forma genérica, segundo Ferreira (2012, p. 40) “o capital e o trabalho são os fatores que provocam variações ao longo da função de produção, enquanto a tecnologia pode deslocar a função, fazendo com que a empresa possa produzir mais a partir de uma mesma combinação de insumos, ou utilizar menos insumos para um dado nível de produção”. O uso eficiente destes fatores proporciona o máximo de produção.

Para entender o conceito de eficiência é preciso distingui-lo de eficácia. Existem diferentes definições para eficiência e eficácia; entretanto, variam dependendo da área de conhecimento. Para Peter Drucker (1977) eficácia está associada a "fazer as coisas certas" e eficiência a "fazer certas as coisas", ou seja, enquanto que a eficácia relaciona os resultados obtidos com os resultados pretendidos, a eficiência relaciona os recursos que se pretendia consumir com os recursos que efetivamente foram consumidos.

Na área de economia, eficácia é a capacidade de uma organização para atingir suas metas e objetivos pré-determinados. Já a eficiência é a capacidade de atingir as saídas com um nível mínimo de entradas e, portanto, está relacionado com a produtividade (SOWLATI, 2005). Para Sales (2011) a eficiência busca comparar o que foi produzido com o que poderia ter sido produzido, mantendo-se constante a quantidade de insumos. A relação inversa também é verdadeira, pois para uma determinada quantidade de insumos utilizados tem-se o maior valor de produção possível.

A eficiência ainda pode ser dividida em técnica e alocativa (FARRELL, 1957). A eficiência técnica representa a conversão de entradas físicas em saídas relativas às melhores práticas. Em outras palavras, dada uma tecnologia atual, não há desperdício de entradas na produção para uma determinada quantidade de saída. Já a eficiência alocativa (ou econômica) refere-se ao fato das entradas, dado um nível de saída e uma série de preços de entrada, são escolhidas para minimizar os custos de produção. De forma análoga, com o mesmo custo se obtém um nível de produção maior, assumindo que a organização examinada já é tecnicamente eficiente (BHAGAVATH, 2011).

Segundo Singh e Kumar (2011) a eficiência técnica é ainda decomposta em eficiência pura e de escala. A eficiência técnica pura mede a proporção em que uma organização pode diminuir suas entradas ou aumentar suas saídas, enquanto ainda permanecem dentro da fronteira de retornos variáveis de escala (*Variable Returns to Scale* - VRS). Já em eficiência de escala a saída aumenta em proporção igual ao aumento da entrada; então é um caso de

A próxima seção abordará a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA), como ferramenta para calcular os escores de eficiências relativas.

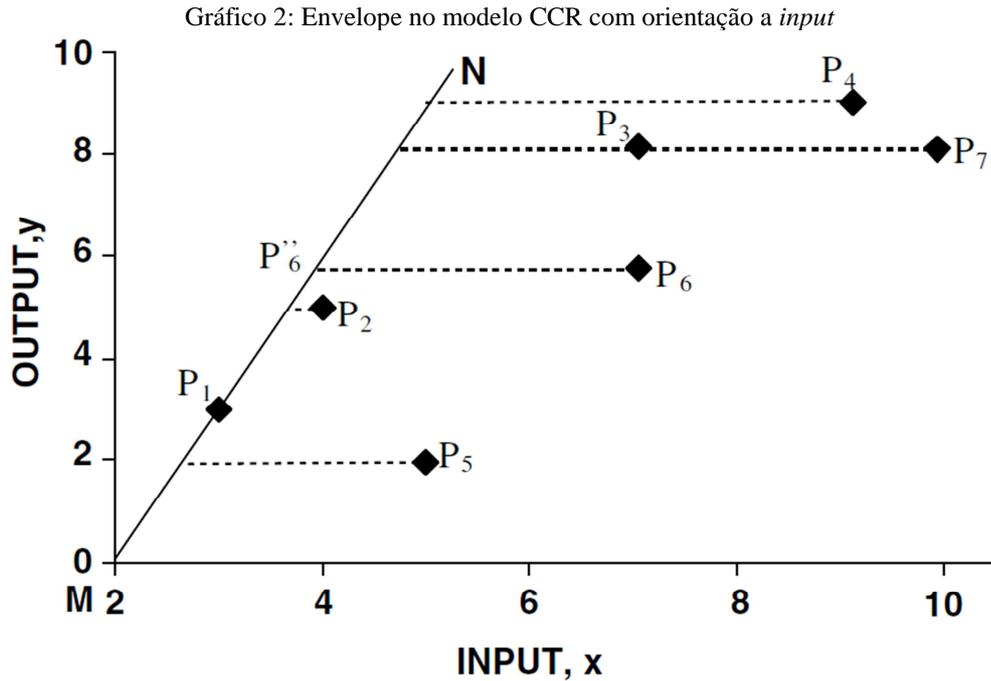
2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

O termo *Data Envelopment Analysis* (Análise Envoltória de Dados - DEA) foi introduzido por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) e seu primeiro modelo ficou conhecido como CCR, em referência às iniciais dos seus nomes; mas também é denominado de CRS, do inglês *Constant Returns to Scale* (Retornos Constantes de Escala). Posteriormente o segundo modelo ficou conhecido como BCC, em referências às iniciais de Banker, Charnes e Cooper (1984), e também denominado de VRS, do inglês *Variables Returns to Scale* (Retornos Variáveis de Escala).

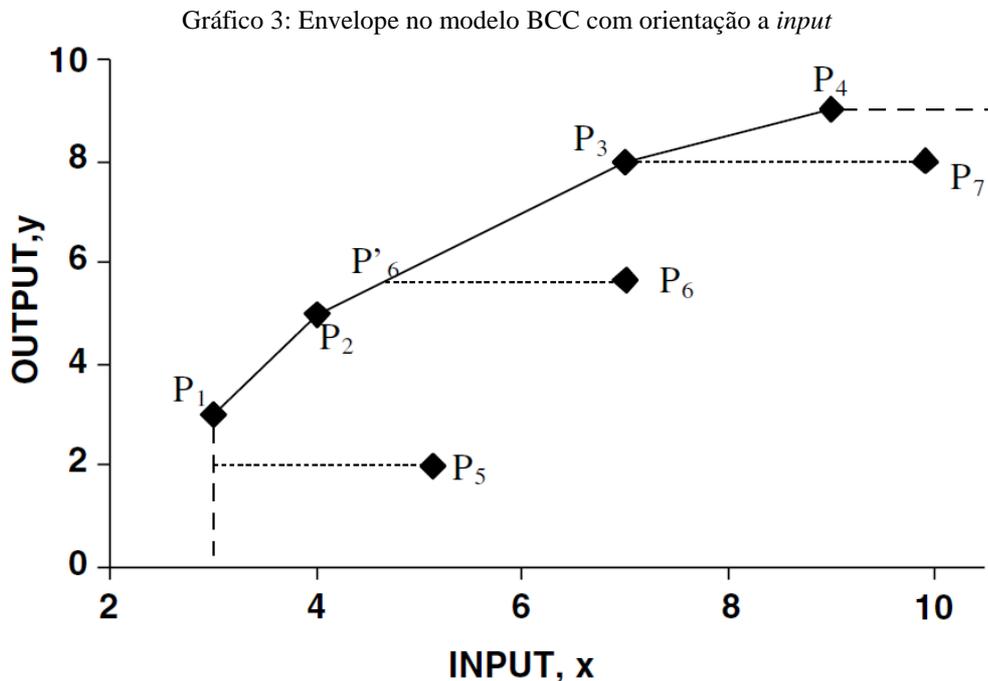
A Análise Envoltória de Dados permite que se calcule a eficiência de cada unidade de tomada de decisão (*Decision Making Units – DMU*), ao realizar comparações entre as unidades do grupo analisado, no intuito de destacar as melhores dentro dele (FARIA; JANNUZZI; SILVA, 2008), ou seja, uma organização eficiente em um grupo pode não ser em outro e vice-versa. De acordo com Koopmans (1951) uma DMU é totalmente eficiente se e apenas se não é possível melhorar qualquer entrada ou saída sem piorar alguma outra entrada ou saída. Segundo Gomes e Baptista (2004) uma DMU eficiente no modelo CCR também é eficiente no modelo BCC, entretanto a recíproca pode ser falsa.

Ambos os modelos podem maximizar a eficiência sobre duas formas: orientado a produto e orientado a insumo. Segundo Chudasama e Pandya (2008) o modelo orientado a insumo é entendido como: por quanto podem ser reduzidas as entradas mantendo o mesmo nível de saídas?; e para o modelo orientado a produto como: por quanto podem ser aumentadas as saídas mantendo o nível de entrada constante?

Conforme o Gráfico 2 pode-se visualizar a aplicação do modelo CCR com orientação a *input*, onde P1 é a DMU eficiente. A linha MN indica o envelope do conjunto de dados com retornos constantes de escala. Sob a hipótese de retornos constantes de escala, as unidades virtuais eficientes para as várias DMU ineficientes podem ser encontradas projetando horizontalmente estas unidades para o envelope. Por exemplo, o P'6 é a unidade virtual eficiente para P6.



Conforme Gráfico 3 pode-se visualizar a aplicação do modelo BCC com orientação a *input*, onde indica que quatro DMU's são eficientes: P1, P2, P3 e P4. Para uma DMU ineficiente, no caso P6, a unidade virtual e eficiente P'6 pode ser expressa como uma combinação convexa (e não apenas uma combinação linear) de P2 e P3.



Todavia, segundo Ferrier, Rosko e Valdmanis (2006) uma desvantagem da metodologia DEA, como é comumente aplicada, é que não há provisão para "ruído", ou seja,

não são feitas estimativas adicionais para a presença de parâmetros desconhecidos, e como resultado, todos os desvios da fronteira são tipicamente atribuídos ao desempenho ineficiente.

Para Almeida, Mariano e Rebelatto (2006), a aplicação do modelo DEA deve compreender três fases. Na primeira fase a produtividade pode ser designada como a relação entre a quantidade de bens ou serviços gerados (saídas) e a quantidade de recursos consumidos para gerá-los (entradas) num dado período de tempo. Na segunda fase, compara-se o que foi produzido, dados os recursos disponíveis, com o que poderia ter sido realizado com os mesmos recursos. Neste momento têm-se os percentuais de melhoria, nos quais se compara os resultados das unidades, o que possibilita a identificação de *inputs* e *outputs* ideais. Já na terceira fase é possível identificar as DMUs eficientes e as melhores práticas (*benchmarks*) para as unidades ineficientes.

2.3 O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

A trajetória brasileira do setor elétrico decorre de iniciativas realizadas a partir de meados do século XIX. Naquela época Dom Pedro II incentivou a adoção de novas tecnologias no campo da eletricidade, concedendo o direito de introduzir no Brasil processos e equipamentos para a geração de eletricidade. Em 1879 foi inaugurada a iluminação da estação ferroviária Central do Brasil, na época Estrada de Ferro Dom Pedro II, no Rio de Janeiro (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Dois anos depois foi instalada a primeira iluminação externa pública do país, pela Diretoria Geral dos Telégrafos. Nesta mesma década entra em operação a primeira usina hidrelétrica do país na cidade de Diamantina e logo em 1889 a primeira hidrelétrica de grande porte. Em 1892 é inaugurada a primeira linha de bondes elétricos, a São Paulo Railway Light and Power, no Rio de Janeiro. Já em 1903 é aprovada pelo Congresso Nacional a primeira lei de regulamentação do setor elétrico. Nos anos seguintes são criados diversos órgãos de fiscalização e controle do setor elétrico, assim como algumas usinas (GALVÃO, 2008).

A partir de 1993 uma série de mudanças foram introduzidas na regulamentação do setor elétrico brasileiro. A lei nº 8.631 de 1993 pode ser considerada um importante marco de mudanças no modelo do setor elétrico ao extinguir a equalização tarifária e estabelecer um novo ambiente para o suprimento de energia. Uma das principais mudanças ocorreu na regulamentação econômica das empresas de distribuição de energia elétrica, tendo como um

dos objetivos incentivar o aumento da eficiência das empresas (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

Segundo Faria e Gomes (2009) o marco principal ocorreu no ano de 1995, a partir do qual todas as concessões de serviços públicos, incluindo o setor elétrico, passaram a serem objetos de licitação competitiva. Em 1996 foi criada a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), órgão regulador responsável pela fiscalização das empresas que assumiu a responsabilidade de assegurar a continuidade dos sistemas de energia elétrica. Era preciso adequar-se ao novo ambiente de mercado; desta forma ocorreram mudanças por parte das empresas participantes na forma de gerenciar e controlar seus recursos (FARIA; GOMES, 2009).

Conforme Doria, Lakoski e Souza (2011) em 1997 foi publicado o relatório do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro. O objetivo da reforma era permitir ao governo concentrar-se nas funções políticas e regulamentares e transferir as funções de operação e investimentos ao setor privado. Naquela época ocorreu a segmentação das atividades de geração, comercialização, transmissão e distribuição. As duas últimas caracterizadas como monopólios naturais exigiram um conjunto maior de regras. Foi introduzida a competição nos setores de geração e comercialização e, nos setores de transmissão e distribuição foi introduzido o chamado “controle de preços”, em substituição ao “controle de lucros”, para proporcionar incentivos à eficiência.

Segundo Jamasb e Pollitt (2000), a partir dos anos 90, vários países instauraram reformas nos setores de infraestrutura, especialmente no setor elétrico, no sentido de aumentar a competição. Segundo eles, nos segmentos de transmissão e distribuição, vários países adotaram a regulação por incentivos no sentido de buscar a eficiência, que envolve a comparação do desempenho real contra um desempenho de referência. Corroboram Miranda *et al.* (2009) ao mencionarem que nos últimos vinte anos os setores de infraestrutura no mundo inteiro sofreram uma transformação profunda. Nessa perspectiva surgiu o lema de transferir para a iniciativa privada setores caracterizados por domínio público com o objetivo de aumentar a eficiência operacional, reduzir preços e, conseqüentemente, aumentar a satisfação da sociedade como um todo.

Ainda que com certa similaridade, estes processos de reestruturação apresentam particularidades locais. Observa-se que os EUA e a maioria dos países da Europa ocidental

que promoveram a reestruturação do setor elétrico privilegiaram a busca pela eficiência. A China e o leste europeu enfatizaram a descentralização. Já os países da América Latina, inclusive o Brasil, embora também buscassem maior eficiência (via competição), precisaram privilegiar meios de reduzir a necessidade de investimentos do setor público e atrair investimentos privados. Como um resultado importante da reforma do setor, a fixação de regras tarifárias passou a ser de responsabilidade do Agente Regulador (ANEEL), com objetivos que pretendem conciliar o interesse dos consumidores e da concessionária regulada, dentre os quais destacam-se: incentivo à eficiência, manutenção do equilíbrio econômico-financeiro da concessão, qualidade adequada do produto e do serviço (SOLLERO; LINS, 2004).

No Brasil o órgão regulador (ANEEL) verifica os resultados da qualidade dos serviços e procura incentivar um comportamento que leve à eficiência (custos operacionais eficientes). Os custos operacionais eficientes são definidos no modelo da Empresa de Referência, baseado em análise econômica e de engenharia, com aderência às condições geográficas, mercadológicas e técnicas da área de concessão (ambiente específico de atividade da concessionária), assegurando a prestação dos serviços com os níveis de qualidade exigidos. Essa metodologia utiliza direcionadores de custo de atividades e recursos e referenciais de mercado (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

Com a publicação da Nota Técnica nº 265/2010, a ANEEL sinalizou que pretende utilizar modelos de *benchmarking* para estabelecer os limites de custos operacionais, entre outras razões, para diminuir a complexidade do modelo da empresa de referência, baseado na parametrização de cada atividade desenvolvida por uma distribuidora de energia. Com os modelos de *benchmarking* os milhares de parâmetros são substituídos por poucos, como número de unidades consumidoras, tamanho da rede de distribuição e mercado atendido, além de algumas variáveis ambientais que caracterizam as áreas de concessão (DORIA; LAKOSKI; SOUZA, 2011).

Atualmente o Brasil detém um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, sendo que sua matriz energética é composta, predominantemente, por esta fonte, ficando o restante distribuído entre outras fontes de geração, quais sejam, eólica, solar e térmica. A capacidade de geração do Brasil está em 118 GW de potência num total de 2.644 empreendimentos em operação. Entretanto, está prevista para os próximos anos uma adição de 48 GW na

capacidade de geração do país, proveniente dos 175 empreendimentos atualmente em construção e mais 550 outorgados (ANEEL, 2012).

As atividades do setor elétrico brasileiro estão agrupadas em quatro segmentos principais (NEOENERGIA, 2012; MIRANDA *et al.*, 2009):

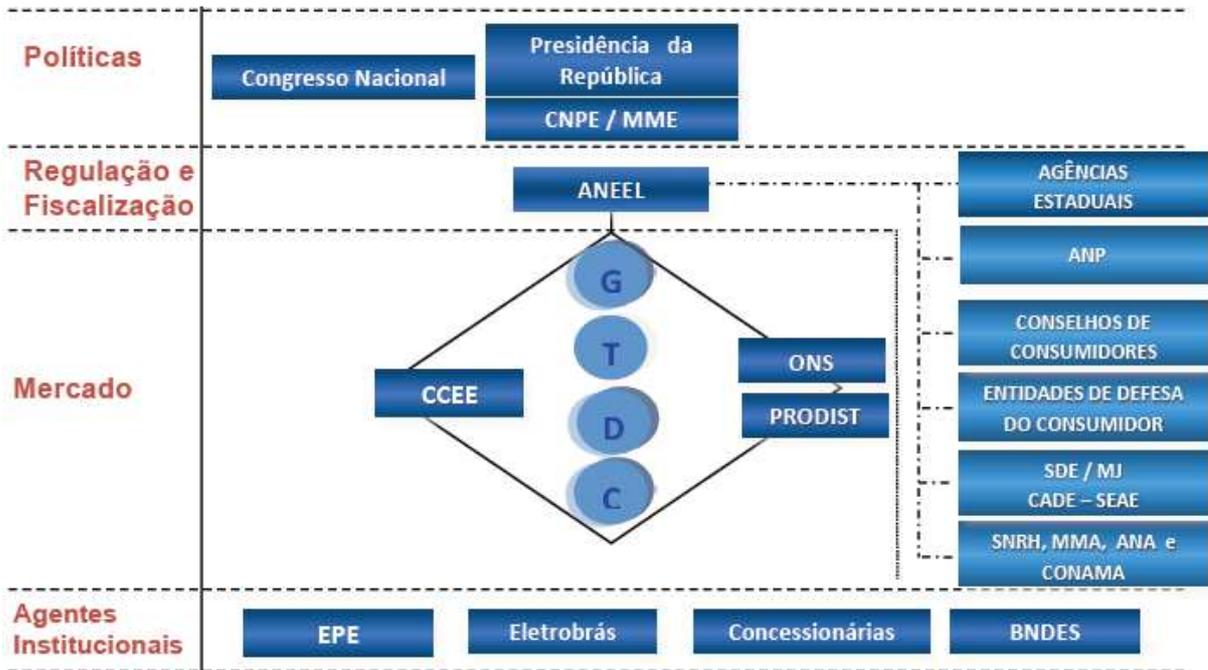
(1) Geração - compreende uma área cuja fonte é essencialmente hídrica em função da geografia brasileira. Todavia abrange todas as atividades de produção de energia (usinas hidrelétricas, térmicas e outras fontes alternativas), incluindo a importação de países de fronteira;

(2) Transmissão – responsável por 85.817 km de linhas que interligam as fontes geradoras e a rede de distribuição em todo o Brasil; envolve as atividades de transporte da energia produzida até os grandes centros de consumo.

(3) Distribuição – composta por 64 concessionárias de serviços públicos que fazem chegar a energia ao consumidor final e;

(4) Comercialização - representada por empresas que realizam as operações de compra e venda no mercado não regulado (livre), sendo incumbidas das atividades de contratação da geração e revenda aos consumidores, sendo exercido de maneira competitiva, por conta e risco dos empreendedores, mediante autorização da ANEEL.

Além desta segregação, o sistema elétrico brasileiro é composto por diferentes agentes e instituições que tem o intuito de garantir energia elétrica a todos, aumentar os investimentos na área, otimizar os recursos, entre outros, formando uma complexa rede de relacionamentos, conforme Figura 1 e respectivo Quadro 1, que detalha as principais características e órgãos que compõem essa rede.



Fonte: Isidoro *et al.* (2011, p. 3)

Quadro 1: Principais órgãos da rede de relacionamentos do setor elétrico

Órgão	Deveres e obrigações
CNPE - Conselho Nacional de Política Energética	Órgão de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, visando, dentre outros, o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país, rever periodicamente a matriz energética e estabelecer diretrizes para programas específicos.
MME - Ministério de Minas e Energia	Encarregado de formulação, do planejamento e implementação de ações do Governo Federal no âmbito da política energética nacional.
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica	Tem a finalidade de regular a fiscalização, a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal.
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica	Administra os contratos de compra e venda de energia elétrica, sua contabilização e liquidação.
ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico	Responsável pela coordenação da operação das usinas e redes de transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN).
EPE - Empresa Pesquisa Energética	Tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.
Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras	Empresa de capital aberto, controlada pelo governo brasileiro, que atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Com foco em rentabilidade, competitividade, integração e sustentabilidade, a companhia lidera um sistema composto de 12 subsidiárias, uma empresa de participações (Eletrobrás Eletropar), um centro de pesquisas (Eletrobrás Cepel) e metade do capital de Itaipu Binacional.
BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social	É o principal instrumento de financiamento de longo prazo para a realização de investimentos em todos os segmentos da economia, em uma política que inclui as dimensões: social, regional e ambiental.

Fonte: Isidoro *et al.* (2011, p. 3)

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, o crescimento do consumo de energia elétrica é uma constante (entre 3% e 5% a.a). Mesmo nos períodos em que se verificou uma estagnação econômica, o consumo não parou de crescer. Para atender a este consumo, novas usinas geradoras, sistemas de transmissão e distribuição devem ser construídos (ELETROBRAS, 2012).

A seção seguinte apresenta os estudos relacionados ao setor elétrico, os quais utilizam a metodologia DEA na determinação da eficiência.

2.4 ESTUDOS RELACIONADOS À EFICIÊNCIA NO SETOR ELÉTRICO

Nesta seção são apresentados estudos relacionados ao setor elétrico, principalmente aqueles relacionados às distribuidoras de energia elétrica, os quais utilizaram a metodologia DEA para mensuração da eficiência. Os estudos estão divididos em nacionais e internacionais, explanando suas principais características e resultados, além de destacar a orientação do modelo (*input* ou *output*), assim como os insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*) considerados para cálculo da eficiência relativa.

A separação dos estudos em nacionais e internacionais se deve ao fato das diferentes realidades entre os países, assim como para identificar que tipo de pesquisa vem sendo realizada no setor elétrico brasileiro, com a utilização da ferramenta DEA.

2.4.1 Estudos Nacionais

Nesta sub-seção estão descritas as principais características e resultados de cada um dos estudos relacionados no Quadro 2 (as variáveis destacadas indicam a orientação do modelo DEA adotado no estudo, se para *input* ou para *output*).

Os critérios utilizados para seleção dos estudos nacionais tiveram como fonte primária a base de dados CAPES (2012), sendo considerados os seguintes critérios de consulta livre; as palavras “DEA” e “elétrico”. A partir dos estudos encontrados, buscaram-se nas referências outros estudos relacionados e assim sucessivamente.

Quadro 2: Variáveis de insumos e produtos dos estudos nacionais

Estudos	Insumos (<i>Inputs</i>)	Produtos (<i>Outputs</i>)
Pinheiro (2012)	Gastos operacionais; Gastos totais, DEC (Duração Equivalente de Continuidade), FEC (Frequência Equivalente de Continuidade)	Número total de unidades consumidoras; Energia total distribuída; Comprimento total da rede de distribuição.
Pessanha, Mello e Souza (2010)	Custos operacionais totais.	Capacidade de transformação; Comprimento das linhas; Quantidade de transformadores; Número de módulos.
Santana (2008)	Custo de serviços prestados; Investimento em máquinas e equipamentos; Ativo diferido; Invest. em responsabilidade socioambiental;	Valor da empresa
Meza <i>et al.</i> (2007)	Consumo de energia elétrica.	Produto Interno Bruto (PIB); Índice de Potencial de Consumo (IPC); Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)
Santana, Périco e Rebelatto (2006)	Ativo total; Mão-de-obra; Investimento socioambiental.	Faturamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

A dissertação de Pinheiro (2012) teve como objetivo principal averiguar a possibilidade de incorporar a qualidade no fornecimento de energia elétrica na regulação econômica das distribuidoras, por meio do DEA, no período de 2007 a 2010. Segundo a autora os distintos modelos estudados que incorporam a qualidade não apresentaram forte correlação com os modelos baseados apenas em gastos. Porém, os resultados demonstram, pelo menos conceitualmente, que é plausível e desejável integrar qualidade de serviço e despesas de capital na comparação de desempenho operacional das distribuidoras de energia elétrica.

O estudo de Pessanha, Mello e Souza (2010) discute o modelo DEA utilizado pela ANEEL na revisão tarifária das transmissoras de energia elétrica, compreendendo o período de 2003 a 2005, propondo alterações no modelo adotado pela reguladora. Concluem os autores que os níveis de tensão das linhas devem ser considerados para efeitos de determinação da eficiência das transmissoras, pois os mesmos guardam uma relação direta com o investimento e, portanto, afetam os custos operacionais.

A dissertação de Santana (2008) identifica a relação entre os investimentos socioambientais e o valor da empresa de 20 distribuidoras de energia elétrica brasileiras, compreendendo o período de 2002 a 2006. A autora utiliza o DEA e faz uma análise horizontal (resultados em conjunto de todas as empresas ao longo dos anos) e outra vertical (resultados de cada empresa a cada ano), permitindo validar que há relação entre investimentos socioambientais e o valor da empresa.

Nesta mesma linha a pesquisa de Meza *et al.* (2007) teve dois objetivos: do ponto de vista teórico, mostrando o aperfeiçoamento aos métodos de seleção de variáveis em modelos DEA; e do ponto de vista aplicado, medindo a eficiência energética dos 27 estados brasileiros, entendido pela relação entre altos valores nos indicadores socioeconômicos e o baixo consumo de energia. Quanto ao método de seleção de variáveis, concluem os autores que os resultados das DMUs estão bem próximos da fronteira eficiente, sendo esta constituída por um número pequeno de DMUs, o que caracteriza que o método cumpriu com seus dois objetivos (máxima discriminação e mínimo número de DMUs eficientes na fronteira). Quanto à análise dos estados eficientes destacam o fato de os estados da região amazônica terem um bom desempenho. Uma possível explicação é o uso de geradores individuais que não entram no cálculo do consumo residencial de energia elétrica, além da deficiente rede de energia elétrica da região, que obriga o uso de outras fontes de energia.

No estudo de Santana, Périco e Rebelatto (2006), que teve também como enfoque o impacto dos investimentos em responsabilidade socioambiental para o desempenho financeiro de empresas distribuidoras do setor elétrico, observou-se forte correlação com o faturamento das empresas. Porém os autores reforçam que este não é o único fator determinante da eficiência, sendo que há um *mix* de *inputs* que deve estar equilibrado para que a empresa obtenha bons resultados financeiros. Os autores apontam uma importante restrição para a análise aprofundada, pois há ausência de publicação de dados relativos a investimentos socioambientais para anos anteriores aos investigados.

2.4.2 Estudos Internacionais

Nesta sub-seção estão descritas as principais características e resultados de cada um dos estudos relacionados no Quadro 3 (as variáveis destacadas indicam a orientação do modelo DEA adotado no estudo, se para *input* ou para *output*).

Os critérios utilizados para seleção dos estudos internacionais tiveram como fonte primária a base de dados EBSCO (2012), sendo considerados os seguintes critérios de consulta livre, as palavras “DEA” e “*electricity*”. A partir dos estudos encontrados, buscaram-se nas referências outros estudos relacionados e assim sucessivamente.

Quadro 3: Variáveis de insumos e produtos dos estudos internacionais

Estudos	Insumos (<i>Inputs</i>)	Produtos (<i>Outputs</i>)
Yuzhi e Zhangna (2012)	O comprimento total de linhas abaixo de 110KV; A capacidade dos equipamentos das subestações abaixo de 110KV.	Número de usuários; montante de eletricidade vendida; Perda de linha por unidade.
Shu, Zhong e Zhang (2011)	Consumo de Energia Elétrica; Número total de pessoas Empregadas; Capital Social.	Produto Interno Bruto (PIB)
Von Geymueller (2009)	Transmissão de materiais e suprimentos; Transmissão de ordenados e salários; Comprimento da linha de transmissão; Capacidade total instalada de transformadores responsáveis de transporte.	Transmissão de energia elétrica para os outros
Vaninsky (2006)	Despesas operacionais; perdas de energia.	Utilização de capacidade.
Pombo e Taborda (2006)	Empregados na distribuição e comercialização de energia elétrica; Número de transformadores e subestações; Linhas de rede elétrica (Km); PIB regional per capita; Capacidade instalada;	Vendas totais (GWh); Total de clientes; Área urbana atendida.
Abbott (2006) ²	Capital social; Pessoas empregadas; Combustível (TJ); Outros materiais e serviços.	Energia elétrica fornecida (GWh)
Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004)	Despesas operacionais controláveis.	Unidades de eletricidade entregue; Número de clientes; Comprimento da rede.
Cherchye e Post (2003)	Custos operacionais controláveis.	Número de grandes clientes; Número de pequenos clientes; Pico de demanda > 110 kV; Pico de demanda < 110 kV; Comprimento da rede; Número de transformadores
Pacudan e Guzman (2002)	Número de funcionários; Circuito de linhas de rede (Km), Perdas de redes (GWh)	Número de clientes; Área de serviço (Km ²); Vendas de eletricidade (GWh)
Raczka (2001)	Número de empregados; combustível (TJ) e poluição (SO ₂)	Produção de calor (TJ)
Førsund e Kittelsen (1998)	Trabalho (h); Perda de energia (MWh); Materiais (1000 NOK); Capital (1000 NOK)	Índice de distância; Número de clientes; Energia total entregue (MWh)
Yunos e Hawdon (1997)	Capacidade instalada (MW); Trabalho; Perdas totais do sistema (%); Fator de capacidade de geração pública (%)	Eletricidade bruta produzida (GWh)
Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996)	Mão-de-obra; Capacidade de transformação (MVA); Tamanho da rede (Km); Despesas gerais; Perdas na rede (MWh)	Número de clientes; Eletricidade fornecida (MWh); Demanda máxima (MW); Área de serviço (Km ²)
Weyman-Jones (1991)	Número de funcionários; Quilômetros de circuito.	Venda para consumidores domésticos (KWh); Venda para consumidores comerciais (KWh); Venda para consumidores industriais (KWh).

Fonte: Elaborado pelo autor.

² Orientação não definida, pois no método DEA Malmquist não há necessidade da definição do comportamento da função.

Yuzhi e Zhangna (2012) investigaram cinco Conselhos Rurais de Eletricidade da China, compreendendo o período de três anos (2006-2008). Os resultados indicam que as linhas de transmissão de cada DMU são muito longas e os investimentos na capacidade dos equipamentos da subestação são muito altos, assim como sugerem que os gestores devem colocar mais esforços especialmente na redução de perdas nas linhas e melhorar o nível de tecnologia.

Shu, Zhong e Zhang (2011) analisaram a eficiência no consumo de energia elétrica por distritos da China, no período de 2001 a 2007. A pesquisa foi feita a partir de cinco aspectos diferentes: grau de desenvolvimento econômico, estrutura industrial, grau de abertura econômica, grau de desenvolvimento científico e tecnológico e influência do governo. Concluíram que é preciso promover avanços tecnológicos; acelerar o ajuste da estrutura industrial; reduzir o custo de energia e poluição industrial; reforçar o papel que desempenha o governo no controle macroeconômico; e, apropriadamente, fazer uma estratégia para aumentar o consumo eficiente de energia elétrica com base nas condições locais.

Von Geymueller (2009) aplicou o modelo DEA para as 50 maiores operadoras do sistema de transmissão de energia elétrica dos EUA, durante o período de 2000 a 2006. Objetivaram demonstrar que os modelos de DEA, que são geralmente empregados pelos órgãos reguladores de energia elétrica, podem levar a conclusões erradas sobre a eficiência das empresas, uma vez que ignoram em curto prazo a fixação de insumos essenciais como linhas de transmissão.

Vaninsky (2006) avaliou a eficiência da geração de energia elétrica nos Estados Unidos durante o período de 1991 a 2004. Os resultados apontaram para uma relativa estabilidade em termos de eficiência a partir de 1994 até 2000 em níveis de 99-100%, e uma queda acentuada para 94,61% em 2004. O autor também fez uma previsão de eficiência para o ano de 2010, estimando a eficiência em 96,80%, maior que a eficiência de 2004, mais ainda bem abaixo de 100%.

Pombo e Tabora (2006) avaliaram a evolução no desempenho, eficiência e produtividade de 12 distribuidoras de energia elétrica da Colômbia, antes e depois da reforma regulatória de 1994, compreendendo os anos de 1985-2001. No que tange à eficiência esta foi medida por meio do DEA e os autores encontraram que a eficiência técnica aumentou após a reforma, principalmente nas maiores concessionárias, aquelas consideradas como

benchmarking por meio dos escores do DEA. Já nas empresas menos eficientes não ocorreu melhora após a reforma.

Abbott (2006) analisou as mudanças que ocorreram com o fornecimento de energia elétrica australiana ao longo dos anos de 1969-1999, por meio do DEA Malmquist, a fim de avaliar até que ponto as reformas têm melhorado a produtividade e eficiência no desempenho do setor elétrico. Os resultados indicaram que houve uma melhoria substancial no desempenho do setor elétrico desde meados da década de 1980. O início desta melhoria é anterior à reestruturação do setor elétrico no início de 1990, embora a melhora no desempenho da produtividade do setor elétrico fez acelerar depois de 1991.

Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004) examinaram 28 concessionárias de distribuição de energia elétrica que operam no nordeste dos EUA, sobre dados do exercício de 2000. Analisaram o comportamento estratégico de empresas em razão de incentivos previstos na regulação de distribuidoras, referindo-se ao comportamento das empresas que visam aumentar os lucros sem a obtenção de ganhos reais de eficiência, desafiando o propósito do incentivo de *benchmarking*, os objetivos de regulação da operação eficiente e a proteção do interesse público. Concluíram que essa manobra pode ter efeitos significativos sobre o desempenho medido e a rentabilidade das empresas. Os autores sugerem que os reguladores precisam reconhecer as deficiências de seus métodos de *benchmarking* escolhidos e devem reduzir a dependência de um número limitado de variáveis.

Cherchye e Post (2003) fizeram um levantamento dos avanços metodológicos em DEA ao longo dos últimos 25 anos e discutiram as condições necessárias para uma aplicação empírica. Os principais pontos ilustrados na pesquisa são com base no estudo de caso aplicado sobre o agente regulatório do setor elétrico Holandês. Os autores concluem que muitos estudos ignoram as limitações do modelo DEA ou mesmo os avanços que a ferramenta proporciona, sendo que o mais preocupante a longo prazo são as decisões políticas, como a fixação de preços, baseadas em fracas análises.

O estudo de Pacudan e Guzman (2002) analisa a eficiência técnica de 15 distribuidoras de energia elétrica das Filipinas, por meio do DEA. O estudo constata que a principal fonte de ineficiência técnica nas concessionárias de distribuição é a ineficiência de escala. Além disso, o estudo destaca que a melhoria significativa da eficiência técnica é encontrada na redução de perdas do sistema.

Já no estudo de Raczka (2001) em um dos seus objetivos buscou identificar os fatores que influenciam a eficiência técnica de 41 usinas termelétricas da Polônia. Os resultados mostraram que a intervenção do governo para o segmento diminuiu a eficiência nas termelétricas. Além disso, descobriu-se que as termelétricas públicas representam em média melhor eficiência do que as municipais e industriais. Também verificou-se que a qualidade do carvão e utilização de capital aumenta a eficiência técnica.

O estudo de Førsund e Kittelsen (1998) teve como objetivo estudar os fatores de produtividade das concessionárias de distribuição de energia elétrica da Noruega, entre os anos de 1983 e 1989. Os autores identificam que a mudança insignificante em termos de eficiência média para o período referido transmite essencialmente uma estabilidade que está em conformidade com a regulamentação inalterada.

Yunos e Hawdon (1997) focam seu trabalho na eficiência em que a eletricidade é gerada. DEA é utilizado para comparar o desempenho do Conselho Nacional de Eletricidade da Malásia com as de outras 27 concessionárias de países em estágio similar de desenvolvimento, com base no ano de 1987. Três conclusões importantes emergem do estudo. Em primeiro lugar, a análise DEA indica que existem benefícios imediatos para a Malásia a serem alcançados a partir de melhorias contínuas na eficiência técnica da produção de eletricidade. Adotando a fronteira de referência poder-se-ia reduzir os custos em mais de 40%. Em segundo lugar, empresas públicas executam suas operações no mínimo tão bem como empresas do setor privado, na amostra de países em desenvolvimento investigadas. Por último, os autores concluem que em nenhum dos países analisados havia concorrência efetiva na geração de eletricidade, sugerindo a privatização para obter ganhos significativos de eficiência.

O trabalho de Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996) utiliza DEA para criar uma empresa de referência para medir o desempenho relativo das organizações públicas e privadas da Turquia. O objetivo do artigo concentra-se em encontrar as fontes da ineficiência por análise de dados e estrutura de mercado, e discute estes no contexto do mercado Turco de eletricidade. Os resultados mostram melhores escores de eficiência técnica das organizações de distribuição operadas privadamente. No entanto, isso não implica necessariamente o sucesso da propriedade privada de distribuição de eletricidade, uma vez que também as empresas operadas publicamente são tecnicamente eficientes.

O estudo de Weyman-Jones (1991) descreve uma metodologia de programação linear não-paramétrica para mensurar a eficiência técnica, e aplicá-la para a regulação de distribuidores de eletricidade da Inglaterra e do País de Gales. O autor encontra que apenas cinco das 12 empresas da amostra são tecnicamente eficientes, sendo que duas dessas DMUs são *benchmark* para as sete unidades ineficientes. Melhorias potenciais são sugeridas para as empresas ineficientes e implicações para o mecanismo regulamentador são desenhadas.

O capítulo seguinte apresenta os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento da pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para realização da pesquisa; este compõe-se de seis seções: classificação geral da pesquisa, etapas da pesquisa, população e amostra, os procedimentos de coleta dos dados, procedimentos de análise e tratamento de evidências, finalizando com as limitações do método. Esta pesquisa analisa a eficiência técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica, utilizando como método de investigação o DEA.

3.1 CLASSIFICAÇÃO GERAL DA PESQUISA

Quanto aos objetivos a pesquisa tem caráter descritivo. Sustentando esta classificação Yin (2005) comenta que a pesquisa descritiva visa descrever os fenômenos dentro do seu contexto, neste caso descrever a realidade das empresas selecionadas quanto a sua eficiência técnica relativa.

Quanto à técnica de pesquisa classifica-se como levantamento ou *survey*, no qual, segundo Beuren (2006, p.85), “os dados podem ser coletados com base em uma amostra retirada de determinada população ou universo que se deseja conhecer”. Neste caso os objetos de estudo são as distribuidoras brasileiras de energia elétrica, e com base em pesquisa documental os dados foram obtidos a partir dos anuários estatísticos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, e nos relatórios financeiros disponíveis no sítio da BM&FBOVESPA.

Quanto ao problema de pesquisa o estudo caracteriza-se por ter uma abordagem quantitativa, com o intuito de reduzir os fenômenos a valores numéricos, por meio da utilização de um instrumento matemático como base no processo de análise do problema (RICHARDSON, 1999). Neste sentido foi utilizado o software *Frontier Analyst 4.0* para tratamento das variáveis (insumos e produtos) de cada uma das unidades distribuidoras de energia elétrica.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para a execução dos objetivos desta pesquisa algumas etapas foram realizadas, as quais seguem:

- 1) Revisão de literatura: Aprofundamento teórico sobre função de produção, eficiência, análise envoltória de dados, o setor elétrico e estudos relacionados.
- 2) Definição das DMU's: Definir as unidades de análise (homogêneas) e o período da análise.
- 3) Seleção de variáveis: Selecionar o conjunto de variáveis (*inputs* e *outputs*) a serem utilizadas com base em estudos relacionados.
- 4) Coleta de dados: Coletar os dados disponíveis por meio do endereço eletrônico da ANEEL e BM&FBOVESPA.
- 5) Tratamento de dados: Tabular os dados por meio do software *Microsoft Office Excel* e realizar análises por meio do software *Eviews*.
- 6) Análise de dados: Definir a orientação (*input* ou *output*) e o modelo a ser utilizado (retornos constantes ou variáveis de escala).
- 7) Aplicação do DEA: Inserir os dados no software *Frontier Analyst 4.0* para geração dos escores de eficiência das DMU's.
- 8) Avaliação dos resultados: Avaliar os resultados obtidos e fazer os devidos ajustes. No caso de inconsistências nas informações, retorna-se à etapa anterior para obtenção de novos resultados.
- 9) Análise dos resultados: Analisar os escores de eficiência, os determinantes da eficiência técnica relativa, as empresas *benchmarks* e os percentuais de melhorias.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

Quanto às empresas a serem analisadas neste estudo foram selecionadas as empresas listadas na BM&FBOVESPA (2012) classificadas no segmento de energia elétrica, totalizando uma população de 64 empresas. Entretanto, para atingir aos objetivos propostos as empresas devem ser definidas com base em DMUs semelhantes em seus processos

produtivos, atividades, insumos e produtos finais. Neste caso, foram excluídas da amostra as empresas cuja atividade principal é a participação em outras sociedades (*holdings*), empresas geradoras, transmissoras ou comercializadoras de energia elétrica. Dessa forma a amostra restringe-se às empresas distribuidoras de energia elétrica, resultando em 18 empresas, conforme Quadro 4.

Quadro 4: Empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica

Empresas	Sigla	Estado
AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.	AES SUL	RS
Ampla Energia e Serviços S.A.	AMPLA	RJ
Bandeirante Energia S.A.	BANDEIRANTE	SP
Centrais Elétricas do Pará S.A.	CELPA	PA
Centrais Elétricas Matogrossenses S.A.	CEMAT	MT
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA	BA
Companhia Energética do Ceará	COELCE	CE
Companhia Energética do Maranhão	CEMAR	MA
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	COSERN	RN
Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	CEEE-D	RS
Companhia Paulista de Força e Luz	CPFL-PA	SP
Companhia Piratininga de Força e Luz	CPFL-PI	SP
Elektro Eletricidade e Serviços S.A.	ELEKTRO	SP
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.	ELETROPAULO	SP
Empresa Energética do Mato Grosso do Sul S.A.	ENERSUL	MS
Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.	ESCELSA	ES
Light Serviços de Eletricidade S.A.	LIGHT	RJ
Rio Grande Energia S.A.	RGE	RS

Fonte: Elaborado pelo autor com base em BM&FBOVESPA.

A escolha do setor elétrico é do tipo intencional e ou seleção racional (BARROS; LEHFELD, 2004), pois o mesmo tem as atribuições compatíveis com o objetivo deste estudo, a de determinar a eficiência técnica relativa das distribuidoras brasileiras de energia elétrica. Além disso, a acessibilidade às informações junto a ANEEL e a BM&FBOVESPA e a qualidade das informações disponíveis - por se tratar de um setor regulado - viabilizam o estudo.

3.4 COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DE EVIDÊNCIAS

As variáveis de *inputs* e *outputs* utilizadas para análise da eficiência das unidades selecionadas restringiram-se ao ano 2012, pois o estudo não pretende analisar um contexto longitudinal. Além disso, a definição do ano foi realizada principalmente em função da atualidade e disponibilidade das informações obtidas nos anuários estatísticos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e nos relatórios financeiros disponíveis no sítio da

BM&FBOVESPA. As variáveis pré-selecionadas, com base nos estudos relacionados, que comporão o rol de insumos e produtos candidatos à análise da eficiência técnica, são apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5: Variáveis de insumos e produtos pré-selecionadas

Variáveis		Estudos relacionados
Insumos	Potência instalada (kVA)	Yuzhi e Zhangna (2012) Von Geymueller (2009) Pombo e Taborda (2006) Yunos e Hawdon (1997) Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996)
	Extensão da rede (Km)	Yuzhi e Zhangna (2012) Von Geymueller (2009) Pombo e Taborda (2006) Pacudan e Guzman (2002) Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996) Weyman-Jones (1991)
	Número de empregados	Shu, Zhong e Zhang (2011) Pombo e Taborda (2006) Abbott (2006) Pacudan e Guzman (2002) Raczka (2001) Weyman-Jones (1991)
	Duração Equivalente de Continuidade (DEC)	Pinheiro (2012)
	Frequência Equivalente de Continuidade (FEC)	Pinheiro (2012)
Produto	Área do conjunto (Km ²)	Pombo e Taborda (2006) Pacudan e Guzman (2002) Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996)
	Energia elétrica consumida (MWh)	Pinheiro (2012) Yuzhi e Zhangna (2012) Pombo e Taborda (2006) Pacudan e Guzman (2002) Førsund e Kittelsen (1998) Yunos e Hawdon (1997) Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996) Weyman-Jones (1991)
	Número de consumidores	Pinheiro (2012) Yuzhi e Zhangna (2012) Pombo e Taborda (2006) Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004) Cherchye e Post (2003) Pacudan e Guzman (2002) Førsund e Kittelsen (1998) Bagdadioglu, Price e Weyman-Jones (1996)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos estudos relacionados.

Analisando o Quadro 5 identificou-se a necessidade de unificar as variáveis Área do Conjunto (Km²) e Número de Consumidores na variável Densidade Demográfica (Unidades/Km²), visando tornar as empresas comparáveis. Pois se considerado cada variável em separado, uma empresa poderia modificar seu escore de eficiência pelo simples fato de possuir uma grande área de concessão, como é o caso de empresas que atuam principalmente

nas regiões onde a área de concessão corresponde aos limites geográficos estaduais. Assim como, também, uma empresa poderia ter seu escore afetado se a sua área de concessão tivesse abrangência menores que de um Estado, como ocorre principalmente na Região Sudeste (ver Figura 3).

Outras variáveis que se optou pela unificação é o DEC e FEC na variável DGC (Desempenho Global de Continuidade), visto que este último engloba ambos os indicadores de continuidade das distribuidoras. Além disso, o DGC acrescenta no indicador os limites/metras de níveis de continuidade estabelecidos para cada área de concessão. Este indicador, por representar uma saída indesejável (quanto menor, melhor), foi considerado no modelo como um produto negativo.

Neste mesmo sentido, e para melhor explicar os escores de eficiência das empresas, foi incluído no modelo a variável TMA (Tempo Médio de Atendimento), sendo considerado mais um indicador operacional de qualidade dos serviços do setor elétrico. Após os devidos ajustes as variáveis selecionadas e suas respectivas descrições são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6: Variáveis de insumos e produtos selecionadas

Variáveis		Descrição
Insumos	Potência instalada (kVA)	Representa o potencial de distribuição de energia. Corresponde a capacidade instalada de transformadores de distribuição em quilovoltampere (kVA).
	Extensão da rede (Km)	Representa o tamanho da rede. Corresponde ao comprimento da rede em quilômetros (Km) que atendem a área urbana, rural, redes próprias e redes particulares.
	Número de empregados	Representa quantidade de funcionários. Corresponde ao total de mão-de-obra empregada e terceirizada ao final do ano.
Produto	DGC	Representa o indicador de desempenho global de continuidade de uma distribuidora. Corresponde ao nível de continuidade da distribuidora (DEC e FEC) em relação aos limites estabelecidos para a sua área de concessão.
	TMA (minutos)	Representa o tempo médio de atendimento em minutos para as ocorrências emergenciais. Corresponde à soma do Tempo Médio de Preparação (TMP), Tempo Médio de Deslocamento (TMD) e Tempo Médio de Execução (TME) das ocorrências emergenciais.
	Energia elétrica consumida (MWh)	Representa o total de energia elétrica consumida. Corresponde a eletricidade fornecida no ano em megawatts hora (MWh) na esfera residencial, industrial, comercial, rural ou outras classes.
	Densidade demográfica (unidades/km ²)	Representa a quantidade de clientes atendidos em relação à área total atendida. Corresponde ao total de unidades consumidoras residencial, industrial, comercial, rural ou outras classes dividido pela área de serviço em quilômetros quadrados (Km ²).

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos estudos relacionados.

Cabe ressaltar que durante o tratamento dos dados identificou-se problemas nas informações disponibilizadas no sítio da ANEEL. Percebeu-se que os dados da empresa AMPLA apresentaram inconsistência em relação às bases das demais empresas, ou seja,

alguns dados coletados da referida empresa estavam publicados com seu valor bruto, não convertido em milhares, destoando e superestimando os valores da variável Energia Elétrica Consumida (MWh) quando comparado com as demais empresas. Identificado o problema retornou-se ao site da ANEEL para validar as informações e assim constatado alterações dos dados disponíveis. Os mesmo foram coletados e tabulados novamente para a correta apuração dos resultados da DEA.

Quanto à orientação utilizada é o de minimização de *inputs*, ou seja, orientado a insumo, visto que se busca minimizar os insumos utilizados mantendo o nível dos produtos. Este fato é corroborado por Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004) ao mencionarem que a especificação da orientação a insumo é geralmente considerada como a forma adequada para concessionárias de distribuição de energia, já que a demanda por seus serviços é uma demanda derivada que está além do controle dos serviços públicos e que tem de ser cumprida.

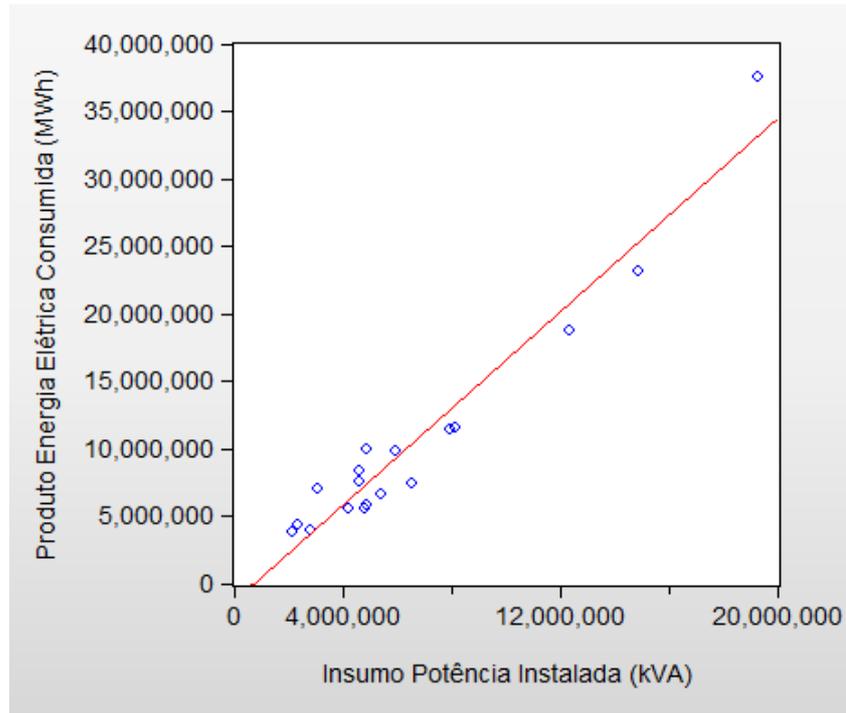
Quanto à definição do modelo DEA utilizado, se retornos constantes (CRS) ou variáveis de escala (VRS), foi obtido a partir da avaliação da relação do produto com os principais insumos da função de produção das distribuidoras brasileiras de energia elétrica, como pode ser observado nos Gráficos 4, 5 e 6. As principais variáveis selecionadas para confirmação dos rendimentos são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7: Variáveis selecionadas para definição do modelo DEA

Variável	Variável Selecionada	Função de Produção
Insumos	Potência instalada (kVA)	Capital (K)
	Extensão da rede (Km)	Capital (K)
	Número de empregados	Trabalho (L)
Produto	Energia elétrica consumida (MWh)	Quantidade Máxima de Produção (Q)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas variáveis selecionadas.

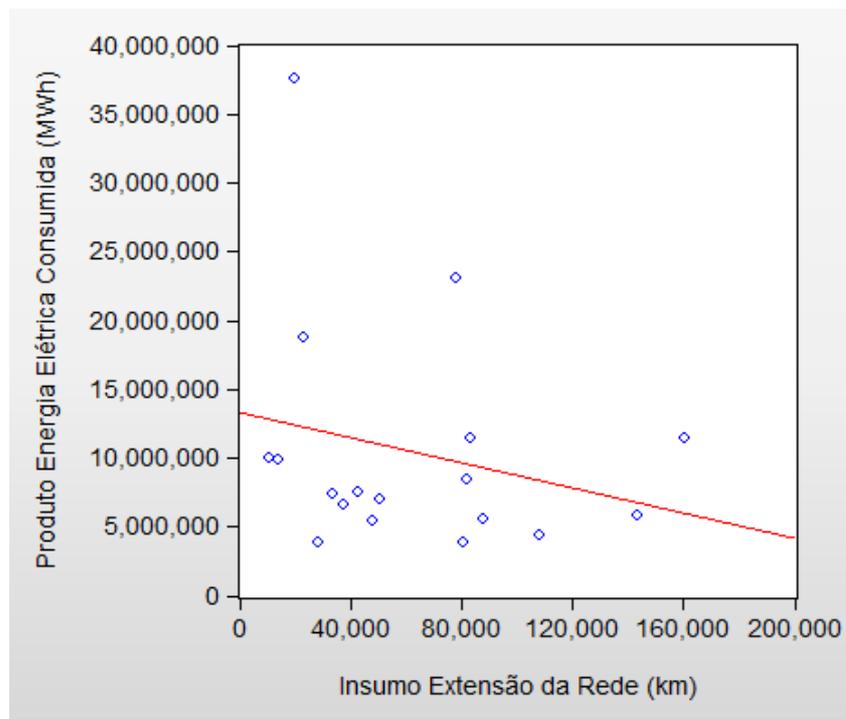
Foram testados os retornos de escala referente ao produto Energia Elétrica Consumida, a fim de identificar se a função de produção apresenta retornos constantes ou variáveis de escala. Pelo Gráfico 4 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável Energia Elétrica Consumida e como insumo a Potência Instalada.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Pelo Gráfico 5 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável Energia Elétrica Consumida e como insumo a Extensão da Rede.

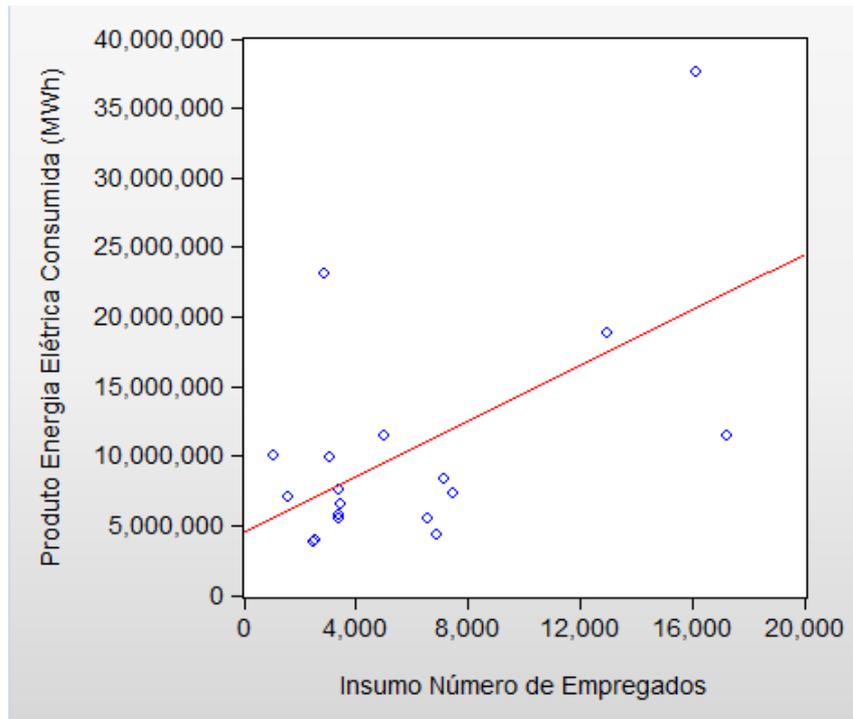
Gráfico 5: Relação entre Energia Elétrica Consumida e a Extensão da Rede



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Pelo Gráfico 6 pode-se verificar a curva de produção das empresas, considerando como produto a variável Energia Elétrica Consumida e como insumo o Número de Empregados.

Gráfico 6: Relação entre Energia Elétrica Consumida e o Número de Empregados



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Em todos os gráficos, considerando as principais variáveis de insumos, Potência Instalada, Extensão da Rede e Número de Empregados, para o produto Energia Elétrica Consumida, percebe-se que um aumento nos valores de *inputs* gera uma variação proporcionalmente maior ou menor no *output*. Logo, o modelo DEA que melhor se ajusta a realidade das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica considera retornos variáveis de escala (VRS).

Por fim, o software que foi utilizado para a determinação da eficiência técnica relativa das empresas distribuidoras de energia elétrica brasileiras é o *Frontier Analyst 4.0*.

3.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO

Dois pontos devem ser destacados como limitações do método de pesquisa. O primeiro refere-se ao fator temporal, pois o estudo não contém uma análise da eficiência das DMUs ao longo do tempo, mas apenas do ano de 2012. Portanto, não é possível concluir sobre os fatores

que levaram cada DMU ao grau de eficiência em que se encontram, assim como não seria factível prever como se comportarão no futuro. O objetivo do estudo é calcular os escores de eficiência das empresas selecionadas, identificar os determinantes da eficiência técnica relativa e as empresas *benchmarks*, bem como os percentuais de melhorias para as empresas ineficientes em um dado momento.

O segundo ponto refere-se à mensuração da eficiência relativa, pois o modelo DEA permite a identificação dos índices de eficiência relativa, o que torna os resultados válidos apenas para as DMUs em análise. Assim, os resultados obtidos referem-se às empresas selecionadas e às variáveis utilizadas.

O capítulo seguinte apresenta os resultados e as análises que respondem ao problema de pesquisa e atendem aos objetivos da mesma.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo é composto por seções que compõem as etapas principais da análise: a caracterização da amostra; a análise da eficiência técnica das distribuidoras de energia elétrica (escores da eficiência); a análise dos determinantes da eficiência técnica e por fim a análise das unidades *benchmarks* e dos percentuais de melhorias.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

O presente estudo foi realizado sobre 18 empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica, listadas na BM&FBOVESPA, constantes no rol de distribuidoras de grande porte, classificadas pela ANEEL (2012) como aquelas em que o mercado faturado de energia elétrica é maior que 1 TWh no ano, conforme Quadro 8.

Quadro 8: Características das empresas selecionadas

Empresas	Energia Consumida (TWh)	Receita de Vendas (milhares de reais)	EBITDA (milhares de reais)
AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.	7,56	2.341.357	372.800
Ampla Energia e Serviços S.A.	7,34	3.690.989	883.038
Bandeirante Energia S.A.	9,85	2.557.089	217.089
Centrais Elétricas do Pará S.A.	5,50	2.349.951	(406.526)
Centrais Elétricas Matogrossenses S.A.	5,82	2.344.799	251.981
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	11,42	5.813.614	1.308.084
Companhia Energética do Ceará	8,40	3.560.488	657.123
Companhia Energética do Maranhão	4,37	3.610.523	533.200
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	3,85	1.418.335	315.371
Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	6,55	2.188.950	(75.449)
Companhia Paulista de Força e Luz	23,13	6.696.446	921.263
Companhia Piratininga de Força e Luz	9,97	2.562.687	331.403
Elektro Eletricidade e Serviços S.A.	11,50	3.569.543	697.600
Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.	37,58	9.959.198	655.600
Empresa Energética do Mato Grosso do Sul S.A.	3,89	1.517.353	183.060
Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.	5,48	1.904.705	347.600
Light Serviços de Eletricidade S.A.	18,79	6.991.647	1.101.400
Rio Grande Energia S.A.	7,04	2.641.916	584.767

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos relatórios financeiros das empresas.

Apresenta-se o EBITDA (lucro antes de juros, impostos, depreciação e amortização) para demonstrar o real potencial de geração de caixa de cada empresa, sendo um indicador muito utilizado para comparar empresas de setores ou portes distintos. Porém não é o foco deste trabalho analisar os resultados e seus escores da eficiência econômica.

4.2 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA TÉCNICA DAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA ELÉTRICA

A minimização da função de produção a partir do software *Frontier Analyst 4.0* permitiu a obtenção dos escores de eficiência de cada unidade. Após ter sido definido o modelo VRS como o mais adequado para atingir o objetivo do estudo, chegou-se aos resultados por DMU apresentados na Tabela 1. Os escores estão em escala ordinal de eficiência, sendo consideradas as unidades eficientes àquelas que apresentam escores de 100% e as unidades ineficientes àquelas que apresentam escores inferiores a 100%. Os escores variam de 100% a 56,40%, sendo que sete (38,89%) das 18 empresas de distribuição de energia elétrica brasileiras atingiram o escore igual a 100% e, conseqüentemente, 61,11% das empresas ficaram na faixa de empresas com escores inferiores a 100%, o escore médio sendo de 80,96%.

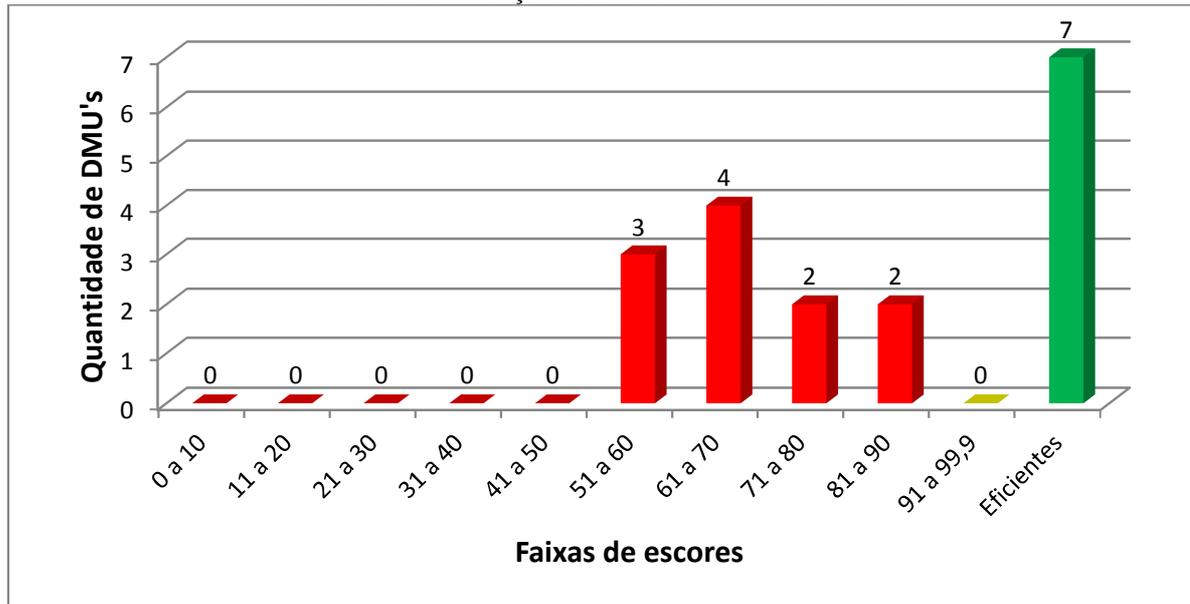
Tabela 1: Escores das empresas distribuidoras de energia elétrica

DMU's	Escores
CPFL-PI	100,00%
CEMAR	100,00%
ELETROPAULO	100,00%
COELCE	100,00%
RGE	100,00%
COSERN	100,00%
CPFL-PA	100,00%
ENERSUL	87,70%
BANDEIRANTE	81,30%
AESSUL	77,30%
LIGHT	76,80%
COELBA	68,40%
ELEKTRO	67,80%
CELPA	63,10%
CEEE-D	62,10%
ESCELSA	59,80%
AMPLA	56,60%
CEMAT	56,40%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Pela aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) nas 18 distribuidoras selecionadas, verifica-se que sete delas encontram-se na fronteira de eficiência (linhas coloridas em verde – 100%), nenhuma empresas encontra-se na faixa de empresas semiefficientes (valores entre 90% e 100%). Por fim, os resultados demonstram que onze empresas encontram-se na faixa de empresas ineficientes (linhas coloridas em vermelho – valores abaixo de 90%). No Gráfico 7 observa-se a distribuição por faixa dos escores de eficiência técnica relativa referente ao ano de 2012.

Gráfico 7: Distribuição dos escores de eficiência técnica



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

A fim de identificar características em comum dentre os grupos de eficiências, foram analisados aspectos técnicos da qualidade dos serviços oferecidos aos consumidores no fornecimento de energia elétrica. Segundo a ANEEL (2012) destacam-se neste aspecto os indicadores de continuidade DEC (Duração Equivalente de Continuidade) e FEC (Frequência Equivalente de Continuidade). O DEC registra quantas horas em média por ano o consumidor ficou sem energia elétrica e o FEC indica quantas vezes em média a luz faltou para os consumidores. A ANEEL exige que todas as distribuidoras certifiquem o processo de coleta e apuração dos indicadores de continuidade DEC e FEC, com base nas normas da ISO 9000 - *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Normalização).

Para comparar o desempenho de uma distribuidora em relação às demais empresas do país, pois os limites e medições de DEC e FEC são estimados e registrados por município, foi criado recentemente pela ANEEL o indicador DGC (Desempenho Global de Continuidade). Conforme site da ANEEL (2012) o indicador permite avaliar o nível da continuidade da distribuidora (valores apurados de duração e frequência de interrupções) em relação aos limites estabelecidos para a sua área de concessão (limites determinados pelas resoluções autorizativas da ANEEL). A Tabela 2 apresenta o *ranking* de continuidade dos serviços pelo DGC.

Tabela 2: *Ranking* de continuidade dos serviços

DMU's	Escore	DEC	FEC	DGC	Posição no <i>Ranking</i>
CPFL-PI	100,00%	5,64	4,23	0,66	3°
CEMAR	100,00%	21,64	10,91	0,63	2°
ELETROPAULO	100,00%	8,35	4,65	0,82	7°
COELCE	100,00%	8,06	4,62	0,46	1°
RGE	100,00%	14,33	8,75	0,81	6°
COSERN	100,00%	14,49	7,91	0,73	4°
CPFL-PA	100,00%	7,48	5,37	0,81	6°
ENERSUL	87,70%	12,73	8,08	0,78	5°
BANDEIRANTE	81,30%	9,42	6,03	0,85	10°
AESSUL	77,30%	14,11	8,41	0,83	8°
LIGHT	76,80%	18,15	8,39	1,53	15°
COELBA	68,40%	19,98	8,87	0,88	11°
ELEKTRO	67,80%	9,82	5,33	0,84	9°
CELPA	63,10%	102	51,01	2,01	16°
CEEE-D	62,10%	19,36	12,96	1,06	13°
ESCELSA	59,80%	9,88	6,37	0,83	8°
AMPLA	56,60%	16,93	9,04	0,98	12°
CEMAT	56,40%	33,75	24,22	1,07	14°
Grau de correlação com a eficiência		-38,97%	-42,87%	-53,33%	-81,18%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Observa-se pela Tabela 2 que há correlação entre o *ranking* de continuidade dos serviços e os escores da eficiência técnica relativa das empresas selecionadas. Percebe-se que as empresas na faixa de eficiência máxima estão classificadas entre os melhores desempenhos de continuidade, enquanto as empresas ineficientes estão entre as últimas colocadas no *ranking* de continuidade dos serviços. Destacam-se entre as últimas colocadas no *ranking* as empresas CELPA e CEMAT, coincidentemente as únicas duas empresas da amostra que apuram de forma diferenciada os indicadores de DEC e FEC, face às particularidades relacionadas ao difícil acesso e à dispersão dos consumidores. Essas distribuidoras suprem cargas localizadas em sistemas elétricos isolados – não conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Todavia, segundo ANEEL (2012), essa forma de apuração garante que os limites dos indicadores de continuidade estabelecidos pela ANEEL estão aderentes à realidade de cada sistema elétrico de distribuição.

A fim de confirmar a correlação existe entre o DGC e os escores de eficiência técnica relativa, retirou-se do modelo a variável DGC. Percebe-se assim que a mesma não teve influência significativa nos resultados dos escores de eficiência técnica, pois o grau de correlação do *ranking* de continuidade dos serviços e os escores de eficiência técnica relativa mantiveram-se alto em -74,75%.

Segundo informações disponíveis no site da ANEEL (2012) outro indicador operacional do setor elétrico é o Tempo Médio de Atendimento (TMA), que avalia às ocorrências emergenciais por meio de indicadores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras. Esse indicador é apurado mensalmente pelas concessionárias de distribuição para cada conjunto de unidades consumidoras, e é expresso em minutos. Compõe a soma dos seguintes indicadores: Tempo Médio de Preparação (TMP), Tempo Médio de Deslocamento (TMD) e Tempo Médio de Execução (TME), conforme Tabela 3.

Tabela 3: Indicadores de Tempo Médio de Atendimento

DMU's	Score	TMP	TMD	TME	TMA
CPFL-PI	100,00%	42,69	26,13	29,99	98,81
CEMAR	100,00%	593,55	28,27	38,41	660,23
ELETROPAULO	100,00%	134,4	31,1	69,3	234,8
COELCE	100,00%	118,15	67,65	34,49	220,29
RGE	100,00%	118,44	33,32	54,41	206,17
COSERN	100,00%	96,96	39,47	14,79	151,22
CPFL-PA	100,00%	58,47	12,9	46,95	118,32
ENERSUL	87,70%	149,25	46,59	33,89	229,73
BANDEIRANTE	81,30%	104,34	32,76	39,12	176,22
AESSUL	77,30%	222,66	32,58	78,19	333,43
LIGHT	76,80%	494,49	144,07	111,97	750,53
COELBA	68,40%	149,17	44,55	28,56	222,28
ELEKTRO	67,80%	268,15	89,09	45,21	402,45
CELPA	63,10%	502,2	22,11	145,55	669,86
CEEE-D	62,10%	237,67	34,46	41,9	314,03
ESCELSA	59,80%	117,43	42,22	203,07	362,72
AMPLA	56,60%	605,03	28,94	35,32	669,29
CEMAT	56,40%	196,39	25,57	31,42	253,38
Grau de correlação com a eficiência		-37,37%	-9,31%	-36,83%	-42,85%

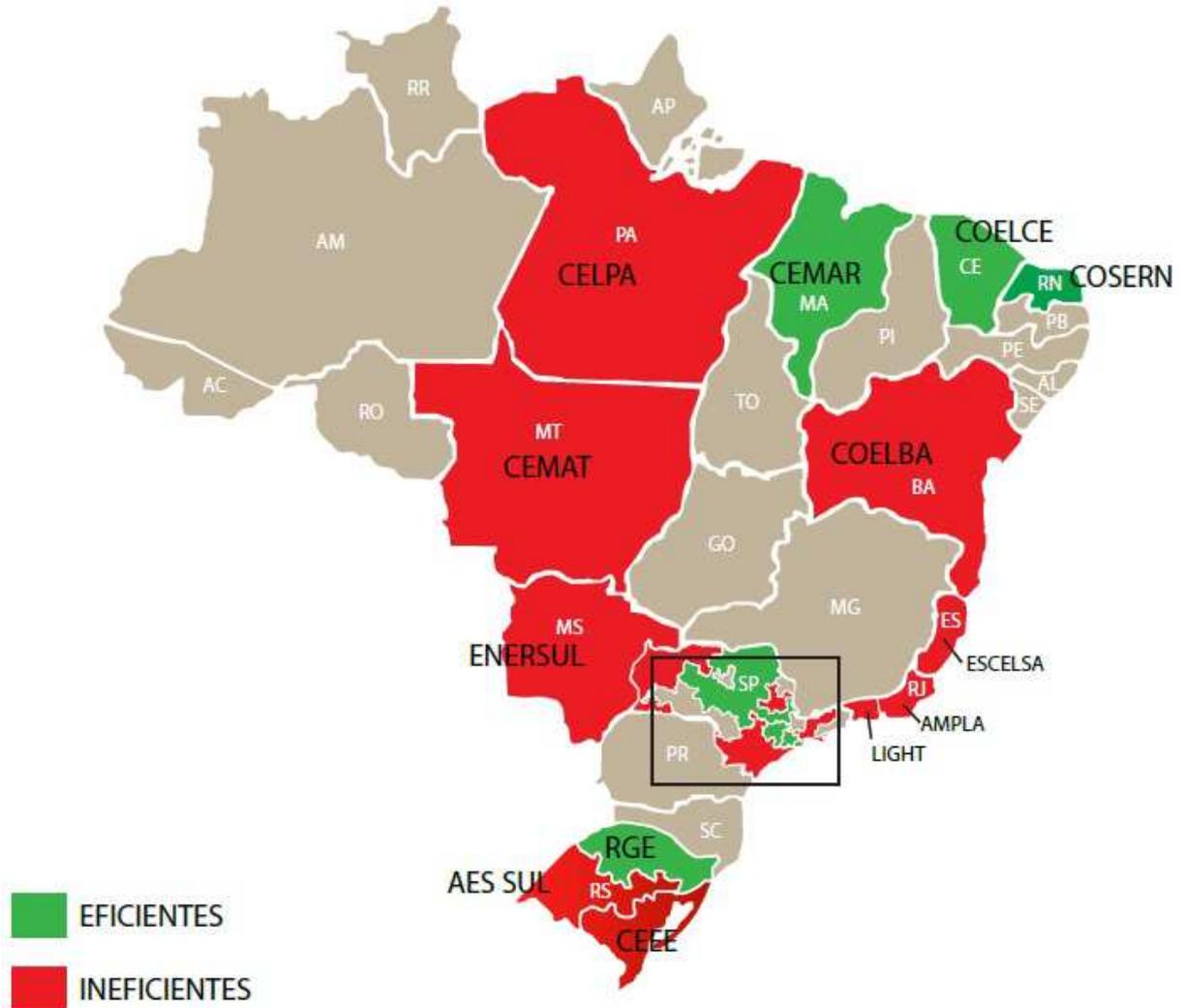
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Os resultados desta pesquisa indicam, conforme Tabela 3, que existe uma correlação mediana entre o indicador de Tempo Médio de Atendimento (TMA) e os escores da eficiência técnica relativa das empresas selecionadas. A fim de confirmar essa correlação, retirou-se do modelo a variável TMA. A mesma não teve influencia nos resultados dos escores de eficiência técnica, mantendo-se o mesmo grau de correlação e assim corroborando os resultados dos determinantes da eficiência técnica, explanados na seção 4.3, os quais não apresentaram percentuais representativos de contribuição do TMA para os escores da eficiência.

Analisando a Figura 2 identifica-se que apenas as Regiões Norte e Centro-Oeste não possuem alguma de suas empresas na faixa de eficiência máxima, porém destaca-se o pequeno número de distribuidoras dessas regiões e principalmente o número restrito da amostra selecionada nesta pesquisa. Dentre as empresas eficientes da Região Sul destaca-se a RGE, na

Região Sudeste encontra-se a CPFL-PI, ELETROPAULO e CPFL-PA, e na Região Nordeste as distribuidoras CEMAR, COELCE e COSERN.

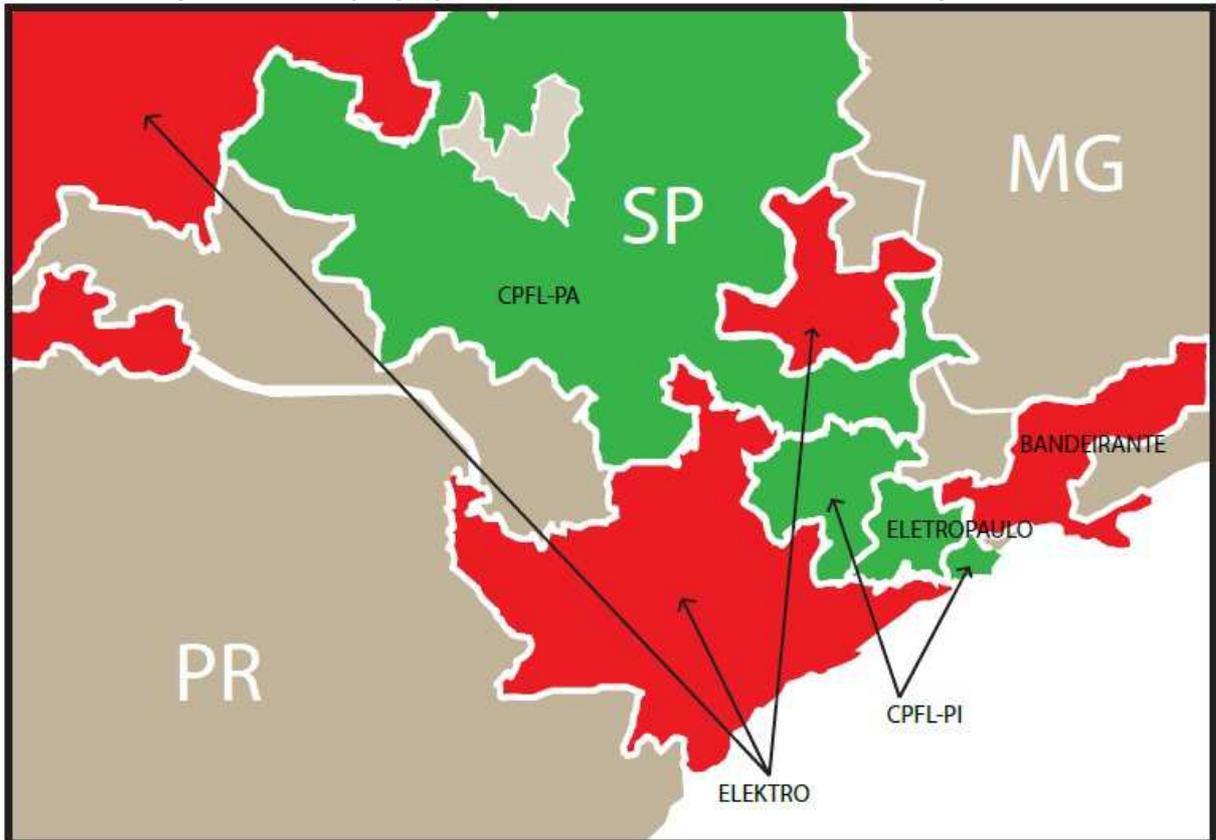
Figura 2: Localização geográfica e o nível de eficiência das unidades em análise



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Na maioria dos estados, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, a área de concessão ainda corresponde aos limites geográficos estaduais; em outros, principalmente em São Paulo e no Rio Grande do Sul, existem concessionárias com áreas de abrangência bem menores que a do Estado. Há, também, áreas de concessão descontínuas, que ultrapassam os limites geográficos do estado-sede da concessionária (ANEEL, 2012), conforme Figura 3.

Figura 3: Localização geográfica e o nível de eficiência das DMU's da região sudeste



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Relacionando a localização das empresas selecionadas neste estudo com os resultados da pesquisa de Meza *et al.* (2007), identifica-se que entre os estados brasileiros que apareceram na fronteira de eficiência constam as seguintes empresas eficientes desta dissertação: CEMAR (Maranhão), ELETROPAULO, CPFL-PA e CPFL-PI (São Paulo) e RGE (Rio Grande do Sul). Dentre outros estados eficientes, no qual constam empresas da amostra desta pesquisa, aparece o Rio de Janeiro e o Pará, com destaque para este último que possui apenas uma empresa responsável pelo fornecimento de energia elétrica no estado, porém teve a CELPA como a empresa menos eficiente da amostra.

Dentre as empresas selecionadas para este estudo, conforme critérios descritos no item 3.3, apenas a CEEE-D é de economia pública, sendo que a mesma figurou entre as empresas ineficientes. Entretanto não se pode inferir que as empresas de distribuição de energia elétrica públicas são ineficientes, pois o tamanho da amostra destas empresas não é significante.

4.3 ANÁLISE DOS DETERMINANTES DA EFICIÊNCIA TÉCNICA

A Tabela 4 apresenta os percentuais que cada *input* e *output* contribuíram para os escores da eficiência técnica relativa de cada DMU eficiente, enquanto que a Tabela 5 apresenta essa mesma relação, porém para as DMU's ineficientes.

Tabela 4: Percentuais de contribuição dos *inputs* e *outputs* para unidades eficientes

DMU's	<i>Inputs</i>			<i>Outputs</i>			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Número de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Densidade Demográfica
CPFL-PI	0,00	0,00	99,90	117,30	0,00	0,00	-17,30
CEMAR	99,90	0,00	0,00	100,80	0,00	0,00	-0,80
ELETROPAULO	99,90	0,00	0,00	0,00	0,00	99,90	0,00
COELCE	99,90	0,00	0,00	-39,60	0,00	0,00	139,60
RGE	56,20	0,00	43,70	99,90	0,00	0,00	0,00
COSERN	52,70	0,00	47,20	99,90	0,00	0,00	0,00
CPFL-PA	0,00	0,00	99,90	124,30	24,40	-48,70	0,00
MÉDIA	58,37	0,00	41,53	71,80	3,49	7,31	17,36
MÁXIMO	99,90	0,00	99,90	124,30	24,40	99,90	139,60
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	-39,60	0,00	-48,70	-17,30
DESV. PADRÃO	44,77	0,00	44,77	64,31	9,22	44,68	54,28

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Os altos percentuais de desvios padrões indicam que os valores alteram consideravelmente em ambas as variáveis. Percebe-se assim que a eficiência não é determinada por apenas um *input* ou *output*, mas pela combinação deles. Ou seja, uma variável não explica um setor, mas explica uma empresa. Desconsiderando a variável Extensão da Rede que não contribuiu para os escores de eficiência de nenhuma das DMUs eficientes, em pelo menos uma das variáveis de cada DMU percebe-se que existe algum *input* ou *output* que não contribuiu para o escore de eficiência, representando 0%.

Conforme Tabelas 4 e 5, nota-se que entre os *outputs* o DGC é a variável que mais contribuiu para os escores de eficiência das distribuidoras brasileiras de energia elétrica. A variável DGC contribuiu principalmente para as empresas eficientes atingiram os níveis máximos de eficiência, visto que para as empresas ineficientes o mesmo não contribuiu. Porém, conforme destacado no capítulo 4.2, a exclusão dessa variável do modelo afeta pouco os resultados da eficiência.

Já no lado dos *inputs* a potência instalada se destaca com uma média de 58,37% para as empresas eficientes e 82,99% para as empresas ineficientes, sendo também um fator determinante na avaliação da eficiência dessas empresas. Neste sentido, essa variável é a

determinante da eficiência técnica das distribuidoras brasileiras de energia elétrica, ou seja, a que mais contribuiu para os escores de eficiência.

Tabela 5: Percentuais de contribuição dos *inputs* e *outputs* para unidades ineficientes

DMU's	<i>Inputs</i>			<i>Outputs</i>			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Número de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Densidade Demográfica
ENERSUL	52,80	0,00	47,10	65,90	51,90	-17,60	-0,30
BANDEIRANTE	96,50	3,40	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
AESSUL	87,50	12,40	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
LIGHT	98,80	1,10	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
COELBA	99,90	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
ELEKTRO	93,10	0,00	6,80	0,00	0,00	100,00	0,00
CELPA	99,80	0,10	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
CEEE-D	90,30	9,60	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
ESCELSA	42,40	10,40	47,00	56,70	66,30	-20,00	-3,00
AMPLA	92,60	7,30	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
CEMAT	59,20	0,00	40,70	74,50	47,20	-21,60	-0,10
MÉDIA	82,99	4,03	12,87	17,92	15,04	67,35	-0,31
MÁXIMO	99,90	12,40	47,10	74,50	66,30	100,00	0,00
MÍNIMO	42,40	0,00	0,00	0,00	0,00	-21,60	-3,00
DESV. PADRÃO	20,96	4,92	20,75	30,95	26,13	55,93	0,90

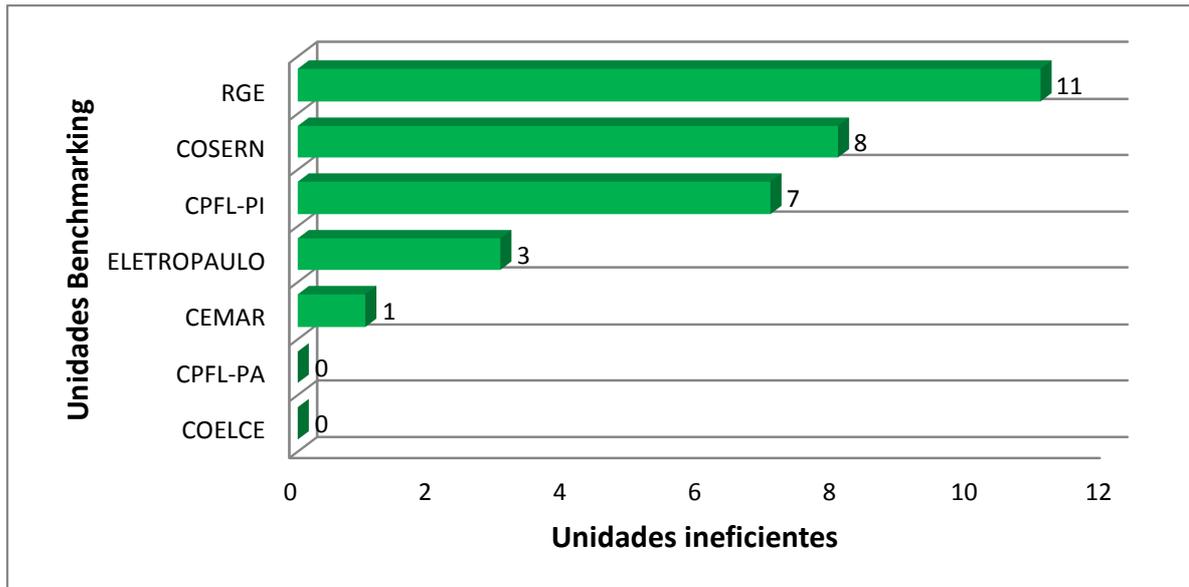
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

O tópico 4.4 abordará e ampliará o enfoque na questão dos percentuais de melhorias para as diversas variáveis, assim como a análise das unidades *benchmarks*.

4.4 ANÁLISE DAS UNIDADES *BENCHMARKS* E DOS PERCENTUAIS DE MELHORIA

A metodologia DEA permite encontrar soluções de eficiência para as DMUs menos eficientes, os chamados *benchmarkings*. As distribuidoras de energia elétrica onde o escore de eficiência se mostrou superior podem ser utilizadas como referência para as demais empresas e a elas mesmas. Conforme Cavalcante e Faria (2009, p. 49) “estes *benchmarks* indicam o que precisa ser modificado nos *inputs* ou *outputs* e como melhorá-los para transformar unidades ineficientes em eficientes”.

O Gráfico 8 apresenta a classificação das empresas eficientes para a quantidade de empresas ineficientes que as mesmas são referências.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Conforme o Gráfico 8 é possível perceber que a RGE é a empresa que destaca como *Benchmark* para o maior número de unidades ineficientes (onze de onze). Tanto a CONSERN (oito), como CPFL-PI (sete), são bons exemplos de comparação para aquelas empresas ineficientes que almejam chegar aos percentuais ótimos de eficiência. Já as empresas ELETROPAULO (três) CEMAR (um), CPFL-PA (zero) e COELCE (zero) não são os melhores exemplos de comparação para as DMU's selecionadas, porém ainda assim são distribuidoras de energia elétrica do rol de empresas eficientes.

Uma das questões relevantes para as empresas *benchmarks* são os prêmios que as mesmas recebem. O Quadro 9 apresenta as distribuidoras de energia elétrica que receberam prêmios da ABRADDEE nos últimos três anos. Como a própria ABRADDEE (2013) define o prêmio: “é a parte mais visível do Programa *Benchmarking*”. Este programa foi criado para aumentar a competitividade, aprimorar a gestão e buscar a excelência no serviço prestado à população brasileira. Além disso, busca identificar os referenciais de desempenho e as melhores práticas para disseminá-los entre todas as distribuidoras, propiciando um rápido e sustentado processo de melhoria da qualidade (ABRADDEE, 2013).

DMU's	RGE	COSERN	CPFL-PI	ELETRO-PAULO	CEMAR	CPFL-PA	COELCE
Responsabilidade Social	2010						2011/2012
Qualidade da Gestão	2012		2010	2010		2012	2012
Avaliação pelo Cliente							2010/2011 2012
Gestão Operacional	2010						2010
Gestão Econômico-Financeiro		2010/2011	2011	2012			
Evolução do Desempenho					2011		
Nordeste							2010/2011 2012
Norte / Centro-Oeste							
Sudeste						2010	
Sul	2010/2011/2012						
Nacional	2010					2010	2010/2011 2012
Total de Prêmios	7	2	2	2	1	3	13

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Constata-se que as empresas *benchmarks* RGE e COELCE receberam o maior número de prêmios em relação às demais empresas de referência. No ano de 2012, conforme relatórios de administração, a RGE recebeu o prêmio em duas categorias: Qualidade da Gestão e como a Melhor Distribuidora de Energia da Região Sul. Já a COELCE, embora não considerada a principal empresa de referência do estudo, se destaca pelos consecutivos prêmios que têm recebido nas premiações da ABRADDEE, sendo classificada como a Melhor Distribuidora de Energia do Brasil (4º ano consecutivo) e também a Melhor na Avaliação do Cliente (4º ano consecutivo). Ainda foi conquistado o prêmio de Melhor Distribuidora do Nordeste (7º ano consecutivo), o 1º lugar do Brasil em Responsabilidade Social (2º ano consecutivo), e 1º lugar em Qualidade da Gestão no ano de 2012.

Esta última empresa, além de receber as agremiações da ABRADDEE, foi reconhecida pelo Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) edição 2011 pela qualidade de sua gestão. O prêmio tem validade de dois anos consecutivos para a empresa vencedora, sendo reconhecida como uma empresa de classe mundial. Além disso, recebeu um dos maiores reconhecimentos internacionais em gestão, o Prêmio Iberoamericano de Qualidade 2012. A companhia alcançou nível Ouro, que é o título máximo concedido pela *Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad* (Fundibeq), responsável pela avaliação das práticas de gestão de empresas da América Latina, Portugal e Espanha. Somente as premiadas no PNQ estão credenciadas a participar do Iberoamericano (COELCE, 2012).

O destaque para essas empresas fica mais evidente ao classificar o número de prêmios recebidos pelas empresas ineficientes, conforme Quadro 10. Verifica-se que as mesmas obtiveram baixo número de agravações no período.

Quadro 10: Empresas ineficientes vencedoras do prêmio ABRADDEE

DMU's	ENERSUL	BANDEIRANTE	AES SUL	LIGHT	COELBA	ELEKTRO	CELPA	CEEE-D	ESCELSA	AMPLA	CEMAT
Responsabilidade Social			2011			2010					
Qualidade da Gestão			2011			2011					
Avaliação pelo Cliente						2012					
Gestão Operacional						2010/ 2011/ 2012					
Gestão Econômico-Financeiro						2010					
Evolução do Desempenho	2010	2012									
Nordeste											
Norte / Centro-Oeste	2010/ 2011/ 2012										
Sudeste						2011/ 2012					
Sul											
Nacional						2011/ 2012					
Total de Prêmios	4	1	2	0	0	11	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

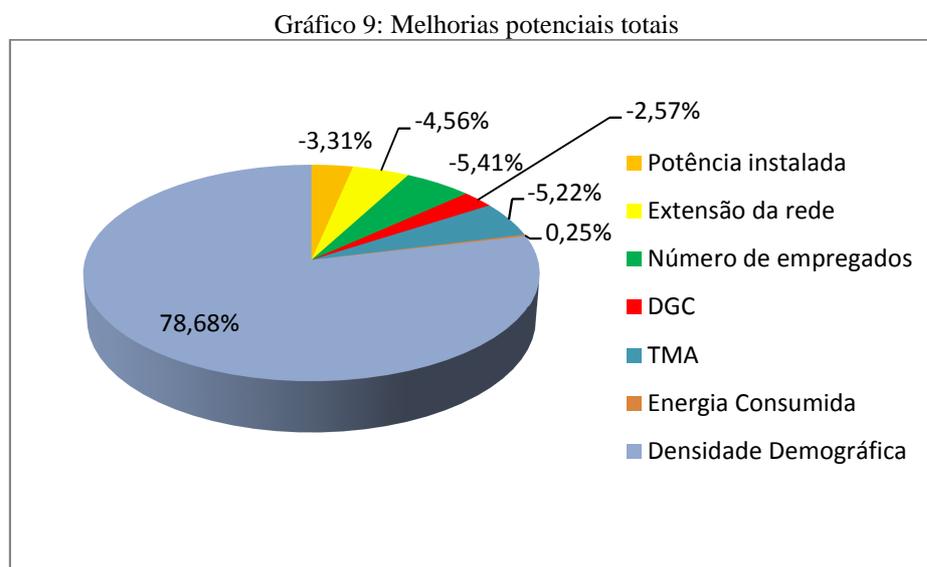
Conforme Quadro 10 percebe-se que as concessionárias ENERSUL e ELEKTRO, consideradas empresas ineficientes, apresentam consecutivos prêmios da ABRADDEE. A primeira aparece próximo às empresas semiefficientes com 87,70% de eficiência, ou seja, justificam-se os 4 prêmios destacados nos últimos três anos. Enquanto que no caso da empresa ELEKTRO, um dos fatores que pode ter afetado sua eficiência em 2012 (67,80%), conforme relatórios de administração das empresas, é que a mesma foi a única empresa da amostra que teve redução no fornecimento/consumo de energia elétrica quando comparado ao mesmo período do ano anterior.

Muitos desses prêmios se devem ao fato do órgão regulador ANEEL ter resoluções específicas tornando obrigatória a divulgação de relatórios sociais e informações econômico-financeiras do setor elétrico, exigindo níveis de qualidade e governança elevados das empresas do setor elétrico. Destacam-se alguns princípios básicos da boa governança que devem ser atendidos: transparência, equidade, prestação de contas (*accountability*) e

responsabilidade corporativa (IBGC, 2013). Neste sentido, há a hipótese de que o nível de governança poderia vir a afetar a eficiência das empresas; entretanto esse enfoque não está previsto no escopo deste trabalho.

Os percentuais de melhorias possibilitam projetar as unidades ineficientes para a fronteira de eficiência, sugerindo valores ótimos de produção e insumo. Isso permite avaliar o nível de desempenho atual ou efetivo e estabelecer metas possíveis de serem concretizadas. Além disso, permitem também ao gestor o planejamento de metas a serem desenvolvidas pelas empresas, porém a empresa precisa ponderar se os percentuais são passíveis de serem alcançados.

Analisando as variáveis de insumos e produtos para o total de DMU's selecionadas, os resultados sugerem que as melhorias potenciais totais sejam principalmente na Densidade Demográfica (78,68%), conforme Gráfico 9. Porém, isso não depende da própria empresa, uma vez que a área de concessão é o território geográfico onde cada empresa é contratualmente obrigada a fornecer energia elétrica.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

Nota-se também que para a variável Energia Elétrica Consumida a distribuição é equivalente entre as distribuidoras, pois são sugeridos percentuais baixos de melhorias para as empresas em análise (a maioria das empresas possuem percentuais de melhoria igual a zero, conforme Tabela 6). Isso se deve a orientação do modelo que é a insumo, ou seja, mantendo-se o nível de produto. Em contrapartida os resultados DEA indicam redução para as demais variáveis, sugerindo melhoria potencial total na faixa entre 3% e 6%.

Na Tabela 6, podem-se perceber os percentuais que cada variável pode melhorar em relação às empresas eficientes.

Tabela 6: Melhorias potenciais (%) para as DMU's ineficientes

DMU's	Inputs			Outputs			
	Potência Instalada	Extensão da rede	Nº de empregados	DGC	TMA	Energia Consumida	Dens. Demográfica
ENERSUL	-12,32%	-56,49%	-12,32%	-3,85%	-27,13%	22,88%	670,92%
BANDEIRANTE	-18,67%	-18,67%	-65,09%	-22,35%	-42,88%	0,00%	57,88%
AESSUL	-22,67%	-22,67%	-54,94%	-10,84%	-52,08%	0,00%	736,49%
LIGHT	-23,18%	-23,18%	-53,33%	-52,29%	-79,45%	0,00%	78,62%
COELBA	-31,63%	-71,33%	-78,84%	-7,95%	-5,40%	0,00%	2437,24%
ELEKTRO	-32,21%	-51,27%	-32,21%	-5,95%	-51,78%	0,00%	1161,52%
CELPA	-36,87%	-36,87%	-55,16%	-62,69%	-57,76%	0,00%	917,78%
CEEE-D	-37,93%	-37,93%	-47,11%	-33,02%	-57,11%	0,00%	571,91%
ESCELSA	-40,22%	-40,22%	-40,22%	-12,05%	-58,53%	2,48%	117,23%
AMPLA	-43,35%	-43,35%	-77,71%	-29,59%	-81,60%	0,00%	92,32%
CEMAT	-43,57%	-70,69%	-43,57%	-27,10%	-26,90%	0,03%	1306,06%
MÉDIA	-31,15%	-42,97%	-50,95%	-24,34%	-49,15%	2,31%	740,72%
MÁXIMO	-12,32%	-18,67%	-12,32%	-3,85%	-5,40%	22,88%	2437,24%
MÍNIMO	-43,57%	-71,33%	-78,84%	-62,69%	-81,60%	0,00%	57,88%
DESV. PADRÃO	10,54%	18,13%	19,39%	19,30%	22,68%	6,86%	717,87%

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados coletados.

As empresas em conjunto devem utilizar melhor sua potência instalada em média 31,15%, otimizar a extensão da rede em média 42,97% e aproveitar o número de empregados em média 50,95%. Ambos apresentam desvios padrão em relação à média muito próxima dentre as variáveis (10,54%, 18,13% e 19,39%, respectivamente). Neste sentido, percebe-se que as variáveis de insumo apresentam melhorias potenciais equivalentes, aparentemente equilibradas entre ambas, conforme destacado em cinza na Tabela 6.

O estudo de Yuzhi e Zhangna (2012) também identificou melhorias potenciais nas linhas da rede, considerando que as mesmas seriam muito extensas, assim como na capacidade dos equipamentos, que seriam muito altas, não aproveitadas totalmente.

Quanto ao indicador DGC, representado por DEC e FEC, os quais medem o tempo e a frequência de falta de energia para os consumidores, este pode ter seus serviços afetados pelas possíveis perdas de sistema. Perdas estas, em parte relacionadas ao comumente chamado “gato”, frequente em regiões periféricas das capitais. Yuzhi e Zhangna (2012) e Pacudan e Guzman (2002) já destacavam a necessidade de redução nas perdas de sistemas, sendo uma questão a melhorar.

A justificativa para o TMA pode estar no programa “Luz para Todos”, uma vez que este programa foi criado em meados de 2003 e tem como meta levar acesso à energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas, ou seja, impacta diretamente no número de consumidores. Além de afetar o Tempo Médio de Atendimento, pode afetar a Extensão das

Redes, pois o foco principal do programa é justamente chegar a áreas não atendidas, normalmente zonas rurais distantes, as quais as redes de distribuição não atendem atualmente. Também, a partir desse programa, foram destinados recursos de fundos setoriais de energia para investimentos partilhados entre o governo e empresas distribuidoras de energia elétrica, a fim de ampliar e buscar soluções inovadoras para atendimento a demanda. Neste sentido pode impactar na conjuntura tecnológica das empresas, inclusive a potência instalada (MME, 2013).

Os estudos de Pombo e Taborda (2006), Abbott (2006) e Førsund e Kittelsen (1998) discutem essa questão. Os três estudos analisaram a evolução da eficiência das empresas no tempo e os impactos no desempenho das mesmas após reformas no setor elétrico em alguns países. Os dois primeiros estudos identificaram aumento na eficiência após a reforma, enquanto que o último identificou uma estabilidade em termos de eficiência, justamente porque a regulamentação do país manteve-se inalterada. Como o presente estudo não procurou analisar a evolução da eficiência das empresas no tempo, não foi possível determinar a relação com os programas do governo.

Outra questão que pode afetar o TMA é o relevo das regiões atendidas pelas distribuidoras de energia elétrica. Parte das linhas do sistema atravessam serras, regiões montanhosas e diversos tipos de terrenos, onde há torres mais altas com distâncias maiores entre si, muitas vezes com acessos que dificultam atingi-las. Isso pode fazer com que aumente o Tempo Médio de Atendimento pelas equipes de manutenção.

Por fim, os resultados permitiram identificar os escores de eficiência e as variáveis determinantes que levam as unidades em análise para a fronteira de eficiência, sendo a variável Potência Instalada a que se destaca na promoção da eficiência. E as variáveis que merecem atenção e são sugeridas melhorias potenciais para estimular os resultados das unidades ineficientes são a Extensão da Rede, o Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento. Também foi possível identificar aquelas unidades *benchmarks* para as empresas ineficientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Este estudo analisou a eficiência técnica das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica. Para a determinação da eficiência das DMU's em análise utilizou-se a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA), com orientação a insumo, visto que se busca minimizar os insumos utilizados mantendo o nível dos produtos. As variáveis utilizadas como insumos e produtos foram escolhidas com base em estudos relacionados ao setor elétrico que adotaram a mesma metodologia.

Além disso, optou-se pelo modelo de Retornos Variáveis de Escala (VRS), sendo considerado o mais adequado para o estudo. A aplicação DEA reporta que das 18 empresas selecionadas sete estão na fronteira de eficiência, sendo elas: CPFL-PI, CEMAR, ELETROPAULO, COELCE, RGE, COSERN e CPFL-PA. Dentre as empresas ineficientes destacam-se as cinco últimas em eficiência, que são: CELPA, CEEE-D, ESCELSA, AMPLA e CEMAT.

Identificou-se, após a análise dos escores de eficiência em relação aos indicadores técnicos de continuidade (DGC), que as empresas situadas na fronteira de eficiência figuraram entre as melhores no *ranking* operacional desses indicadores no ano de 2012. Ou seja, foi possível identificar relação entre os indicadores de continuidade e os escores de eficiência. Também foi possível encontrar relação razoável entre os escores da eficiência das empresas analisadas e o indicador operacional de Tempo Médio de Atendimento (TMA).

A eficiência técnica das empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica tem como elemento determinante a Potência Instalada. Já o *input* Extensão da Rede, variável que menos contribuiu para os escores de eficiência, relaciona-se a uma possível ineficiência, uma vez que quanto mais longa as redes de distribuição, maiores também serão as perdas de sistema. Cabe destacar que diversas variáveis neste modelo não foram explicitamente consideradas, embora possam estar embutidas nas avaliações. Por exemplo, o nível de perdas e furtos pode variar grandemente entre diferentes concessionárias, ajudando a explicar maior ou menor eficiência.

No caso das unidades *benchmarks*, identificou-se como empresa de referência a concessionária RGE, inclusive se destacando perante as demais empresas com relação aos prêmios que vem recebendo, à exceção da COELCE, devido aos consecutivos prêmios que vem conquistando nos últimos anos. Prêmios estes de reconhecimento no setor elétrico, que levam em consideração questões relacionadas à excelência em gestão e qualidade nos serviços, visando as melhores práticas do setor.

Diferente dos resultados encontrados na dissertação de Santana (2008), as empresas RGE e COELCE aparecem entre as empresas ineficientes em todos os anos da análise (2002 a 2006). Entretanto, para a COELCE, percebe-se a evolução no decorrer dos anos, passando o escore de 49,72% em 2002 para 96,58% em 2006, porém o mesmo não ocorre com a RGE. Já as empresas que apareceram como eficientes no estudo de Santana (2008), no presente estudo ficaram entre as ineficientes, com exceção da COSERN que em todos os anos atingiu a fronteira de eficiência e neste estudo atingiu inclusive a segunda colocação no *ranking* de empresas de referencia para as ineficientes.

Para as empresas ineficientes atingirem o escore máximo de eficiência destacam-se, entre as variáveis que necessitam de melhorias potenciais, a Extensão da Rede, o Número de Empregados e o Tempo Médio de Atendimento.

Os estudos de Pessanha, Mello e Souza (2010), Von Geymueller (2009), Jamasb, Nillesen e Pollitt (2004), Cherchye e Post (2003) e Weyman-Jones (1991), discutem os problemas de mensuração da eficiência pelas reguladoras dos países pesquisados, neste sentido, sugerindo alterações nos modelos adotados pelas reguladoras, seja com a inclusão de variáveis no modelo, a utilização de métodos não-paramétricos na medição da eficiência em países onde não se aplica atualmente, ou mesmo questionando as limitações desses mesmos métodos de cálculo.

Os estudos nacionais de Santana (2008), Meza *et al.* (2007) e Santana, Périco e Rebelatto (2006), destacaram principalmente questões voltadas ao cunho socioeconômico, como Responsabilidade Socioambiental, enquanto que esta dissertação tem seu enfoque para a gestão operacional das distribuidoras de energia elétrica, ou seja, com um cunho voltado principalmente aos gestores das empresas.

Este trabalho contribuiu no sentido de determinar a eficiência técnica com o uso de variáveis diferentes das utilizadas nos estudos nacionais identificados, acrescentando TMA ao

modelo e alterando a leitura sobre o DEC, FEC, Número de Consumidores e Área do Conjunto. Além disso, os escores de eficiência encontrados no trabalho podem ser vistos como um indicador para auxiliar na avaliação de desempenho das empresas. Assim como, o presente estudo pode servir de complemento ou de comparativo para os sistemas de indicadores de eficiência já utilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

A análise envoltória de dados permitiu resultados relativos, ou seja, um comparativo entre todas as unidades em análise que fizeram parte da amostra. Por isso, os resultados não podem ser considerados absolutos ou comparáveis com outras empresas e setores de forma direta. Pode-se concluir que o modelo aplicado colabora para uma reavaliação sobre o consumo de insumos, análise dos resultados e identificação de *benchmarks* entre as unidades analisadas.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Diante do exposto, sugere-se uma continuidade deste estudo aprofundando em temas relacionados ao setor elétrico e também ao modelo DEA. As sugestões para estudos futuros são:

- a) Aprofundar a aplicação deste estudo utilizando séries temporais, com o objetivo de identificar os fatores que levaram cada unidade ao grau de eficiência em que se encontram.
- b) Realizar um estudo da eficiência econômica do grupo de DMU's utilizadas neste trabalho, com o objetivo de verificar se as empresas economicamente eficientes são as que também obtiveram seus escores na fronteira da eficiência técnica.
- c) Mensurar a eficiência *versus* inovação tecnológica de cada uma das distribuidoras de energia elétrica, com o objetivo de verificar se há relação entre inovação e os níveis de eficiência das unidades analisadas.
- d) Mensurar a eficiência *versus* o nível de governança de cada uma das distribuidoras de energia elétrica, com o objetivo de verificar se há relação entre o nível de governança e os escores de eficiência das unidades analisadas.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, M. The productivity and efficiency of the Australian electricity supply industry. *Energy Economics*, v. 28, p. 444-454, 2006.

ABRADEE. Programa Benchmarking. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/abradee/atividades/programa-benchmarking>>. Acesso em 12 dez. 2013.

ALMEIDA, M. R.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. N. Ferramenta para calcular a eficiência: um procedimento para engenheiros de produção. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 34, 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: UFMA, 2006.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em 30 jun. 2012.

ANJOS, M. C.; BORDIN, B.; MELLO, J. C. C. B. S. Avaliação de empresas de distribuição de energia elétrica com Análise Envoltória de Dados (DEA). *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção*, v. 10, n. 8, p. 1-11, 2010.

BAGDADIOGLU, N.; PRICE, C. M. W.; WEYMAN-JONES, T. G. Efficiency and ownership in electricity distribution: a nonparametric model of the Turkish experience. *Energy Economics*, v. 18, p. 1–23, 1996.

BALTAR, M. G.; KAEHLER, J. W. M.; PEREIRA, L. A. Indústria da construção civil e eficiência energética. *Engenharia, Inovação e Desenvolvimento*, v. 2, p. 339-344, 2005.

BANKER, R. D., CHARNES, A., COOPER W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, Providence, RI, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. S. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Pearson Makron Books, 2004.

BESANKO, D.; BRAEUTIGAM, R. R. Microeconomia: uma abordagem completa. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

BEUREN, I. M. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BHAGAVATH, V. Technical Efficiency Measurement by Data Envelopment Analysis : An Application in Transportation. *Alliance Journal of Business Research*, p. 60-72, 2011.

BM&FBOVESPA. Empresas listadas. Disponível em: <<http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/BuscaEmpresaListada.aspx?segmento=Energia+El%C3%A9trica&idioma=pt-br>>. Acesso em 31 dez. 2012.

BOGETOFT, P.; NIELSEN, K. DEA based yardstick competition in natural resource management. In: 47th Annual Conference of the Australian Agricultural and Resource Economics Society, p. 103-125, 2003.

CAPES. Periódicos Capes. Disponível em: <<http://periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em 26 out. 2012.

CAVALCANTE, G. T.; FARIA, R. C. O uso dos parâmetros de *benchmarking* da análise envoltória de dados (DEA) como instrumento de orçamentação. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, v.3, n.1, p. 43-61, 2009.

CHAUHAN, N. S.; MOHAPATRA, P. K. J.; PANDEY, K. P. Improving energy productivity in paddy production through benchmarking - An application of data envelopment analysis. Energy Conversion and Management. v. 47, p. 1063–1085, 2006.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

CHERCHYE, L.; POST, T. Methodological Advances in DEA - A survey and an application for the Dutch electricity sector. Statistica Neerlandica, v. 57, n. 4, p. 410–438, 2003.

CHUDASAMA, K. M.; PANDYA, K. Measuring efficiency of indian ports: an application of Data Envelopment Analysis. The Icfai University Journal of Infrastructure, v. 6, n. 2, 2008.

CLARK, P. W. An estimation of a production function for the south african clothing industry, Thesis (Magister Comemercii) - Rand Afrikaans University, 1996.

DORIA, R. J.; LAKOSKI, J. C.; SOUZA, A. Gestão de metas: um estudo comparativo da eficiência de unidades operacionais em uma empresa de distribuição de energia elétrica. In: Congresso Brasileiro de Custos, 18, 2011, Rio de Janeiro – RJ. Anais... São Leopoldo: ABC, 2011.

DRUCKER, P. An Introductory View of management, Harper College Press: New York, 1977.

EBSCO. EBSCOhost. Disponível em: < <http://search.ebscohost.com> >. Acesso em 07 dez. 2012.

ELETROBRAS. O Programa. Disponível em <<http://www.eletrobras.gov.br>>. Acesso em 30 jun. 2012.

FARIA, F. P.; JANNUZZI, P. M.; SILVA, S. J. Eficiência dos gastos municipais em saúde e educação: uma investigação através da análise envoltória no Estado do Rio de Janeiro. Revista de Administração Pública, v. 42, n. 1, p. 155-177, 2008.

FARIA, J. A.; GOMES, S. M. S. O Activity Based Costing (ABC) na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (Coelba): fatores relevantes para implantação, o modelo e os resultados obtidos. In: Congresso Brasileiro de Custos, 16, 2009, Fortaleza – CE. Anais... São Leopoldo: ABC, 2009.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 120, n. 3, p. 253–281, 1957.

FERREIRA, F. B. Análise da eficiência relativa das usinas mini-mills da Gerdau S.A. nas Américas: um estudo a partir da análise envoltória de dados. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2012.

FERRIER, G. D.; ROSKO, M. D.; VALDMANIS, V. G. Analysis of uncompensated hospital care using a DEA model of output congestion. *Health Care Management Science*, v. 9, n. 2, p. 181-188, 2006.

FØRSUND, F. R.; KITTELSEN, S. A. C. Productivity development of Norwegian electricity distribution utilities. *Resource and Energy Economics*, v. 20, p. 207–224, 1998.

GALVÃO, P. J. L. M. Análise envoltória de dados aplicada ao setor brasileiro de distribuição de energia elétrica. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) – Faculdade de Economia e Finanças Ibmec, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. S. Análise envoltória de dados: conceitos e modelo básico. In: SANTOS, M. L.; VIEIRA, W. C. (Org.). *Métodos quantitativos em Economia*. Viçosa: Editora UFV, 2004.

HATAMI-MARBINI, A.; EMROUZNEJAD, A.; TAVANA, M. A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature : Two decades in the making. *European Journal of Operational Research*, v. 214, n. 3, p. 457-472, 2011.

IBGC. Código das Melhores Práticas. Disponível em: <<http://www.ibgc.org.br>>. Acesso em 18 dez. 2013.

ISIDORO, C.; PACHECO, V.; CATAPAN, A.; FACCI, N.; MOLLER, C. L. O impacto das oscilações de receitas nos lucros no setor elétrico brasileiro. In: *Congresso Brasileiro de Custos*, 18, 2011, Rio de Janeiro – RJ. Anais... São Leopoldo: ABC, 2011.

JAMASB, T.; NILLESEN, P.; POLLITT, M.; Strategic behaviour under regulatory benchmarking. *Energy Economics*, v. 26, n. 5, p. 825-843, 2004.

JAMASB, T.; POLLITT, M. Benchmarking and regulation of electricity transmission and distribution utilities. Lessons from international experience. *Cambridge Working Papers in Economics*, 2000.

KOOPMANS, T. C. An analysis of production as an efficient combination of activities. In: *Proceedings of a Conference Activity Analysis of Production and Allocation*, p. 33–97, 1951.

LORENZETT, J. R.; LOPES, A. L. M.; LIMA, M. V. A. Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional. *Estratégia e Negócios*, v. 3, n. 1, p. 168-190, 2010.

MACEDO, M. A. S.; NOVA, S. P. C. C.; ALMEIDA, K. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos em contabilidade e administração. *Contabilidade, Gestão e Governança*, v. 12, n. 3, p. 87-101, 2009.

MARIANO, E. B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, D. A. N. Princípios básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 34, 2006, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: UFMA, 2006.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, J. A. A. Avaliação da eficiência do uso da energia elétrica no Perímetro Irrigado de Pirapora, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 7, n. 2, p. 394-398, 2003.

MEZA, L. A.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. *Investigação Operacional*. v. 27, n. 1, p. 21-36, 2007.

MIRANDA, L. C.; TAVARES, M. F. N.; VASCONCELOS, A. L. F.; FREIRE, D. R. Um estudo no setor elétrico brasileiro sobre a representatividade dos custos não gerenciáveis: aplicação nas companhias distribuidoras do Nordeste que passaram pela Revisão Tarifária Periódica em 2005. In: Congresso Brasileiro de Custos, 16, 2009, Fortaleza – CE. Anais... São Leopoldo: ABC, 2009.

MME. O Programa. Disponível em <http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/Asp/o_programa.asp>. Acesso em 18 dez. 2013.

NEOENERGIA. Segmentação do mercado. Disponível em <<http://www.neoenergia.com>>. Acesso em 30 jun. 2012.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em <http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx>. Acesso em 18 dez. 2013.

PACUDAN, R.; GUZMAN, E. Impact of energy efficiency policy to productive efficiency of electricity distribution industry in the Philippines. *Energy Economics*, v. 24, p. 41–54, 2002.

PESSANHA, J. F. M.; MELLO, M. A. R. F.; SOUZA, R. C. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo DEA adotado pela ANEEL, *Pesquisa Operacional*, v. 30, n. 3, p. 521-545, 2010.

PINHEIRO, T. M. M. Regulação por incentivo à qualidade: comparação de eficiência entre distribuidoras de energia elétrica no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

POMBO, C.; TABORDA, R. Performance and efficiency in Colombia's power distribution system: effects of the 1994 reform. *Energy Economics*, v. 28, p. 339–369, 2006.

RACZKA, J. Explaining the performance of heat plants in Poland. *Energy Economics*, v. 23, p. 355–370, 2001.

RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SALES, Gustavo Manguiera de Andrade. Proposta de um modelo utilizando Análise Envoltória de Dados - DEA na definição das metas dos indicadores da qualidade comercial das distribuidoras de energia elétrica - DER e FER. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

SANTANA, N. B. Responsabilidade socioambiental e valor da empresa: uma análise por envoltória de dados em empresas distribuidoras de energia elétrica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2008.

SANTANA, N. B.; PÉRICO, A. E.; REBELATTO, D. A. N. Investimento em responsabilidade sócio-ambiental de empresas distribuidoras de energia elétrica: uma análise por envoltória de dados. Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 4, p.124-139, 2006.

SENADO. Setor elétrico elogia redução de tarifas, mas aponta risco de fuga de investidores. Disponível em: <<http://senado.jusbrasil.com.br/>>. Acesso em 11 mar. 2013.

SHU, T.; ZHONG, X.; ZHANG, S. TFP Electricity Consumption Efficiency and Influencing Factor Analysis Based on DEA Method. Energy Procedia, v. 12, p. 91–97, 2011.

SINGH, M.; KUMAR, R. Efficiency Analysis of the Public Sector General Insurance Companies: A Comparative Study of Pre- and Post-Reform Period. v. 8, n. 4, p. 28-47, 2011.

SOLLERO, M. K. V.; LINS, M. P. E. Avaliação de eficiência de distribuidoras de energia elétrica através da análise envoltória de dados com restrições aos pesos. In: Seminário Brasileiro de Pesquisa Operacional, 36, 2004, Minas Gerais – MG. Anais... Minas Gerais: SBPO, 2004.

SOWLATI, T. Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis. Forest Products Journal, v. 55, n. 1, p. 49-57, 2005.

VANINSKY, A. Efficiency of electric power generation in the United States: analysis and forecast based on data envelopment analysis. Energy Economics, v. 28, n. 3, p. 326–338, 2006.

VON GEYMUELLER, P. Static versus dynamic DEA in electricity regulation: the case of US transmission system operators. Central European Journal of Operations Research, v. 17, p. 397-413, 2009.

WEYMAN-JONES, T. G. Productive efficiency in a regulated industry: the area electricity boards of England and Wales. Energy Economics, v. 13, p. 116–122, 1991.

YIN, R. K. Estudo de caso - planejamento e métodos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

YUNOS, J. M.; HAWDON, D. The efficiency of the National Electricity Board in Malaysia: an intercountry comparison using DEA. Energy Economics, Guildford, v. 19, p. 255-269, 1997.

YUZH, S; ZHANGNA. Study of the Input-Output Overall Performance Evaluation of Electricity Distribution Based on DEA Method. *Energy Procedia*, v. 16, p. 1517–1525, 2012.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies. *Energy Economics*, v. 30 p. 1–14, 2008.

APÊNDICE A – Sites consultados das empresas distribuidoras de energia

AES SUL - <https://www.aesul.com.br/>

AMPLA - <http://www.ampla.com/>

BANDEIRANTE - <http://www.bandeirante.com.br/>

CELPA - <http://www.celpe.com.br/>

CEMAT - <http://www.cemat.com.br/>

COELBA - <http://www.coelba.com.br>

COELCE - <https://www.coelce.com.br/>

COSERN - <http://www.cosern.com.br>

CEEE-D – <http://www.ceee.com.br/>

CEMAR - <http://www.cemar-ma.com.br/>

CPFL-PA - <http://www.cpfl.com.br/>

CPFL-PI - <http://www.cpfl.com.br/>

ELEKTRO - <http://www.elektro.com.br>

ELETROPAULO - <https://www.aeseletropaulo.com.br>

ENERSUL - <http://www.enersul.com.br/>

ESCELSA - <http://www.escelsa.com.br/>

LIGHT - <http://www.light.com.br>

RGE - <http://www.rge-rs.com.br/>