

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS
NÍVEL MESTRADO**

VANESSA DE QUADROS MARTINS

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA
ELÉTRICA: UM ESTUDO COM BASE NA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

**SÃO LEOPOLDO
2014**

Vanessa de Quadros Martins

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ENERGIA
ELÉTRICA: UM ESTUDO COM BASE NA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial 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: Professor Dr. Carlos Alberto Diehl

**São Leopoldo
2014**

M386e Martins, Vanessa de Quadros
 Eficiência econômica em empresas distribuidoras de energia elétrica: um estudo com base na análise envoltória de dados / Vanessa de Quadros Martins. – 2014.
 85 f. : il.

 Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Ciências Contábeis, São Leopoldo, RS, 2014.

 “Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Diehl”

 1. Serviços de eletricidade. 2. Eficiência econômica. 3. Análise envoltória de dados I. Título.

CDU 657

Vanessa de Quadros Martins

**EFICIÊNCIA ECONÔMICA EM EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DO SETOR
ELÉTRICO: UM ESTUDO COM BASE NA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial 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: Professor Dr. Carlos Alberto Diehl

Aprovado em 15/01/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Altair Borgert

Prof. Dr. Igor Alexandre Clemente de Morais

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar vivendo este momento único.

Aos meus pais: à minha mãe que sempre está comigo e ao meu pai em *memorian* que esteja onde estiver compartilha este momento comigo.

Em especial ao meu orientador Dr. Carlos Alberto Diehl pelo seu brilhantismo, por sua incansável disponibilidade, pela capacidade empática e pela forma única como trata os orientandos.

Ao professor Mauricio Tagliari pelo tempo disponibilizado e pelas valiosas contribuições frente à discussão dos resultados.

Às minhas amigas Cybele e Daiane que compartilharam desta trajetória, pelas conversas, conselhos e incentivos.

Às minhas amigas Carla e Eloá que me motivaram a percorrer esta caminhada. Agradeço pela força, apoio e carinho dispensados nos momentos mais difíceis.

Às minhas amigas Jozi e Leticia, e também ao meu amigo José: amigos que sempre acreditaram em mim, sendo indispensáveis na conclusão deste trabalho.

À todas as pessoas que contribuíram de alguma forma na execução desta dissertação.

A maior compreensão é reconhecer o que somos e o que não podemos ser, e aceitar aquilo que não podemos mudar.

Salomão ben Judah

RESUMO

A Medida Provisória nº 579/2012 estabeleceu uma expressiva mudança na regulamentação aplicada ao setor de energia elétrica, sobretudo em relação à renovação das concessões dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia daquelas que tem o término do contrato entre 2013 e 2017. Além desta medida, as distribuidoras de energia elétrica estão passando pelo 3º Ciclo de Revisão Tarifária Periódica, fato que também prevê a redução de encargos que incidem sobre a energia elétrica. Assim, esta pesquisa analisa a eficiência econômica relativa nas empresas distribuidoras de energia elétrica. Trata-se de estudo descritivo, com abordagem quantitativa, realizado com dados do ano de 2012. Com a aplicação da metodologia da Análise Envoltória de Dados determinou-se a eficiência econômica relativa de 18 empresas da população. A eficiência econômica relativa atingiu o escore 100% em sete das 18 empresas analisadas. As empresas eficientes estão espalhadas pelo Brasil, porém nota-se uma concentração na região sudeste. O IDHM, o tamanho da área de concessão da distribuidora e a extensão da rede, bem como a densidade populacional não são fatores explicativos para a obtenção da eficiência. Na maioria das empresas as variáveis Ativo Total e Receita Líquida foram as que mais contribuíram para a obtenção dos escores. Entre os principais pontos que devem ser melhorados está o aumento do resultado do período e a redução do ativo imobilizado.

Palavras-chave: Eficiência Econômica. Análise Envoltória de Dados. Setor Elétrico.

ABSTRACT

Provisional Measure N. ° 579/2012 has established an expressive change in the applied regulations to the electric power sector, especially in relation to the renewal of concessions of power generation, transmission and distribution of those whose contract expires between 2013 and 2017. Besides it the electricity distributors are undergoing the 3rd Cycle of Periodic Tariff Review, a fact that also provides for the reduction of charges imposed on the electricity. This research has determined the relative economic efficiency in electricity distribution companies. This is a descriptive study with a quantitative approach based on data of 2012. With the application of the Data Envelopment Analysis methodology one has determined the relative economic efficiency of the 18 companies in the sample. The relative economic efficiency reached 100% score in seven out of 18 of the analyzed companies. The efficient companies are spread across Brazil, but one notes a concentration in the Southeast Region. It is possible to perceive that IDHM is not a determinant factor for obtaining efficiency. In most companies, the variables Total Assets and Net Revenues were the ones, which contributed the most to obtain the scores. The high population density is a factor that can add to a better efficiency ratio, as well as a smaller size of the network extension can be a factor that takes to the efficiency frontier. Among the main points that should be improved, there is the increase of income for the period and the reduction of permanent assets.

Keywords: Economic Efficiency. Data Envelopment Analysis. Electric Sector.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
AES Sul	AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A.
AIE	Agência Internacional de Energia
AHP	Processo de Análise Hierárquica
AMPLA	Ampla Energia e Serviços S/A
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANEFAC	Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade
BANDEIRANTE	Bandeirante Energia S/A
BCC	Banker, Charnes e Cooper
BM&FBOVESPA	Bolsa de Valores Mercadorias e Futuros de São Paulo
CCC	Conta de Consumo de Combustíveis
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEEE-D	Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
CELPA	Centrais Elétricas do Pará S/A.
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CEMAT	Centrais Elétricas Mato-grossenses S/A
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CHEVAP	Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CPFL- Piratininga	Companhia Piratininga de Força e Luz
CPFL-Paulista	Companhia Paulista 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 por Consumidor
DFA	<i>Distribution Free Approach</i>
DMU	<i>Decision Making Unit</i> (Unidade Tomadora de Decisão)
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EBITDA	Lucro antes dos juros, impostos, depreciação e amortização (<i>Earnings before taxes, depreciation and amortization</i>)
ELEKTRO	Elektro Eletricidade e Serviços S/A.
Eletrobras	Centrais Elétricas Brasileiras
Eletrobras CGTEE	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica
Eletronorte	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A
Eletronuclear	Eletrobras Termonuclear
ELETROPAULO	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A
Eletrosul	Empresa Transmissora de Energia Elétrica do Sul do Brasil S.A.
ENERSUL	Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S/A
FDH	<i>Free Disposal Hull</i>

FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor
FIPECAFI	Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
Furnas	Furnas Centrais Elétricas S.A.
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IPC	Índice Potencial de Consumo
IUEE	Imposto Único sobre Energia Elétrica
LIGHT	Light Serviços de Eletricidade S/A
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MCDEA	<i>MultiCriteria</i> DEA
MME	Ministério das Minas e Energia
MP	Medida Provisória
MWh	Megawatt-hora
NEB	<i>National Electricity Board</i>
ONS	Operador Nacional do Sistema
PIB	Produto Interno Bruto
PND	Programa Nacional de Desestatização
Projeto RE-SEB	Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
RGE	Rio Grande Energia S/A
RGG	Reserva Global de Garantia
RGR	Reserva Global de Reversão
SFA	Análise de Fronteira Estocástica
TFA	<i>Thick Frontier Approach</i>
TFSEE	Taxa de Fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica
VRS	<i>Variable Returns to Scale</i> (Retornos Variáveis de Escala)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxo de pesquisa	20
Figura 2	Principais instituições do atual modelo setorial	33
Figura 3	Regiões das distribuidoras	62
Figura 4	Distribuidoras da região sudeste	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Tarifa industrial média de energia elétrica em estados brasileiros (R\$/MWh)	14
Gráfico 2	Função de produção: produtividade e eficiência	23
Gráfico 3	Análise da orientação	53
Gráfico 4	Distribuição dos Escores de Eficiência Econômica	61
Gráfico 5	<i>Benchmark</i> para as unidades ineficientes	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Modelagem matemática dos modelos DEA CCR	26
Quadro 2	Modelagem matemática dos modelos DEA BCC	26
Quadro 3	Resumo das variáveis comentadas na seção	41
Quadro 4	Empresas distribuidoras de energia elétrica listadas na BM&FBOVESPA	46
Quadro 5	Características das empresas da população	55
Quadro 6	Empresas <i>Benchmark</i> para as unidades ineficientes	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tarifa industrial de consumo de energia elétrica – países membros da AIE	13
Tabela 2	<i>Inputs / Outputs</i> das empresas distribuidoras de energia elétrica	48
Tabela 3	Correlação <i>input x input</i> das variáveis utilizadas	49
Tabela 4	Correlação <i>output x output</i> das variáveis utilizadas	49
Tabela 5	Correlação <i>input x output</i> das variáveis utilizadas	50
Tabela 6	Escores das empresas distribuidoras de energia elétrica	61
Tabela 7	Dados utilizados nos testes de regressão	64
Tabela 8	Dados adicionais das empresas	65
Tabela 9	Variáveis que contribuíram para o resultado das empresas	67
Tabela 10	Percentuais de melhorias	72
Tabela 11	Valores ótimo e efetivo da variável EBITDA/Unidades Consumidoras	73

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA.....	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO.....	16
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	21
2.1 EFICIÊNCIA	21
2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS	25
2.3 SETOR ELÉTRICO	29
2.4 ESTUDOS RELACIONADOS	35
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	45
3.2 POPULAÇÃO	46
3.3 DEFININDO AS VARIÁVEIS	47
3.4 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	51
3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	52
3.6 LIMITAÇÃO DA PESQUISA	54
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	55
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO	55
4.2 ESCORES DE EFICIÊNCIA	60
4.3 BENCHMARKS E MELHORIAS	70
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a contextualização do tema, após é exposto o problema de pesquisa, bem como o objetivo geral, além de mostrar os objetivos específicos. Em seguida, alega-se a justificativa com suas contribuições e relevância. E, por fim, são exibidas as delimitações da pesquisa.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

O sistema elétrico brasileiro vem passando por transformações mais profundas desde os anos 90. O setor foi privatizado e – com a segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição – as empresas começaram a competir entre si, estimulando a concorrência. Na década seguinte, o setor foi marcado pela crise, ocasionando racionamento e apagões, o que levou ao aumento das tarifas de energia. Órgãos foram criados com o objetivo de regular e fiscalizar o setor (ANEEL, 2012).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a tarifa média de energia elétrica para a indústria no Brasil sem impostos, no ano de 2011, foi de R\$ 245,50 por megawatt-hora (MWh). Em países membros da Agência Internacional de Energia (AIE), as tarifas para a indústria podem ser visualizadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Tarifa industrial de consumo de energia elétrica – países membros da AIE

País	dólar/MWh	País	dólar/MWh
Itália	279,31	Eslovênia	126,38
Japão	179,03	Polônia	121,76
Eslováquia	178,48	França	121,53
Rep. Checa	159,93	Holanda	120,56
Alemanha	157,22	Luxemburgo	117,29
Chile	154,30	México	117,06
Irlanda	152,39	Dinamarca	115,17
Espanha	148,76	Finlândia	113,64
Portugal	139,14	Suécia	104,19
Turquia	138,64	Israel	97,06
Bélgica	138,51	Nova Zelândia	73,72
Hungria	134,21	Noruega	71,16
Suíça	131,62	Estados Unidos	69,56
Inglaterra	127,38		

Fonte: Agência Internacional de Energia (2011).

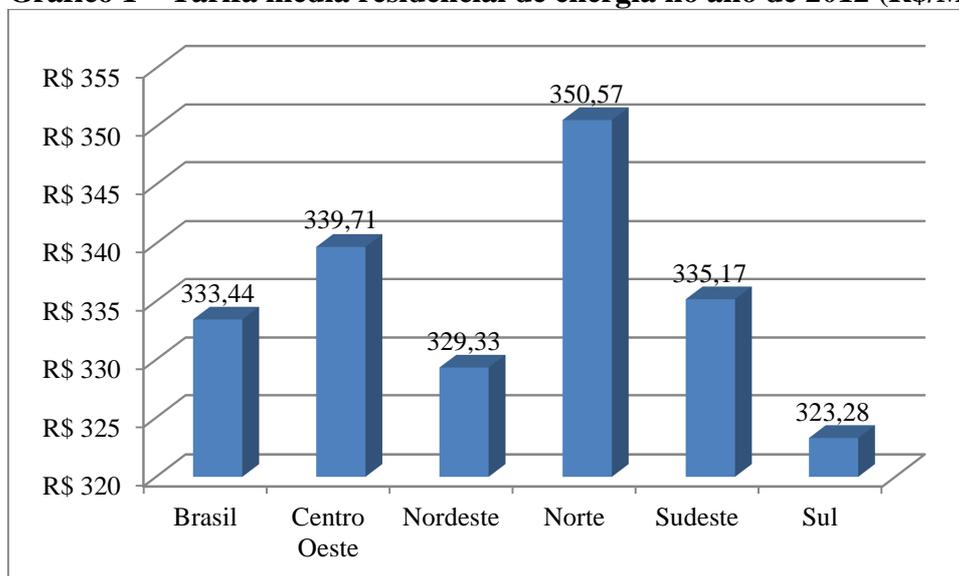
Fugimoto (2010) explica que são necessárias duas etapas para a determinação das tarifas das distribuidoras de energia elétrica: na primeira, calcula-se o nível tarifário (receita necessária para que a distribuidora mantenha o equilíbrio econômico-financeiro) composto

pela parcela A (custos exógenos aos da distribuidora) e pela parcela B (custos sob o controle das distribuidoras); na segunda, determina-se a estrutura tarifária, ou seja, determinam-se as tarifas que serão cobradas para cada tipo de usuário.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) adotou a metodologia de empresa de referência para determinar os valores máximos das tarifas de energia elétrica de cada uma das concessionárias de distribuição. A empresa de referência é uma empresa fictícia localizada na área da concessão da distribuidora que simula as condições operacionais da distribuidora, criada com o objetivo de assegurar aos clientes que a tarifa paga contemple a eficiência na prestação do serviço, já que o consumidor não tem a possibilidade de escolher outro fornecedor (ANEEL, 2012).

Cada região do país tem uma tarifa diferente, tendo em vista que há diferenças demográficas, geológicas e hidrográficas e que o custo para operar em regiões menos desenvolvidas é maior do que em áreas mais povoadas. Além destes fatores, a tarifa também é afetada pelo Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) que é diferente em cada Estado. No Gráfico 1 apresentam-se os valores médios da tarifa Residencial de cada região do país no ano de 2012.

Gráfico 1 – Tarifa média residencial de energia no ano de 2012 (R\$/MWh)



Fonte: Elaborado pela autora, com base em dados da ANEEL (2012).

Nota: os dados não consideram tributos e outros elementos que fazem parte da conta de luz.

Em 2012, o Governo Federal propôs a redução da tarifa, beneficiando vários segmentos da sociedade, principalmente a indústria, que concentra metade do consumo nacional. As empresas são estimuladas pela ANEEL a serem eficientes e a reduzirem seus custos operacionais (DIEESE, 2012). Como a ANEEL pré-estabelece as tarifas que deverão

ser cobradas dos consumidores, as empresas devem buscar a eficiência constantemente, procurando reduzir seus custos e despesas para alcançar maiores lucros.

Fried, Lovell e Schmidt (2008) apontam três motivos para o estudo da eficiência e produtividade. Argumentam que a possibilidade de identificar as fontes de eficiência ou diferenciais de produtividade é essencial para medir o desempenho da organização, pois proporciona uma gestão capaz de monitorar o desempenho da unidade de produção. Além disso, citam que o desempenho macro depende do desempenho micro e, por fim, que eficiência e medidas de produtividade são indicadores de sucesso, já que o crescimento da produtividade leva a um melhor desempenho financeiro.

Vergés (2011) aponta que, em geral, quaisquer que sejam os indicadores usados para medir a eficiência, é ideal comparar os valores de cada indicador, não só entre si, mas também com um valor de referência, externos à empresa. Macedo, Santos e Silva (2004) afirmam que não existe um único método ou modelo de avaliação de desempenho que se adapte a qualquer variável empresarial.

Diante disto, dentre as principais técnicas que podem ser utilizadas para medir a eficiência relativa de um grupo de empresas, está a Análise Envoltória de Dados. Trata-se de uma técnica não paramétrica, desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Esta técnica é capaz de identificar a fronteira de eficiência de unidades semelhantes, a partir das unidades produtivas mais eficientes, utilizando múltiplas entradas e saídas. Desta forma, as unidades identificadas como eficientes estão posicionadas na curva de eficiência relativa, e as não eficientes são posicionadas abaixo da curva (SANTOS; CASA NOVA, 2005).

Nesse sentido, a economia de energia proporciona benefícios sociais, ambientais e de competitividade à sociedade, possibilitando ao governo e ao empresário direcionar recursos para outras prioridades, sem perda de qualidade. Neste contexto, surge um questionamento que origina o problema desta pesquisa: Qual a eficiência econômica relativa em empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica?

1.2 OBJETIVOS

Com base no problema de pesquisa foram estabelecidos objetivos gerais e específicos para este estudo, descritos a seguir.

Para responder ao problema proposto nesta pesquisa, o objetivo geral do estudo é determinar a eficiência econômica relativa em empresas distribuidoras do setor elétrico brasileiro.

Para a consecução do objetivo geral estabelecido, propõem-se como objetivos específicos:

- a) determinar as variáveis de insumos (*inputs*) e produtos (*outputs*);
- b) determinar os índices de eficiência econômica relativa das unidades analisadas;
- c) identificar os determinantes da eficiência econômica relativa das unidades analisadas;
- d) identificar as empresas de referência para as ineficientes por meio dos *benchmarks*.

1.3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Sendo parte do setor de infraestrutura, o setor de energia elétrica assume considerável importância para a produtividade e desenvolvimento econômico do país, além de prover recursos essenciais aos cidadãos. A energia elétrica está presente em todas as atividades humanas: desde o fornecimento da iluminação, conservação de alimentos, entretenimento, até a produção de bens destinados ao consumo. Por se tratar de um serviço de utilidade pública (e com características de monopólio), o setor elétrico é objeto de regulação. A busca pela maximização da eficiência técnica, econômica e ambiental em uma esfera em que as tarifas são pré-fixadas e a manutenção dos serviços é onerosa, torna-se essencial para o alcance do objetivo das empresas: obtenção de retorno financeiro. Ademais, o setor elétrico é tema constante de debates junto à sociedade brasileira, daí a relevância em estudá-lo.

Após o apagão ocorrido em 2001, o qual ocasionou o racionamento de energia e consequentemente a queda no Produto Interno Bruto (PIB), uma das medidas para a economia de energia elétrica foi a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes. Os países europeus deixaram de produzir lâmpadas incandescentes desde 2009 e, no Brasil, a Portaria nº 1.007 do Ministério de Minas e Energia, publicada em 2012, determinou que essas lâmpadas deixassem de ser produzidas, devendo ser extintas até 2015. Estima-se que as lâmpadas fluorescentes reduzem o consumo de energia em até 80%, quando comparadas a lâmpadas incandescentes, além de apresentarem durabilidade superior.

Outro fato expressivo ocorre desde 1970, quando começaram a ser realizados estudos de viabilidade técnica e econômica no local onde, hoje, está sendo construída a usina hidrelétrica de Belo Monte, no estado do Pará. Nesses últimos anos, o projeto sofreu várias alterações. Empresas de consultoria foram contratadas para avaliar o impacto ambiental, aconteceram audiências públicas, além de reuniões com a Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Governo Federal, ambientalistas e população indígena. Em março/2010, efetivou-se

um leilão no qual definiu-se o consórcio Norte Energia como responsável pela construção da usina. O início das obras da futura terceira maior hidrelétrica do mundo começou em junho/2011, porém algumas questões a respeito da construção da usina foram consideradas polêmicas. Uma delas é que as cidades de Altamira e Vitória do Xingu terão grandes áreas inundadas, o que poderá prejudicar os agricultores locais e a população ribeirinha. Outra seria a alteração da vazão do rio Xingu que causaria alterações no ciclo ecológico da região, ao atingir a fauna e a flora, acarretando, assim, impactos ambientais e econômicos. Além disso, a usina está sendo construída sem reservatório e dependerá da sazonalidade das chuvas, tornando-se um problema na época de seca, o que impacta na redução da geração de energia.

Este estudo apresenta sua contribuição empírica, ao introduzir a análise envoltória de dados como forma de dar suporte ao processo de tomada de decisões, pelos usuários internos e externos às empresas, e colabora, ainda, ao gerar informações úteis aos diversos interessados nesse setor.

A importância desta pesquisa dá-se, também, pelo seu auxílio teórico no que se refere à análise envoltória de dados como ferramenta de medição de eficiência em diversas empresas. Além disso, apesar de o site www.periodicos.capes.gov.br retornar 10 trabalhos, quando, na busca avançada, utiliza-se os verbetes: “elétrico”, “elétrica” e “DEA”, e a base de dados EBSCOHost, empregando os mesmos verbetes, localizar 273 artigos, este trabalho faz uma abordagem considerando variáveis diferentes dos artigos pesquisados. Assim, acredita-se que os resultados deste estudo poderão fornecer informações relevantes e complementares às investigações anteriormente realizados.

A ANEEL reajusta os preços de venda de energia das distribuidoras a cada quatro anos. Esse processo, chamado Revisão Tarifária Periódica, tem como principal objetivo reestabelecer o equilíbrio econômico-financeiro da concessão, sendo possível às empresas auferir ganhos de produtividade, reajustar taxas de remuneração e repassar benefícios ao consumidor. Além disso, anualmente, faz-se o reajuste da tarifa com base no fator X^1 e na inflação, processo chamado de Revisão Tarifária Anual. Ainda, poderá ocorrer a Revisão Tarifária Extraordinária, quando solicitado pela distribuidora, em função de eventos significativos que abalem a estrutura econômico-financeira da empresa (ANEEL, 2012). Apesar de as distribuidoras passarem pelo processo de revisão tarifária, a ANEEL pode reajustar o valor das tarifas para mais ou para menos, pois ela faz uma comparação com

¹O Fator X é um índice estabelecido pela ANEEL, com a finalidade de repassar ao consumidor os ganhos de produtividade estimados da concessionária, decorrentes do crescimento do mercado e do aumento do consumo dos clientes existentes (ANEEL, 2007).

empresas similares com a finalidade de garantir uma tarifa justa, tanto para os consumidores quanto para os investidores, a fim de estimular o aumento da eficiência e da qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2007). Esse processo de revisão tarifária incentiva as distribuidoras a reduzirem custos e a serem mais eficientes na prestação dos serviços, pois os ganhos de produtividade obtidos pela empresa serão repassados aos consumidores na próxima revisão tarifária (ANEEL, 2007).

Em 2011, a ANEEL aprovou um conjunto de novas regras para o 3º ciclo da Revisão Tarifária Periódica que iria vigorar entre 2012 e 2014. A ANEEL estima que a adoção das novas regras contribua para redução do valor da conta de luz à medida que as empresas passem pela revisão tarifária, pois, entre outros fatores, houve a redução em 2% da taxa de remuneração do capital investido pelas distribuidoras. Outra medida foi a inclusão de um componente que mede a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias, ou seja, aquelas que prestam bom serviço seriam beneficiadas com reajustes maiores (ANEEL, 2011). Conseqüentemente, as empresas deverão almejar a eficiência econômica e técnica, uma vez que o retorno investido foi reduzido e aquelas que não prestarem um serviço de qualidade serão penalizadas.

Vale ressaltar que o faturamento das empresas do setor de distribuição de energia elétrica é limitado, pois as tarifas são pré-estabelecidas. Desse modo, a lucratividade depende do aumento do consumo e do crescimento populacional (GALVÃO; SILVA; MACEDO, 2009). Nesse sentido, levando em consideração as alterações estabelecidas pela ANEEL na Revisão Tarifária Periódica, é importante que as empresas disponha de seus recursos da melhor maneira possível para que sejam consideradas eficientes em relação a um mesmo objetivo.

Além disso, o Governo Federal, por meio da Medida Provisória (MP) 579, divulgou um conjunto de regras voltado para a renovação das concessões dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia. O prazo destas concessões vence entre 2015 e 2017, assim, a Medida Provisória veio para prorrogar estas concessões por um período de 30 anos. A MP determinou que as empresas que aceitarem antecipar a renovação terão de promover redução tarifária. A proposta prevê a redução de encargos os quais incidem sobre a energia elétrica que beneficiará tanto os consumidores industriais quanto os residenciais. Os impostos que sofrerão redução seriam: Reserva Global de Reversão (RGR), Conta de Consumo de Combustível (CCC) e Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), e também a Taxa de Fiscalização dos Serviços de Energia Elétrica (TFSEE) que passará de 0,5% para 0,4%. Logo, diante do exposto, para manter sua lucratividade as concessionárias deverão elevar sua

eficiência, buscando a redução de custos e a maximização da produção, pois terão sua receita afetada pela redução dos encargos.

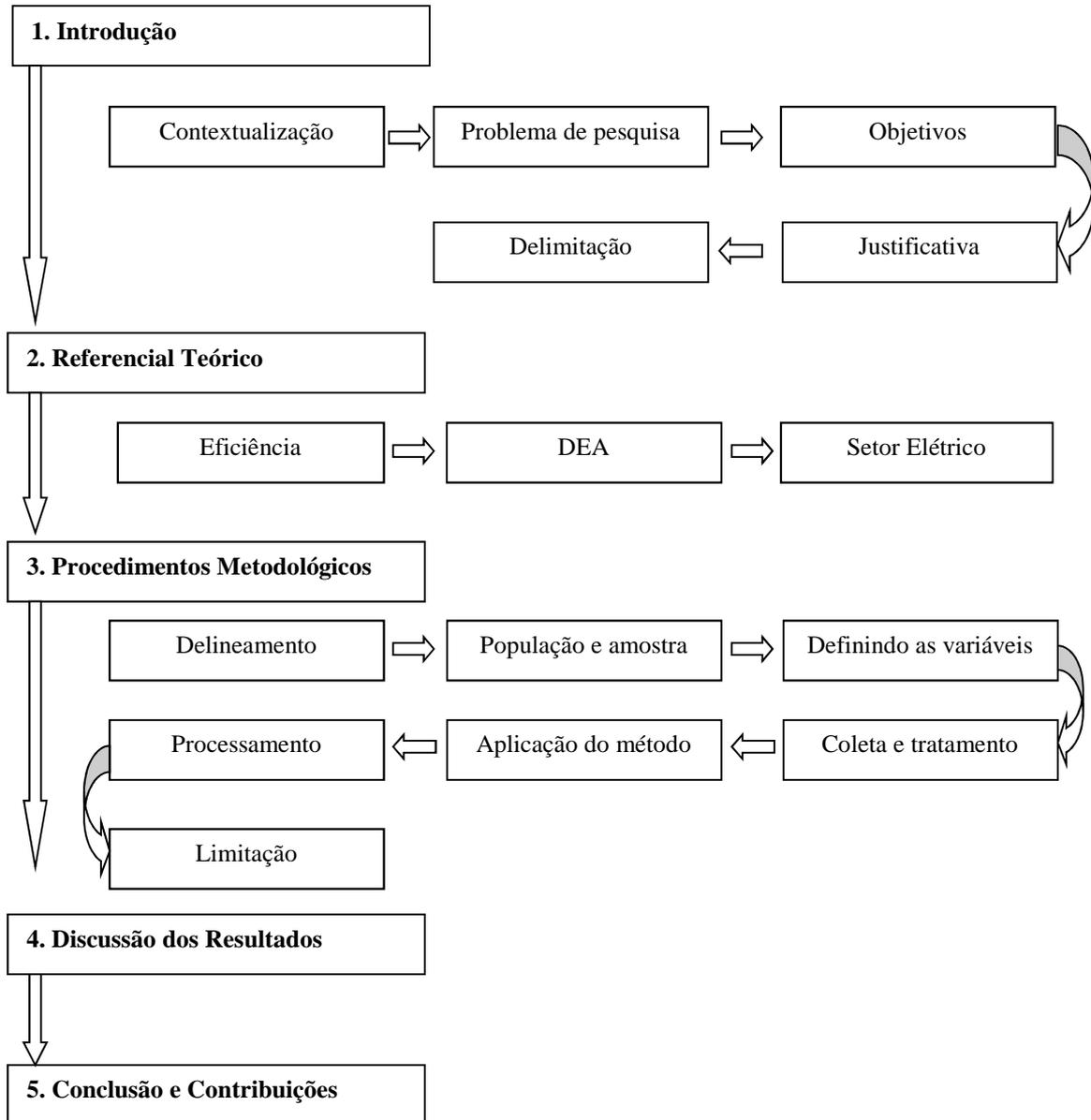
1.4 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este estudo limitou-se a determinar a eficiência econômica das empresas pesquisadas, sendo estimada a eficiência relativa e não a eficiência absoluta. A Análise Envoltória de Dados determina índices de eficiência relativa, tornando os resultados válidos somente enquanto as empresas permanecerem iguais. Segundo Macedo, Steffanello e Oliveira (2007) os resultados obtidos com a Análise Envoltória de Dados retratam a eficiência relativa entre as unidades analisadas, de modo que o resultado restringe-se à amostra utilizada. Sendo assim, a inclusão ou exclusão de outras empresas na amostra afetará o resultado encontrado. Portanto, os resultados exibidos serão válidos somente para as empresas investigadas no período observado.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. No primeiro capítulo, apresenta-se a introdução ao tema, justificando a importância do estudo. Expõem-se também os objetivos e as limitações do estudo. O segundo capítulo é composto pelo referencial teórico que sustenta esta dissertação, contemplando: (i) eficiência, (ii) análise envoltória de dados e (iii) setor elétrico. Ao longo do terceiro capítulo são abordados os métodos que proporcionaram o alcance dos objetivos estabelecidos nesta pesquisa, a descrição da população, amostra, procedimentos de coleta e tratamento dos dados, além da definição das variáveis utilizadas nesta pesquisa. No quarto capítulo relata-se a análise dos resultados. Por fim, no quinto capítulo, mencionam-se as conclusões e contribuições para estudos futuros. Na Figura 1 expõe-se essa esquematização.

Figura 1 – Fluxo de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo está subdividido em quatro seções. Na primeira, são abordados os conceitos de eficiência. Em seguida, apresenta-se a Análise Envoltória de Dados. A terceira seção trata do setor elétrico, e por fim, expõem-se alguns estudos relacionados com a utilização da análise envoltória de dados na obtenção da eficiência econômica.

2.1 EFICIÊNCIA

Antes de abordar os métodos de análise de eficiência, alguns conceitos se mostram necessários, pois, apesar de simples, as definições não são claramente precisas (COELLI et al., 2005). A eficácia é definida por Peña (2008, p.86) como “uma medida normativa dos alcances dos objetivos”, ou seja, ser eficaz implica em alcançar os resultados esperados para um determinado objetivo.

Para Coelli et al.(2005) a produtividade pode ser obtida pelo quociente do que foi produzido e do que foi gasto para que tal produção acontecesse. Os autores representam pela equação $\text{Produtividade} = \text{outputs}/\text{inputs}$. Jubran (2006) define produtividade como a relação entre a quantidade ou valor produzido (saídas ou *outputs*) e a quantidade ou valor dos insumos aplicados àquela produção (entradas ou *inputs*).

Fried, Lovell e Schmidt (2008) definem a produtividade de uma unidade produtiva pelo quociente entre suas saídas e entradas. Salientam que este valor é fácil de ser encontrado, se a unidade produtiva utilizar uma única saída. No caso de a unidade produtiva valer-se de várias entradas para produzir várias saídas, as saídas no numerador devem ser agregadas de modo economicamente sensível, assim como as entradas no denominador, de modo que a produtividade continuará sendo a razão de duas escalares. O crescimento da produtividade, então, será a diferença entre o crescimento da saída e o crescimento da entrada, e o requisito de agregar também se aplica aqui.

Desta forma, entende-se por eficiência a característica de uma unidade produtiva em alcançar o melhor rendimento com o mínimo de erros e/ou consumo de recursos (JUBRAN, 2006). Complementarmente, Daraio e Simar (2007) definem eficiência como a distância entre a quantidade de entradas e saídas e a quantidade de entradas e saídas que define a fronteira, como a melhor fronteira possível para a empresa em seu conjunto.

Para Beloni (2000), a eficiência de uma empresa pode ser analisada com base no ponto de vista econômico (eficiência alocativa) ou no ponto de vista produtivo (eficiência produtiva). Assim, uma empresa pode ser tecnicamente eficiente, mas ainda pode melhorar

sua produtividade ao explorar a escala econômica. Beloni (2000) considera que a eficiência produtiva está relacionada aos conceitos de racionalidade econômica e de produtividade material, demonstrando a capacidade da empresa em obter melhores resultados utilizando o mínimo de recursos.

Os primeiros estudos sobre eficiência foram iniciados com Koopmans (1951) e Debreu (1951). Alguns anos depois, Farrell (1957) ampliou o conceito de produtividade para um conceito mais geral de eficiência. Em seu estudo, utilizou as técnicas de programação linear para determinar a eficiência relativa de um grupo de empresas comparando-as com o melhor nível de eficiência até então observado. Entre os conceitos introduzidos, pode-se citar: eficiência técnica, medida radial, fronteira de eficiência.

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) aperfeiçoaram os estudos de Farrell (1957), permitindo a adoção de múltiplos insumos e produtos. Surgiu, desse modo, a técnica de construção de fronteiras de produção e indicadores da eficiência produtiva denominada Análise por Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*). Coelli et al. (2005) salientam que essa técnica permite analisar a eficiência sob dois aspectos, a eficiência técnica e a eficiência de escala.

Define-se eficiência técnica quando uma *Decision Making Unit* (DMU) é 100% eficiente, se o desempenho de outra DMU não mostrar que algumas de suas entradas ou saídas pode ser melhorada sem agravamento de alguns dos seus outros insumos ou saídas (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2004). Uma DMU pode ser uma companhia ou uma organização não governamental com múltiplas entradas e saídas (HABIBOV; FAN, 2010).

Acosta, Silva e Lima (2011, p. 3) afirmam que a “eficiência técnica de uma unidade produtiva é medida através da comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos (*outputs*) e/ou insumos (*inputs*)”. Desse modo, a eficiência técnica será sempre ≤ 1 . Uma unidade será tecnicamente eficiente, quando sua medida de eficiência for igual a 1.

Para Silva (1977, p. 157) a definição de eficiência técnica “é medida pelo máximo de produção física que é obtida a partir de um conjunto de recursos (...), assim quanto maior a proporção da produção por unidade de fator, maior será o grau de eficiência técnica”. A eficiência técnica ocorre, quando uma empresa consegue maximizar o nível de produção conforme os insumos e a tecnologia disponível (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2004).

Para Lamera, Figueiredo e Zavala (2008) a eficiência econômica possui componentes técnicos e alocativos. Fried, Lovell e Schmidt (2008) explicam que o componente técnico se refere à habilidade de evitar o desperdício, quer seja pela produção de tanta saída quanto à tecnologia e ao uso de entrada permitam ou pelo uso do mínimo de entrada necessário pela

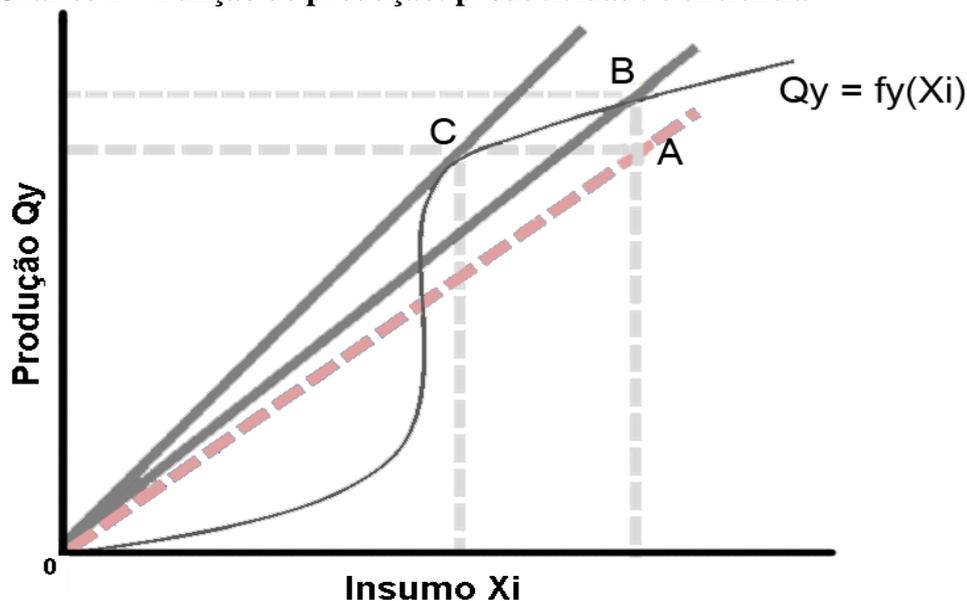
tecnologia e pela produção de saída. Desse modo, a análise da eficiência técnica pode ter uma orientação para o aumento da saída ou uma orientação na conservação da entrada. O componente alocativo refere-se à habilidade de combinar entradas e/ou saídas em proporções ideais sob a luz dos preços prevalentes. Proporções ideais satisfazem condições de primeira ordem para a otimização do problema atribuído à unidade de produção. Já a eficiência alocativa, segundo Sharma et al. (1999), reflete a capacidade de a empresa produzir a melhor combinação de saídas diferentes, recorrendo aos insumos na proporção ideal.

Para Silva (1977) a definição de eficiência econômica é relacionada ao lucro de uma empresa representado pela diferença entre receitas e custos. Peña (2008) arremata, quando diz que a eficiência econômica é um complemento da eficiência técnica, onde essa envolve além dos aspectos físicos, os monetários. Desse modo, uma DMU pode apresentar eficiência técnica e não apresentar eficiência econômica, pois não aproveitou a melhor combinação de insumos para reduzir seus custos (PEÑA, 2008) ou aumentar suas receitas.

Conclui-se que a eficiência econômica refere-se a produzir mais produtos com o mesmo custo, ou reduzir os custos, mantendo a mesma produção. Para isso, é necessário o alcance da eficiência técnica, no qual deve ser gasto o menor nível possível de insumos para produzir um nível dado de produção, ou quando se obtém o maior nível possível de produção com um dado nível de insumos. Logo, a eficiência econômica e técnica estão relacionadas.

No Gráfico 2 são mostradas a produtividade e eficiência de um insumo e um produto.

Gráfico 2 – Função de produção: produtividade e eficiência



Fonte: FERREIRA; GOMES (2012, p. 26)

Observa-se que o segmento OC tangencia a função de produção no ponto C no maior ângulo possível. A partir do ponto C, a produtividade decresce. Vê-se também que os pontos C e B sobre a função de produção são tecnicamente eficientes, porque se referem às produções máximas de Q_y , com a utilização do insumo X_i . O ponto C é mais produtivo que o ponto B, pois, para produzir B, a quantidade do aumento de insumos foi maior do que para produzir C. Consequentemente, a produtividade média em C é maior que em B.

O ponto A é ineficiente, já que, conforme percebe-se no Gráfico 2, com a mesma quantidade de insumo X_i é possível produzir uma quantidade de produto Q_y maior. Há duas opções para este ponto A tornar-se eficiente: primeira, deslocar o ponto A para o ponto C, reduzindo a quantidade do insumo utilizado de X_A para X_C . A produção permaneceria no mesmo patamar e a orientação é o insumo; segunda, deslocar o ponto A para o ponto B, aumentando a quantidade produzida de Q_A para Q_B . É mantida a mesma quantidade do insumo X_A e a orientação é a produto (FERREIRA; GOMES, 2012).

Para Gumbau-Albert e Maudos (2002) a eficiência também é entendida como um determinante de custo da Gestão Estratégica de Custos, já que a maximização do nível de produção pode ser obtida por uma combinação de fatores. Riley (1987 *apud* SHANK; GOVINDARAJAN, 1997, p.56) propõem uma lista de determinantes de custos, divididos em dois grupos: estruturais (escala, escopo, experiência, tecnologia e complexidade) e execução (comprometimento da força de trabalho, gestão da qualidade total, utilização da capacidade, eficiência do *layout* das instalações, configuração do produto e exploração de ligações na cadeia de valor). Souza, Souza e Pessanha (2010) afirmam que os ganhos de produtividade são originados, principalmente, pelo crescimento do mercado e pelo aumento do consumo das distribuidoras. O ganho de produtividade é decorrente da presença de economias de escala.

Os métodos de cálculo da eficiência são classificados em métodos paramétricos e em não paramétricos. Os métodos paramétricos estão relacionados à mensuração de dados, utilizando escala de intervalo ou de razão e calçados em parâmetros que partem de pressupostos para testar a amostra. Já os métodos de cálculo não paramétricos são utilizados quando os parâmetros violam os pressupostos da amostra. Como método não paramétrico, pode-se citar: Análise Envoltória de Dados (DEA), Processo de Análise Hierárquica (AHP), *Free Disposal Hull* (FDH); já como método paramétrico: Índice de Malmquist, Análise de Fronteira Estocástica (SFA), *Thick Frontier Approach* (TFA), *Distribution Free Approach* (DFA).

Nessa pesquisa, o método utilizado para a determinação da eficiência relativa é a Análise Envoltória de Dados que será abordada na próxima seção.

2.2 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS

A Análise Envoltória de Dados (do inglês, *Data Envelopment Analysis*, DEA) é uma técnica matemática, não-paramétrica, desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978) que é utilizada para medir a eficiência relativa de várias unidades de uma organização (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Cooper, Seiford e Zhu (2004) definem a DEA como uma abordagem destinada à avaliação de desempenho de um conjunto de entidades chamado *Decision Making Units* (DMU) que converte múltiplas entradas em múltiplas saídas.

Em 1978, Rhodes apresentou sua dissertação com o objetivo de comparar o desempenho de um conjunto de escolas públicas, sendo que um dos *inputs* empregados foi o aumento da autoestima (medida em testes psicológicos) e um dos *outputs* adotados foi o tempo gasto pela mãe em leituras com o filho. Esse estudo originou o modelo CCR (abreviatura dos sobrenomes dos autores: Charnes, Cooper e Rhodes) ou também chamado de modelo CRS (*Constant Returns to Scale*), onde se avaliou a eficiência total, identificando as DMU eficientes e ineficientes, utilizando múltiplos insumos e produtos, com a construção de um único insumo virtual e um único produto virtual (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Já em 1984, foi desenvolvido o Modelo BCC, criado por Banker, Charnes e Cooper, também conhecido como *Variable Returns to Scale* (VRS). Neste modelo, é avaliada a eficiência técnica podendo apresentar retornos variáveis de escala, ou seja, decrescentes ou crescentes (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984).

Os modelos CCR e BCC podem ser orientados à *input* e à *output*. Vale-se da orientação *input* quando se busca reduzir os recursos empregados, sem modificar o nível de produção. A orientação *output* é aplicada quando se busca maximizar a produção, sem modificação nos recursos empregados. No Quadro 1, pode-se visualizar a modelagem matemática para a aplicação dos modelos CCR.

De acordo com Freaza (2006), nos modelos CCR e BCC, o conjunto de pesos é chamado de multiplicador, e a sua formulação é chamada de Modelo dos Multiplicadores.

Os modelos BCC estão representados no Quadro 2, os quais diferem dos modelos CCR devido à inserção das variáveis u e v , utilizados nas orientações à *input* e à *output*. Essas variáveis representam fatores de escala, indicando retornos decrescentes de escala quando positivas, ou ainda indicando retornos crescentes de escala, quando negativas. Quando apresentam valores nulos determinam-se retornos constantes de escala (FREAZA, 2006).

Quadro 1 - Modelagem matemática dos modelos DEA CCR

Minimização de Inputs	Maximização de outputs
Primal (Multiplicadores)	Primal (Multiplicadores)
Maximizar $h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0}$ Sujeito a $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} = 1 - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, k = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$	Minimizar $h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0}$ Sujeito a $\sum_{j=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} \leq 0, k = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$
Dual (Envelope)	Dual (Envelope)
Minimizar θ Sujeito a $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, r$ $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, s$ $\lambda_k \geq 0 \forall k$	Maximizar θ Sujeito a $\theta y_{j0} - \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, r$ $\lambda_k \geq 0 \forall k$

Fonte: Mehrabian; Alirezaee; Jahanshahloo (1999)

Quadro 2 - Modelagem matemática dos modelos DEA BCC

Minimização de Inputs	Maximização de outputs
Primal (Multiplicadores)	Primal (Multiplicadores)
Minimizar θ Sujeito a $\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, r$ $-\theta y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, s$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$	Maximizar θ Sujeito a $-\theta y_{j0} - \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, s$ $x_{i0} + \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, r$ $\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1$ $\lambda_k \geq 0$
Dual (Envelope)	Dual (Envelope)
Maximizar $h_0 = \sum_{j=1}^s u_j y_{j0} - u^*$ Sujeito a $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - u^* \leq 0, k = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$	Minimizar $h_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{i0} + u^*$ Sujeito a $\sum_{j=1}^r u_j y_{jk} = 1$ $\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^r u_j y_{jk} - u^* \leq 0, k = 1, 2, \dots, n$ $u_j \text{ e } v_i \geq 0 \forall j, i$

Fonte: Mehrabian, Alirezaee, Jahanshahloo (1999)

Onde:

h_0 e θ – eficiência;

u_j, v_i – pesos de *outputs* e *inputs* respectivamente;

x_{ik}, y_{jk} – *inputs* i e *outputs* j da DMU k ;

x_{i0}, y_{j0} – *inputs* i e *outputs* j da DMU 0;

λ_k – k -ésima coordenada da DMU 0 em uma base formada pelas DMU de referência.

Bowlin (1998) esclarece que a diferença entre o modelo CCR e o modelo BCC é que o modelo BCC permite retornos variáveis de escala medindo apenas a eficiência técnica para cada DMU.

Zhu (2000) lembra que pelo fato da DEA ser baseada em programação matemática, seu uso é adequado para a utilização de múltiplos insumos e produtos. Cooper, Seiford e Zhu (2004) apontam que desde que a DEA foi idealizada em 1978, pesquisadores em todo o mundo reconhecem sua facilidade e excelente metodologia para avaliar o desempenho de empresas.

De acordo com Soteriou e Zenios (1999), a DEA tem como objetivo avaliar a eficiência relativa de unidades homogêneas transformando insumos em produtos. Uma unidade é considerada eficiente (taxa de eficiência igual a 100%) se não houver outra unidade no conjunto de dados que produza mais saídas, utilizando as mesmas entradas, ou as mesmas saídas, utilizando menos entradas.

Kassai (2002) aborda que a fronteira eficiente revelada pode não ser a fronteira eficiente efetiva, caso as DMU em análise estiverem em condições distantes do livre mercado. Desse modo, é chamado de eficiência relativa ou pareto-eficientes. A denominação mais adequada para empresa eficiente deveria ser ponto pareto não dominado, pois os pontos abaixo da curva representam planos de produção que foram “dominados” e estão “envolvidos” pela operação das empresas eficientes.

Para Zhu (2000), a DEA é a ferramenta mais indicada para avaliar a eficiência, em comparação com ferramentas convencionais. Segundo Soteriou e Zenios (1999), a DEA pode ser usada além da aplicação tradicional de medição de eficiência. Silveira, Meza e Melo (2012) acrescentam ao dizer que os modelos DEA ainda permitem identificar as unidades de referência (*benchmarks*) para as DMU ineficientes, proporcionando, desta forma, uma melhoria do desempenho da empresa.

Almeida, Mariano e Rebelato (2006) entendem que, apesar das inúmeras ferramentas para cálculo da eficiência, a Análise Envoltória de Dados é uma das técnicas mais adequadas para o cálculo da eficiência. De acordo com Thanassoulis (2001), a aplicação desta técnica

requer que as unidades sejam homogêneas, de modo que as unidades analisadas possuam objetivos semelhantes.

Verifica-se a utilização da DEA para cálculo de eficiência relativa em vários segmentos: em universidades (MAINARDES; ALVES; RAPOSO, 2012), (BELLONI, 2000), em agências bancárias (FREAZA, 2006), (STEFFANELLO, 2010), nos municípios (VIEIRA, 2009), nos correios (BORENSTEIN; BECKER, PRADO, 2004), em cooperativas agropecuárias (SOUZA; BRAGA; FERREIRA, 2011), em supermercados (SOUZA, MACEDO, FERREIRA, 2010), em aeroportos internacionais (ALMEIDA, MARIANO, REBELATTO, 2007).

Maçada (2001) elenca algumas vantagens na utilização da análise envoltória de dados. São elas: utilização de múltiplas variáveis de *inputs* e *outputs*; dispensa a utilização de hipóteses; as DMU são comparadas em pares ou combinação de pares; e os *inputs* e *outputs* podem ter diferentes medidas. Galvão, Silva e Macedo (2009) citam como uma das principais vantagens da DEA o fato de que não é necessário estabelecer pesos para as variáveis, pois isto é realizado através dos algoritmos de programação. Porém isto pode distorcer o resultado, tendo em vista que algumas variáveis recebem peso zero, enquanto outras são quase que inteiramente responsáveis pelo *score* da eficiência de uma DMU. Para Borenstein, Becker e Prado (2004), a principal vantagem da DEA é que a avaliação de desempenho pode ser bem alinhada com a gestão de desempenho.

Maçada (2001) ainda elenca algumas limitações desta técnica: erros de mensuração podem causar distorções no resultado; a eficiência estimada de uma DMU é relativa e não absoluta; dificulta testes de hipóteses estatísticas por ser uma técnica não paramétrica.

Kassai (2002) aponta o tratamento com números negativos como uma dificuldade na aplicação da DEA. Lembra que alguns indicadores contábeis podem assumir valores negativos, como o resultado do período. Uma das formas de lidar com essa situação, seria excluindo as DMU que apresentaram valores negativos.

No estudo de Ali e Seiford (1990) essa dificuldade pode ser tratada somando-se uma constante as variáveis. Alguns anos depois, Pastor (1996) constatou que no modelo BCC, a soma dessa constante só pode ser aplicada aos insumos (se a orientação utilizada for produtos), ou aos produtos (se a orientação utilizada for a insumos).

Bowlin (1998) adverte que a escolha das variáveis de *inputs* e *outputs* é um fator que exige muita atenção para não comprometer o resultado da pesquisa. Habibov e Fan (2010) afirmam que o ideal é que a soma dos *inputs* e *outputs* seja maior ou igual do que o número de DMU dividido por três.

Bowlin (1998) define a regra geral de que três DMU são necessárias para cada entrada e saída utilizada no modelo, a fim de garantir uma análise significativa. Uma maneira de obter DMU adicionais é por meio da desagregação de dados, por exemplo, quebrar dados anuais em dados trimestrais. Neste caso, cada operação trimestral seria, então, considerada uma DMU separada. Assim, se havia originalmente sete entidades, com a desagregação, seriam obtidas 28 DMU disponíveis.

Maçada (2001) cita como justificativa para o crescente uso da DEA, a abrangência de possibilidades que a ferramenta disponibiliza; a possibilidade de ser manipulada através de *softwares* o que reduz o esforço e a transmissão de confiança aos usuários nos resultados obtidos.

Tendo sido apresentado o método utilizado nesta pesquisa, apresenta-se, na próxima seção, o referencial sobre o setor elétrico.

2.3 SETOR ELÉTRICO

A origem do setor elétrico brasileiro data do ano de 1879, quando foi inaugurada a iluminação elétrica na estação central da ferrovia Dom Pedro II (Central do Brasil), no Rio de Janeiro, cuja fonte de energia era um dínamo. Em 1881, instalou-se a primeira iluminação pública ainda alimentada por dínamos, num trecho do jardim do Campo da Aclamação, a atual Praça da República. Nessa época, o café impulsionava os setores urbanos da economia, proporcionando o crescimento das cidades (GOMES et al., 2002).

A primeira central geradora, uma unidade termelétrica com 52KW de capacidade, movida a lenha, que alimentava 39 lâmpadas na cidade de Campos – RJ, foi inaugurada em 1883, o que deu início à prestação do serviço público de iluminação na América do Sul. A primeira hidrelétrica brasileira também foi construída em 1883, em Diamantina, MG (GOMES et al., 2002).

A produção de energia elétrica intensificou-se com a chegada de empresas estrangeiras, no início do século XX, com isso foram surgindo os primeiros atos de regulamentação do setor (GASTALDO, 2009a). Na década de 20, as empresas estrangeiras começaram a comprar grande parte das empresas privadas e regionais, sendo que o Governo Federal só passou a legislar e outorgar concessões de serviços públicos com a formalização do Código de Águas (Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934) em 1934 (LANDI, 2006).

Landi (2006) diz que a Comissão Mista Brasil-EUA, criada em 1950, identificou que o acelerado processo de urbanização, o rápido crescimento industrial, o controle sobre as tarifas de energia elétrica, foram alguns dos fatores responsáveis pelas crises de fornecimento de

energia, pois a demanda crescia, enquanto a oferta não possuía incentivos para a ampliação dos serviços de energia elétrica. Nessa década, as atividades exercidas no país eram, em grande parte, derivadas da agricultura e a população vivia no campo. Nas cidades, a energia estava voltada para a iluminação pública, bondes e algumas pequenas indústrias.

Ainda na década de 1950, foi proposta a instalação da Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobras) pelo presidente Getúlio Vargas em 1954. O projeto só foi aceito em 1962 no governo de João Goulart, tendo passado pelos governos de Juscelino Kubitschek e Jânio Quadros. O objetivo da Eletrobras era construir usinas geradoras e linhas transmissoras de alta tensão, marcando o início de um novo ciclo, após a crise gerada pela desproporção entre a demanda e a oferta de energia no país (ELETROBRAS, 2013).

Nos anos seguintes, a construção de várias usinas foi prejudicada pela escassez de recursos, atrasando a conclusão das obras. Um exemplo é a Companhia Hidrelétrica do Vale do Paraíba (Chevap) que foi iniciada em 1960, sendo concluída em 1969 (ELETROBRAS, 2013).

Em 1971, foi instituída a Reserva Global de Reversão (RGR), uma espécie de fundo federal, que visava a cobrir possíveis indenizações em caso de encampação de serviços, ocasião em que as concessionárias repassavam à Eletrobras 3% de seu investimento remunerado. A Eletrobras tinha autonomia para administrar o dinheiro e podia transferir recursos de estados mais ricos para os mais pobres. A taxa máxima de remuneração do capital investido subiu de 10% para 12%. Em 1973, foi sancionada a Lei de Itaipu, a qual obrigava as concessionárias a comprar energia elétrica da usina, devido a um acordo entre Brasil e Paraguai. Ainda em 1974, foi instituída a equalização tarifária com a inclusão da Reserva Global de Garantia (RGG), um novo fundo, também gerenciado pela Eletrobras com o objetivo de eliminar as diferenças que vinham desestimulando investimentos no Norte e no Nordeste do país e, assim, impulsionar o desenvolvimento regional (LANDI, 2006).

Em 1975, temeroso com o possível esgotamento dos recursos hidrelétricos, o governo investiu em programas de energia nuclear. Na década de 1980, houve uma crise, gerada, principalmente, pelo segundo choque do petróleo, que provocou atraso de inúmeras obras, sobretudo na área de transmissão. Com a promulgação da Constituição do Brasil, em 1988, a Eletrobras foi afetada pela eliminação do Imposto Único sobre Energia Elétrica (IUEE) e pela transferência para os estados de arrecadação tributária equivalente, a partir da criação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS); também elevou-se o Imposto de Renda das empresas do setor, acarretando o aumento do custo operacional das empresas de energia elétrica (ELETROBRAS, 2013).

Em junho de 1992, o governo anunciou sua intenção de dar o primeiro passo rumo à privatização do setor, ao incluir as empresas Espírito Santo Centrais Elétricas S.A (ESCELSA) e Light Serviços de Eletricidade S/A (LIGHT) no Programa Nacional de Desestatização (PND). A primeira ação foi em 1993, por meio da Lei nº 8.631, quando suprimiu o regime de remuneração garantida e a equalização tarifária, limitando o controle da União sobre os preços de serviços do setor. Outros marcos do PND foram: modificação da legislação sobre serviços públicos, com o intento de condicionar as concessões ao processo de licitação; reconhecimento do produtor independente de energia, o que liberou os grandes consumidores do monopólio comercial das concessionárias; garantia de livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição; leilão da Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. – vendida por US\$ 357 milhões em 1995 (ELETROBRAS, 2013).

A primeira etapa de privatização das empresas iniciou com a venda de estatais do setor industrial. O processo de privatização das distribuidoras de energia elétrica iniciou em 1995, na segunda etapa do PND, com a transferência do controle acionário da ESCELSA e da LIGHT. Em 1996, o governo lançou o Programa de Estímulo à Privatização Estadual. Nessa época, 19% das empresas de distribuição de energia eram controladas pelo governo federal, 79% eram controladas pelos Estados e apenas 1% estava sob o controle privado. Em seguida, os Estados também iniciaram o processo de desestatização das distribuidoras de energia, sendo privatizadas 11 distribuidoras no período de julho/1997 a abril/1998 (BATISTA, 1998).

Pessanha, Souza e Laurencel (2007) acreditam que a reestruturação do setor elétrico brasileiro (Projeto RE-SEB) tem base no modelo do setor elétrico do Reino Unido. Esse modelo caracteriza-se pela orientação para o mercado, pela privatização das empresas e pela desverticalização da indústria. As ações dessa reforma foram intensificadas a partir de 1995, quando os novos contratos de concessão com as distribuidoras passaram a adotar o controle pelo preço-teto (*price-cap*) como estratégia de regulação das tarifas de energia elétrica.

Pessanha (2006, p. 17) explica que no regime *price-cap* “o regulador define um teto inicial para a tarifa da concessionária cujo valor é periodicamente reajustado com base em um índice de preços ao consumidor, no caso brasileiro o IGP-M, descontado de um fator de produtividade X”. O autor afirma que nesse regime as empresas são induzidas a busca pela eficiência, pois quanto mais as empresas reduzirem seus custos, maiores serão os lucros.

Anteriormente à adoção do regime *price-cap*, o Brasil utilizava o regime de regulação pelo custo de serviço. De acordo com Sales (2011), era definida uma tarifa remunerando todos os investimentos e custos de prestação do serviço declarados pela concessionária e reconhecidos pelo regulador, além de uma remuneração do investimento a uma taxa de

retorno próxima do custo de capital. O autor aponta que o uso desse regime não incentiva as empresas à busca da eficiência pelo fato de garantir uma taxa de retorno mínima.

Segundo Ribeiro e Macedo (2010) a ANEEL – vinculada ao Ministério das Minas e Energia (MME) – é a responsável por regular as empresas que atuam no setor elétrico. A ANEEL foi criada em 1996, sucedendo o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), tendo o objetivo de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica. Antes da criação da ANEEL, os consumidores brasileiros, ficavam sem energia elétrica em média 26 horas por ano. Hoje, a média de falta de energia é de 18 horas por ano (NEOENERGIA, 2012).

Em 1996, o MME implantou o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB) com o objetivo de estimular o investimento no setor elétrico e assegurar a expansão da oferta de energia no país. Após a reestruturação, as empresas deixaram de ser verticalizadas e houve a segregação das atividades em geração, transmissão e distribuição, tornando-as independentes. As atividades de geração e comercialização foram progressivamente desreguladas a fim de se incentivar a competição; e a transmissão e a distribuição continuam sendo tratadas como serviços públicos regulados (LANDI; BERMANN, 2002).

Foi instituído, em 1997, o Mercado Atacadista de Energia (MAE), responsável pelo gerenciamento das transações comerciais de energia elétrica; já em 1998, ocorreu a criação do Operador Nacional do Sistema (ONS), incumbido da coordenação da operação dos sistemas elétricos interligados. Ainda em 1998, foi encerrado o Projeto RE-SEB.

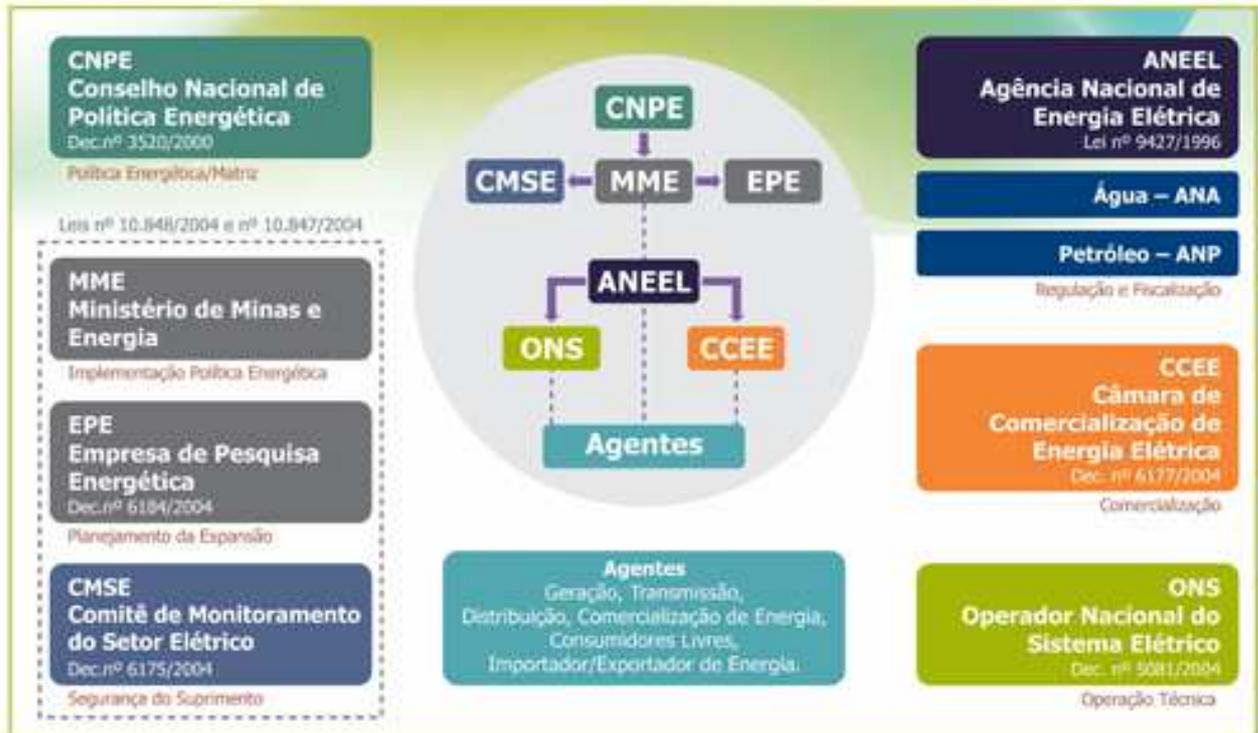
Em 2001, o Brasil enfrentou uma crise devido à escassez de chuvas, ocasionando a baixa nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Com esta crise, o país investiu em novas formas de geração de energia elétrica: a participação do bagaço de cana (biomassa) e o gás natural aumentaram de 2,2% em 1985 para 6,6% em 2001 (NEOENERGIA, 2012).

Em 2004, foi introduzido o Novo Modelo do Setor Elétrico por meio das leis nº 10.847/2004 e nº 10.848/2004. A Lei nº 10.847/2004 que autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) determina em seu Art. 4 as atribuições da EPE: realizar estudos e projeções da matriz energética brasileira; elaborar e publicar o balanço energético nacional; identificar e quantificar os potenciais de recursos energéticos.

Também foram criados o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) – responsável por avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica do país – e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), em substituição ao Mercado Atacadista de Energia (MAE), para organizar as atividades de comercialização de

energia no Sistema Interligado Nacional (GASTALDO, 2009b). A Figura 2 mostra as principais instituições do atual modelo setorial.

Figura 2 - Principais instituições do atual modelo setorial



Fonte: http://www.ons.org.br/institucional_linguas/relacionamentos.aspx

Atualmente a Eletrobras controla os sistemas de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil por intermédio de seis subsidiárias: a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), Furnas Centrais Elétricas S.A. (Furnas), a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), a Empresa Transmissora de Energia Elétrica do Sul do Brasil S.A. (Eletrosul), a Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica – (Eletrobras CGTEE) e a Eletrobras Termonuclear (Eletronuclear). A capacidade geradora da Eletrobras, incluindo metade da potência de Itaipu pertencente ao Brasil, é de 41.621 MW correspondentes a 35,5% do total nacional. As linhas de transmissão em operação, em alta e extra-altatensão, têm 56.179 quilômetros de extensão, representando 56% do total do país (ELETROBRAS, 2013). A matriz energética brasileira dispõe de 331 centrais geradoras hidrelétricas (ANEEL, 2012).

O segmento de distribuição é o segmento dedicado à entrega de energia elétrica para um usuário final. Considera-se como sistema de distribuição o conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam, geralmente, em tensões inferiores a 230 kV, incluindo os sistemas de baixa tensão (ANEEL, 2012). As distribuidoras representam a ligação entre o setor de energia elétrica e a sociedade, pois suas instalações recebem das companhias de

transmissão a maior parte do suprimento destinado ao abastecimento no país (NEOENERGIA, 2012).

O Brasil, atualmente, é composto por 99 distribuidoras, sendo 63 concessionárias e 26 cooperativas de eletrificação rural. Das 63 concessionárias, nove estão na região norte, onze no nordeste, cinco no centro-oeste, vinte e uma no sudeste e dezessete na região sul. Essas distribuidoras são responsáveis pelo abastecimento de mais de 69 milhões de unidades consumidoras² (ANEEL, 2012).

De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), o setor de distribuição presta serviço, sob contrato com o órgão regulador do setor – a ANEEL –, e é um dos mais regulados e fiscalizados do setor elétrico. Conseqüentemente, as distribuidoras de energia não podem estabelecer seus próprios preços, visto que são concessionárias do serviço público de distribuição de energia, signatárias de contratos de concessão que preveem métodos regulatórios para o estabelecimento de preços aos consumidores.

Nesses contratos estão estabelecidas regras referentes à tarifa, regularidade, continuidade, segurança, atualidade e qualidade dos serviços e do atendimento prestados aos consumidores e também penalidades, caso a ANEEL constate irregularidades. A concessão para operar o sistema de distribuição é firmada em contrato com duração de 30 anos. As cláusulas estabelecem que, quanto mais eficiente as empresas forem na manutenção e na operação das instalações de transmissão, evitando desligamentos por qualquer razão, melhor será a sua receita (ANEEL, 2013).

Em setembro de 2012, o Governo Federal apresentou a Medida Provisória que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como a redução de encargos e tarifas do setor e ainda permite prorrogar por 30 anos as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia hidrelétrica e por 20 anos as concessões de geração de energia termelétrica das concessionárias que aceitaram reduzir as tarifas.

Com a conversão da MP 579 na Lei nº. 12783/13, os encargos setoriais Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) e Reserva Geral de Reversão (RGR) foram extintos e a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) foi reduzida em 75%.

Como resultado das novas regras estabelecidas pela Lei 12.783/13, foi oferecido às distribuidoras de energia elétrica que tinham seus contratos válidos até 2015-2017, a

² São chamadas unidades consumidoras o conjunto de instalações e equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor (ABRADEE, 2012).

possibilidade de renovar as concessões antecipadamente e, conseqüentemente, foram obrigadas a reduzir os encargos cobrados na tarifa. As empresas que não renovaram, cumprirão os serviços até o final do contrato, oportunidade em que o governo realizará licitação.

No segmento de geração, dez empresas aderiram à Lei 12.783/13 - Furnas, Eletronorte, Chesf, CEEE, Emae, Chesp, Companhia Paulista de Energia Elétrica, DME Distribuição, Departamento Municipal de Energia de Ijuí e Companhia Jaguari de Energia, sendo que as empresas Cesp, Cemig, Copel, Celesc e Celg-GT não aceitaram prorrogar a concessão das suas usinas a partir das regras da MP 579. Na transmissão, todas as empresas envolvidas aderiram à proposta - Celg GT, Cemig GT, Eletronorte, Cteep, Chesf, Copel, Eletrosul e Furnas.

Com a aplicação destas medidas, a expectativa do governo é que as tarifas para os consumidores finais sejam reduzidas em média 18% para os consumidores residenciais e 32% para os industriais. Para isso, mediante decreto, permitiu-se que a ANEEL autorizasse a Eletrobras a repassar recursos, antecipadamente, da CDE às distribuidoras de energia elétrica. Esses repasses de recursos servirão para dar suporte ao custo da não adesão das empresas Cesp, Cemig e Copel de forma a assegurar o equilíbrio da redução das tarifas das concessionárias de distribuição.

Em face da Lei 12.783/13, as distribuidoras tiveram uma redução no valor das receitas, comprometendo a capacidade de investimento e a qualidade dos serviços, sendo assim, as empresas devem buscar a redução de custos e despesas, implantando uma gestão rigorosa para que consigam obter mais resultados, operando com menos recursos.

2.4 ESTUDOS RELACIONADOS

Nos últimos anos, diversos estudos utilizaram a análise envoltória de dados na avaliação da eficiência relativa.

Smith (1990) analisou 47 empresas farmacêuticas no ano de 1984, utilizando como *inputs*: média do patrimônio líquido; passivo médio; e como *outputs*: lucros; juros; impostos. O estudo propôs-se a verificar se a análise envoltória de dados pode ser útil à análise tradicional de balanços, já que esta se limita a uma análise bidimensional, representada pelo numerador e denominador. Apenas 13 empresas foram consideradas eficientes. Concluiu ainda que o método pode ser utilizado para dissecar um indicador tradicional.

Fernandez-Castro e Smith (1994) exploraram de que forma a DEA pode ser usada na avaliação de desempenho, utilizando índices financeiros. Estudaram os dados de 27 setores de

empresas falidas e não falidas entre 1985 e 1989, num total de 1423 empresas. As informações continham dados do ano precedente à falência para a empresa falida e todas as outras empresas no mesmo setor, com orientação a produtos. As variáveis utilizadas como *output* foram: posição de caixa (caixa/ativo total), liquidez (ativo circulante/passivo circulante), posição de capital de giro (capital circulante líquido/ativo total), alavancagem (passivo exigível a longo prazo/ativo total), rentabilidade (lucro líquido/ativo total) e volume de negócios (vendas/ativo total). Os resultados preliminares indicaram que o grau de alavancagem é inadequado, pois foram consideradas eficientes cinco empresas falidas. Repetindo o teste sem a variável alavancagem, verificou-se que o volume de negócios assume a posição do principal determinante dos escores de eficiência, resultando em eficiente 20 das 27 empresas.

A dissertação de Simak (1997), intitulada *DEA Based Analysis of Corporate Failure* objetivou validar a hipótese de que a DEA pode ser utilizada como um instrumento para prever a insolvência corporativa futura. Os modelos DEA são usados para prever a viabilidade financeira das empresas com base no histórico de seus dados financeiros. Os resultados da DEA foram comparados favoravelmente com os obtidos pelo popular modelo “Z” *Score*, e na maioria dos casos, o modelo selecionado apontou com precisão empresas que apresentavam sinais de dificuldades em até três anos antes da falência. Foram analisadas empresas falidas e não falidas no período de 1993 a 1995. Utilizou-se o modelo BCC com orientação a insumo. As variáveis utilizadas foram: *input*: ativo total, exigível total; *output*: valor de mercado do capital, lucro operacional, lucros retidos, capital de giro.

A tese de Simak (2000), intitulada *Inverse and negative DEA and their application to credit risk evaluation*, apresentou o objetivo de desenvolver uma metodologia, utilizando as propriedades da análise envoltória de dados que fornecesse medida exata para avaliação do risco de crédito das empresas. Foi introduzido o conceito de DEA negativa. Foram estudadas empresas industriais nos anos de 1996 e 1997. Os *inputs* utilizados foram: ativo total, despesas de juros, estabilidade dos lucros, exigível a longo prazo; já os *outputs*: lucros retidos, capital de giro, lucro antes dos juros, impostos, depreciação e amortização, fluxo de caixa das operações, ativo total, ativo circulante. O autor concluiu que a DEA pode ser usada com sucesso para a avaliação de risco de crédito, mas não deve ser usada de forma isolada.

Zhu (2000) utilizou a DEA para avaliar o desempenho financeiro de 364 empresas listadas na revista *Fortune 500*. Utilizou três estágios: no primeiro estágio (lucratividade), foram usados como *input* funcionários, ativo e patrimônio e como *output* usaram-se receitas e vendas. No estágio 2 (mercado), foram utilizadas como *inputs* receitas e vendas e como

output foram usados valor de mercado, investimento total, lucros por ação. No último estágio (desempenho global), os *inputs* foram funcionários, ativo e patrimônio e os *outputs* valor de mercado, investimento total, lucros por ação. Verificou que as empresas no topo do ranking, classificadas pela receita, não são necessariamente as empresas com melhor desempenho. Apenas 3% das empresas mais bem posicionadas estavam operando na fronteira de melhores práticas.

Maçada (2001) identificou, em sua tese, quais são os impactos dos investimentos em Tecnologia de Informação nas variáveis estratégicas e na eficiência dos bancos brasileiros. A amostra foi composta por 41 bancos brasileiros, no período de 1995 a 1999. As variáveis de *input* foram: investimentos em TI, despesas com pessoal, outras despesas administrativas e despesas de internacionalização, já as variáveis de *output* foram: receitas líquidas de intermediação financeira, de prestação de serviços e de operações internacionais. Os dados foram computados, utilizando o *software DEA Warwick®*, modelo CCR, com o objetivo de medir a eficiência dos investimentos em TI dos bancos brasileiros. O autor concluiu que apenas investir em TI não proporciona efetiva eficiência, embora os bancos que mais investiram em TI no período analisado, tenham ganhado eficiência relativamente ao conjunto de bancos analisados.

Kassai (2002) propôs uma metodologia de análise de desempenho de empresas que utilize indicadores e informações provenientes da análise de balanço e análise envoltória de dados, para determinar o desempenho das empresas. A metodologia proposta foi definida com base nas informações disponíveis na base de dados da Melhores e Maiores de Fipecafi-Exame no período de 1999 a 2000 e aplicada ao setor de energia elétrica brasileira (46 empresas) e de alimentos (58 empresas), sendo utilizadas as variáveis: *inputs*: patrimônio líquido ajustado; passivo circulante; ativo imobilizado – ano anterior; e número médio de empregados; e como *outputs*: vendas; liderança; lucro líquido ajustado; retorno sobre o PL; valor adicionado; valor adicionado por empregado; ativo circulante; liquidez corrente; capital circulante líquido; crescimento de vendas (%); crescimento de vendas (US\$); investimento no imobilizado (%); aplicação no imobilizado (US\$). Nas empresas do setor de energia elétrica, utilizou-se o modelo DEA BCC com orientação à *input*, tendo em vista a necessidade de transformar algumas variáveis de *outputs* (lucro líquido, retorno sobre o PL, capital circulante líquido, crescimento de vendas em percentual e crescimento de vendas em dólares) que apresentavam valores negativos. Sendo assim, as variáveis de *outputs* usados foram: valor adicionado, liquidez corrente, crescimento de vendas em percentual e aplicação no imobilizado e os *inputs* utilizados foram: PL ajustado e média de empregados. A autora verificou que nos dois anos

em estudo, as empresas com melhor classificação, segundo o indicador de Excelência Empresarial de Melhores e Maiores – Fipecafi-Exame, foram consideradas eficientes no Modelo DEA.

Borenstein, Becker e Prado (2004) avaliaram um conjunto de lojas da Empresa de Correios e Telégrafos do Estado do Rio Grande do Sul, utilizando a técnica DEA para identificar práticas, utilizadas pelas lojas 100% eficientes, que possam contribuir com as lojas não eficientes. Como *inputs* foram utilizados: número de funcionários, número de veículos, investimento em treinamento, investimento em TI, área física, custos, investimento em infraestrutura, e foram utilizados como *outputs*: índice de satisfação dos clientes externos, programa de qualidade – PMAT, receita total, população atendida, carga distribuída, carga expedida, número de objetos entregues, taxa de absenteísmo, tempo médio de espera na fila, sistema de carga de trabalho, índice de satisfação com a distribuição domiciliar. Os autores concluíram que a técnica é apropriada para a avaliação de eficiência das lojas da ECT, porém os resultados são baseados nas variáveis de *input* e *output* selecionadas, o que pode não espelhar a realidade.

Kaseniuro (2008) apresentou uma contribuição à análise do desempenho econômico-financeiro das empresas do setor hoteleiro por meio da análise envoltória de dados. As variáveis de *input* empregadas foram: composição do endividamento, participação de capitais de terceiros, imobilização do patrimônio líquido, imobilização de recursos não correntes; e como *output* foram utilizadas: liquidez geral, giro do ativo, margem bruta, margem líquida, rentabilidade do ativo e rentabilidade do patrimônio líquido. Foram analisadas 212 empresas, no período de 1995 a 2004, com utilização do modelo BCC orientado à *input*. Das empresas analisadas, 69% foram consideradas eficientes e 31% foram consideradas ineficientes. Constatou ainda, que o tamanho da empresa não interferiu nos resultados dos escores de eficiência das empresas.

Gomes (2010) avaliou a eficiência relativa dos recursos da Arrecadação Própria (ARP) e do Fundo de Participação dos Estados (FPE) sobre os indicadores de riqueza e bem-estar social no período de 2000 a 2008. Os *inputs* aplicados foram: os recursos próprios e os recebidos da União. Os *outputs* levados em conta foram: indicadores de riqueza e bem-estar social, ou seja, PIB *per capita*, IDH e Idosos acima de 65 anos. Recorreu-se ao modelo DEA BCC com orientação a *output*. A autora concluiu que alguns Estados que mostraram ser eficientes não foram aqueles com o maior número de recursos auferidos, o que leva a pressupor que a gestão dos recursos da Unidade Federada pode explicar parte da eficiência relativa dos Estados com menor arrecadação total.

No estudo de Yunos e Hawdon (1997), a DEA foi empregada para comparar o desempenho de empresas da *National Electricity Board* (NEB) da Malásia com o de outros países, em um estágio similar de desenvolvimento, como o Reino Unido. Dispuseram-se de duas abordagens: na primeira, foi analisado o ano de 1987, quando foi utilizada a análise setorial cruzada (*cross-section data*) para estimar a eficiência da NEB em comparação à eficiência relativa de 27 outras empresas produtoras de eletricidade em vários países. Na segunda abordagem, foram usadas séries temporais de 1975 a 1990 para comparar a eficiência técnica relativa das empresas da Malásia, da Tailândia e do Reino Unido. As variáveis foram: *inputs*: eletricidade bruta produzida (GWh) e *outputs*: capacidade instalada (MW); mão de obra (total de pessoas empregadas no setor); perdas totais do sistema (%); fator de capacidade de geração pública (%) orientado à minimização de insumos. Concluíram que, se utilizassem a fronteira de referência, poderiam ter reduzido os custos em, pelo menos, 40% do preço. Salientam que em nenhum dos países existia a concorrência na geração de eletricidade e que, existindo a competição entre as empresas, poderá haver uma melhora significativa na eficiência.

Zanini (2004) estimou as fronteiras de eficiência para empresas de distribuição de energia, servindo-se da análise de fronteira estocástica (SFA) conjugada à uma análise de classificações de padrões entre as empresas. Foram estimados modelos de fronteira de custo, formulados de acordo com uma função Cobb-Douglas, dispendo como *input* o custo operacional e, como *output*, a energia distribuída, o número de consumidores e a extensão das redes de distribuição. Os resultados obtidos pelos modelos SFA foram comparados com modelos de Análise Envoltória de Dados com orientação *input* (DEA-CRS e DEA-VRS). Os resultados obtidos mostram a grande variabilidade dos indicadores de eficiência obtidos pelos diferentes modelos, mostrando que a metodologia escolhida, a especificação do modelo e as variáveis utilizadas podem afetar os indicadores de eficiência e o ranking das concessionárias.

Meza *et al.* (2007) mostraram um aperfeiçoamento nos métodos de seleção de variáveis em modelos DEA, analisando a eficiência energética dos 27 estados brasileiros. Recorreram aos modelos DEA CCR e BCC e aos modelos de fronteira invertida. Como *input* foram utilizados consumo residencial per capita e o produto interno bruto (PIB) e, como *output*, usaram-se o índice de potencial de consumo (IPC) e o índice de desenvolvimento humano (IDH). A eficiência é obtida, quando os Estados conseguem altos valores nos indicadores socioeconômicos com baixo consumo de energia. Os estados com melhor índice estão situados na região amazônica, fato que pode ser explicado pelo grande número de

comunidades isoladas, as quais ou não utilizam energia elétrica ou geram a sua própria energia sem recorrer às empresas distribuidoras.

Galvão (2008) classificou e ordenou 33 distribuidoras de acordo com seu nível de eficiência técnica relativa e propôs a não utilização de indicadores contábeis tradicionais. Os *inputs* foram: total de postes de cada distribuidora, total de transformadores instalados, extensão de rede elétrica, total de despesas operacionais, quantidade de funcionários próprios e o total de funcionários próprios e terceirizados utilizados pelas concessionárias. Os *outputs* foram: área coberta pela distribuidora, total de consumidores atendidos e energia total fornecida. Foram adotados os modelos DEA BCC e CCR, ambos com orientação à *input*, e também foi empregada a avaliação cruzada para cálculo da eficiência. Concluiu que as divergências encontradas entre os resultados apresentados pelo modelo CCR e o método da Avaliação Cruzada justificam a relevância do emprego de métodos complementares na ponderação de pesos para minimizar sobre avaliações de algumas DMU.

Mello, Clímaco e Meza (2009) avaliaram o número de DMU quando este é inferior ao recomendado na Análise Envoltória de Dados. Analisaram cinco empresas distribuidoras de energia elétrica, com a utilização do *software* TRIMAP, utilizando o modelo MultiCriteria DEA (MCDEA). Os *inputs* utilizados foram: despesas operacionais e ativo imobilizado, os *outputs* foram: número de consumidores e demanda. Os resultados mostraram que três empresas atingiram o escore máximo de eficiência e que o método MCDEA pode ser utilizado na aplicação da análise envoltória de dados.

Anjos, Bordin e Mello (2010) usaram a DEA para avaliar a eficiência de distribuidoras de energia do sudeste do Brasil por intermédio dos retornos financeiros dados pelas mesmas. Foram selecionadas nove empresas do setor elétrico encontradas no Sudeste do Brasil. Os *inputs* escolhidos foram: o custo fixo da empresa, descontando gastos com pessoal e o número de empregados próprios. O *output* foi a variável EBITDA por cliente. A partir do cálculo do CCR com orientação a *input*, utilizando o *software* Lindo e o SIAD, concluíram que 78% das empresas selecionadas na amostra foram eficientes, sendo que apenas 22% das empresas se mostraram ineficientes.

Saurin, Miranda e Costa Junior (2010) aplicaram a análise envoltória de dados para determinar a eficiência relativa das empresas de energia elétrica com base em dois insumos e quatro produtos. Os *inputs* incluem o valor do ativo total e a dívida total. Os *outputs* englobam o valor de mercado do capital próprio, o lucro operacional (EBITDA), a receita operacional líquida, o fluxo de caixa operacional e o patrimônio líquido. O modelo DEA empregado para determinar o nível de eficiência das empresas de energia elétrica foi o VRS

orientado à minimização de insumos. Concluíram que, dentre as 29 empresas contidas no estudo, apenas 16 estão no nível ótimo de eficiência.

Souza, Souza e Pessanha (2010) aplicaram a análise envoltória de dados (DEA) e a fronteira estocástica (SFA) para 40 distribuidoras de energia elétrica que operam no setor elétrico brasileiro. Foi utilizado o modelo DEA com orientação de retornos constantes e variáveis orientadas a insumo, com dados de 2001. O processamento foi por meio de uma rede neural auto-organizável com 25 unidades de saída arranjadas em uma grade quadrada 5×5 , caracterizando as distribuidoras por oito atributos referentes ao tamanho, concentração e composição do mercado. A variável utilizada como *input* foi o custo operacional e como *outputs* foram: unidades consumidoras, montante de energia fornecida e extensão da rede. Os índices de eficiência obtidos pelo modelo SFA, com especificação Cobb-Douglas e Normal truncada são bastante discrepantes dos índices encontrados pelos demais modelos. Os índices de eficiência obtidos pelos modelos SFA/Translog são mais aderentes aos índices obtidos pelos modelos DEA CRS. Concluem que, apesar das diferenças existentes entre os modelos aplicados, as respectivas medidas de eficiências para as 40 distribuidoras analisadas são aderentes.

No Quadro 3 resumem-se todas as variáveis comentadas nesta seção.

Quadro 3 - Resumo das variáveis comentadas na seção

(continua)

Referência	Variáveis	Resultado
SMITH, P. (1990)	<i>Input</i> : Média do patrimônio líquido; passivo médio. <i>Output</i> : Lucros; juros; impostos	Apenas 13 empresas foram consideradas eficientes.
FERNANDEZ-CASTRO, A. SMITH, P. (1994)	<i>Input</i> : - <i>Output</i> : Posição de caixa; liquidez; posição de capital de giro; alavancagem; rentabilidade; volume de negócios.	A variável volume de negócios assume a posição do principal determinante dos escores de eficiência, resultando em eficiente 20 das 27 empresas.
SIMAK, P. (1997)	<i>Input</i> : Ativo total; exigível total <i>Output</i> : Valor de mercado do capital; lucro operacional; lucros retidos; capital de giro.	Na maioria dos casos, o modelo selecionado apontou com precisão empresas que apresentavam sinais de dificuldades em até três anos antes da falência.
YUNOS, J. HAWDON, D. (1997)	<i>Input</i> : Eletricidade bruta produzida (GWh). <i>Output</i> : Capacidade instalada (MW); mão de obra (total de pessoas empregadas no setor); perdas totais do sistema (%); fator de capacidade de geração pública (%).	Concluíram que, se utilizassem a fronteira de referência, poderiam ter reduzido os custos em pelo menos 40% do preço. Salientam que em nenhum dos países existia a concorrência na geração de eletricidade e que, existindo a competição entre as empresas, poderá haver uma melhora significativa na eficiência.

(continuação)

Referência	Variáveis	Resultado
SIMAK, P. (2000)	Input: Ativo total; despesas de juros; estabilidade dos lucros; exigível a longo prazo. Output: Lucros retidos; capital de giro; EBITDA; fluxo de caixa das operações; ativo total; ativo circulante.	O autor concluiu que a DEA pode ser usada com sucesso para a avaliação de risco de crédito, mas não deve ser usada de forma isolada.
ZHU, J. (2000)	Input: Lucratividade: funcionários; ativo; patrimônio. Output: Funcionários; receitas; vendas.	Verificou que as empresas no topo do ranking, classificadas pela receita, não são necessariamente as empresas com melhor desempenho. Apenas 3% das empresas mais bem posicionadas estavam operando na fronteira de melhores práticas.
	Input: Mercado: receitas; vendas. Output: Valor de mercado; investimento total; lucros por ação.	
	Input: Desempenho global: funcionários; ativo; patrimônio. Output: Valor de mercado; investimento total; lucros por ação.	
MAÇADA, A. (2001)	Input: Investimentos em TI; despesas com pessoal; outras despesas administrativas; despesas de internacionalização. Output: Receitas: líquidas de intermediação financeira; de prestação de serviços; de operações internacionais.	O autor concluiu que apenas investir em TI não proporciona efetiva eficiência, embora os bancos que mais investiram em TI no período analisado tenham ganhado eficiência relativamente ao conjunto de bancos analisados.
KASSAI, S. (2002)	Input: Patrimônio líquido ajustado; passivo circulante; ativo imobilizado – ano anterior; número médio de empregados. Output: Vendas; liderança; lucro líquido ajustado; retorno sobre o PL; valor adicionado; valor adicionado por empregado; ativo circulante; liquidez corrente; capital circulante líquido; crescimento de vendas (%); crescimento de vendas (US\$); investimento no imobilizado (%); aplicação no imobilizado (US\$).	A autora verificou que nos dois anos em estudo, as empresas com melhor classificação, segundo o indicador da Fipecafi-Exame, foram consideradas eficientes no Modelo DEA.
BORENSTEIN, D. BECKER, J. PRADO, V. (2004)	Input: Número de funcionários; número de veículos; Investimento em treinamento; investimento em TI; área física; custos; investimento em infraestrutura. Output: Índice de satisfação dos clientes externos; programa de qualidade – PMAT; receita total; população atendida; carga distribuída; carga expedida; número de objetos entregues; taxa de absenteísmo; tempo médio de espera na fila; sistema de carga de trabalho; índice de satisfação com a distribuição domiciliar.	A técnica é apropriada para a avaliação de eficiência das lojas da ECT, porém os resultados são baseados nas variáveis de input e output selecionados, o que pode não espelhar a realidade.

(continuação)

Referência	Variáveis	Resultado
ZANINI, A. (2004)	Input: Custo operacional. Output: Energia distribuída; número de consumidores; extensão das redes de distribuição.	Os resultados obtidos mostram a grande variabilidade dos indicadores de eficiência obtidos pelos diferentes modelos, mostrando que a metodologia escolhida, a especificação do modelo e as variáveis utilizadas podem afetar os indicadores de eficiência e o ranking das concessionárias.
MEZA et al. (2007)	Input: Consumo residencial per capita; PIB. Output: IPC; IDH.	A eficiência é obtida, quando os estados conseguem altos valores nos indicadores socioeconômicos com baixo consumo de energia. Os estados com melhor índice estão situados na região amazônica.
GALVÃO, P. (2008)	Input: Total de postes de cada distribuidora; total de transformadores instalados; extensão de rede elétrica; total de despesas operacionais; quantidade de funcionários próprios; total de funcionários próprios; total de terceirizados utilizados pelas concessionárias. Output: Área coberta pela distribuidora; total de consumidores atendidos; energia total fornecida.	Concluiu que as divergências encontradas entre os resultados apresentados pelo modelo CCR e o método da Avaliação Cruzada justificam a relevância da utilização de métodos complementares na ponderação de pesos para minimizar sobre avaliações de algumas DMU.
KASENIRO, J. (2008)	Input: Composição do endividamento; participação de capitais de terceiros; imobilização do patrimônio líquido; imobilização de recursos não correntes. Output: Liquidez geral; giro do ativo; margem bruta; margem líquida; rentabilidade do ativo; rentabilidade do patrimônio líquido	Das empresas analisadas, 69% foram consideradas eficientes e 31% foram consideradas ineficientes.
MELLO, J. CLÍMACO, J. MEZA, L. (2009)	Inputs: despesas operacionais e ativo imobilizado. Outputs: número de consumidores e demanda.	Os resultados mostraram que três empresas atingiram o escore máximo de eficiência e que o método MCDEA pode ser utilizado na aplicação da análise envoltória de dados.
ANJOS, M. BORDIN, B. MELO, J. (2010)	Input: Custo fixo da empresa descontando gastos com pessoal; número de empregados. Output: EBITDA por cliente.	Os autores concluíram que 78% das empresas selecionadas na amostra foram eficientes, sendo que apenas 22% das empresas se mostraram ineficientes.
GOMES, E. (2010)	Input: Recursos próprios, recursos recebidos da União. Output: PIB per capita, IDH; idosos acima de 65 anos.	A autora concluiu que alguns Estados que mostraram ser eficientes não foram aqueles com o maior número de recursos auferidos, fato que leva a pressupor que a gestão dos recursos da Unidade Federada pode explicar parte da eficiência relativa dos Estados com menor arrecadação total.

(conclusão)

Referência	Variáveis	Resultado
SAURIN, V. MIRANDA, A. COSTA JUNIOR, N. (2010)	<i>Input:</i> Ativo total; dívida total. <i>Output:</i> Valor de mercado do capital próprio; EBITDA; receita operacional líquida; fluxo de caixa operacional; patrimônio líquido.	Concluíram que, dentre as 29 empresas incluídas no estudo, apenas 16 estão no nível ótimo de eficiência.
SOUZA, M. SOUZA, R. PESSANHA, J. (2010)	<i>Input:</i> custos operacionais <i>Outputs:</i> unidades consumidoras, montante de energia fornecida, extensão da rede.	Apesar das diferenças existentes entre os modelos aplicados, as respectivas medidas de eficiências para as 40 distribuidoras analisadas são aderentes.

Fonte: Elaborado pela autora com base nos autores citados.

No próximo capítulo, serão descritos os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa determinou a eficiência econômica relativa em empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica com base na análise envoltória de dados, por meio de levantamento. Neste capítulo, são descritos os procedimentos metodológicos, incluindo população, procedimentos de coleta, tratamento e análise dos dados.

3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

De acordo com Silva e Menezes (2005), a pesquisa pode ser classificada quanto à sua natureza, quanto a seus objetivos, quanto aos procedimentos e quanto à abordagem do problema.

É de natureza aplicada, pois o estudo determinou a eficiência econômica relativa em empresas distribuidoras de energia elétrica, sendo assim, respondendo a uma questão específica.

Do ponto de vista de seus objetivos, a presente pesquisa classifica-se como descritiva. De acordo com Gil (1999), este trabalho visa a estudar as características de um grupo. Neste caso, foram analisadas as particularidades de 18 empresas distribuidoras de energia elétrica.

No que se refere aos procedimentos, classifica-se como um estudo do tipo levantamento ou *survey*. Silva (2008, p. 56) explica que a *survey* “consiste na coleta de dados referentes a uma dada população com base em uma amostra selecionada, de forma clara e direta, da qual se objetiva saber o comportamento. Raupp e Beuren (2008) consideram que os dados podem ser retirados com base em uma amostra de uma população que se deseja conhecer. Nesse caso, os dados das empresas distribuidoras de energia elétrica, listadas na Bolsa de Valores Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA), foram coletados nas demonstrações contábeis e também no *site* da ANEEL.

Em relação à abordagem do problema, caracteriza-se como quantitativa. Silva (2008) explica que a abordagem quantitativa emprega recursos e técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas, e ainda, que o termo significa quantificar opiniões, dados, na forma de coleta de informações. Aplicaram-se dados com valores numéricos e, com a utilização do *software Frontier Analyst*®, foram retornados dados quantitativos para se determinar a eficiência relativa. O *software Eviews 7.0* também foi usado.

3.2 POPULAÇÃO

Escolheram-se as empresas listadas na BM&FBOVESPA com a classificação setorial Utilidade Pública / Energia Elétrica / Energia Elétrica, pertencentes ao segmento de distribuição de energia elétrica. Justifica-se a utilização das empresas listadas na BM&FBOVESPA por se tratarem de empresas de capital aberto, o que permite o acesso aos dados. Assim, a população perfaz de 18 empresas distribuidoras de energia elétrica, conforme apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Empresas distribuidoras de energia elétrica listadas na BM&FBOVESPA

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

Fonte: Elaborado pela autora a partir do *site* BM&FBOVESPA.

Justifica-se a escolha do setor pela qualidade das informações contábeis. As empresas de energia elétrica sempre estiveram entre as dez finalistas do Troféu Transparência desde sua primeira edição em 1997. Esse prêmio, concedido pela Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade (ANEFAC), pela Fundação Instituto de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras (FIPECAFI) e pela Serasa Experian, avalia rigorosamente as práticas de transparência nas informações contábeis, no que diz respeito à qualidade do relatório da administração e à consistência dos dados divulgados, dentre outros fatores.

A escolha também se justifica pelo atual momento (2013) em que o setor está inserido. A Lei nº. 12783/13 – que estabelece o fim de alguns encargos (especialmente o RGR, que se tornou uma importante fonte de financiamento do setor) e a redução de tarifas a ser praticada pelas distribuidoras que anteciparem a renovação do serviço de distribuição – introduziu

mudanças que proporcionarão aos consumidores a modicidade tarifária, tornando o segmento mais concorrido. Além disso, as empresas terão seus lucros diminuídos em função do 3º Ciclo de Revisão Tarifária, devido à diminuição da remuneração do capital (reduzido de 9,95% para 7,50%).

Quanto ao período de análise, optou-se por contabilizar os dados do ano de 2012, pois esta pesquisa não tem a intenção de apresentar um contexto longitudinal.

3.3 DEFININDO AS VARIÁVEIS

Com base nos estudos que determinaram a eficiência relativa das empresas, foram definidas as variáveis de insumos e produtos das quais essa pesquisa valeu-se. As variáveis selecionadas como *inputs* são: ativo total, ativo imobilizado e número de funcionários. As selecionadas como *outputs* são: ativo circulante, lucro antes dos juros, impostos, depreciação e amortização (*earnings before taxes, depreciation and amortization* - EBITDA) por cliente, liquidez corrente, patrimônio líquido, receita líquida, resultado do período e valor adicionado,

Com o *software Eviews 7.0* fez-se uma avaliação da correlação entre as variáveis para definir quais delas foram usadas.

Na Tabela 2 apresentam-se os valores brutos das variáveis utilizadas nos testes de correlação.

Tabela 2 – Inputs / Outputs das empresas distribuidoras de energia elétrica

Empresas	Ativo Total	Ativo Imobilizado	Total de Funcionários	Ativo Circulante	EBITDA	Unidades Consumidas	EBITDA/Un.Consumidoras	Liquidez Corrente	Patrimônio Líquido	Receita Líquida	Resultado Período	Valor Adicionado
AES Sul	2.969.369	859	3.389	525.915	372.800	1.240.079	0,6284	0,18	969.576	2.341.357	254.662	1.401.358
AMPLA	5.229.122	43.104	7.470	854.107	883.038	2.408.854	0,5353	0,80	2.052.826	3.690.989	493.376	3.119.288
BANDEIRANTE	2.511.611	112	3.079	895.795	217.089	1.601.299	0,3894	1,01	779.289	2.557.089	80.968	1.841.091
CEEE-D	3.492.784	0,1	3.478	1.805.094	-75.449	1.534.090	0,2158	1,72	1.055.154	2.188.950	-308.680	1.762.818
CELPA	4.518.762	0,1	6.581	1.318.101	-406.526	1.931.482	0,1	0,98	116.369	2.349.951	-696.863	1.221.339
CEMAR	3.610.523	0,1	6.905	1.154.663	533.200	2.037.350	0,4612	1,22	1.226.364	2.348.082	384.947	1.384.649
CEMAT	3.816.497	0,1	3.389	902.742	243.622	1.169.795	0,5558	0,67	1.238.556	2.344.799	-52.879	1.634.276
COELBA	7.107.647	0,1	17.243	1.489.486	1.308.084	5.192.035	0,3302	0,98	2.653.672	5.813.614	805.497	3.673.013
COELCE	3.560.488	37.415	7.149	905.230	657.123	3.076.271	0,3458	1,14	1.560.330	2.893.720	420.000	2.173.117
COSERN	1.750.332	0,1	2.491	458.015	315.371	1.209.143	0,597	1,15	832.502	1.418.335	245.872	945.976
CPFL-Piratininga	2.666.486	0,1	1.048	860.826	331.403	1.497.117	0,4929	1,06	330.110	2.562.687	153.843	1.767.956
CPFL-Paulista	6.696.446	0,1	2.899	1.615.069	921.263	3.829.430	0,3467	0,80	780.910	6.518.013	460.114	3.905.403
ELEKTRO	4.558.718	15.632	5.019	1.350.138	697.600	2.307.737	0,4784	1,16	1.936.372	3.569.543	357.677	2.454.453
ELETROPAULO	10.499.218	6.109	16.123	2.965.320	655.600	6.457.841	0,1645	1,21	3.576.844	9.959.198	107.946	5.952.955
ENERSUL	2.032.174	0,1	2.527	507.245	186.102	878.855	0,6743	1,07	687.501	1.517.353	-16.395	994.657
ESCELSA	2.461.523	85	3.416	718.357	347.607	1.332.413	0,566	0,87	631.121	1.904.705	156.952	1.454.283
LIGHT	8.968.355	231.250	13.009	1.915.449	1.101.390	3.573.022	0,422	1,10	2.188.814	7.613.096	288.995	5.096.160
RGE	3.469.959	0,1	1.556	851.479	584.767	1.334.993	0,7425	0,25	1.381.819	2.641.916	319.751	1.749.259

Fonte: Dados da pesquisa.

3.3.1 Correlação entre as variáveis

Por meio da análise de correlação foi possível identificar a existência de colinearidade entre as variáveis de insumos e produtos, verificando o nível de significância das variáveis. De acordo com Costa (2005) são considerados alta correlação os resultados superiores a 0,75.

Na Tabela 3 estão demonstrados os índices encontrados na correlação com as variáveis de *input*. Percebe-se que a maioria das variáveis possui correlação baixa, e apenas um par (total de funcionários e ativo total) apresentou uma forte correlação. Apesar de estas variáveis apresentarem um alto grau de correlação, a variável total de funcionários será mantida, pois o número de funcionários não possui relação com o ativo total.

Tabela 3 – Correlação *input x input* das variáveis utilizadas

	Ativo Imobilizado	Ativo Total	Total de Funcionários
Ativo Imobilizado	1.000000	0.482272	0.399435
Ativo Total	0.482272	1.000000	0.828706
Total de Funcionários	0.399435	0.828706	1.000000

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 4 estão demonstrados os índices encontrados na correlação com as variáveis de *output*. As variáveis: ativo circulante, liquidez corrente, patrimônio líquido, passivo circulante e valor adicionado foram excluídos da análise, pois apresentam uma forte correlação entre elas.

Tabela 4 – Correlação *output x output* das variáveis utilizadas

	AC	EB/UC	LC	PC	PL	RL	RP	VA
AC	1.00	-0.72	0.42	0.30	0.66	0.85	-0.05	0.82
EB/UC	-0.72	1.00	-0.57	0.07	-0.22	-0.46	0.34	-0.43
LC	0.42	-0.57	1.00	-0.64	0.11	0.10	-0.22	0.13
PC	0.30	0.07	-0.64	1.00	0.32	0.41	0.13	0.36
PL	0.66	0.22	0.11	0.32	1.00	0.76	0.48	0.80
RL	0.85	-0.46	0.10	0.41	0.76	1.00	0.30	0.98
RP	0.01	0.40	-0.27	0.13	0.48	0.32	1.00	0.33
VA	0.82	-0.43	0.13	0.36	0.80	0.98	0.35	1.00

Fonte: Elaborado pela autora

Onde:

AC: ativo circulante

EB/UC = EBITDA / unidades
consumidoras

LC: liquidez corrente

PC: passivo circulante

PL: patrimônio líquido

RL: receita líquida

RP: resultado do período

VA: valor adicionado

Na Tabela 5 estão demonstrados os índices encontrados na correlação entre as variáveis de *input* e *output*.

Tabela 5 – Correlação *input* x *output* das variáveis utilizadas

	Ativo Imobilizado	Ativo Total	Total de Funcionários
Ativo Circulante	0.278436	0.873721	0.687497
EBITDA/Un. Consumidoras	-0.041958	-0.525892	-0.514454
Liquidez Corrente	0.105280	0.123291	0.235837
Passivo Circulante	0.055263	0.415415	0.165074
Patrimônio Líquido	0.320841	0.783088	0.827157
Receita Líquida	0.436663	0.969998	0.765096
Resultado do Período	0.078962	0.261472	0.235689
Valor Adicionado	0.511014	0.959956	0.764224

Fonte: Elaborado pela autora

Após os testes realizados as variáveis selecionadas foram:

Inputs

- Ativo Total: representa a soma de todos os ativos de uma empresa.
- Ativo Imobilizado: representa os bens tangíveis utilizáveis por mais do que um ano e que sejam detidos para uso na produção ou fornecimento de mercadorias ou serviços, para aluguel ou para fins administrativos.
- Total de Empregados: o total de empregados se dá pelo somatório de empregados pessoal e terceirizados.

Outputs

- Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (*Earnings before taxes, depreciation and amortization* – EBITDA) por cliente: representa a lucro operacional da empresa, desconsiderando as receitas ou despesas financeiras. Em outras palavras, representa o quanto a empresa gera de recursos apenas em sua atividade, sem considerar o reflexo da depreciação, dos efeitos financeiros e de impostos. Anjos, Bordin e Mello (2010) argumentam que a utilização do quociente EBITDA/número de clientes é mais aconselhável do que a utilização da variável isolada número de clientes, pois empresas com maior número de clientes provavelmente terão um EBITDA maior.
- Resultado do período: será lucro ou prejuízo.
- Receita líquida: corresponde ao faturamento bruto da entidade, oriundo das vendas de produtos ou de mercadorias e da prestação de serviços, diminuída das devoluções e

vendas canceladas, dos descontos concedidos incondicionalmente e dos impostos e contribuições incidentes sobre vendas.

3.4 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Os dados foram coletados na base de dados da BM&FBOVESPA, através do sítio eletrônico www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/BuscaEmpresaListada.aspx?segmento=Energia+Eletrica&Idioma=pt-br e também no sítio eletrônico da ANEEL <http://www.aneel.gov.br/>.

O valor do ativo total e ativo imobilizado foram extraídos do balanço patrimonial; o valor do resultado do período e a receita líquida foram extraídos da Demonstração do Resultado do Exercício, disponibilizados no site da BM&FBOVESPA; o valor do EBITDA foi encontrado no Relatório da Administração; já o número total de empregados foi localizado junto ao Balanço Social, e o total de consumidores de cada empresa foi localizado no site da ANEEL, no *link* <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>

Quanto à manipulação desses dados, não houve a necessidade de tratamento das variáveis estabelecidas para análise. Desse modo, as variáveis: ativo total, ativo imobilizado, resultado do período e EBITDA foram expressas em valores monetários; as variáveis: total de empregados e total de consumidores encontram-se em números absolutos.

As variáveis EBITDA e resultado do período apresentam resultado negativo. Uma alternativa encontrada foi elevá-las ao quadrado, porém não foi uma solução viável, visto que a CELPA – empresa que apresentou o maior prejuízo dentre as empresas da amostra - foi considerada eficiente ao utilizar esse procedimento.

Outra possibilidade foi adicionar às variáveis EBITDA e resultado do período, o menor valor observado para todas as empresas da amostra. O menor valor encontrado para o EBITDA foi de -696.863 e o menor valor encontrado para o resultado do período foi de -406.526.

Mesmo com essa ação, o *software Frontier Analyst* não conseguiu calcular os escores de eficiência, mostrando a seguinte mensagem: “*Variable values by too many orders of magnitude 1502360 / 0,1*”. Para solucionar esse problema, a variável resultado do período ainda teve seus valores divididos por 1000, devido à alta diferença entre os valores mínimo e máximo, o que funcionou a contento.

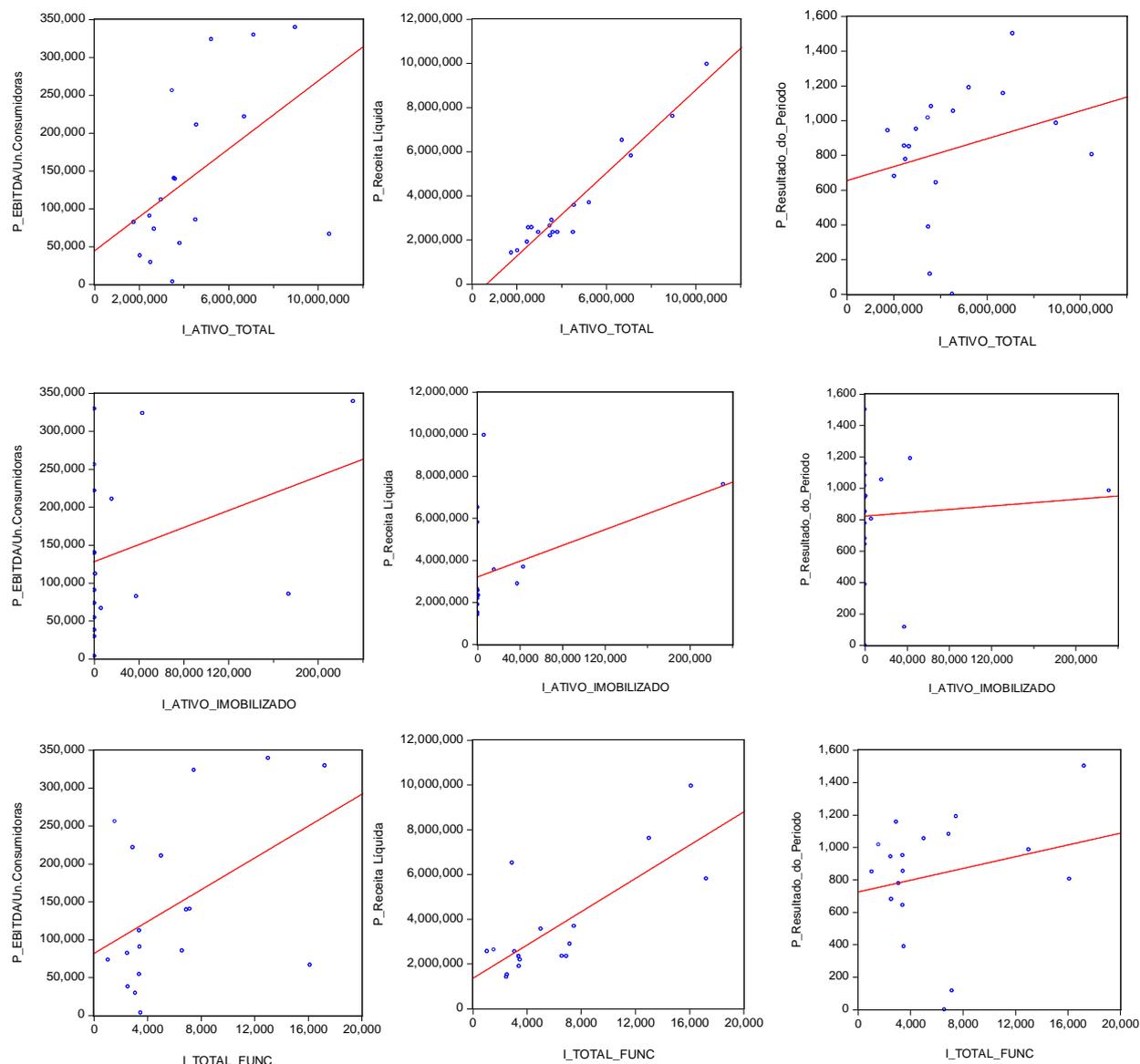
Baseado em Ali e Seiford (1990) e em Kassai (2002), essa alteração dos valores negativos em positivos não afeta a classificação dos escores de eficiência. As variáveis que apresentaram o valor nulo tiveram seus valores alterados para 0.1, pois o *software* não trabalha com valores iguais a zero.

3.5 APLICAÇÃO DO MÉTODO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

A utilização da Análise Envoltória de Dados admite a possibilidade de analisar os dados sob a orientação à *input* ou à *output*. Nesta pesquisa, o modelo DEA utilizado foi o modelo CCR, também conhecido como CRS (*Constant Returns to Scale*), com orientação a *output*. Este artigo busca a eficiência econômica das empresas distribuidoras de energia elétrica, ou seja, utilizar o mínimo de recursos para produzir o máximo possível. Para Almeida, Mariano e Rebellato (2006, p. 7), “essa orientação é definida com base na configuração do problema”, portanto a orientação do modelo escolhida foi a *output* por estar de acordo com o objetivo de pesquisa, pois se deseja maximizar o resultado, mantendo a mesma quantidade de entradas.

Com o auxílio do *software EViews 7.0* foram gerados gráficos que confirmaram a utilização da orientação ao modelo CCR e a orientação a produto. Justifica-se a escolha pelo modelo CCR uma vez que Belloni (2000, p. 77) considera que o modelo BCC “corresponde a uma medida da eficiência técnica e está depurado dos efeitos da escala de operação”, e o modelo CCR é utilizado para indicar uma medida de produtividade global.

Gráfico 3 – Análise da orientação



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o cálculo da eficiência, utilizando a análise envoltória de dados há um grande número de *softwares* disponíveis. Rafaeli (2009) e Rios (2005) empregaram o *software Expert Choice*; Bandeira (2000) e Maçada (2001) recorreram ao *software Warwick*; Gomes (2010) fez uso *DEA Solver*; já Kaseniro (2008) teve auxílio do SAED - *Software* de Análises de Envoltória de Dados de uso livre, enquanto Freaza (2006), Galvão (2008) e Steffanello (2010) serviram-se do *software Frontier Analyst*®.

Neste estudo, o processamento dos dados foi realizado com a utilização do *software Frontier Analyst*®, desenvolvido pela empresa escocesa Banxia® Software

Ltda, tendo capacidade para avaliação mínima de 250 unidades e 32 variáveis de *input* ou *output*.

Após o processamento foi efetuada a análise dos dados, determinando-se as empresas eficientes.

3.6 LIMITAÇÃO DA PESQUISA

Uma limitação da pesquisa é que não foi verificado se as demonstrações contábeis estão em consonância com as leis vigentes e se constam irregularidades nas informações divulgadas. O objetivo desta pesquisa não tem a finalidade de verificar imprecisões e erros que possam estar apresentados nos relatórios contábeis.

Esta pesquisa limita-se à análise dos dados a ser feita com base em um modelo não paramétrico, restringindo-se às empresas selecionadas, bem como às variáveis escolhidas. As variáveis aplicadas também se limitam, pois a sua escolha é influenciada pela divulgação dos dados pelas empresas. Dessa forma, as variáveis usadas talvez não sejam as ideais, sendo consideradas *proxy* dos indicadores buscados.

Outro limitador é o período analisado que se detém ao ano de 2012, pois esta pesquisa não tem a intenção de apresentar um contexto longitudinal. Salienta-se que nos resultados apresentados não foram considerados os fatos que ocasionaram o valor das informações.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo compreende a caracterização da amostra, após são expostos os escores de eficiência e por fim são apresentados os *benchmarks* e melhorias.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA POPULAÇÃO

O estudo realizado contemplou a análise de eficiência econômica relativa de 18 distribuidoras de energia elétrica. No Quadro 5 há uma breve descrição das empresas estudadas.

Quadro 5 – Características das empresas da população

Empresas	Grupo	Prêmio ABRADEE	Presidente
AES Sul	AES Brasil	Responsabilidade Social, 2011 e 2013 e Qualidade da Gestão	Britaldo Pedrosa Soares
AMPLA	Endesa Brasil		Marcelo Andrés Llévènes Rebolledo
BANDEIRANTE	Grupo EDP – Energias do Brasil S.A.	Evolução de Desempenho, 2012	Ana Maria Machado Fernandes
CEEE-D	Grupo CEEE		Sergio Souza Dias
CELPA	Equatorial Energia		Firmino Ferreira Sampaio Neto
CEMAR	Equatorial Energia	Evolução de Desempenho, 2011	Firmino Ferreira Sampaio Neto
CEMAT	Rede Energia		Carmem Campos Pereira
COELBA	Neoenergia	Gestão Econômico-Financeira, 2009	José Roberto Bezerra de Medeiros
COELCE	Endesa Brasil	Responsabilidade Social, Gestão da Qualidade, Avaliação pelo Cliente, Nacional, 2012	Marcelo Andrés Llévènes Rebolledo
COSERN	Neoenergia	Gestão Econômico-Financeira, 2011	José Roberto Bezerra de Medeiros
CPFL- Piratininga	Grupo CPFL Energia	Gestão Econômico-Financeira, 2011	Wilson Ferreira Jr.
CPFL-Paulista	Grupo CPFL Energia	Gestão da Qualidade, 2012	Wilson Ferreira Jr.
ELEKTRO	Grupo Iberdrola	Avaliação pelo Cliente, Avaliação Operacional, Nacional, 2012	Marcio Fernandes
ELETROPAULO	AES Brasil	Gestão Econômico-Financeira, 2012	Britaldo Pedrosa Soares
ENERSUL	Rede Energia	Evolução de Desempenho – Norte/Centro Oeste, 2012	Carmem Campos Pereira
ESCELSA	Grupo EDP – Energias do Brasil S.A.		Ana Maria Machado Fernandes
LIGHT	Grupo Light		Paulo Roberto Ribeiro. Pinto
RGE	Grupo CPFL Energia	Gestão da Qualidade, Evolução de Desempenho – Sul, 2012	Wilson Ferreira Jr.

Fonte: Elaborado pela autora.

A RGE atende a 264 municípios no Norte, Nordeste, Noroeste do Rio Grande do Sul, além da Região Metropolitana de Porto Alegre (51% do total de municípios do RS) com uma população de aproximadamente 3,8 milhões de habitantes. Essas regiões apresentam um dos melhores índices sociais e econômicos do Brasil e também são as responsáveis pelo maior polo agrícola, pecuário, industrial e turístico do estado. Empresas como General Motors e Marcopolo estão na área de concessão da RGE. A energia distribuída pela RGE em 2012 responde por aproximadamente 33,8% do total da energia elétrica distribuída no Estado do Rio Grande do Sul. A distribuidora de energia elétrica do Grupo CPFL Energia, recebeu o Prêmio ABRADDEE 2012, na categoria de concessionárias com mais de 500 mil consumidores no quesito Gestão da Qualidade, e melhor concessionária da Região Sul (título que detém desde 2009). Em 2013, continuou sendo a melhor empresa da região e também em nível nacional, além de ter vencido nas categorias Avaliação pelo Cliente e Gestão Operacional (RGE, 2013).

Outra distribuidora do grupo, a CPFL Paulista também recebeu o prêmio ABRADDEE em 2012, na categoria Gestão da Qualidade e em 2013 foi considerada a melhor distribuidora da Região Sudeste. Atende a aproximadamente 9,5 milhões de pessoas, sendo que entre as principais cidades atendidas estão Campinas, Bauru, Ribeirão Preto, São José do Rio Preto, Araraquara e Piracicaba. Em 2012, a empresa distribuiu energia elétrica, respondendo por aproximadamente 22% do total da energia elétrica distribuída no Estado de São Paulo (CPFL-Paulista, 2013).

A CPFL-Piratininga está localizada numa das regiões mais produtivas e industrializadas de São Paulo, o forte mercado Químico e Metal Mecânico, além do complexo turístico na Baixada Santista. Em 2012, a CPFL Piratininga distribuiu 9.156 GWh de energia elétrica, a uma população de aproximadamente 3,8 milhões de pessoas, representando aproximadamente 11,4% do total da energia elétrica distribuída no Estado de São Paulo (CPFL-Piratininga).

A CELPA é controlada pela Equatorial Energia SA em uma área de concessão que abrange todo o estado do Pará, distribuindo energia a aproximadamente 7,6 milhões de habitantes (CELPA, 2013).

A CEMAR localiza-se numa região onde as principais atividades econômicas são o agronegócio, as atividades de mineração e a metalurgia. Atende a 1,9 milhões de clientes, e cerca de 6,6 milhões de pessoas, correspondendo a 3,3% da população

brasileira. Entre os clientes, 88% são da classe residencial dos quais, 70% são classificados como “baixa renda”. A empresa implantou o Programa Luz para Todos³ em todos os municípios do estado, sendo que o investimento em 2012 foi de R\$ 177,5 milhões. A CEMAR está localizada numa região que tem o pior índice de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal⁴ (IDHM) (CEMAR, 2013). A CEMAR encerrou o exercício de 2012 com o Lucro Líquido de R\$ 384,9 milhões, 55,5% superior ao obtido no ano anterior. Em relação à Receita Líquida, o total registrado no ano foi de R\$ 2.348,1 milhões, 22,8% superior à obtida no ano anterior. Este crescimento se deve, principalmente da elevação do volume de energia vendida que, entre 2011 e 2012, cresceu 9,7% e do reajuste tarifário médio percebido pelo consumidor de 1,75%, homologado pelo Reajuste Tarifário Anual ocorrido em agosto de 2012.

A COELBA é a terceira maior distribuidora de energia elétrica do país em número de clientes e a sétima em volume de energia fornecida. É controlada pelo grupo Neoenergia - um dos maiores investidores do setor elétrico brasileiro - e ocupa a primeira posição entre as concessionárias do Norte-Nordeste (COELBA, 2013).

A BANDEIRANTE, destaque no Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) que visa a reconhecer as práticas de gestão aplicadas pelas empresas no critério clientes, foi a vencedora do Prêmio ABRADDEE 2012 na categoria Evolução de Desempenho. A BANDEIRANTE atua em 28 municípios no estado de São Paulo nas regiões do Alto Tietê, Vale do Paraíba e Litoral Norte, abrangendo cerca de 4,6 milhões de habitantes, em uma área total de 9,6 mil Km². A região concentra empresas dos setores de aviação, automotivo, siderurgia, papel e celulose. (BANDEIRANTE, 2013)

A COELCE distribui energia em uma área com elevada dispersão de consumidores (20 unidades consumidoras por km²). O consumo médio de 228,5 kWh/mês por consumidor, também é baixo (corresponde a apenas 52% da média registrada para o conjunto do Brasil), especialmente no meio rural, onde atinge somente 39 kWh/mês. A empresa recebeu o Prêmio ABRADDEE 2012 – na categoria de concessionárias com mais de 500 mil consumidores – no quesito Responsabilidade

³O Programa Luz para Todos, lançado em 2004 pelo Governo Federal, tem por objetivo levar energia elétrica para a população rural, para estimular o desenvolvimento socioeconômico destas regiões (MME, 2013).

⁴ O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o IDHM são índices sintéticos que compreendem indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: saúde, educação e renda. Entretanto, O IDHM serve para comparar municípios brasileiros entre si e o IDH serve para medir o desenvolvimento humano de países em contexto global e variam entre zero e um (PNUD, 2013).

Social, Gestão da Qualidade, Avaliação pelo Cliente, além de ser considerada a melhor empresa em nível nacional. Em 2013, foi considerada a melhor empresa da região nordeste. Recebeu também o Prêmio Nacional de Qualidade (PNQ) no biênio 2011/2012 (COELCE, 2013).

De acordo com a ABRADDEE, em 2012, a LIGHT foi a quinta maior distribuidora brasileira em número de clientes e também a quinta maior em quantidade de energia distribuída. A área de concessão da Light abrange 31 dos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro, compreendendo a capital, a Baixada Fluminense e o Vale do Paraíba. Apesar de representar um terço dos municípios do Estado, essa área concentra 68% da população e 66% do PIB estadual. No 2º semestre de 2012, a LIGHT desenvolveu o programa Área de Perda Zero, onde disponibilizava medidores eletrônicos e rede blindada para diminuir o índice de inadimplência e as perdas. A empresa extrapolou o limite estabelecido pela ANEEL de 9,32 da Duração Equivalente por Consumidor (DEC), apresentando o valor de 18,15. A alegação dada para tal índice foram as altas temperaturas no mês de dezembro, o que teria ocasionado a sobrecarga do sistema (LIGHT, 2013).

A AMPLA possui 33% menos clientes que a Light, mas com o dobro da área de concessão. O Rio de Janeiro é o 2º estado mais industrializado do Brasil, contudo a maioria de suas indústrias está localizada na área de concessão da Light. A área de concessão da AMPLA caracteriza-se pelo elevado número de furtadores de energia e inadimplência (AMPLA, 2013).

A AES Sul atende a 118 municípios das regiões metropolitanas e centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul, sendo eleita uma das 150 melhores empresas para se trabalhar, segundo o Guia Você S.A 2012. Nesse mesmo ano a empresa atingiu, pela primeira vez, a meta estabelecida pela ANEEL para o DEC. A companhia também foi apontada como uma das 20 empresas modelo em sustentabilidade pela revista Exame. Isso reflete os investimentos que a empresa vem fazendo em obras de manutenção, melhorias e expansão do sistema (AES Sul, 2013).

A ELEKTRO ganhou o Prêmio ABRADDEE em 2012 nas categorias Avaliação pelo Cliente e Avaliação Operacional, além de ter sido considerada a melhor empresa nacional. Reconhecida, em 2012, pelo *Guia Você S/A*, como a Melhor Empresa para Você Trabalhar, com índice de Felicidade no Trabalho de 92,5% e, no mesmo ano, pela revista *Época – Great Place to Work* – como a quinta Melhor Empresa para Trabalhar

no Brasil na categoria Grandes Multinacionais e Nacionais; é a oitava maior distribuidora de energia elétrica do Brasil em energia consumida.

Fornece energia elétrica a aproximadamente 6 milhões de pessoas, atendendo a 228 cidades, distribuídas em 223 no estado de São Paulo e 5 no Mato Grosso do Sul. Cabe, ainda, salientar que a companhia passou pela troca de controle acionário durante o ano 2012 (ELEKTRO, 2013).

A ELETROPAULO é a maior distribuidora de energia elétrica em consumo e faturamento da América Latina. Em 2012 recebeu o Prêmio Nacional da Qualidade da Fundação Nacional da Qualidade, além do Prêmio ABRADDEE na categoria Gestão Econômico-Financeira e, no ano seguinte, foi premiada na categoria Qualidade de Gestão.

Atua na região metropolitana de São Paulo, distribuindo energia elétrica para 24 municípios paulistas em uma área total de 4.526 km². A maior distribuidora de energia da América Latina atende 16,6 milhões de habitantes e 6,5 milhões de unidades consumidoras. A área de concessão da AES Eletropaulo concentra o principal polo industrial e financeiro do Brasil (ELETROPAULO, 2013).

A ESCELSA atende a 70 dos 78 municípios do estado do Espírito Santo, numa área de 41.241 km², cobrindo aproximadamente 90% do Estado e 94% da população total, o que corresponde a 3,3 milhões de habitantes. Em 2012 atendeu 1,3 milhões de clientes faturados, totalizando 10.130 GWh de energia distribuída. As principais atividades econômicas na região são siderurgia, mineração de ferro, produção de papel, petróleo e gás (ESCELSA, 2013).

A COSERN distribui energia para uma população de mais de 3 milhões de pessoas nos 167 municípios do Rio Grande do Norte. Foi reconhecida como a Melhor Distribuidora da Região Nordeste no Prêmio Iasc 2012 (Índice Aneel de Satisfação do Consumidor), conferido pela ANEEL. A receita operacional líquida registrou R\$ 1,42 bilhão, 23,4% acima do ano anterior. O EBITDA alcançou R\$ 315 milhões e o lucro líquido atingiu R\$ 246 milhões, evolução de 5,9% (COSERN, 2013).

A CEMAT distribui energia elétrica no estado de Mato Grosso – o terceiro maior estado brasileiro, com área de 903.358 km². Apesar de grande parte das áreas e departamentos da empresa estarem concentrados na capital, a Cemat, para distribuir energia a um grande estado, apresenta uma estrutura organizacional descentralizada, contando com seis gerências regionais e 145 unidades de serviços no interior do estado

com foco nas atividades técnico-operacionais e de atendimento ao cliente (CEMAT, 2013).

A ENERSUL atende a quase todos os municípios do Estado de Mato Grosso do Sul (73 dos 78 municípios) numa área de 328.335 km², o equivalente a 91,9% do estado e a 94,4% da população total, correspondendo a 2,37 milhões de habitantes.

A ENERSUL foi vencedora do Prêmio ABRADDEE, em 2013, como melhor distribuidora das regiões norte e centro-oeste, entre as empresas com mais de 500 mil consumidores na 14ª edição do evento da ABRADDEE. A Revista Eletricidade Moderna concedeu-lhe o prêmio de melhor distribuidora do centro-oeste. Também foi escolhida pela ANEEL a melhor distribuidora da região centro-oeste pelo próprio cliente (ENERSUL, 2013).

A CEEE-D é a única empresa pública estatal, sendo todas as demais privadas. A área de concessão da CEEE-D compreende a região Metropolitana, Sul, Litoral e Campanha gaúcha, atendendo a 72 municípios, através de seus 73.138 km de redes urbanas e rurais, abrangendo 73.627 km², o que corresponde aproximadamente a 34% do mercado consumidor do Rio Grande do Sul, totalizando 1,5 milhão de unidades consumidoras. Os clientes/consumidores de baixa renda totalizam 133.400 e representam 10% em relação ao total de clientes/consumidores. Esse número vem diminuindo nos últimos anos. Os consumidores de baixa renda respondem por apenas 3,61% da receita operacional, a maior parte dela advém dos clientes residenciais (33,34%), dos clientes comerciais (27,79%) e dos clientes industriais (20,74%) (CEEE-D, 2013).

4.2 ESCORES DE EFICIÊNCIA

Com a aplicação do *software Frontier Analyst 4.0* foram obtidos os escores de eficiência das unidades. A metodologia DEA considera eficiente somente as unidades que alcançaram o escore 100%.

As empresas foram agrupadas em três *clusters*: *cluster A*, empresas com o escore 100%; *cluster B*, empresas com o escore entre 80% a 99,9%; *cluster C*, empresas com escore abaixo de 80%.

Neste caso, sete empresas alcançaram a fronteira de eficiência, sendo elas: BANDEIRANTE, COELBA, COSERN, CPFL-PIRATININGA, CPFL-PAULISTA, ENERSUL e RGE. As demais empresas foram consideradas ineficientes, sendo que o

escore varia entre 53,4% a 96,3%. Na Tabela 6 constam os escores das unidades analisadas.

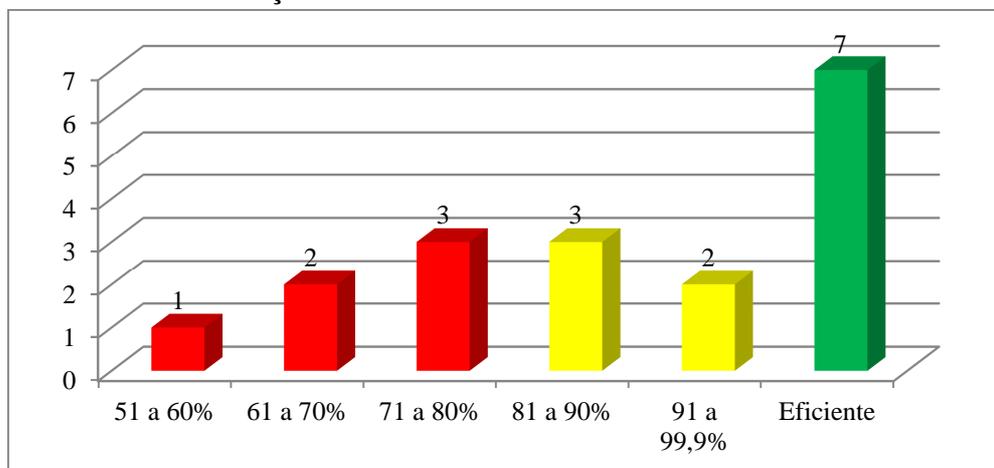
Tabela 6 – Escores das empresas distribuidoras de energia elétrica

	DMU	Escore
CLUSTER A	BANDEIRANTE	100,00%
	COELBA	100,00%
	COSERN	100,00%
	CPFL-PIRATININGA	100,00%
	CPFL-PAULISTA	100,00%
	ENERSUL	100,00%
	RGE	100,00%
CLUSTER B	CEMAR	96,30%
	ELETROPAULO	93,20%
	ESCELSA	86,50%
	AES	86,40%
	LIGHT	83,40%
CLUSTER C	COELCE	79,80%
	CEMAT	78,60%
	ELEKTRO	77,50%
	AMPLA	70,20%
	CEEE-D	64,70%
	CELPA	53,40%

Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 4 observa-se a distribuição dos escores de eficiência econômica relativa referente ao ano de 2012. Verifica-se que sete das 18 empresas alcançaram o escore 100%, representando 38,8% da amostra, e todas as demais apresentaram escore superior a 50%, sendo que há três empresas que concentram-se no escore entre 71% a 80% e três empresas no escore entre 81% a 90%.

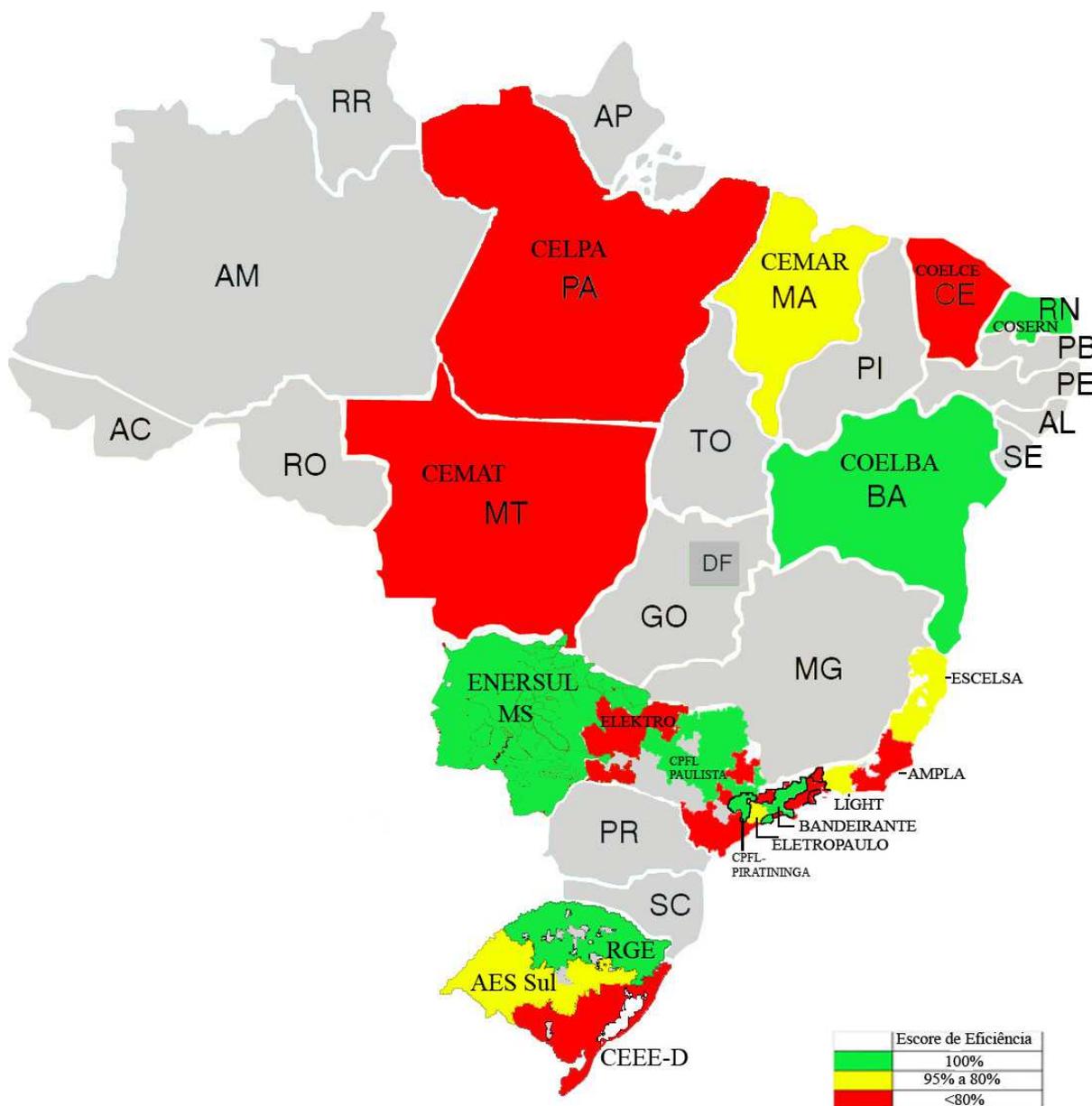
Gráfico 4 – Distribuição dos Escores de Eficiência Econômica



Fonte: Elaborado pela autora a partir do software *Frontier Analyst*.

Na Figura 3 tem-se uma visão geral das regiões onde se localizam as empresas analisadas. As sete empresas consideradas eficientes estão espalhadas pelo Brasil, sendo que 50% delas localizam-se na região sudeste, e o restante está localizado na região centro-oeste, nordeste e sul. Sobre as empresas que alcançaram o escore abaixo de 80%, aquelas que apresentam a maior concentração, entre 71 e 80%, observa-se que estão localizadas, em sua maioria, na região nordeste.

Figura 3 – Regiões das distribuidoras

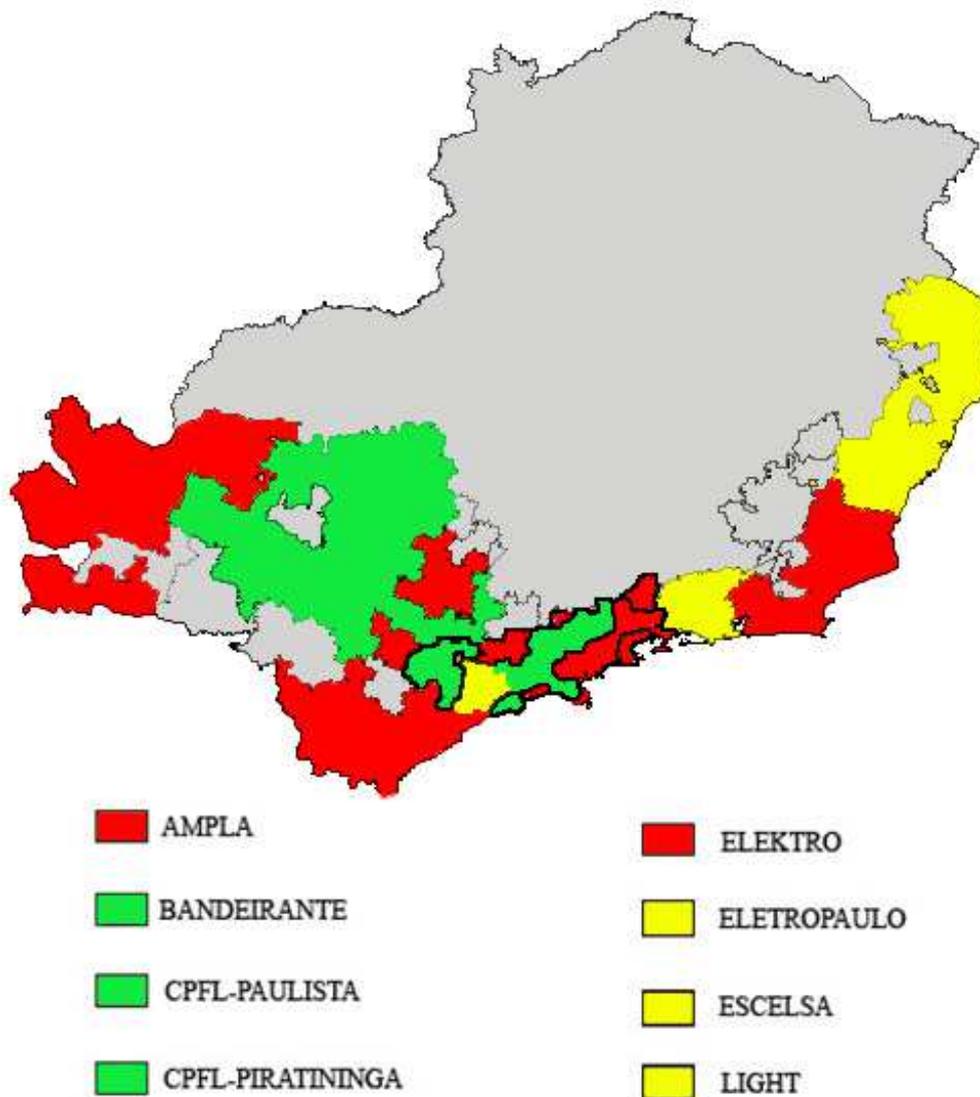


Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A amostra não contempla empresas localizadas nas regiões representadas pela cor cinza.

Na Figura 4 é possível uma visualização mais detalhada das empresas pertencentes a região sudeste, pois na Figura 3 não é possível identificá-las de forma clara.

Figura 4 – Distribuidoras da região sudeste



Fonte: Elaborado pela autora.

Nota: A amostra não contempla empresas localizadas nas regiões representadas pela cor cinza.

Procurou verificar se as empresas mais eficientes estão localizadas em regiões mais desenvolvidas. Para isso, tem-se a seguinte hipótese nula (H_0): não há relação entre ser eficiente e estar em uma região desenvolvida. E a hipótese alternativa (H_1): há relação entre ser eficiente e estar em uma região desenvolvida. Por meio da análise de regressão simples, em que a variável dependente é o escore de eficiência e a variável independente é o IDHM, em um nível de significância de 5%, encontrou-se um p-valor de 0.52, indicando, com a probabilidade de 95% que não há relação entre eficiência e o desenvolvimento da região.

Foi verificado ainda se a elevada densidade populacional pode contribuir para a eficiência das empresas. Utilizou-se como hipótese nula (H_0): não há relação entre ser eficiente e atender mais consumidores, e como hipótese alternativa (H_1): há relação entre ser eficiente e atender mais consumidores. Utilizando a análise de regressão simples, em que a variável dependente é o escore de eficiência e a variável independente é a densidade populacional, em um nível de significância de 5%, encontrou-se um p-valor de 0.58, indicando, com a probabilidade de 95% que não há relação entre eficiência e o atendimento de um maior número de clientes por área.

Na Tabela 7 estão os dados do IDHM, densidade populacional, área de concessão e extensão da rede utilizados nos testes de regressão.

Tabela 7 – Dados utilizados nos testes de regressão

	DMU	Escore	IDHM	Densidade Populacional	Área de Concessão	Extensão de Rede
CLUSTER A	BANDEIRANTE	100,00%	0,783	166,8	9.600	3.552
	COELBA	100,00%	0,660	9,2	563.374	91.548
	COSERN	100,00%	0,684	22,7	53.307	46.346
	CPFL-PIRATININGA	100,00%	0,783	215,1	6.959	20.131
	CPFL-PAULISTA	100,00%	0,783	42,3	90.440	75.103
	ENERSUL	100,00%	0,729	2,7	328.335	82.827
	RGE	100,00%	0,746	14,7	90.718	79.700
CLUSTER B	CEMAR	96,30%	0,639	6,1	331.937	108370
	ELETROPAULO	93,20%	0,783	1426,8	4.526	46.267
	ESCELSA	86,50%	0,740	32,3	41.241	59.852
	AES	86,40%	0,746	12,5	99.512	63.889
	LIGHT	83,40%	0,761	325,7	10.970	56.267
CLUSTER C	COELCE	79,80%	0,682	20,9	146.917	78.239
	CEMAT	78,60%	0,725	1,3	903.358	139.934
	ELEKTRO	77,50%	0,783	19,1	120.884	102.408
	AMPLA	70,20%	0,761	73,9	32.608	48.139
	CEEE-D	64,70%	0,746	20,8	73.627	72.138
	CELPA	53,40%	0,646	1,5	1.247.955	58.677

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 8 apresentam-se dados sobre: área de concessão, extensão da rede, densidade populacional e unidades consumidoras.

Tabela 8 – Dados adicionais das empresas

		Eficientes 100%	Não Eficientes < 99,9%
Área de Concessão Em km ²	MÉDIA	163.248	273.958
	MEDIANA	90.440	99.512
	MÍNIMO	6.959	4.526
	MÁXIMO	563.374	1.247.955
Extensão da rede Em km	MÉDIA	57.030	67.318
	MEDIANA	75.103	61.283
	MÍNIMO	3.552	7.225
	MÁXIMO	91.548	139.934
Densidade Populacional Unidades Consumidoras / Área	MÉDIA	67,65	176,46
	MEDIANA	22,68	20,84
	MÍNIMO	2,68	1,29
	MÁXIMO	215,13	1.426,83
Unidades Consumidoras	MÉDIA	2.220.410	2.460.812
	MEDIANA	1.497.117	2.037.350
	MÍNIMO	878.855	1.169.795
	MÁXIMO	5.192.035	6.457.841

Fonte: Elaborado pela autora.

Novamente, adotando a análise de regressão simples, em um nível de significância de 5%, em que a variável dependente é o escore de eficiência e a variável independente é a extensão da rede, onde a hipótese nula (H_0): não há relação entre a eficiência da empresa e o tamanho da extensão da rede, e como hipótese alternativa (H_1): há relação entre a eficiência da empresa e o tamanho da extensão da rede, o p-valor foi de 0.299. Esse valor indica que o tamanho da extensão da rede não tem relação com a eficiência das unidades analisadas.

E ainda, verificou se há relação entre a eficiência das unidades analisadas e área atendida pela distribuidora. A variável dependente é o escore de eficiência e a variável independente é a área de concessão. Ao assumir a hipótese nula (H_0): não há relação entre a eficiência da empresa e a área de concessão da distribuidora e hipótese alternativa (H_1): há relação entre a eficiência da empresa e a área de concessão da distribuidora, em um nível de significância de 5%, encontrou-se um p-valor de 0.06,

indicando, com a probabilidade de 95% que não há relação entre eficiência e a área atendida pela distribuidora.

Os resultados dos testes aplicados indicaram que a região em que a empresa está localizada, a densidade populacional, o tamanho da área de concessão e da extensão da rede não se mostraram relevantes para a determinação da eficiência das empresas, logo não são fatores determinantes para explicar a eficiência das empresas.

No estudo de Sampaio, Ramos e Sampaio (2005), das 71 usinas hidrelétricas analisadas, as pertencentes ao setor público foram mais eficientes do que as da iniciativa privada. Nesta pesquisa não se pode inferir que as empresas públicas são ineficientes, pois só há uma empresa na amostra, e não é estatisticamente significativa para ser considerada ineficiente por ser uma empresa pública.

Das sete empresas eficientes, todas elas já receberam o Prêmio ABRADÉE, sendo que as empresas BANDEIRANTE, ENERSUL, CPFL PAULISTA e RGE receberam o prêmio em 2012, a COSERN em 2011, a CPFL Piratininga em 2010 e a COELBA em 2009. Sobre as demais empresas, receberam o prêmio: ELETROPAULO em 2012, CEMAR em 2011, AES Sul nos anos de 2011 e 2013, COELCE e ELEKTRO em 2012.

Anjos, Bordin e Mello (2010) analisaram a eficiência de distribuidoras de energia da região sudeste, baseados em dados de 2009, e as empresas CPFL-PAULISTA, CPFL-PIRATININGA e BANDEIRANTE atingiram o escore de 99%, 92% e 95%. Resultados bem próximos ao desta dissertação, onde essas empresas alcançaram 100% de eficiência.

Sobre as unidades do cluster B verifica-se, que as variáveis Ativo Total e Receita Líquida são as variáveis que mais contribuíram para a obtenção da eficiência, conforme Tabela 9. Essa situação se repete para as unidades do cluster C, com as variáveis Ativo Total e Receita Líquida sendo as mais contributivas para a obtenção do escore, com exceção da CEMAT onde o Total de Funcionários e EBITDA/Unidades Consumidoras são as variáveis que contribuíram.

Nas empresas eficientes há uma maior variedade de combinações que colaboraram para alcançar a fronteira de eficiência. Na CPFL-PIRATININGA foram as variáveis Total de Funcionários e Receita Líquida; na BANDEIRANTE e na COSERN foram o ativo total e receita líquida; na RGE foram o Ativo Imobilizado e

EBITDA/Unidades Consumidoras; na CPFL-PAULISTA foram o Ativo Imobilizado e Receita Líquida.

Tabela 9 - Variáveis que contribuíram para o resultado das empresas

		Ativo Total %	Ativo Imobilizado %	Total Funcionários %	Receita Líquida %	EBITDA / Unidades Consumidoras %	Resultado do Período %
CLUSTER A	BANDEIRANTE	95,8	4,1		82,7		17,2
	COELBA		99,9			20,5	79,4
	COSERN	99,9			71,1	28,8	
	CPFL- Piratinga			99,9	99,9		
	CPFL-Paulista		99,9		73,4		26,5
	ENERSUL	47,4		52,5		91,7	8,2
	RGE		99,9			99,9	
CLUSTER B	CEMAR	17	71,4	11,4			99,9
	ELETROPAULO	99,9			99,9		
	ESCELSA	99,9			75	24,9	
	AES Sul	97,3		2,6	76,4	23,5	
	LIGHT	99,9			99,9		
CLUSTER C	COELCE	99,9			99,9		
	CEMAT		99,9		30,1	69,8	
	ELEKTRO	92,7		7,2	98,1		1,8
	AMPLA	99,9			77,3		22,6
	CEEE-D	99,9			99	0,9	
	CELPA	99,9			99,9		

Fonte: Elaborado pela autora

A unidade menos eficiente foi a CELPA, que obteve o escore de 53,4%. Em 2012, a CELPA enfrentou dificuldades, inicialmente pela recuperação judicial anunciada em fevereiro de 2012 e posteriormente, pelo controle acionário que passou para a Equatorial Energia, em novembro do mesmo ano. A empresa encerrou o ano com um prejuízo de quase R\$ 700 milhões e com EBITDA negativo de aproximadamente R\$ 400 milhões. O DEC apurado foi de 101,56 horas e a Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (FEC) apurada foi 50,85 vezes, sendo que o limite estabelecido pela ANEEL era de 37,69 horas para o DEC, e 28,33 vezes para o FEC (CEMAT, 2013).

A CEEE-D, outra empresa considerada ineficiente com o escore de 64,7%, encerrou o exercício de 2012 com um prejuízo de R\$ 308,7 milhões, representando um aumento de 52,14%, em relação ao prejuízo de 2011, que foi de R\$ 202,9 milhões. Este efeito negativo foi decorrente, principalmente, dos impactos da MP nº 579/2012 convertida na Lei nº 12.783/2013, assim como do 3º Ciclo de Revisão Tarifária Periódica no qual a parcela B foi reduzida em aproximadamente R\$ 200 milhões. O

aumento dos tributos, no reconhecimento do passivo diferido, no montante de R\$ 47 milhões e o aumento do custo com energia comprada no montante de R\$ 325 milhões, passando de 1,17 bilhões em 2011 para 1,49 bilhões em 2012 também contribuíram para o resultado negativo. A CEEE-D ultrapassou o limite estabelecido para o DEC de 15,26 horas, atingindo 19,33 horas. A FEC foi de 12,96 vezes, ficando dentro do limite de 15,11 (CEEE-D, 2013).

A ELEKTRO encerrou o ano de 2012 com um pequeno crescimento quando comparado a 2011. A receita operacional líquida cresceu apenas 0,2% em relação a 2011; já o EBITDA apresentou uma redução de 25,9% em relação a 2011, e o lucro líquido apresentou uma queda de 27,5% quando comparado ao mesmo período do ano anterior. A empresa justifica esses valores devido à: redução das tarifas a partir de agosto de 2012 juntamente com a revisão tarifária, resultando em um efeito médio de -3% percebido pelo consumidor; redução de 11,7% no consumo de clientes cativos da classe industrial (ELEKTRO, 2013).

A CEMAT obteve o score de 78,6%. Em 2012 encerrou o exercício com um prejuízo de R\$52,9 milhões e uma redução de 53,2% no EBITDA, passando de R\$538,7 milhões em 2011 para R\$252 milhões em 2012. De acordo com o Relatório de Sustentabilidade da empresa, dentre os fatores que afetaram o resultado operacional, estão:

- as alterações nos custos referentes ao valor pago pela energia representou um acréscimo de 33,3% em relação ao ano de 2011. Tal acréscimo foi ocasionado, principalmente, pelo baixo nível dos reservatórios das usinas hidroelétricas e pelo aumento do volume das compras de energia elétrica no ambiente da CCEE. O aumento da compra de energia aconteceu em decorrência do não cumprimento da entrega de energia por algumas supridoras contratadas em leilão, seja em razão do atraso na construção das usinas, seja pelo cancelamento da outorga pela ANEEL.
- crescimento no volume de energia comprada para revenda, em decorrência da expansão do mercado no fornecimento de energia elétrica.
- aumento dos indicadores Duração Equivalente do Consumidor – DEC (em horas por ano) e Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor (em número de interrupções por ano),

No indicador FEC, o limite concedido era de até 26,08 e a CEMAT chegou a 24,22. Já no DEC, a CEMAT alcançou 33,75, quando o limite estabelecido pela ANEEL era de

29,32. A empresa argumenta que o aumento no DEC teria sido impulsionado durante o período chuvoso o que contribuiu para o aumento das ocorrências acidentais, tais como quedas de galhos de árvores, sobre o sistema elétrico da Companhia (CEMAT, 2013).

Além desses fatores, desde agosto de 2012 a ANEEL aprovou a intervenção na CEMAT pelo prazo de um ano. Essa intervenção foi prorrogada por mais dois anos, devido à indefinição quanto ao futuro e transferência de controle societário das empresas. Os principais objetivos da medida foram a defesa do interesse público, a preservação do serviço adequado aos consumidores e a gestão dos negócios das concessionárias. A dívida da empresa mato-grossense estaria em cerca de R\$ 1,7 bilhão. Devido à intervenção, a CEMAT ficou impedida de aplicar o reajuste tarifário entre 08 de abril e 31 de agosto de 2012, o que implicou o não faturamento de R\$ 58 milhões. Em 2009, a CEMAT foi multada um total de R\$ 346.514,87 pelo alto custo e pela falta de energia elétrica.

A ENERSUL, apesar de ter sido considerada eficiente, também passou por problemas financeiros em 2012. A ANEEL aprovou a intervenção nas empresas CEMAT e ENERSUL, ambas pertencentes ao Grupo Rede Energia, desde agosto de 2012. Embora a receita operacional bruta tenha apresentado um aumento de 12,7% do ano de 2011 para 2012, e a receita operacional líquida tenha apresentado uma variação positiva de 13,7% em relação à verificada em 2011, o custo do serviço de energia elétrica comprada para revenda e encargos do uso de sistema de transmissão aumentou em 25,6%. As despesas operacionais somaram R\$ 109,7 milhões em 2011 e R\$ 260,4 milhões em 2012, representando um aumento de 137,5%. Resultado, esse, influenciado, principalmente, por ajustes nas contingências judiciais e pela provisão de créditos de liquidação duvidosa. Em consequência, o EBITDA da empresa diminuiu de R\$ 363,1 milhões em 2011 para R\$ 183,1 milhões em 2012, representando um decréscimo de 49,6%. Caso fossem excluídos os efeitos das provisões, o EBITDA de 2012 seria aproximadamente de R\$ 300 milhões. De acordo com o Relatório de Sustentabilidade divulgado pela empresa, ainda que o desempenho atual dos níveis de qualidade do serviço da ENERSUL seja compatível com os padrões de rede existentes, a baixa densidade populacional e o baixo consumo de energia elétrica, aliados à sua dispersão espacial levam a empresa a valores elevados de perdas na distribuição da energia elétrica (ENERSUL, 2013).

A AMPLA registrou um acréscimo de 15,8% no EBITDA em relação ao ano de 2011, e também um aumento de 10,4% na receita bruta. O aumento das unidades consumidoras foi de 2,6% em relação ao registrado em 2011, reflexo do aumento dos consumidores da classe residencial (AMPLA, 2013).

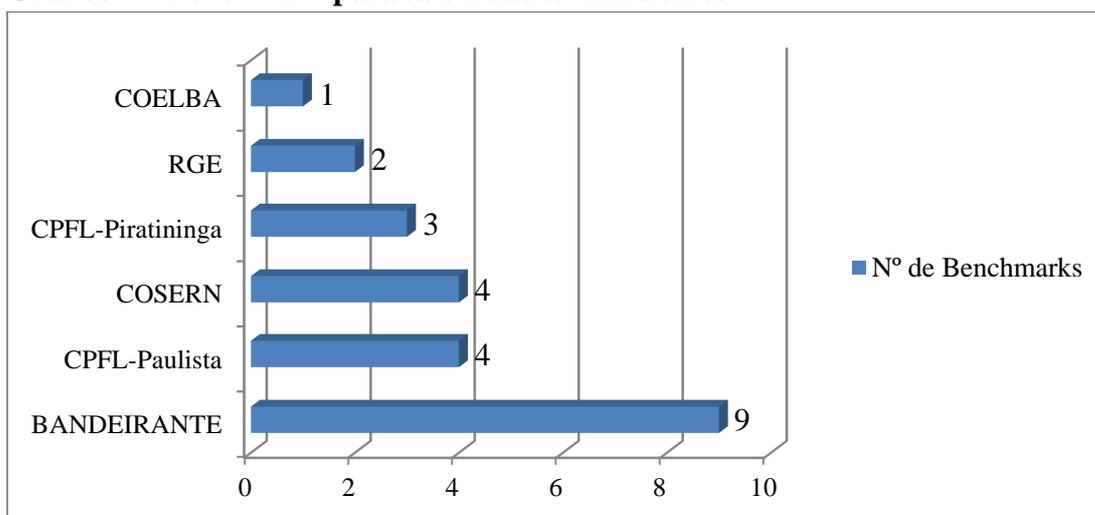
A COELCE encerrou o ano de 2012 com um aumento de 9% sobre a receita bruta, principalmente devido ao incremento do subsídio baixa renda que aumentou 36% em relação a 2011 e ao crescimento das vendas de energia elétrica para o mercado cativo (COELCE, 2013).

Dentre as empresas ineficientes, três delas – CELPA, CEEE-D e CEMAT - passaram por problemas financeiros, encerrando o exercício de 2012 com prejuízo e com violações nos limites estabelecidos para o DEC.

No estudo de Saurin, Miranda e Costa Júnior (2010), foram analisadas 29 empresas do setor elétrico, tendo base em dados de 2008, e a CELPA foi a 27ª colocada, a CEMAT a 25ª, a AMPLA em 22ª, e a COELCE a 19ª. Com exceção da CELPA que obteve o escore de 85%, as demais empresas obtiveram escore abaixo de 80%, sendo consideradas ineficientes. Resultados que corroboram os escores obtidos nessa pesquisa, apesar dos dados não serem provenientes do mesmo ano.

4.3 BENCHMARKS E MELHORIAS

A metodologia DEA permite encontrar soluções de eficiência para as DMU menos eficientes, os chamados *benchmarks*. Com base no Gráfico 5 é possível utilizar a unidade eficiente BANDEIRANTE como *benchmark* para 10 unidades ineficientes, além de servir de *benchmark* para si própria. A BANDEIRANTE é *benchmark* para as empresas AES Sul, AMPLA, CEEE-D, CELPA, COELCE, ELEKTRO, ELETROPAULO, ESCELSA e LIGHT.

Gráfico 5 – Benchmark para as unidades ineficientes

Fonte: Elaborado pela autora.

A BANDEIRANTE é *benchmark* para o maior número de empresas, conforme Quadro 6. A empresa foi destaque no Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) no biênio 2011/2012 e também recebeu o Prêmio ABRADDEE na categoria Evolução de Desempenho. Ainda em 2012, realizou o desdobramento de suas ações ordinárias, com a finalidade de ingressar no IBOVESPA, principal indicador do mercado de valores mobiliários da América Latina. Para a empresa aumentar a qualidade e a eficiência das operações, busca maximizar sua eficiência operacional e garantir a melhoria contínua na qualidade de gestão.

Quadro 6 - Empresas *Benchmark* para as unidades ineficientes

	BANDEIRANTE	COELBA	COSERN	CPFL-Paulista	CPFL-Piratinga	RGE
AES Sul	X		X		X	
AMPLA	X		X			
CEEE-D	X			X	X	
CELPA	X			X		
CEMAR		X	X			X
CEMAT				X		X
COELCE	X					
ELEKTRO	X			X	X	
ELETROPAULO	X					
ENERSUL						
ESCELSA	X		X			
LIGHT	X					

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 10, observa-se o potencial de melhoria para cada empresa e cada insumo e produto em valores percentuais.

As empresas devem reduzir os valores dos insumos em média 15% do ativo total; 57% do ativo imobilizado, e 24% do número de funcionários. Já para os *outputs* é desejável o aumento dos valores da Receita Líquida em média de 31%; EBITDA/ Unidades Consumidoras em média 140% e 71.122% para o resultado do período. Salienta-se que o resultado do período é a variável que apresenta o maior desvio padrão, sendo de 129.019%. Por apresentar um desvio padrão elevado em relação às demais variáveis pode explicar a distribuição dos escores. As empresas que apresentam os menores escores de eficiência são aquelas que apresentam os menores valores nessa variável. Ou seja, essas empresas devem procurar aumentar o resultado para que se tornem eficientes.

Tabela 10 - Percentuais de melhorias

DMU	Ativo Total %	Ativo Imobilizado %	Total de Funcionários %	Receita Líquida %	EBITDA/ Un. Consumidoras %	Resultado do Período %
AES	0	-94,7	0	15,8	15,8	29,4
AMPLA	0	-99,5	-13,3	42,4	62,9	42,4
CEEE-D	0	0	-57,8	54,7	54,7	98,8
CELPA	0	0	-70,3	87,2	134	780.728
CEMAR	0	0	0	24,4	15,6	3,9
CEMAT	-1,6	0	-50,6	27,3	27,3	59,8
COELCE	0	-99,6	-38,9	25,3	59,6	843,6
ELEKTRO	0	-98,9	0	29	41,2	29
ELETROPAULO	0	-92,3	-20,2	7,3	889,5	304
ESCELSA	0	-47,6	-3,2	15,6	15,6	28,6
LIGHT	0	-99,8	-15,5	19,9	229,5	181,7
MÉDIA	-0,15	-57,49	-24,53	31,72	140,52	71.122
MAXIMO	0,00	0,00	0,00	87,20	889,50	780.728
MÍNIMO	-1,60	-99,80	-70,30	7,30	15,60	3,90
DESVIO PADRÃO	0,26	43,61	21,73	16,21	152,36	129.019,15

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 11, são demonstradas as diferenças entre o valor efetivo e o valor ótimo da variável EBITDA/ Unidades Consumidoras das empresas, bem como os percentuais de melhoria desta variável. Os valores efetivos são os que realmente foram

realizados e o ótimo é o objetivo a ser atingido. O *software Frontier Analyst* estima valores ideais para cada variável e empresa para que estas alcancem a fronteira de eficiência. Isso não significa que o valor ótimo poderá ser alcançado. Como as concessões das distribuidoras impõe limites à sua atuação, tanto em termos de áreas e consumidores, como em termos de tarifas, a capacidade de alteração desses resultados é limitado.

Tabela 11 – Valores efetivo e ótimo da variável EBITDA/Unidades Consumidoras

DMU	Efetivo R\$	Ótimo R\$	Diferença %
AES	0,63	0,73	15,8
AMPLA	0,54	0,87	62,9
CEEE-D	0,22	0,33	54,7
CELPA	0,1	0,23	134
CEMAR	0,46	0,53	15,6
CEMAT	0,56	0,71	27,3
COELCE	0,35	0,55	59,6
ELEKTRO	0,48	0,68	41,2
ELETROPAULO	0,16	1,63	889,5
ESCELSA	0,57	0,65	15,6
LIGHT	0,42	1,39	229,5

Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, os resultados não permitiram identificar fatores que levam a fronteira de eficiência. Não se pode afirmar que as regiões mais desenvolvidas estão propensas a um elevado índice de eficiência, nem que as empresas que atendem a um maior número de clientes em uma menor área de concessão esteja associada à elevação da eficiência. Entre as variáveis que se destacaram na promoção da eficiência estão o Ativo Total e a Receita Líquida. E as variáveis que merecem atenção para estimular a melhoria dos resultados estão o EBITDA/Unidades Consumidoras e o Resultado do Período.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo determinou a eficiência relativa econômica de 18 distribuidoras brasileiras de energia elétrica por meio de uma técnica não paramétrica, denominada Análise Envoltória de Dados. Com o *software Frontier Analyst* efetuou-se o processamento dos dados, selecionando o modelo CCR/CRS, com orientação a produto. Desse modo, tomando por base estudos anteriores, foram selecionadas as variáveis: *inputs*: ativo total, ativo imobilizado, total de empregados; *outputs*: EBITDA por cliente, receita líquida e resultado do período.

Das 18 empresas analisadas, sete foram consideradas eficientes: BANDEIRANTE, COELBA, COSERN, CPFL-PAULISTA, CPFL-PIRATININGA, ENERSUL e RGE, significando 38,8% da amostra, sendo que a metade das empresas está localizada na região sudeste.

Verifica-se que o IDHM, o tamanho da área de concessão da distribuidora e a extensão da rede, bem como a densidade populacional, não são fatores explicativos para a eficiência das empresas. Todas as empresas eficientes já receberam o Prêmio ABRADÉE, diferentemente das ineficientes, das quais somente duas empresas o receberam.

As variáveis que mais contribuíram para a obtenção da eficiência foram o Ativo Total e a Receita Líquida. Porém deve-se atentar para as empresas eficientes onde outras combinações de variáveis levam ao escore 100%. Entre os principais pontos que devem ser melhorados está o aumento do resultado do período e a redução do ativo imobilizado. A BANDEIRANTE é *benchmark* para o maior número de empresas, sendo: AES Sul, AMPLA, CEEE-D, CELPA, COELCE, ELEKTRO, ELETROPAULO, ESCELSA e LIGHT.

As empresas distribuidoras estão passando pelo 3º ciclo da Revisão Tarifária Periódica, fato que contribuirá para redução do valor da conta de luz na medida em que esta revisão acontece. Considerando que as tarifas de energia elétrica são pré-fixadas, e que o Governo Federal, por meio das Leis nº 10.848 e nº 12.783, divulgou um conjunto de regras voltado para a renovação das concessões dos serviços de geração, transmissão e distribuição de energia, as empresas deverão buscar formas de se manterem eficientes. Dessa forma, poderão garantir o retorno econômico-financeiro de suas atividades. Tal

conjunto prevê a redução de encargos que incidem sobre a energia elétrica que beneficiará tanto os consumidores industriais quanto os residenciais.

A contribuição teórica se dá no sentido de expandir os estudos nacionais, dado que há carência de pesquisas em nível nacional relacionadas às distribuidoras de energia elétrica. Foram identificados os estudos: Anjos, Bordin e Mello (2010); Souza, Souza e Pessanha (2010); Mello, Clímaco e Meza (2009). Outros estudos existentes estão relacionados aos outros segmentos do setor de energia elétrica. Além disso, diferente do estudo de Kassai (2002), onde a autora estudou os segmentos de distribuição, geração e transmissão, agrupados em consonância com o porte da empresa; de Souza, Souza e Pessanha (2010) que estudaram distribuidoras de energia elétrica, porém as agruparam em redes neurais; de Mello, Clímaco e Meza (2009) onde utilizaram as distribuidoras como exemplo para explorar a possibilidade do uso da DEA quando o número de DMU não é o recomendado; e diferente de Zhu (2000) onde analisou diferentes setores de empresas listadas na Fortune 500. Esta pesquisa analisa as empresas distribuidoras do setor elétrico propondo um novo mix de variáveis para a classificação dos escores.

Como proposta a estudos futuros, sugere-se a continuidade deste estudo, verificando a possibilidade de compará-las com empresas de outros países. Além disso, pode-se analisar uma série histórica dos dados, buscando identificar fatores externos que estejam relacionados direta e indiretamente aos escores obtidos. Dados anuais podem ser analisados em séries bimestrais ou trimestrais, pois Bowlin (1998) afirma que é possível essa desagregação dos dados. Indica-se, ainda o emprego de outras técnicas, que podem ser utilizadas em conjunto ou individualmente, para a confirmação dos escores. Sugere-se também avaliar a eficiência técnica das distribuidoras de energia elétrica, verificando, assim, se as empresas economicamente eficientes, também são tecnicamente eficientes.

Esta pesquisa deve ser vista com reserva, pois a análise envoltória de dados fornece resultados relativos relacionados às empresas analisadas e as variáveis utilizadas, não podendo ser comparado com outros setores. Ademais, o DEA analisa a eficiência relativa e não absoluta, não podendo ser parâmetro para a máxima eficiência possível.

REFERÊNCIAS

ABRADEE. Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica. Características Gerais. Disponível em: http://www.abradee.org.br/link.asp?site=http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?i_dtxt=1689

ABBOTT; Malcolm. The productivity and efficiency of the Australian electricity supply industry. **Energy Economics**, 28, p. 444–454, 2006.

ACOSTA, Cristina Maria Machim; SILVA, Ana Maria Volkmer de Azambuja da; LIMA, Milton Luiz Paiva de; Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Revista de Literatura dos Transportes**, vol. 5, n. 4, pp. 88-102, 2011.

AES Sul. AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A. Disponível em: <https://www.aessul.com.br/site/home/Default.aspx> Acesso em: 08 mar. 2013.

AIE. Agência Internacional de Energia. Disponível em: <http://www.iea.org/statistics/topics/Electricity/> Acesso em 20 jan. 2014.

ALI, Agha Iqbal; SEIFORD, Lawrence M. Translation in variance in Data Envelopment Analysis. **Operations Research Letters**, 9, p. 403-405, 1990.

AMPLA. Ampla Energia e Serviços S/A. Disponível em: <http://www.ampla.com> Acesso em: 08 mar. 2013.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica- Informações Técnicas – Distribuição de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=77> Acesso em: 01 mai. 2012.

_____. Perguntas e respostas sobre tarifas das distribuidoras de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2007.

ALMEIDA, Mariana Rodrigues de; MARIANO, Enzo Barberio; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. **Revista Produção Online**, v. 7, p. 9-20, 2007.

ALMEIDA, Mariana R.; MARIANO, Enzo B.; REBELATTO, Daisy A. N. Ferramenta para calcular a eficiência: um procedimento para engenharia de produção. In: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, 34, 2006. Passo Fundo. Anais do XXXIV COBENGE, Passo Fundo, 2006.

ANJOS, Mariana Couto. BORDIN; Bruno. MELLO; João Carlos C. B. Soares de. 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, 2010.

BANDEIRANTE. Bandeirante Energia S/A. Disponível em: <http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/Paginas/default.aspx> Acesso em: 08 mar. 2013.

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

BANXIA SOFTWARES. Banxia Frontier Analyst. Disponível em: <http://www.banxia.com/frontier/> Acesso em: 02 nov. 2012.

BATISTA, Romário de Oliveira. Resultados e perspectivas do programa de desestatização do setor elétrico brasileiro. Trabalho apresentado junto ao Instituto de Assuntos Brasileiros da Universidade de George Washington. Abr. 1998.

BELLONI, José Angelo. **Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2000.

BM&FBOVESPA. Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/Cias-Listadas/Empresas-Listadas/BuscaEmpresaListada.aspx?segmento=Energia+EIC3A9trica&idioma=pt-br> Acesso em: 21 abr. 2012.

BORENSTEIN; Denis, BECKER João Luiz, PRADO; Vaner José do. Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 1055-1078, 2004. Acesso em: 12 nov. 2011.

BOWLIN, William F. Measuring performance: an introduction to data envelopment analysis. **The Journal of Cost Analysis**, v. 3, n. 1, p. 3-28, 1998.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 12 de fevereiro de 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 12 nov. 2011.

BRASIL. Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004. Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE e dá outras providências. Brasília, 15 de março de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/110.847.htm> Acesso em 07 set. 2012.

_____. Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004. Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nºs 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, 15 de março de 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/110.848.htm> Acesso em: 07 set. 2012.

_____. Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nºs 10.438, de 26 de abril de 2002,

12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei nº8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências. Brasília 11 de janeiro de 2013. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Lei/L12783.htm. Acesso em fev. 2013. Acesso em: 07 set. 2012.

_____ Medida Provisória 579, de 11 de setembro de 2012. Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais, sobre a modicidade tarifária, e dá outras providências. Brasília, 11 de setembro de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/MPV/579.htm Acesso em: 12 out. 2012.

CASA NOVA, Silvia; ONUSIC, Luciana Massaro. Estado da Arte na Utilização de Análise por Envoltória de Dados (DEA) em Análise de Demonstrações Contábeis. In: IX SemeAd, 2006, São Paulo. Anais do IX SemeAd. São Paulo: EAD/FEA/USP, 2006.

CEEE-D. Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx> Acesso em: 08 mar. 2013.

CELPA. Centrais Elétricas do Pará S/A. Disponível em: <http://www.celpa.com.br/> Acesso em: 08 mar. 2013.

CEMAR. Companhia Energética do Maranhão. Disponível em: <http://www.cemar-ma.com.br/> Acesso em: 08 mar. 2013.

CEMAT. Centrais Elétricas Mato-grossenses S/A. Disponível em: <http://www.cemat.com.br/> Acesso em: 08 mar. 2013.

CHARNES, Abraham; COOPER, William W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 2, p. 429-444, 1978.

COELBA. Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. Disponível em: <http://www.coelba.com.br/Pages/Default.aspx> Acesso em: 08 mar. 2013.

COELCE. Companhia Energética do Ceará. Disponível em: <https://www.coelce.com.br/> Acesso em: 08 mar. 2013.

COELLI, Tim; RAO, D.S. Prassada; O'DONNELL; Christopher J.; BATTESE, George E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2 ed. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 2005.

COOPER, William W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, Joe. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. 2 ed. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2004.

COSERN. Companhia Energética do Rio Grande do Norte. Disponível em: <http://www.cosern.com.br/Pages/default.asp> Acesso em: 08 mar. 2013.

COSTA, Sergio Francisco. **Introdução ilustrada à estatística**. 4. ed. São Paulo: Harbra, 2005.

CPFL-PAULISTA. Companhia Paulista de Força e Luz. Disponível em: <<http://www.cpfl.com.br/Default.aspx?alias=www.cpfl.com.br/paulista>> Acesso em: 08 mar. 2013.

CPFL –PIRATININGA. Companhia Piratininga de Força e Luz. Disponível em: <<http://www.cpfl.com.br/Default.aspx?alias=www.cpfl.com.br/piratininga>> Acesso em: 08 mar. 2013.

DARAIIO, Cinzia; SIMAR, Lêopold. **Advanced robust and nonparametric methods in efficiency: methodology and applications**. Springer, 2007.

DIEESE. Nota Técnica n. 114. Disponível em: <http://www.dieese.org.br/notatecnica/notaTec114concessoesSetorEletrico.pdf> Acesso em: 27 dez. 2012.

ELEKTRO. Elektro Eletricidade e Serviços S/A. Disponível em: <<http://www.elektro.com.br/default.aspx>>

ELETROBRAS. Centrais Elétricas Brasileiras. Disponível em: <http://www.elektrobras.gov.br> Acesso em 01 fev. 2013.

ELETROPAULO. Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S/A. Disponível em: <<https://www.aeseletropaulo.com.br/Paginas/aes-letropaulo.aspx>> Acesso em: 08 mar. 2013.

ENERSUL. Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S/A. Disponível em: <<http://www.enersul.com.br/>> Acesso em: 08 mar. 2013.

ESCELSA. Espírito Santo Centrais Elétricas S/A. Disponível em: <<http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-escelsa/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 08 mar. 2013.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho; GOMES, Adriano Provezano. **Introdução à análise envoltória de dados**. Teoria, Modelos e Aplicações.1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009.

FERNANDEZ-CASTRO, A.; SMITH, P. Towards a general non-parametric model of corporate performance. **International Journal of Management Science**, v. 22, n. 3, p. 237-249, 1994.

FREAZA, Flavio Paim. **Análise de eficiência do mercado bancário brasileiro, utilizando a metodologia da análise envoltória de dados**. 2006. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) - Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração e Economia, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

FRIED, Harold O.; LOVELL, C. A. N.; SCHMIDT, Shelton S.; The measurement of productive efficiency and productivity growth. New York: Oxford University Press, 2008.

FUGIMOTO, Sérgio Kinya. **Estrutura de tarifas de energia elétrica análise crítica e proposições metodológicas**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Escola Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

GALVÃO, Paulo José Lopes Normande. **Análise envoltória de dados aplicada ao setor brasileiro de distribuição de energia elétrica**. 2008. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) - Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração e Economia, Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

GALVÃO, Paulo José Lopes Normande. SILVA; Raimundo Nonato Sousa. MACEDO; Marcelo Álvaro da Silva. Análise envoltória de dados aplicada ao setor brasileiro de distribuição de energia elétrica. In: XII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, 2009, São Paulo. Anais do XII SIMPOI. São Paulo, 2009.

GASTALDO, Marcelo Machado. Histórico da regulamentação do setor elétrico brasileiro. **O Setor Elétrico**. Jan. 2009a.

_____, Marcelo Machado. Os agentes de mercado de energia elétrica. **O Setor Elétrico**. Mar. 2009b.

GOMES, Antônio Claret S.; ABARCA, Carlos David G.; FARIA, Elíada Antonieta S. T.; FERNANDES, Heloísa Helena de O.. O Setor Elétrico. BNDES 50 Anos: Histórias Setoriais. E. M. de São Paulo e J. Kalache Filho (Ed.). São Paulo, DBA Artes Gráficas: 321-347, 2002.

GOMES, Ely do Carmo Oliveira. **Eficiência dos recursos da arrecadação própria e do fundo de participação dos estados sobre indicadores de riqueza e bemestar social dos estados brasileiros no período de 2000 a 2008**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Regional de Blumenau – FURB, Blumenau, SC, 2010.

GUMBAU-ALBERT, Mercedes; MAUDOS, Joaquín. The determinants of efficiency: the case of the Spanish industry. **Applied Economics**, Abingdon, v. 34, n. 15, p. 1941-1948, 2002.

HABIBOV, Nazim N.; FAN, Lidia. Comparing and contrasting poverty reduction performance of social welfare programs across jurisdictions in Canada using Data Envelopment Analysis (DEA): An exploratory study of the era of devolution. **Evaluation and Program Planning**, v. 33, p. 457–467. 2010.

JUBRAN, Aparecido Jorge. **Modelo de análise de eficiência na administração pública**: estudo aplicado às prefeituras brasileiras usando a análise envoltória de dados.

2006. Tese (Doutorado em Sistemas Eletrônicos) - Departamento de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2006.

KASSAI, Silvia. **Utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) na análise das demonstrações contábeis**. 2002. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria: Contabilidade), Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002.

KASENIRO, Janaína Cristina. **Desempenho Econômico-Financeiro e Análise Envoltória de Dados (DEA): um estudo em meios de hospedagem no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Turismo e Hotelaria) - Programa de Pós-Graduação em Turismo e Hotelaria, Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú, SC, 2008.

LAMERA, Janice Alves; Figueiredo, Adriano Marcos Rodrigues; Zavala, Arturo Zavala. Análise Envoltória de Dados no Estudo da Eficiência em Assentamentos Rurais no Estado de Mato Grosso. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2008, Rio Branco. Anais do XLVI SOBER. Rio Branco, 2008. v. 46.

LANDI, Monica; BERMANN, C. A reestruturação do setor elétrico brasileiro: uma transição incompleta. In: IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia, 2002, Rio de Janeiro. Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia e IV Seminário Latino-Americano de Energia. Rio de Janeiro: Chivas Produções, 2002. v. I.

LANDI, Monica. **Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período de 1934 a 2005**. 2006. Tese (Doutorado em Energia) – Energia, São Paulo, SP, 2006.

LIGHT. Light Serviços de Eletricidade S/A. Disponível em: <<http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-escelsa/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 08 mar. 2013.

MAÇADA, Antonio Carlos Gastaud. **Impacto dos investimentos em tecnologia da informação nas variáveis estratégicas e na eficiência dos bancos brasileiros**. 2001. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

MACEDO, Marcelo Álvaro da Silva; SANTOS, Rodrigo Melo; SILVA, Fabrícia de Farias da. Avaliação de desempenho organizacional: utilizando análise envoltória de dados (DEA) em informações financeiras e não financeiras. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis. Anais do XXIV ENEGEP. São Paulo: ABEPRO, 2004.

MACEDO, Marcelo Álvaro da Silva; STEFFANELLO, Marinês; OLIVEIRA, Carlos Augusto de. Eficiência combinada dos fatores de produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e @gronegocioonline**, v. 3, n. 2, 2007.

MAINARDES, Emerson Wagner; ALVES, Helena; Raposo; Mario. O desempenho das universidades públicas portuguesas segundo seus alunos: análise de eficiência por meio

do data envelopment analysis. **Revista GUAL**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p. 184-215, 2012.

MARQUES, Rui Cunha; SILVA, Duarte. Inferência Estatística dos Estimadores de Eficiência obtidos com a Técnica Fronteira Não Paramétrica de DEA. Uma Metodologia de Bootstrap. **Investigação Operacional**, v. 26, p. 89-110, 2006.

MEHRABIAN, Saeid; ALIREZAEI, Mohammad R.; JAHANSHAHLOO, Gholam.A Complete Efficiency Ranking of Decision Making Units in Data Envelopment Analysis. **Computational Optimization and Applications**, n. 14, p. 261–266, 1999.

MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de; CLÍMACO, João Carlos Namorado MEZA, Lidia Ângulo. Efficiency evaluation of a small number of DMUs: an approach based on Li and Reeves's model. **Pesquisa Operacional**, v. 29, p.97, 2009.

MEZA, Lidia Angulo; MELLO, João Carlos Correia Baptista Soares de; GOMES, Eliane Gonçalves; FERNANDES, Artur José Silva. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. **Investigação Operacional**, v. 27, p. 21-36, 2007.

NEOENERGIA. Histórico do Setor Elétrico. Disponível em: <http://www.neoenergia.com> Acesso em: 15 nov. 2012.

ONS. Operador Nacional do Sistema. Disponível em: <http://www.ons.org.br> Acesso em: 15 nov. 2012.

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.

PASTOR, J. T. Translation invariance in data envelopment analysis: a generalization. **Annals of Operations Research**, v. 66, p. 93-112, 1996.

PEÑA, Carlos Rosano. Um modelo de avaliação da eficiência da administração pública através do método análise envoltória de dados (DEA). **RAC - Revista de Administração Contemporânea**, v. 12, n. 1, p. 83-106, 2008.

PESSANHA, José Francisco Moreira. **Um Modelo de Análise Envoltória de Dados para Estabelecimento das Metas de Continuidade do Fornecimento de Energia Elétrica**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PESSANHA, José Francisco Moreira; SOUZA, Reinaldo Castro; LAURENCEL, Luiz da Costa. Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. **Pesquisa Operacional**, v.27, n.1, p.51-83, 2007.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/Noticia.aspx?id=3751> Acesso em: 15 nov. 2012.

RAFAELI, Leonardo. **A análise envoltória de dados como ferramenta para avaliação do desempenho relativo**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Porto Alegre, RS, 2009.

RAMOS, Rubens E. B. Michael J Farrel e a medição da eficiência técnica. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu. 2007.

RAUPP, Fabiano Maury; BEUREN, Ilse Maria. Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In: BEUREN, Ilse Maria (org.). **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

RIBEIRO, Maitê Garcia Cruz. MACEDO, Marcelo Álvaro da Silva. Desempenho multicritério no setor brasileiro de distribuição de energia elétrica: uma análise apoiada em DEA para os anos de 2007 e 2008. In: XVII Congresso Brasileiro de Custos, 2010, Belo Horizonte. Anais do XVII CBC. São Leopoldo: 2010.

RIOS, Leonardo Ramos. **Medindo a eficiência relativa das operações dos terminais de contêineres do MERCOSUL**. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.

RGE. Rio Grande Energia S/A. Disponível em: <<http://www.rge-rs.com.br>> Acesso em: 08 mar. 2013.

SALES, Gustavo Mangueira 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**. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios) - Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

SAMPAIO, Luciano Menezes Bezerra; Ramos, Francisco S.; Sampaio, Yony. Privatização e eficiência das usinas hidrelétricas brasileiras. **Economia Aplicada**, v.9 (3), p.465, 2005.

SANTANA, Naja Brandão; PÉRICO, Ana Elisa; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. Investimento em responsabilidade sócio-ambiental de empresas distribuidoras de energia elétrica - uma análise por envoltória de dados. **Revista Gestão Industrial**, v. 1, p. 124-139, 2006.

SANTOS, Ariovaldo. CASA NOVA, Silvia Pereira de Castro. Proposta de um modelo estruturado de análise de demonstrações contábeis. **RAE-eletrônica**, v. 4, n. 1, Jan./Jul., 2005.

SAURIN; Valter Lopes; MIRANDA, Ana Lúcia; COSTA JÚNIOR; Newton C. A. da. Eficiência e valor: uma abordagem com base na análise envoltória de dados (DEA) aplicada às empresas do setor elétrico no Brasil. **Revista de Economia e Administração**, v.9, n.2, p. 170-190, Abr./Jun., 2010.

SHANK, J. K. Strategic cost management: new wine, or just new bottles? **Journal of Management Accounting Research**, Sarasota, Fl.,v. 1, p. 47-65, fall 1989.

SHARMA, K. R.; LEUNG, P. S.; CHEN, H.; PETERSON, A. Economic Efficiency and Optimum Stocking Densities in Fish Polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms. **Aquaculture**, v. 180, p. 207-221, 1999.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005. 4. ed. 138p.

SILVA, Paulo Roberto. Eficiência técnica vs eficiência Econômica. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 7, p.157-163, dez., 1977.

SILVA, Antonio Carlos Ribeiro da. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade**: orientações de estudos, projetos, artigos, relatórios, monografias, dissertações, teses. 2. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2008.

SILVEIRA, Juliana Quintanilha da; MEZA, Lidia Ângulo; Melloc João Carlos Correia Baptista Soares de. Identificação de Benchmarks e anti-Benchmarks para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. **Produção**, v. 22, n. 4, p. 788-795, set./dez. 2012.

SIMAK, P. C. **DEA based analysis of corporate failure**. 1997. Thesis (Master of Applied Science) - Graduate Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto, Toronto, 1997.

SIMAK, P. C. **Inverse and negative DEA and their applications to credit risk evaluation**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - Graduate Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Toronto. Toronto, 2000.

SMITH, Paul. Data Envelopment Analysis applied to financial statements. **Omega International Journal of Management Science**, v. 18, n. 2, p. 131-138, 1990.

SOTERIOU, Andreas C.; ZENIOS, Stavros A. Using Data Envelopment Analysis for Costing Bank Products. **European Journal of Operational Research**, v. 114, n. 2, p. 234-248, 1999.

SOUZA, Daniel Pacífico Homem de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SOUZA, Uemerson Rodrigues de; BRAGA, Marcelo José; FERREIRA, Marco Aurélio Marques. Fatores Associados à Eficiência Técnica e de Escala das Cooperativas Agropecuárias Paranaenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 573-598, 2011.

SOUZA, Marco Antonio Ferreira de; MACEDO, Marcelo Álvaro da Silva; FERREIRA, Marcelo Sales. Desempenho Organizacional no Setor Supermercado Brasileiro: Uma Análise Apoiada em DEA. **REGE**, v. 17, n. 2, p. 151-167, 2010.

SOUZA, Marcus Vinicius Pereira de; SOUZA, Reinaldo Castro; PESSANHA, José Francisco Moreira. Custos operacionais eficientes das distribuidoras de energia elétrica: um estudo comparativo dos modelos DEA e SFA. **Gestão & Produção**, v.17, p.653-667, 2010.

STEFFANELLO, Marinês. **Análise longitudinal do impacto dos investimentos de tecnologia da informação na eficiência bancária à luz da metodologia DEA**. 2010. Dissertação (Mestrado em Administração) - Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.

THANASSOULIS, Emmanuel. **Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: a foundation text with integrated software**. Kluwer Academic Publishers, 2001.

TROFÉU TRANSPARÊNCIA ANEFAC. Disponível em: <http://www.anefac.com.br/transparencia/2012/premio.html> Acesso em: 7 set. 2012.

TUPY, Oscar; YAMAGUCHI, Luis Carlos Takao. Eficiência e Produtividade: conceitos e medição. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 2, p. 39-51, 1998.

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

VERGÉS; Joaquim. La eficiencia comparativa Empresa Pública vs. Empresa Privada: Evidencia empírica. Tema 5 del Curso de Doctorado: Empresas Públicas, Privatizaciones y Regulación - Dep. Economía de la Empresa, UAB, abr. 2011.

VIEIRA, Alexandra da Silva. **Utilização de informações contábeis governamentais para a análise de eficiência de políticas sociais dos municípios alagoanos**. 2009. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Contabilidade) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2009.

VON GEYMUELLER, Philipp. 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.

YUNOS, Jamaluddin Mohd; HAWDON, David. The efficiency of the National Electricity Board in Malasyan intercountry comparison using DEA. **Energy Economics**, 19, p. 255-269, 1997.

ZANINI, Alexandre. **Regulação econômica no setor elétrico brasileiro: uma metodologia para definição de fronteiras de eficiência e cálculo do fator X para empresas distribuidoras de energia elétrica**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ZIMMERMANN, Marcio Pereira. **Aspectos técnicos e legais associados ao planejamento da expansão de energia elétrica no novo contexto regulatório brasileiro**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

ZHU, Joe. Multi-factor performance measure model with an application to Fortune 500 companies. **European Journal of Operational Research**, v. 123, p. 105-124, 2000.