

UNIVERSIDADE FUMEC  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EMPRESARIAIS  
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

Sílvia Duval da Silva Cosenza

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E RETORNOS DE ESCALA DAS EMPRESAS  
TERCEIRIZADAS POR UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA:  
UM ESTUDO COM BASE NA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Belo Horizonte - MG  
2016

Sílvia Duval da Silva Cosenza

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E RETORNOS DE ESCALA DAS EMPRESAS  
TERCEIRIZADAS POR UMA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA:  
UM ESTUDO COM BASE NA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA DE DADOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Administração da Universidade FUMEC, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de concentração: Gestão Estratégica de Organizações.

Linha de Pesquisa: Estratégia e Tecnologias em Marketing

Prof. Orientador: Dr. Jersone Tasso Moreira Silva

Belo Horizonte - MG  
2016

Ao meu amado Elson.

C834e Cosenza, Sílvia Duval da Silva.  
Eficiência técnica e retornos de escala das empresas  
terceirizadas por uma distribuidora de energia elétrica: um estudo  
com base na análise de envoltória de dados. / Sílvia Duval da Silva  
Cosenza. – Belo Horizonte, 2016.

110 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Jersone Tasso Moreira Silva.  
Dissertação (mestrado) – Universidade FUMEC. Faculdade de  
Ciências Empresariais.

Inclui bibliografia.

1. Terceirização – Estudo de casos. 2. Indústria elétrica –  
Terceirização – Estudo de casos. I. Jersone, Tasso Moreira Silva.  
II. Universidade FUMEC. Faculdade de Ciências Empresariais.  
III. Título.

CDU: 658.512.3



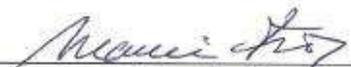
**UNIVERSIDADE  
FUMEC**

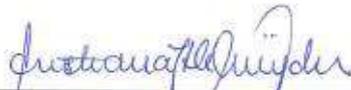
DE MINAS GERAIS PARA O MUNDO

Dissertação intitulada “**Eficiência técnica e retornos de escala das empresas terceirizadas por uma distribuidora de energia elétrica: um estudo com base na análise de envoltória de dados**” de autoria de Sílvia Duval da Silva Consenza, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva – Universidade FUMEC  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alexandre Teixeira Dias – Universidade FUMEC  
(Examinador Interno)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mauri Fortes – IETEC  
(Examinador Externo)

  
\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Cristiana Fernandes De Muyllder  
Coordenadora do Programa de Doutorado e Mestrado em Administração da Universidade  
FUMEC

Belo Horizonte, 08 de julho de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

Ao meu amado esposo Elson pelo amor, paciência, carinho e incentivo. Por ser meu equilíbrio e minha alegria.

À minha mãe, exemplo de dedicação e amor pela arte de educar, que sempre nos inspirou pela busca do conhecimento. Ao meu amado irmão pelo amor e carinho e ao meu saudoso pai de quem sinto muitas saudades.

À minha família (Marotta e Felipe, Cosenza) e aos meus grandes amigos pelo amor, compreensão e apoio incondicionais.

Ao Orientador Prof. Dr. Jersone Tasso Moreira Silva, pela participação e cooperação científica na elaboração desta pesquisa.

A todos os professores que compartilham generosamente seus conhecimentos comigo e com meus colegas.

A todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

As empresas terceirizadas no setor elétrico nem sempre estão preparadas financeira e tecnicamente para fornecer produtos ou serviços nos padrões de excelência esperados. A falha na prestação do serviço pode causar grandes prejuízos à distribuidora em face à relação com o órgão regulador, ademais, a ruptura de contratos em andamento causam prejuízos ainda maiores, pois as características desse setor não aceitam paralisação nas operações. Portanto, o desempenho de empresas terceirizadas deve ser monitorado de forma permanente e o incentivo para a melhor utilização dos recursos disponíveis na prestação de serviços implica em vantagens para o contratante e contratado. Este trabalho propõe a utilização da Análise de Envoltória de dados para medir a eficiência produtiva, ou seja, eficiência técnica (a menor utilização de insumos) e eficiência de escala (o nível de produção mais adequado) de centros de serviços emergenciais e comerciais das empresas contratadas por uma distribuidora de energia elétrica, considerando múltiplos insumos e produtos. A pesquisa foi separada em três abordagens, a primeira analisa a eficiência produtiva dos centros de serviços contratados sob ótica de insumos de trabalho (mão de obra) e propõe alternativas de rearranjos com o objetivo de aumentar a eficiência da empresa terceirizada. A segunda abordagem testa a inclusão da variável de “quantidade de serviços improdutivos” utilizando-a como um output indesejável e compara os índices de eficiência com os resultados do indicador de improdutividade medido pela concessionária. Os resultados mostram que o comportamento dos novos indicadores estão aderentes aos valores do indicador de balizamento, o que sugere válida a aplicação da técnica para medida de eficiência utilizando variáveis incrementais. A terceira abordagem analisou o desempenho das empresas terceirizadas lançando alguma luz na relação principal-agente quando a abordagem é feita considerando aspectos de qualidade. A inclusão do aspecto da qualidade do serviço foi utilizada para avaliar o possível *trade-off* entre insumos de trabalho e qualidade, o resultado mostra a necessidade de aprimoramento dos contratos no sentido de melhorar os incentivos para que os interesses do principal fosse atendido. As contribuições complementares deste trabalho são: o estudo das variáveis de insumo e produto que descrevem o processo produtivo sob análise e a sistematização da utilização da Análise de envoltória de dados para análise de desempenho de empresas terceirizadas considerando múltiplos insumos e produtos.

Palavras-chave: Terceirização, Eficiência, Análise de envoltória de dados.

## ABSTRACT

The outsourcing companies in the electricity Brazilian sector are not usually prepared financially and technically to provide products or services on expected standards of excellence. Failure to provide the service can cause major damage to the distributor in relation to the regulatory organ. In addition to that, disruption of ongoing contracts cause even greater losses as this sector does not accept downtime in operations. Therefore the outsourcing companies' performance should be permanently monitored and encouraged to utilise the resources they have available in the best way in order to provide great results for both contractor and contractee.

This paper proposes the use of Data Envelopment Analysis to measure the production efficiency, which means, technical efficiency (less use of inputs) and scale efficiency (the most appropriate level of production) of emergency and commercial services provided by the contractors hired by an electricity distributor, considering multiple inputs and outputs. This research was divided into three approaches: the first analyses the production efficiency of contractors' services engaged in labour and proposes rearrangement alternatives in order to increase the efficiency of the outsourcing company. The second approach tests the inclusion of the variable "amount of unproductive services" using it as an undesirable output and compares the efficiency indices with the results of non-productivity indicators measured by the distributor. The results show that the behaviour of the new indicators are associated to the values of the reference indicator, which suggests that application of the technique is valid for measuring efficiency using incremental variables.

The third approach analysed the outsourcing companies' performance focusing in the relationship contractor-contractee with a proposal to consider aspects of quality. The inclusion of quality of service was used to assess the possible trade-off between labour inputs and quality. The result shows that an enhancement of the contracts is necessary to improve meeting the required targets.

The complementary contributions of this work are: the study of the variables supplies and product describing the production process under analysis and systematization of Data Envelopment Analysis for analysis performance of outsourcing companies considering multiple inputs and products.

Keywords: Outsourcing, operational efficiency, Data Envelopment Analysis

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Análise estratégica entre fazer e comprar .....	18
FIGURA 2 – Fronteira de Eficiência da DEA.....	35
FIGURA 3 – Mapa da área de concessão da Cemig D subdividido pela área de atuação das empresas contratadas .....	57
FIGURA 4 – Fluxograma da aplicação de um modelo DEA .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Representação da relação entre elementos do processo produtivo .....	34
GRÁFICO 2 – Representação da fronteira para os modelos CCR e BBC .....	42
GRÁFICO 3 – Indicador de produtividade parcial – Quantidade de US/Analista.....	69
GRÁFICO 4 – Indicador de produtividade parcial – Quantidade de US/Eletricistas .....	70
GRÁFICO 5 – Valores de Tempo Médio de Atendimento Emergencial – TMAE .....	71
GRÁFICO 6 – Percentual de serviços atendidos fora do prazo .....	72
GRÁFICO 7 – <i>Benchmarks</i> para as empresas ineficientes pelo modelo CCR com orientação aos <i>inputs</i> .....	76
GRÁFICO 8 – Ordenação do indicador de eficiência composta.....	77

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Autores seminais em Teoria da Produção, Programação Linear e Medida da Eficiência.....	30
QUADRO 2 – Formulação matemática do modelo CCR orientado a insumo .....	37
QUADRO 3 – Formulação matemática do modelo CCR orientado a produto .....	38
QUADRO 4 – Formulação matemática do modelo BBC orientado a insumo .....	39
QUADRO 5 – Formulação matemática do modelo BBC orientado a produto .....	40
QUADRO 6 – Resumo de estudos relacionados ao Setor Elétrico com a utilização da DEA.	48
QUADRO 7 – Indicadores de desempenho das empresas terceirizadas .....	58
QUADRO 8 – Lista de perguntas do questionário com especialistas .....	63
QUADRO 9 – Resumo das variáveis selecionadas .....	63

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Quantidade de reclamações de clientes em 2014.....	53
TABELA 2 – Correlação entre variáveis .....	66
TABELA 3 – Resultado obtido utilizando o modelo CCR orientado aos <i>inputs</i> .....	73
TABELA 4 – Relação das DMUs dominantes e seus pesos .....	75
TABELA 5 – Características ambientais das DMUs .....	78
TABELA 6 – Características ambientais das DMUs eficientes .....	79
TABELA 7 – Sumário das medidas de eficiência das DMUs.....	80
TABELA 8 – Identificação das empresas terceirizadas em função dos centros de serviços ...	83
TABELA 9 – Sumário dos resultados das simulações .....	85
TABELA 10 – Simulações de rearranjo da empresa ETA.....	86
TABELA 11 – Simulações de rearranjo da empresa IOTA .....	87
TABELA 12 – Simulações de rearranjo da empresa MI.....	88
TABELA 13 – Comparação entre abordagens considerando variável IMP.....	90
TABELA 14 – Comparação entre abordagens considerando variável IMP – fronteira de eficiência composta .....	91
TABELA 15 – Comparação entre abordagens – modelo BBC.....	93
TABELA 16 – Comparação entre abordagens com a exclusão da variável TMAE .....	94
TABELA 17 – Comparação entre abordagens utilizando fronteira composta.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASMAE	–	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
BBC	–	Banker, Charnese Cooper
CCEE	–	Camara de Comercialização de Energia Elétrica
CCR	–	Charnes, Cooper e Rhodes
CMSE	–	Comitê de monitoramento do setor elétrico.
CNPE	–	Conselho Nacional de Política Energética
COD	–	Centro de operação da distribuição
CRS	–	<i>Constant Returns to Scale</i>
CSC	–	Centro de serviços da contratada
DEA	–	<i>Data Envelopment Analysis</i> (Análise de Envoltória de dados)
DEC	–	Duração Equivalente por Unidade Consumidora
DIC	–	Duração de Interrupção por Unidade Consumidora
DICRI	–	Duração da Interrupção Ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora
DMIC	–	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
DMU	–	<i>Decision Making Units</i>
ECT	–	Economia do Custo de Transação
EFE	–	Eficiência de Escala
EPE	–	Empresa de Pesquisa Energética
ETG	–	Eficiência Técnica Global
FEC	–	Frequência Equivalente por Consumidor.
FIC	–	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
IDH	–	Índice de Desenvolvimento Humano
IDH-M	–	Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios
IMP	–	Índice de Viagens Improdutivas
IPC	–	Índice de Potencial de Consumo
MAE	–	Mercado Atacadista de Energia
MME	–	Ministério de Minas e Energia
MPSS	–	<i>Most Productive Scale Size</i>
NOS	–	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PIB	–	Produto Interno Bruto
PND	–	Programa Nacional de Desestatização
PPL	–	Problema de Programação Linear.
PRODIST	–	Procedimentos de Distribuição
QEE	–	Qualidade da Energia Elétrica
RCE	–	Retornos crescentes de escala
RDE	–	Retornos decrescentes de escala
RNCE	–	Retornos não crescentes de escala
RND	–	Retornos não decrescentes de escala

SEB	–	Setor Elétrico Brasileiro
SFA	–	Stochastic Frontier Analysis.
SIAD	–	Software Integrado de Apoio à Decisão
TMAE	–	Tempo Médio de Atendimento Emergencial
TMD	–	Tempo Médio de Deslocamento
TME	–	Tempo Médio de Execução
TMP	–	Tempo Médio de Preparação
UC	–	Unidades Consumidoras
VRS	–	<i>Variable Returns to Scale</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>1.1 Justificativa</b> .....	12
<b>1.2 Objetivos</b> .....	15
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i> .....	15
<i>1.2.2 Objetivos específicos</i> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
<b>2.1 Terceirização</b> .....	17
<i>2.1.2 Teoria Agente-Principal</i> .....	22
<i>2.1.3 Terceirização no Setor Elétrico</i> .....	23
<b>2.2 O Setor Elétrico Brasileiro</b> .....	25
<b>2.3 Análise de Envoltória de Dados</b> .....	29
<i>2.3.1 Medidas de Eficiência</i> .....	30
<i>2.3.2 Modelos Clássicos da DEA</i> .....	33
<i>2.3.3 Eficiência Técnica e Eficiência de Escala com a DEA</i> .....	40
<i>2.3.4 Métodos alternativos para aplicação da DEA</i> .....	43
<i>2.3.4.1 Restrições aos pesos</i> .....	44
<i>2.3.4.2 Fronteira Invertida</i> .....	45
<i>2.3.4.3 Outputs indesejados</i> .....	46
<i>2.3.4.4 Estudos relacionados ao Setor Elétrico</i> .....	47
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	51
<b>3.1 Serviços de Distribuição de Energia Elétrica</b> .....	51
<i>3.1.1 Despacho de serviços</i> .....	54
<i>3.1.2 Indicadores de desempenho</i> .....	57
<b>3.2 Fluxograma da aplicação de um modelo DEA</b> .....	59
<b>3.3 Aplicação da DEA</b> .....	61
<i>3.3.1 Determinação das DMUs</i> .....	61
<i>3.3.2 Seleção das variáveis</i> .....	63
<i>3.3.2.1 Análise de correlação</i> .....	66
<i>3.3.3 Determinação do modelo</i> .....	67
<b>4 ANÁLISE DE RESULTADOS</b> .....	69
<b>4.1 Indicadores parciais</b> .....	69
<b>4.2 Análise de resultado da abordagem 1</b> .....	72
<i>4.2.1 Reorganização dos Centros de Serviço</i> .....	82
<b>4.3 Análise de resultado da abordagem 2</b> .....	89
<b>4.4 Análise de resultado da abordagem 3</b> .....	92
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	97
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	101

## 1 INTRODUÇÃO

O dinamismo do ambiente competitivo exige que as organizações tomem providências para aumentar a velocidade e a flexibilidade das atividades da cadeia produtiva. A terceirização é uma decisão estratégica que está vinculada à transferência de processos industriais e à prestação de serviços a outras organizações com o propósito de aumentar a vantagem competitiva. Na literatura, existem diversos posicionamentos destacando vantagens e desvantagens da terceirização. Não é foco deste trabalho se posicionar nesse sentido, mas, sim, destacar a importância da análise de desempenho de fornecedores com objetivo de melhorar a eficiência do processo produtivo.

Desde os séculos XVIII, há registro de transferência de atividades de forma parcial ou total para empresas ou pessoas externas à organização. Segundo Castro (2000), a partir da II Guerra Mundial, a terceirização começou a interferir de forma relevante na sociedade e na economia. Segundo Queiroz (1998), a terceirização em países economicamente avançados é uma tentativa de aumento de competitividade e especialização, já que as partes atuam como parceiras e buscam, juntas, interesses e objetivos comuns dos quais ambas possam obter resultados em qualidade, produtividade, flexibilidade e rentabilidade, atuando com responsabilidades bem definidas e alinhamento estratégico.

Montoya e Ramirez (2013) afirmam que a terceirização é um modelo de trabalho que implica um considerável grau de intercâmbio bidirecional de informações, coordenação e confiança entre os envolvidos, além de transferência de conhecimento para alcançar um resultado final que esteja alinhado com os padrões de qualidade e tecnologia esperados. Para a empresa contratante, é necessário acompanhar o desempenho das empresas terceirizadas com o intuito de definir e estimular melhor produtividade. Nesse contexto, o gestor necessita de um instrumento que o permita avaliar o desempenho, auxiliando, conseqüentemente, a empresa contratada a operar com mais eficácia, reduzindo desperdícios e custos, bem como estabelecendo ações estratégicas e planejamento de melhoria de qualidade.

Gonçalves (1999) assevera que parte do sucesso da terceirização depende da correta definição dos objetivos que se pretende alcançar, do estabelecimento do nível de desempenho e dos instrumentos de controle e da seleção da empresa a ser contratada. Já para Saratt, Silveira e Moraes (2008), o êxito do processo de terceirização está ligado à etapa posterior à assinatura do contrato, uma vez que a gestão da relação, e não somente a gestão do contrato, é um diferencial para que se busque a redução de desperdícios e custos e o aumento

da eficiência. Moura (2009) aponta que cabe às empresas contratantes dar condições para que os fornecedores se desenvolvam adequadamente, podendo assim obter um nível mínimo de qualificação que os permita atender aos requisitos exigidos em contrato.

No setor elétrico, a prestação de serviços de distribuição se dá por meio da própria estrutura primária da concessionária ou por meio de terceirização. A regulamentação das concessões de serviços públicos está prevista no art. 25 da Constituição da República de 1988:

Art. 25. Incumbe à concessionária a execução do serviço concedido, cabendo-lhe responder por todos os prejuízos causados ao poder concedente, aos usuários ou a terceiros, sem que a fiscalização exercida pelo órgão competente exclua ou atenuie essa responsabilidade.

§ 1º Sem prejuízo da responsabilidade a que se refere este artigo, a concessionária poderá contratar com terceiros o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares ao serviço concedido, bem como a implementação de projetos associados.

§ 2º Os contratos celebrados entre a concessionária e os terceiros a que se refere o parágrafo anterior reger-se-ão pelo direito privado, não se estabelecendo qualquer relação jurídica entre os terceiros e o poder concedente.

§ 3º A execução das atividades contratadas com terceiros pressupõe o cumprimento das normas regulamentares da modalidade do serviço concedido. (BRASIL, 1988)<sup>1</sup>

A Lei nº. 8.987/1995 trata da possibilidade de terceirização na concessão de serviços públicos e determina que a concessionária responderá por violações decorrentes das atividades de terceiros. Conclui-se, pois, que, ao decidir pela terceirização de atividades, torna-se obrigação legal da concessionária fiscalizar a empresa contratada.

A concessão de distribuição de energia elétrica no Brasil é regulada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que impõe critérios de qualidade de produto e serviços com custos operacionais eficientes e utiliza modelos de *benchmarking* para determinar a eficiência das distribuidoras. As distribuidoras de energia, em conjunto com as empresas parceiras terceirizadas, necessitam utilizar os recursos de que dispõem da melhor forma possível, ou seja, economizando adequadamente os recursos. Não são só a exigência do órgão regulador e a necessidade de redução de custos operacionais que balizam essa relação, a busca por competitividade no âmbito de atuação é meta permanente para as organizações.

Para alcançar os três objetivos pretendidos – qualidade, redução de custo e aumento de competitividade –, os gestores necessitam de instrumentos operacionais práticos que permitam medir ineficiência e produtividade, os quais devem estar apoiados em bases teóricas bem fundamentadas. Para Vasconcellos, Canen e Lins (2006), o emprego de táticas

---

<sup>1</sup> Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm).

de gerenciamento de falhas e a utilização de ferramentas de análise inapropriadas podem ser evitados por meio do uso de métodos de *benchmarking* integrados, nos quais diversas unidades de trabalho são examinadas simultaneamente para identificar as melhores práticas de gestão. Desse modo, soluções mais reais são produzidas e/ou sinergias potenciais são reveladas.

### **1.1 Justificativa**

Em consequência da estratégia de terceirização das atividades, as empresas se relacionam com muitos fornecedores, e é imprescindível que, para serem cada vez mais competitivas, contêm com fornecedores comprometidos com as diretrizes estabelecidas em busca de resultados esperados. Para Souza e Rados (2012), à medida que a terceirização avança, e o mercado se torna mais competitivo, o comportamento estratégico deixa de ser uma questão de posicionamento de várias atividades físicas ao longo de uma cadeia e passa a ser como acessar, controlar e adaptar as capacidades dessa cadeia para criação de valor do próprio sistema, ou seja, para a cadeia de valor terceirizada alcançar ganhos competitivos, são necessários um efetivo processo de interação dos atores da rede e a expansão da capacidade de gestão da empresa central.

No setor elétrico, conforme consta no Boletim do Setor Elétrico de 2013 (DIEESE, 2014), a força de trabalho terceirizada diretamente envolvida nas distribuidoras de energia elétrica do Brasil chega a 37 mil trabalhadores, sendo 51% do total de trabalhadores empregados e representando, portanto, uma expressiva parcela. Para Moura (2009), especificamente no setor de distribuição de energia, a maior parte das empresas terceirizadas é de pequeno porte, com várias provenientes do fenômeno de transbordamento (*“spill off”*) que ocorre quando os profissionais oriundos de grandes empresas iniciam e conduzem um negócio próprio.

Vale destacar, no contexto do setor elétrico, a relação entre distribuidoras de energia, empresa terceirizada e o agente regulador a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. A ANEEL regulamenta o setor elétrico brasileiro e fiscaliza as concessionárias de energia, que sofrem penalidades quando ocorre o descumprimento de normas e podem chegar a perder o direito de concessão em casos específicos. A distribuidora, por sua vez, em função de sua estratégia, pode decidir por executar diversas atividades, inclusive os serviços de

intervenção na rede elétrica, transferindo a responsabilidade de cumprimento das normas impostas pela ANEEL para a empresa terceirizada, por meio de contrato administrativo. Além das imposições do órgão regulador, existe uma gama de legislações, normas e interesses que regem essa relação: a segurança do trabalhador e da população é um dos requisitos maior relevância.

Desse modo, a contratação de serviços, considerando todos os fatores envolvidos, torna-se complexa, e o conceito de racionalidade limitada que prevê contratos incompletos vem à tona, pois, quanto maior a incerteza de um ambiente de negócio, mais difícil a previsão de condições futuras do ambiente.

Segundo Silva e Brito (2013, 178):

Entender os mecanismos que levam à eficiência nas transações econômicas tem sido objeto de muitos estudos na administração e também em outras áreas do conhecimento. A perspectiva teórica adotada nesses estudos e, portanto, seus pressupostos norteadores são vários. Um dos pressupostos fundamentais está relacionado à racionalidade. Na lógica da teoria dos custos de transação (TCT), a eficiência está associada ao comportamento oportunista, o qual ocorre em razão dos contratos incompletos resultantes da racionalidade limitada dos gestores, quando as transações envolvem ativos específicos, ou seja, aqueles de difícil alocação alternativa sem perda de valor econômico. A percepção de incerteza do gestor potencializa a ocorrência de comportamentos oportunistas, à medida que dificulta a previsão das condições futuras do ambiente.

Os contratos são firmados entre principal e agente com objetivo de formalizar o pacto entre as duas partes; o objetivo do contrato é transferir a responsabilidade pela execução de serviços para o agente ou (também chamado) terceirizado. Jensen e Meckling (1976) ressaltam que, quando dois indivíduos buscam maximização de suas utilidades, então existe uma boa razão para acreditar que os agentes não agirão na defesa do interesse do principal.

Pela teoria, há indicações que o terceirizado tem a tendência de priorizar seus próprios interesses. Se não houver, portanto, incentivos contratuais para estimular a empresa a atender às metas estabelecidas pela ANEEL, é improvável que tais metas sejam atendidas.

Na relação apresentada, além da importância dos contratos completos, pode-se afirmar que é interesse da contratante analisar e fornecer soluções para melhorar o desempenho das empresas terceirizadas. Primeiramente, para atender às necessidades próprias, pois, em um cenário em que o órgão regulador impõe metas e multas financeiras às concessionárias que descumprirem as regras, causando impacto direto no resultado, o mal desempenho de terceiros pode representar grande prejuízo. Em segundo lugar, para melhorar a eficiência e a competitividade da empresa terceirizada, pois essa responde por representativa parcela das atividades da cadeia de valor, e o fim da relação em caso de falência ou ruptura do

contrato traz prejuízo para ambas as partes. Para tal fim, faz-se necessário utilizar modelos analíticos robustos que possam auxiliar tanto no monitoramento do desempenho da cadeia de valor e de seus elos, como também nas tomadas de decisões referentes à priorização de iniciativas que objetivem melhorias sistêmicas.

Segundo Xavier (2015), a análise de produtividade parcial é muito útil para avaliar o desempenho das empresas, entretanto é de difícil interpretação quando existem múltiplos insumos e produtos. A utilização de indicadores parciais para medir produtividade de unidades não leva em consideração o caráter multidimensional dessas empresas, e o diagnóstico torna-se incompleto. Para (1995<sup>2</sup>, *apud* Lopes, 1998) “O uso de indicadores da produtividade parcial dos recursos produtivos não é capaz de permitir um correto diagnóstico da eficiência produtiva quando estão em jogo múltiplos produtos e múltiplos insumos.”

As empresas terceirizadas pela distribuidora de energia elétrica realizam atividades similares, entretanto de forma distinta, o que influencia sua eficiência operacional. A produtividade trata da razão entre o *output* e o *input* de um dado processo, e, no contexto de serviços, os *inputs* variam conforme a natureza do negócio e podem incluir mão de obra (física e intelectual), materiais, energia e capital (terreno, edificações, equipamentos, sistemas de informação e ativos financeiros). O *output* também varia conforme a natureza do serviço.

Belloni (2000) denomina eficiência produtiva a habilidade de evitar desperdícios produzindo tantos resultados quanto os recursos utilizados permitem. A eficiência produtiva é formada pela eficiência de escala e pela eficiência técnica: eficiência de escala, associada às variações de produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação, e eficiência técnica, que ocorre quando são isolados os efeitos da eficiência de escala e que está associada à habilidade gerencial dos administradores.

Para solucionar o problema de análise da eficiência produtiva de processos com múltiplos insumos e produtos, a DEA – *Data Envelopment Analysis* – torna-se uma solução bastante utilizada em serviços. A Análise de Envoltória de Dados fornece o índice de eficiência técnica e de escala e a relação dos parceiros de excelência para cada empresa analisada, além de fornecer as metas para cada empresa ineficiente. A obtenção de todos esses resultados proporciona informações úteis para tomada de decisão.

---

<sup>2</sup> LOPES, A. L. M.; LAPA, J. S.; LANZER, E.A. Eficiência Produtiva em Serviços Governamentais: O Caso das Universidades Federais Brasileiras. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 1., 1995, São Carlos; CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., 1995, São Carlos. *Anais...* São Carlos (SP): [s.n.], 1995.

Segundo Coelli *et al.* (2005), as metodologias da fronteira estocástica e da DEA são aplicadas com mais frequência para dados de uma amostra de empresas em um período de tempo, e dos seus resultados é possível extrair a medida de eficiência relativa entre empresas ou unidades tomadoras de decisão. Em aplicações de análise de desempenho, numa perspectiva de *benchmarking*, a metodologia DEA apresenta resultados melhores.

A definição de parceiros de excelência, ou *benchmark*, permite que as organizações promovam o emparelhamento, ou seja, igualem-se aos melhores padrões de eficiência dos seus respectivos processos técnicos de produção e ao progresso tecnológico. Com a definição das empresas parceiras de excelência, os gestores ficam munidos de informações para promover a análise das melhores práticas operacionais das unidades produtivas e, em função dessas análises, sugerir um plano de medidas. Pode-se, com a identificação dos parceiros de excelência, otimizar o alcance da eficiência máxima.

No setor de distribuição de energia, as concessionárias e, conseqüentemente, as empresas terceirizadas respondem a vários indicadores de desempenho e utilizam vários insumos e produtos no processo produtivo, portanto, nesse cenário, torna-se complexa a análise de eficiência. Como solução de contorno, a DEA se apresenta adequada, pois trabalha com múltiplos insumos e produtos. Os resultados quantitativos da DEA proporcionam ao tomador de decisão a inclusão de diversas dimensões na análise feita, tornando a comparação mais justa e capturando os reais influenciadores de eficiência.

Isso posto, este trabalho busca responder à seguinte questão: qual a eficiência técnica e qual a eficiência de escala das empresas terceirizadas por uma distribuidora de energia elétrica?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo Geral***

O objetivo geral deste trabalho é medir a eficiência técnica e de escala das empresas terceirizadas por uma distribuidora de energia elétrica.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

Como objetivos específicos, pretende-se:

- Identificar as variáveis de insumo e de produto representativas da atividade gerenciamento de serviços emergenciais e comerciais das empresas terceirizadas;
- identificar as escalas de operação das empresas;
- identificar alternativas de reorganização das empresas;
- identificar a variação da eficiência das empresas terceirizadas ao analisá-las sob a ótica da qualidade de serviços.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a revisão conceitual que suporta esta pesquisa. Para tanto, na Seção 2.1, são apresentados conceitos referentes à terceirização e à teoria principal-agente, enquanto, na seção 2.2, tem-se uma descrição do Setor Elétrico Brasileiro.

A Seção 2.3 se inicia com construção de um arcabouço teórico sobre o qual se apoia o estudo de análise de eficiência produtiva, que é fundamentada na teoria econômica, especificamente nos conceitos de tecnologia de produção e de eficiência do processo produtivo. A segunda parte da mesma seção detalha a metodologia não paramétrica DEA, com formulação matemática dos modelos clássicos e métodos alternativos para aumentar a robustez da aplicação.

### 2.1 Terceirização

A terceirização é uma prática administrativa na qual se opta por contratar outra entidade para desempenhar uma determinada atividade em vez de realizá-la internamente, assim como é uma técnica de gestão que visa aprimorar o desempenho da organização. As estratégias de terceirização (*outsourcing*) e integração vertical se apresentam como opções para definir os arranjos organizacionais possíveis de diversos processos e atividades da cadeia produtiva das empresas. A decisão entre fazer ou comprar leva à (maior ou menor) integração desta cadeia. O aumento da integração ocorre quando a empresa opta por executar as atividades ou produzir produtos com seu quadro próprio de empregados; já a desintegração ocorre quando as atividades são executadas por terceiros ou compradas de produtores externos. Qualquer que seja o posicionamento estratégico da empresa, a tomada de decisão deve ser feita a partir de um conjunto de considerações importantes.

Gutward (1995<sup>3</sup>, *apud* DI SERIO; SAMPAIO, 2001) apresenta quatro modelos clássicos que auxiliam a análise e a tomada de decisão entre fazer ou comprar (*make or buy*): Análise Econômica, Análise Multidimensional, Análise Estratégica e Análise de Custo de Transação.

---

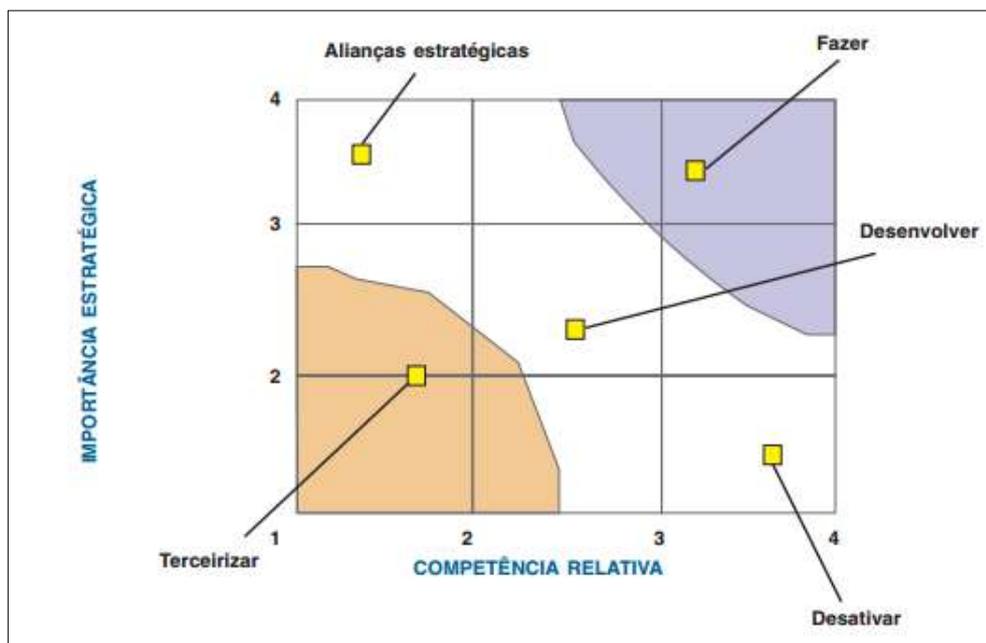
<sup>3</sup> GUTWARD, P. M. *Strategic outsourcing and technology supply chains*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge: Massachusetts, jun. 1995.

A análise econômica consiste em comparar o custo do componente fabricado pela empresa com o custo de aquisição no mercado, sendo umas das opções mais antigas e tradicionais utilizadas pelas empresas (LUCHT, 2004). No caso de serviços, a comparação é análoga, ou seja, comparam-se os custos com os funcionários da própria empresa e com a contratação de terceiros.

O modelo de análise multidimensional considera fatores como alocação de despesas, capacidade de inovação, recursos humanos, experiência dos empregados, maturidade tecnológica e custos para suportar a decisão.

A análise estratégica, para Di Serio e Sampaio (2001), consiste em classificar todas as habilidades de uma companhia segundo a importância estratégica e a competência relativa no mercado. Uma atividade que não aumenta o valor percebido pelo cliente não diferencia a empresa em relação aos concorrentes, tem alto custo e é considerada com baixa importância estratégica. Se a competência relativa da mesma atividade for baixa, ou seja, um fornecedor for mais eficiente em termos de custo, qualidade e processos, existe um indicativo que sinaliza a vantagem da terceirização. A FIG.01, adaptada de Hamel e Prahalad (1994)<sup>4</sup> pelos autores, apresenta uma visão gráfica da análise.

FIGURA 1 – Análise estratégica entre fazer e comprar



Fonte: DI SERIO; SAMPAIO, 2001, p.57.

<sup>4</sup> HAMEL, G., PRAHALAD, C. K. *Competing for the future*. Boston: Harvard Business School Press, 1994.

O quarto modelo se apoia na “Teoria dos Custos de Transação” aprimorada por Williamson (1975, 1985, 1989), que considera que as organizações precisam decidir entre comprar no mercado ou recorrer a modelos hierarquizados. Uma organização tende a se expandir até que os custos de organizar uma transação dentro dela se tornem iguais aos custos de realizar a mesma transação no mercado; nesse ponto, as organizações adotarão arranjos que minimizem os custos de transação, seja por terceirização, seja por integração vertical da atividade em questão. Conceitos como racionalidade limitada, incerteza, especificidade de ativos e oportunismo foram considerados por Williamson (1989) e balizam estudos a respeito de problemas contratuais na economia, tanto intrafirmas como interfirmas.

Nesse sentido, argumenta-se que as firmas têm como objetivo principal, porém não único, economizar os custos de transação, e esse processo ocorre ao alocar transações. Uma vez que o objetivo das instituições econômicas é minimizar os custos de transação, os contratos seriam formas alternativas de alcançar esse objetivo.

Acerca de contratos, Farina (1999) afirma que ocorreu uma evolução no conceito dos custos de transação, que podem ser definidos em quatro níveis: o primeiro relacionado com o custo de construção e negociação dos contratos; o segundo envolve os custos de medição e monitoramento dos direitos de propriedade existentes no contrato. O terceiro nível considera os custos de manter e fazer executar os contratos internos e externos da firma. O quarto e último nível relaciona-se aos custos de adaptação que os agentes sofrem com as mudanças ambientais.

Rocha Júnior *et al.* (2008, p.462) consideram que:

O estudo dos contratos tem sido uma vertente essencial ao longo da evolução da Economia do Custo de Transação (ECT), em razão do reconhecimento de sua função, como a de governar as transações. Considerados de forma ampla, eles representam os mais variados acordos entre os agentes, podendo aparecer entre firmas no mercado, como uma simples transação de compra e venda, dentro das firmas, como um contrato de trabalho, ou extrafirma, como um contrato de prestação de serviços.

O contrato é extremamente útil para governar as transações, mas, devido à racionalidade limitada, que se refere, para Williamson (1989), ao limite da competência cognitiva, os contratos são construídos de forma incompleta. Para Williamson (1989), os pressupostos comportamentais da teoria de custos de transação são a racionalidade limitada e o oportunismo, ambos inerentes à condição humana. A primeira, como já dito, reconhece limites na competência cognitiva, e a segunda pode ser sutilmente substituída pela simples busca do autointeresse.

Sobre esses dois aspectos, Kato e Margarido (2000, p.14) consideram que:

A economia de custos de transação tem como ponto de partida o fato de os agentes econômicos balizarem seus comportamentos em relação às transações de maneira racional, porém com uma racionalidade considerada semiforte, ou seja, uma racionalidade dita limitada. Além disso, eles são conduzidos pelo autointeresse; todavia, esse autointeresse é forte, isto é, carregado de elevada dose de oportunismo (ou astúcia). Logo, visto que a racionalidade dos agentes econômicos é limitada, isso conduz a contratos incompletos, no sentido de que é impossível para eles projetar todos os acontecimentos futuros, pois a realidade é permeada de levado grau de dinamismo.

Para Fagundes (1997), a presença de oportunismo e de racionalidade limitada pode gerar custos de transação. Poderia ser diferente se, na ausência de oportunismo, quando do surgimento de eventos inesperados, as condutas dos agentes fossem consideradas confiáveis a partir da simples promessa, e a distribuição de ganhos prevista nos contratos fosse mantida no futuro. No caso de racionalidade ilimitada, os agentes possuiriam a perfeita capacidade de antevisão dos eventos futuros, logo seria sempre possível o desenvolvimento de contratos perfeitos.

Segundo Williamson (1985), além dos pressupostos comportamentais, os atributos das transações influenciam a governança da relação contratual entre empresas, a saber: a especificidade dos ativos, a incerteza e a frequência. Silva e Brito (2013) afirmam que a especificidade dos ativos é caracterizada por investimentos específicos que não podem ser reempregados sem sacrifício do seu valor produtivo, caso o contrato seja interrompido ou encerrado prematuramente. Assim, investimentos em ativos ou relacionamentos específicos são fontes potenciais de custos de transação, dado que o valor dos ativos só terá significância no interior do relacionamento ao tornar a parte que efetua o maior montante de investimentos refém do relacionamento e sujeita, portanto, ao oportunismo.

Williamson (1975<sup>5</sup>, *apud* SILVA; BRITO, 2013) definiu o conceito de incerteza em termos da complexidade dos eventos, que pode ser entendida como uma variável que evidencia a racionalidade limitada dos gestores. Posteriormente, o autor passou a distinguir três tipos de incerteza: primária, relacionada às contingências ambientais que emergem das ações aleatórias da natureza e das mudanças imprevisíveis nas preferências dos consumidores; secundária, relacionada com a falta de informações que emerge na tomada de decisão no que tange às estratégias ou aos planos feitos pelos concorrentes; e terciária, denominada de estratégica ou comportamental, a qual está relacionada ao oportunismo.

---

<sup>5</sup> WILLIAMSON, Oliver E. *Market and hierarchies, analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization*. New York: Free Press, 1975.

Williamson (1985) classifica dois tipos de custos de transação: ex-ante e ex-post. O primeiro está relacionado com o ato de negociar e fixar contrapartidas e salvaguardas do contrato, e o segundo, relacionado a monitoramento, renegociação e adaptação dos termos contratuais às novas circunstâncias.

Sob a óptica de fatores competitivos e estratégicos, a decisão entre o interesse no controle da cadeia e a operação sob a dependência de fornecedores deve ser avaliada considerando os *trade-off* envolvidos. Serra (2004) aponta que os principais objetivos da terceirização são: redução de custos, foco em atividade com maior retorno, adequação a tendências internacionais, aumento da qualidade, acesso a novas tecnologias, mudanças organizacionais e especialização flexível. Entretanto a terceirização de atividades da cadeia de valor traz o risco de má qualidade do produto ou serviço, afetando a credibilidade da empresa contratante. Para Moura (2009), a transferência de atividades para realização por terceiros leva à ampliação do número de fornecedores, o que faz a empresa ser mais enxuta e ágil, ganhando flexibilidade, porém dependente dos fornecedores e sujeita à redução da qualidade da entrega. A decisão estratégica de desintegração vertical e a consequente terceirização levam as grandes empresas a terem de organizar sua cadeia de fornecedores e promover ações para aumento de confiança neles.

Para Degani (2014, p.31),

Uma das vantagens propiciadas por uma terceirização bem-feita, segundo os estudiosos da ciência da administração, seria o ganho de eficiência decorrente da especialização das empresas. Por meio da dedicação a um objeto específico, seria possível conseguir ganhos de escala e diminuição de gastos, justificando sua vantajosidade em relação à prestação desses serviços pela própria instituição contratante.

A terceirização é, portanto, estratégia de reestruturação produtiva com objetivo de reduzir os custos de transação. O processo decisório envolve questões complexas, e pautar a decisão em escolhas simplistas com critérios de curto prazo aumenta as chances de insucesso da terceirização. Como exposto, contratos são colocados por diversos autores como reguladores das relações entre contratante e contratado e servem como ferramentas para reduzir os riscos do comportamento oportunista.

### ***2.1.2 Teoria Agente-Principal***

Jensen e Meckling (1976) definem um relacionamento de agência como um contrato no qual uma ou mais pessoas (os principais) contratam outra pessoa (o agente) para executar algum serviço em seu nome que envolve delegar alguma autoridade para a tomada de decisão do agente. Ainda ressaltam que, quando dois indivíduos buscam maximização de suas utilidades, existe uma boa razão para acreditar que os agentes não agirão na defesa do interesse do principal. Segundo Ross (1973), a relação de agência é a mais antiga e comum forma de interação social, e todas as modalidades de contratos contêm elementos importantes de agência.

As transações podem ser representadas como contratos estabelecidos entre duas partes, o agente e o principal. O conceito central para analisar a relação agente-principal é o conceito de oportunismo, que descreve a discrepância entre o comportamento dos indivíduos ex-ante e ex-post uma situação contratual; sempre que existir uma assimetria de informação entre eles, surgirá espaço para o oportunismo. Como citado, na ausência de oportunismo, os contratos poderiam ser substituídos por promessas, pois essas sempre seriam cumpridas.

A racionalidade limitada ocasiona os contratos incompletos; na ausência dela, as atividades humanas assumiriam a forma de planejamento, uma vez que a contratação seria previsível. Em um relacionamento contratual em que uma das partes necessita realizar investimentos em ativos específicos, será natural essa parte, tendo em vista a falta de garantia de que a outra não agirá oportunisticamente comprometendo o retorno desses investimentos, exigir salvaguardas contratuais adicionais, gerando custos de transação. Dessa forma, a opção de estabelecer contratos de longo prazo para transações que demandam investimentos em ativos específicos é uma das formas de governança recomendada para minimizar os riscos (AZEVEDO; 2000).

Os contratos para a contratação de serviços devem possuir incentivos que visem direcionar os esforços para obtenção de resultados. Ao elaborar o contrato, é preciso identificar os impactos dos incentivos na produtividade da empresa terceirizada e ajustar os interesses do principal e do agente. Além disso, o principal precisa desenvolver meios para medir e controlar as variáveis para que seja possível direcionar as ações do agente.

A teoria principal-agente apresenta conceitos para a elaboração desses contratos por meio de mecanismos de incentivos. O problema do principal (contratante) é criar um sistema de incentivos que induza o agente (terceirizado) a realizar a melhor ação conforme

seu ponto de vista (STIGLITZ, 1988; VARIAN, 1992), e que traga benefícios para ambas as partes. Portanto, um sistema de incentivos é essencial para garantir que as empresas caminhem em uma única direção, que é a de maximização do lucro.

### ***2.1.3 Terceirização no Setor Elétrico***

No âmbito do setor elétrico, a terceirização permite repassar a um agente externo a responsabilidade operacional por processos ou serviços antes realizados na concessionária de energia (SOUZA, 2011). De acordo com o Instituto Acende Brasil - IAB (2012), a terceirização tem propiciado a criação de novas empresas em que trabalhadores podem prestar serviços especializados com alta produtividade, o que tem redundado em menor custo da energia elétrica para os consumidores. A terceirização ajuda a ampliar a concorrência e a disciplinar todo o processo produtivo, induzindo as empresas a buscar mais eficiência. Esse instituto aponta, ainda, que o segmento de distribuição é o mais intensivo no uso de mão de obra no setor elétrico, mas a demanda por seus serviços é variável ao longo do tempo.

Em linha com esse cenário, nas distribuidoras de energia elétrica, a contratação de determinados serviços, como exemplo os ligados à expansão do sistema elétrico, é uma estratégia que transforma custos fixos em variáveis, o que permite à concessionária ficar protegida das variações da demanda. Além disso, o planejamento do ciclo de investimento torna-se flexível, já que a o contrato com fornecedor externo pode ser feito pelo tempo necessário. Em alguns casos, as empresas terceirizadas têm possibilidade de aumentar o ganho em escala, uma vez que o volume de produção aumenta.

Mendoza, Mendoza e Cano (2015) afirmam que, a partir da década de 1990, ocorreu uma onda de terceirização de serviços técnicos no setor elétrico. Consta, no Boletim do Setor Elétrico de 2013 (DIEESE, 2014), que a força de trabalho diretamente envolvida nas distribuidoras de energia elétrica do Brasil chegava a 72 mil trabalhadores, sendo 35 mil do quadro próprio e 37 mil de empresas terceirizadas.

Desse modo, a terceirização no setor elétrico tem alta representatividade, e sob enfoque jurídico o debate é profundo e perpassa as disputas entre capital e trabalho, além de influências sobre a sociedade. Não é pretensão deste trabalho aprofundar-se nos aspectos legais a respeito da terceirização, mas vale destacar dois fundamentos jurídicos que

justifiquem o interesse da concessionária de energia no melhor desempenho e no equilíbrio econômico-financeiro da empresa terceirizada.

A Lei das Concessões nº. 8.987/1995 trata da possibilidade de terceirização na concessão de serviços públicos e determina que a concessionária responderá por violações decorrentes das atividades de terceiros.

Art. 25. Incumbe a concessionária a execução do serviço concedido, cabendo-lhe responder por todos os prejuízos causados ao poder concedente, aos usuários ou a terceiros, sem que a fiscalização exercida pelo órgão competente exclua ou atenuie essa responsabilidade.

§ 1º Sem prejuízo da responsabilidade a que se refere este artigo, a concessionária poderá contratar com terceiros o desenvolvimento de atividades inerentes, acessórias ou complementares ao serviço concedido, bem como a implementação de projetos associados.

§ 2º Os contratos celebrados entre a concessionária e os terceiros a que se refere o parágrafo anterior reger-se-ão pelo direito privado, não se estabelecendo qualquer relação jurídica entre os terceiros e o poder concedente.

§ 3º A execução das atividades contratadas com terceiros pressupõe o cumprimento das normas regulamentares da modalidade do serviço concedido. (BRASIL, 1988)<sup>6</sup>

O artigo 455 da CLT estabelece que a empresa tomadora do serviço assuma responsabilidade subsidiária nas obrigações trabalhistas da empresa prestadora do serviço, caso essa evidencie não ter condições materiais para pagar suas obrigações:

Art. 455 - Nos contratos de subempreitada, responderá o subempreiteiro pelas obrigações derivadas do contrato de trabalho que celebrar, cabendo, todavia, aos empregados, o direito de reclamação contra o empreiteiro principal pelo inadimplemento daquelas obrigações por parte do primeiro.

Parágrafo único - Ao empreiteiro principal fica ressalvada, nos termos da lei civil, ação regressiva contra o subempreiteiro e a retenção de importâncias a este devidas, para a garantia das obrigações previstas neste artigo (BRASIL, 2001).<sup>7</sup>

Souza, Maldonado e Rados (2011) apontam que a terceirização exige níveis mais elaborados de gestão, porque amplia a cadeia de valor, sugere a expansão da capacidade técnico-gerencial da empresa e torna premente o desenvolvimento de sistemáticas de gerenciamento que considerem a pluralidade de questões que envolvem a terceirização. A concessionária passa a ser um ponto central de execução, responsável por toda a rede de valor, fornecendo, inclusive, a plataforma operacional e a infraestrutura básica para que os terceirizados possam colaborar com a entrega de bens e serviços.

Vale mencionar que, conforme Moura (2009), as empresas têm envolvido fornecedores em atividades mais críticas e com maior relevância para seu negócio, exigindo,

<sup>6</sup> Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8987cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987cons.htm).

<sup>7</sup> Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm).

assim, maior nível de competência e preparo desses parceiros. Especificamente no setor de distribuição de energia, a maior parte das empresas terceirizadas é de pequeno porte, várias delas provenientes do fenômeno de transbordamento (“spill off”), que ocorre quando os profissionais oriundos de grandes empresas iniciam e conduzem um negócio próprio. Torna-se fundamental criar condições para que os pequenos fornecedores se desenvolvam, a fim de atender aos requisitos mínimos de qualidade exigidos pela empresa contratante.

## **2.2 O Setor Elétrico Brasileiro**

As atividades do setor elétrico são definidas como atividades de infraestrutura e pertencem às chamadas indústrias de rede, que dependem da implantação de malhas para o transporte e a distribuição ao consumidor. A impossibilidade técnica de estocagem do produto impõe a necessidade de equilíbrio entre oferta e demanda, assim como a imprevisibilidade da demanda obriga a manutenção de certa capacidade ociosa no sistema. Além dessas, outras externalidades, como economias de escala e de escopo e a mobilização de grandes volumes de recursos para os investimentos demandados, são atributos desse tipo de indústria. Devido ao fato de esses investimentos demandarem longos prazos de maturação, alto grau de especificidade de ativos e envolverem a presença de custos irrecuperáveis, essas indústrias eram consideradas como monopólios naturais.

Inicialmente, no Brasil, o Estado tomava para si a provisão desses serviços. Saltorato (2002) destaca que a indústria da rede elétrica nacional se consolidou sob a forma de monopólios regulamentados verticalmente integrados. Em meados da década de 1980, a participação do Estado como agente econômico nas atividades de infraestrutura – incluindo aí o setor de energia elétrica – passa a ser vista como ineficiente e pouco dinâmica.

Já na década seguinte, o governo de Fernando Collor de Melo iniciou o Programa Nacional de Desestatização (PND), com o objetivo de desonerar a administração pública e solucionar os problemas relacionados à crise fiscal. As mudanças econômicas e políticas iniciadas na década de 1990 influíram significativamente no desenvolvimento do setor elétrico

A introdução da lógica de mercado no setor elétrico passou a ser vista como essencial para a superação das ineficiências e a desoneração do Estado, o que incentivou a

migração da visão de um Estado-empresário para uma de Estado-regulador (NARITOMI, 2004).

Em 1996, o governo federal implantou o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (Projeto RE-SEB), sob coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME) e consultoria da firma inglesa Coopers & Lybrand. O projeto teve como base estimular o investimento no setor elétrico e assegurar a expansão da oferta de energia no país (CCEE, 2016). Em 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi criada pela lei 9.421/96, recebendo como principais atribuições regular e fiscalizar o setor elétrico brasileiro.

Em 1998, o Mercado Atacadista de Energia (MAE) e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) são instituídos pela Medida Provisória no 1.531-16, convertida na Lei nº. 9.648/98 dois meses depois. O MAE, empresa de direito público, foi criado para a realização de todas as transações de compra e venda de energia de cada sistema interligado entre produtores, empresas varejistas e grandes consumidores. No mesmo ano, foi criada a Administradora de Serviços do Mercado Atacadista de Energia Elétrica (ASMAE), empresa de direito privado, responsável por todas as atividades requeridas à administração do MAE, incluindo as financeiras, contábeis e operacionais (SALTORATO, 2002; CCEE, 2016).

As atividades de governo são exercidas pelo CNPE, MME e CMSE, e as atividades regulatórias e de fiscalização são exercidas pela ANEEL. As atividades de planejamento, operação e contabilização são exercidas por empresas públicas ou de direito privado sem fins lucrativos, como EPE, ONS e CCEE (ABRAADE, 2015).

As agências reguladoras são pessoas jurídicas de direito público que possuem autonomia administrativa e financeira e exercem atividades típicas de Estado, tais como fiscalização, determinação de normas, aplicação de sanções e solução de reclamação de consumidores com a finalidade principal de propiciar satisfação social na realização dos serviços prestados. As agências têm função regulatória, possuem competência normativa sobre específico setor da atividade econômica que atuam e são submetidas ao controle judicial e parlamentar em decorrência de serem partes da Administração Pública.

Segundo Pires e Goldstein (2001), a criação da ANEEL objetivou preencher a carência de um órgão setorial com autonomia para a execução do processo regulatório e para a arbitragem dos conflitos dele decorrentes, fruto dos distintos interesses entre Poder Concedente (governo), empresas (prestadores dos serviços) e consumidores.

Na reforma do setor elétrico, a ANEEL determinou a desagregação vertical com objetivo de separar estruturalmente os segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica para prevenir possíveis cobranças discriminatórias da rede

de distribuição, permitir a visualização de custos específicos pelos consumidores e facilitar a ampliação do mercado não cativo.

Sobre o setor de distribuição de energia elétrica, que é foco deste estudo, a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica informa que o Brasil contava, em 2015, com mais de 77 milhões de “Unidades Consumidoras” (UC), termo que corresponde ao conjunto de instalações/equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor.

Os principais dispositivos regulatórios do setor de distribuição de energia são a Resolução 414 de 2010 e os Procedimentos de Distribuição (PRODIST), que dispõem condições, responsabilidades e penalidades relativas a conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica e serviços comerciais.

No Setor Elétrico Brasileiro (SEB), a revisão das tarifas de distribuição é realizada com base na regulação por preço-teto (*price cap*), que é um mecanismo com dois componentes. Em um deles, o reajuste é calculado com base em um indexador apoiado em algum índice geral de preços, descontando-se um fator de produtividade (fator X), que corresponde ao estímulo para redução dos custos operacionais da concessionária. O outro, em períodos pré-fixados, uma revisão tarifária, objetiva rever o custo de capital das empresas de serviços públicos bem como os custos operacionais, readequando o nível das tarifas a mudanças mais estruturais que não foram corrigidas pela regra de reajuste. O lucro da concessionária será tanto maior quanto maior for a redução de despesas.

Os incentivos à redução de custos podem prejudicar a qualidade do fornecimento. Para incentivar os investimentos na melhoria da qualidade, a agência reguladora determina níveis mínimos de qualidade por meio de normas. Entre os aspectos da qualidade do fornecimento, destaca-se o da continuidade, avaliado com base nos indicadores DEC e FEC, que expressam, respectivamente, a duração e a frequência das interrupções do fornecimento de energia elétrica. Existem também os indicadores individuais DIC, FIC e DMIC, que também expressam duração e frequência das interrupções, e a transgressão dos indicadores impõe à concessionária pagamento de compensação financeira ao cliente.

Conforme dados da agência reguladora de energia elétrica,

os consumidores de energia elétrica receberam R\$ 346 milhões em compensação por interrupções no fornecimento de energia elétrica em 2013. Foram pagos 100,2 milhões em compensações pelo descumprimento dos indicadores individuais de Duração de Interrupção por Unidade Consumidora (DIC), Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FIC), Duração Máxima de

Interrupção Contínua por Unidade Consumidora (DMIC) e Duração da Interrupção Ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora (DICRI). (ANEEL, 2014)<sup>8</sup>

A quantidade de compensações não é necessariamente igual ao número de consumidores compensados, uma vez que um mesmo consumidor pode ser compensado mais de uma vez no ano.

O Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – estabelece os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica – QEE, abordando a qualidade do produto e do serviço prestado. O Plano plurianual PPA 2012-2015 (BRASIL, 2011<sup>9</sup>) do Ministério de Minas e Energia dá destaque à modicidade das tarifas cobradas, o que indica que o menor custo possível ao consumidor permanecerá em pauta: “desta forma, será dado seguimento à realização de estudos de inventário e viabilidade para a determinação de novos empreendimentos e à realização de leilões para a obtenção dos menores preços de geração e transmissão”.

São tratados, no PPA 2012-2015 (BRASIL, 2011), os temas relacionados a qualidade dos serviços de energia elétrica, fiscalização eficaz e avanço regulatório, os quais são focos da atuação governamental. Almeja-se reduzir a Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) para 14 horas por ano e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) para 10 vezes por ano. É interessante mencionar que as expectativas e planejamentos apresentados pela administração pública influenciam fortemente as atividades do setor elétrico brasileiro, demandando às empresas envolvidas que se adaptem e busquem formas alternativas de se tornarem mais eficientes e produtivas, aumentando o nível de qualidade dos serviços e resguardando o aumento das tarifas de energia.

Dadas as regras de regulamentação do Setor Elétrico Brasileiro, as concessionárias de energia devem observar rotineiramente todos as imposições do órgão regulador tanto no quesito qualidade do fornecimento de energia quanto na redução do custo operacional. Esse procedimento implica garantir eficiência de toda a cadeia de valor.

Os responsáveis pela prestação de serviços ao cliente da concessionária de energia elétrica devem zelar pela qualidade e observar tais regras para garantir seu cumprimento; no caso de serviços prestados por empresas terceirizadas, cabe à concessionária fiscalizar a atuação dessas empresas. Segundo Moura (2009), cabe às empresas contratantes dar

---

<sup>8</sup> Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=7903&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=7903&id_area=90).

<sup>9</sup> Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/ministerio.asp?index=10&ler=s755>.

condições para que os fornecedores se desenvolvam adequadamente e atinjam um nível mínimo de qualificação que os permita atender aos requisitos exigidos em contrato.

Analisar e fornecer soluções para melhorar o desempenho das empresas terceirizadas se torna fundamental em um cenário em que o órgão regulador impõe metas e multas financeiras às concessionárias que descumprirem as regras, impactando diretamente seu resultado. Dessa forma, sob a óptica da contratante, é preciso acompanhar o desempenho das empresas terceirizadas pós-assinatura do contrato e utilizar ferramentas de avaliação e gestão de serviços para garantir o atendimento às normas regulamentadoras e à legislação. É interesse da contratante que a empresa terceirizada, responsável por parte da produção da cadeia, atenda às especificações do contrato e esteja sempre saudável financeiramente, já que o rompimento da relação capital-capital traz prejuízos para ambas as partes. Desse modo, é preciso definir e estimular melhor produtividade da empresa contratada.

### **2.3 Análise de Envoltória de Dados**

Um mundo globalizado e com mercados financeiros entrelaçados coloca pressão sobre as organizações de todos os tipos, demandando mais resistência e maior conhecimento quanto a medidas, monitoramento e, por consequência, detecção de ineficiências. Para Lampe e Hilgers (2015), o crescimento do interesse gerencial a respeito da melhoria de desempenho organizacional tem ocasionado aumento da dedicação da área acadêmica a esse assunto.

Nesse sentido, uma solução é a metodologia não paramétrica Análise de Envoltória de Dados – DEA, que tem o propósito de avaliar o desempenho relativo de um processo produtivo, o qual é conceituado como a transformação de insumos em produtos ou em serviços. A avaliação do desempenho relativo propõe a identificação dos parceiros de excelência, ou *benchmarking*, e permite que as organizações promovam o emparelhamento, ou seja, igualem-se aos melhores padrões de eficiência dos seus respectivos processos técnicos de produção e ao progresso tecnológico.

### 2.3.1 Medidas de Eficiência

Segundo Ferreira e Gomes (2009), o modelo DEA é fundamentado pela teoria da produção microeconômica e seus mentores consideram que as contribuições iniciais originaram-se no artigo de Michael James Farrell intitulado *The Measurement of Productive*.

A tentativa de precisar conceitos e medidas do melhor uso dos fatores de produção considerando a busca por eficiência técnica (menor utilização de recursos), de escala (nível de produção mais adequado) e alocativa (combinação de recursos) é antiga. O QUADRO 1 elenca estudos seminais que contribuíram para o aumento do conhecimento.

QUADRO 1 – Autores seminais em Teoria da Produção, Programação Linear e Medida da Eficiência

---

Os precursores

Antone Agustin Cournot (1801-1877); Marie-Ésprit Léon Walras (1934-1910); Vilfredo Pareto (1848-1923); Henry Ludwell Moore (1868-1958); Alfred Marshall (1842-1924); e Tjalling Charles Koopmans (1910-1986)

---

Outras contribuições do século passado

Em 1928, Cobb e Douglas lançam a “Theory of Production”, formalizando o conceito matemático de função de produção. John von Neumann; George Bernard Dantzig; Gerard Debreu; D. Gale; H. W. Kuhn; A.W. Tucker; e Wassily W. Leontief.

---

Os Mentores da DEA

Michael James Farrell; Abraham Charnes; William W. Cooper; Edward Lao Rhodes; Rajiv. D. Banker.

---

Fonte: FERREIRA; GOMES, 2009, p.20.

Farrell (1957) baseou seu trabalho nos estudos de produtividade de Debreu (1951) e Koopmans (1951) e nele propôs mensurar a eficiência de um conjunto de unidades produtivas utilizando-se da fronteira de produção que representa uma tecnologia eficiente.

A análise de eficiência na ciência econômica tem seu ponto de partida no conceito de Pareto-Koopmans (KOOPMAS, 1951; PARETO, 1909), que afirma que uma unidade de produção é totalmente eficiente se, e somente se, não se pode melhorar qualquer entrada (*input*) (ou saída (*output*)), sem reduzir qualquer outro *output* (ou *input*) (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978).

Baseando-se nas possíveis combinações de insumo e produto, a função de produção é construída pelas melhores práticas no processo produtivo. Considerando o espaço cartesiano de insumo-produto, a medida de eficiência e produtividade de uma organização é feita a partir da análise da posição dessa em relação à curva de produção. Uma organização tecnicamente eficiente está posicionada sobre a curva de função de produção, ou seja, a associação de insumos e produtos projeta a empresa sobre a função de produção. Já a

produtividade é definida como a relação entre a quantidade de produtos e insumos utilizados em cada processo produtivo.

A teoria da produção tem como pressuposto que os insumos são bens relativamente escassos. As organizações produtivas têm como um dos seus objetivos economizar ao máximo a utilização dos insumos, isto é, produzir com eficiência técnica e econômica, reduzindo custos. Concomitantemente, visam produzir o máximo possível que a tecnologia disponível, os investimentos realizados e as condições de mercado permitirem, e que essa produção seja compatível com a utilização eficiente dos insumos, quer seja do ponto de vista técnico, de escala ou econômico (FERREIRA; GOMES, 2009).

Na organização do processo produtivo, uma firma pode ser classificada como eficiente na utilização dos insumos ou dos produtos. Para Evanoff e Israilevich (1991), uma firma deve ser eficiente na utilização dos insumos garantindo a eficiência técnica e alocativa e também ser eficiente no produto garantido economia de escala.

Segundo Farrell (1957), eficiência técnica refere-se ao uso da menor quantidade de insumos para um conjunto de produtos. Já eficiência alocativa é a combinação dos recursos de forma adequada, minimizando os custos ou maximizando as receitas. De acordo com Coelli, O'Donnell e Battese (1998), a combinação da eficiência técnica e alocativa resulta na eficiência econômica, o que Singh e Kumar (2011) chamam de eficiência de custo e afirmam que uma organização só será eficiente se for alocativa e tecnicamente eficiente.

Belloni (2000) denomina eficiência produtiva a habilidade de evitar desperdícios produzindo tantos resultados quanto os recursos utilizados permitirem. A eficiência produtiva é formada pela eficiência de escala e pela eficiência técnica: eficiência de escala, associada às variações de produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação, e eficiência técnica, que ocorre quando são isolados os efeitos da eficiência de escala e se associa à habilidade gerencial dos administradores.

Segundo Mariano, Almeida e Rebelatto (2006), ocorrem Retornos Crescentes de Escala quando uma firma opera muito abaixo da capacidade ótima, e um aumento no número de *inputs* ocasiona um aumento desproporcionalmente maior no número de *output*. Há Retornos Constantes de Escala quando o aumento do número de *inputs* ocasiona um aumento proporcional nos *outputs*, e a firma opera com a capacidade ótima. Por fim, há Retornos Decrescentes de Escala quando o aumento do número de *inputs* ocasiona um aumento desproporcionalmente menor no número de *outputs*; nesse caso, a operação está acima da sua capacidade ótima.

Sob a óptica do custo, a economia de escala é consequência da redução do custo médio (unitário) de produção decorrente do tamanho (escala) da produção. Existe economia de escala quando o aumento da capacidade de produção de uma empresa provoca um aumento na quantidade total produzida, sem um aumento proporcional no custo de produção. A economia de escopo ocorre quando o custo de produção de dois ou mais produtos em uma firma é menor que o custo de fazê-los separadamente.

O excesso de utilização de insumo ou a escassez de produção são denominados folga, e, nesses casos, há ineficiência técnica no processo produtivo. Ineficiência técnica, segundo Ferreira e Gomes (2009), é a utilização de proporções inadequadas dos insumos ou a produção inadequada de produtos, dados seus preços relativos, quando a taxa marginal de substituição entre os insumos não é igual à razão dos seus preços de compra. Forsund e Hjalmarsson (1979) afirmam que o uso excessivo de insumo para uma determinada quantidade de produto é ineficiência técnica, e utilização de uma combinação inadequada de insumos para obter-se um determinado nível de produção é ineficiência alocativa.

Para Kao e Lin (2012), avaliar a eficiência é importante para as organizações, pois permite que sejam identificadas as operações ineficientes e auxilia a tomada de decisão vinculada à redução das entradas e aumentos das saídas. De acordo com Tupy e Yamaguchi (1998), a análise da eficiência de uma unidade produtiva é de fundamental importância para fins estratégicos ao permitir comparação de empresas, para fins de planejamento ao comparar os resultados do uso de diferentes combinações de fatores e na tomada de decisão sobre como melhorar o desempenho atual, introduzir novas tecnologias e identificar a diferença entre a produção atual e potencial. Segundo os mesmos autores, a eficiência e a produtividade são indicadores de desempenho das unidades produtivas. Por isso, avaliar a eficiência operacional de uma organização pode ajudar a aperfeiçoar seu desempenho atual ou incorporar novas tecnologias a fim de incrementar a competitividade. O enfoque da eficiência permite captar as interações do conjunto de fatores que estão envolvidos na produção e considera a relação global de todos os insumos e produtos, o que deixa a análise mais realística.

As duas medidas permitem, ainda, observar a lacuna existente entre o nível de produção efetivo e a produção factível de uma tecnologia. Para Ferreira e Gomes (2009), a forma de utilização dos recursos necessários para a produção está relacionada à tecnologia adotada e ao respectivo processo de produção, ou seja, aos modos de combinação de insumos de dada tecnologia. Corroboram também Fried, Lovell e Scchidt (1993) ao afirmar que o tipo de tecnologia empregada na produção com a eficiência dos processos e as influências do ambiente são fatores que influenciam a produtividade. As diferentes medidas de desempenho

entre empresas podem estar associadas às práticas relacionadas a modernização e melhoria das técnicas gerencias, tecnologias e materiais do processo produtivo.

### 2.3.2 Modelos Clássicos da DEA

A medida de eficiência pode ser feita com o uso de diversos métodos, e a diferença entre eles se dá na técnica utilizada para descrever a fronteira do conjunto produtivo. As técnicas de análise de eficiência produtiva são divididas em dois grandes grupos: o das técnicas paramétricas e o das técnicas não-paramétricas. As técnicas paramétricas buscarão calcular a eficiência por meio da obtenção de uma função de produção que relacione *outputs* e *inputs*. Já as técnicas não-paramétricas, foco deste trabalho, calculam a eficiência a partir da construção empírica de uma fronteira de eficiência.

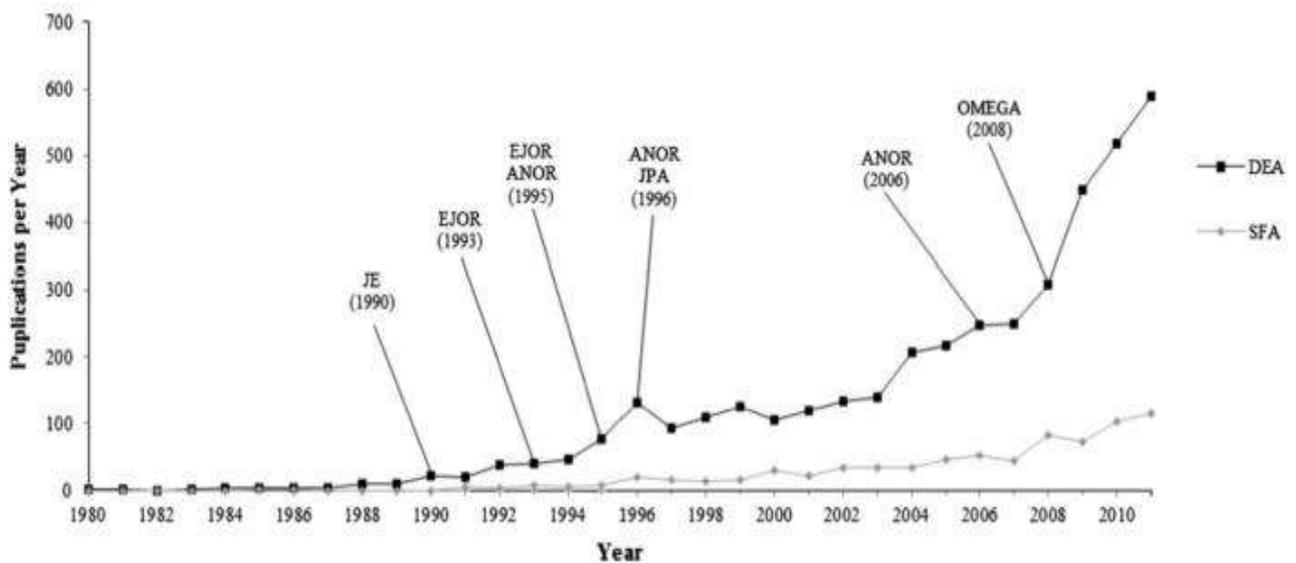
Segundo Souza e Ramos (1999), essa abordagem considera apenas que o conjunto de produção deve satisfazer determinadas propriedades, tais como livre disponibilidade (*free disposal*), convexidade (implicando rendimentos de escala não-crescentes e rendimentos variáveis) ou proporcionalidade (implicando rendimentos constantes de escala). Nesse enfoque, o ponto central é determinar, de acordo com hipóteses preestabelecidas, que observações podem ser consideradas elementos da fronteira. Esse método de determinação dos pontos eficientes é conhecido como DEA (*Data Envelopment Analysis* – Análise de Envoltória De Dados).

Na investigação bibliométrica feita por Lampe e Hilgers (2015), afirma-se que o rápido crescimento de pesquisas acerca de medição de desempenho organizacional e setorial incentivou a adoção de melhorias nos métodos de medição na literatura acadêmica. A análise do desenvolvimento de pesquisas a respeito da DEA no período de 1987 a 2012 apresentou 4.782 contribuições na literatura acadêmica. Os resultados revelam que a DEA está fortemente ligada à pesquisa operacional e classificada em 24 áreas de pesquisas principais, entre elas o setor elétrico. Apesar de os trabalhos seminais dominarem o comportamento da evolução das citações, as pesquisas em DEA são caracterizadas por uma frente que avança adotando continuamente novos conceitos.

O GRAF.1, extraído do trabalho de Lampe e Hilgers (2014), apresenta a evolução de publicações a respeito da técnica não-paramétrica DEA e da técnica paramétrica SFA-

Stochastic Frontier Analysis. O eixo das ordenadas apresenta a quantidade de publicações, e o das abscissas, o ano correspondente.

GRÁFICO 1 – Representação da relação entre elementos do processo produtivo

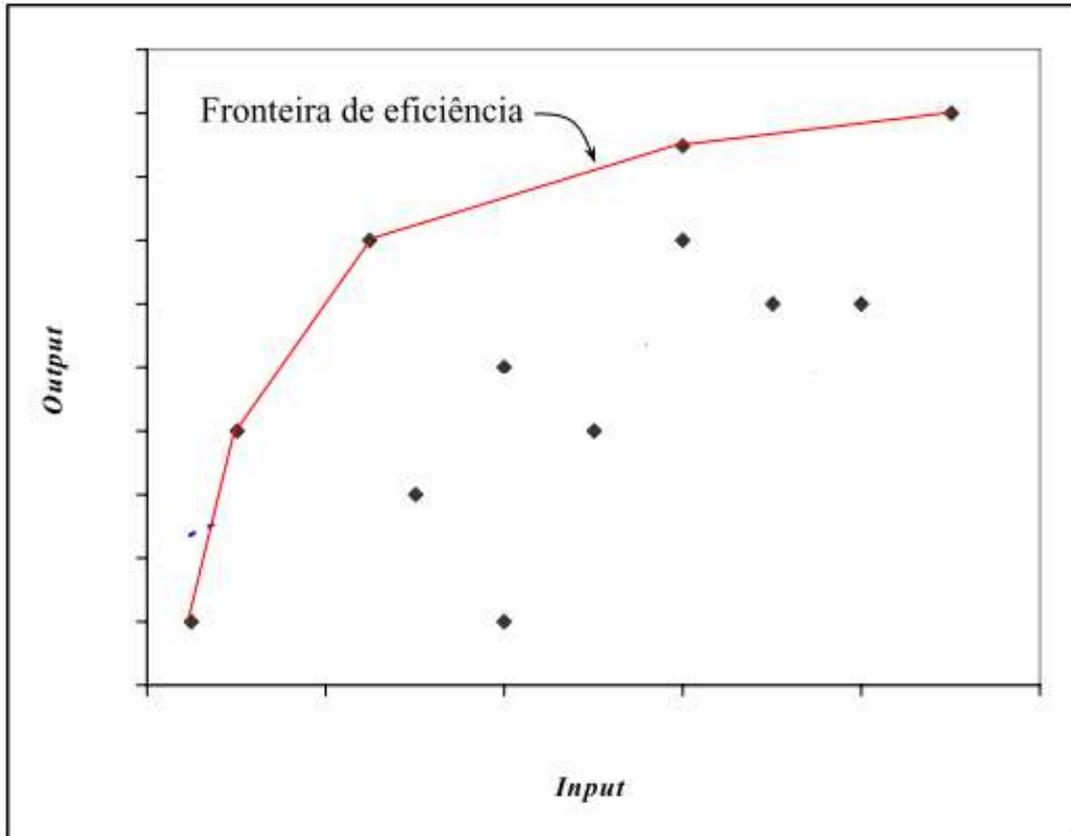


Fonte: LAMPE; HILGERS, 2014, p.3.

O objetivo da Análise de Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* – DEA) é avaliar o desempenho das organizações e atividades por meio de medidas de eficiência técnica e de escala conforme ressaltam Ferreira e Gomes (2009). Barbosa e Bastos (2014) afirmam que o modelo DEA permite uma análise de eficiência comparativa, demonstrando como uma DMU está operando em relação às demais e obtendo um retrato do grupo. Hatami-Marbini, Emrouznejad e Tavana (2011) afirmam que a DEA é uma metodologia para medir a eficiência relativa de um conjunto de DMUs. Cada firma é denominada *Decision Making Units* (DMU) ou unidade tomadora de decisão, logo elas são comparáveis entre si. Assim é possível, em um conjunto de DMUs, definir qual é o parceiro de excelência, ou *benchmark*, aquele que servirá como referência para as demais, e suas melhores práticas devem ser estudadas e, se possível, adotadas. Uma das importantes características dos modelos DEA é a possibilidade de considerar vários insumos e produtos ao mesmo tempo.

Os modelos de Análise de Envoltória de Dados propõem o uso de métodos de programação linear para construir uma fronteira não paramétrica, e medidas de eficiência são calculadas em relação a essa fronteira (cf. FIG.3).

FIGURA 2 – Fronteira de Eficiência da DEA



Fonte: MELLO *et al.*, 2005, p.2525.

Os pontos na FIG.3 são os planos de produção realizados pelas empresas em análise. A curva de produção reúne as empresas cujo plano de produção não foi superado por nenhuma outra, o que se denomina “fronteira de eficiência”. Para isso, é formulado um problema de otimização que determina uma solução ótima para cada DMU individualmente, e a fronteira é determinada pelo conjunto de produção considerado. Qualquer empresa que seja incluída ou excluída da análise modifica o conjunto de produção e, por consequência, a fronteira.

Segundo Ferreira e Gomes (2009, p.22),

o método de avaliação de desempenho dos modelos DEA prescinde da determinação de uma relação funcional entre o insumo e o produto, visando identificar a posição das variáveis no limiar da fronteira de possibilidade de produção, valorizando os pontos extremos, e analisar cada DMU individualmente em relação às demais.

O primeiro modelo publicado foi o CCR, acrônimo advindo das iniciais dos autores Abraham Charnes, William Cooper e Edward Rhodes (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). São várias as formulações dos modelos de DEA encontradas na literatura, conforme diz Bandin (1995), entretanto dois modelos fundamentais são mais utilizados. O

primeiro, desenvolvido no modelo de retornos constantes de escala (CRS – *Constant Returns to Scale*), determina uma fronteira CRS, a qual indica que o crescimento proporcional dos *inputs* produzirá o crescimento proporcional dos *outputs*.

O segundo modelo foi desenvolvido em 1984, denominado modelo BCC, acrônimo dos pesquisadores Rajiv Banker, Abraham Charnes e William Cooper (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984) e baseado em retornos crescentes ou decrescentes de escala na fronteira de eficiência ou VRS (*Variable Returns to Scale*).

Segundo Tschaffon e Angulo-Meza (2014), a incorporação do conceito de escala está relacionada com o ganho ou perda de produtividade da DMU ao ocorrer o aumento do volume de *inputs* de produção. Farrell (1957) afirma que as escalas de produção de uma DMU, por terem suas produções em parâmetros diferentes, podem ter a mesma eficiência, mas produtividades diferentes, isto é, a fronteira que determina as DMUs eficientes começa a reconhecer a possibilidade de melhoria ou deterioração da produtividade de uma DMU por alteração da quantidade produzida (VARIAN, 1992).

A diferença entre os dois modelos citados é que o CRS avalia a eficiência total, identifica as DMUs eficientes e ineficientes e determina a que distância da fronteira de eficiência estão as unidades ineficientes. A ineficiência técnica pode ser associada ao fracasso em alcançar a fronteira de eficiência, ou seja, fracasso em alcançar o máximo de *outputs* dado certo mix de *inputs* (CHARNES; COOPER, 1987). Esse modelo permite a projeção de cada DMU ineficiente sobre a superfície de fronteira (envoltória) determinada pelas DMUs eficientes.

De acordo com Charnes *et al.* (1994) e Coelli, Rao & Battese (1996), a Análise Envoltória de Dados (DEA) mostra a relação de eficiência entre DMUs (*Decision Making Units*). Ao tratar os múltiplos insumos usados e os múltiplos insumos gerados de cada unidade, é feita uma análise que fornece um indicador que varia de 0 a 1, e apenas as unidades que obtêm índice de eficiência igual a um fazem parte da fronteira eficiente.

Segundo Ferreira e Gomes (2009), uma DMU só atinge a fronteira de eficiência se, e somente se, os desempenhos de outras DMUs do conjunto em análise não demonstrarem que alguns dos insumos ou produtos virtuais da DMU podem ser melhorados, sem piorar os demais insumos e produtos virtuais das demais DMUs.

Para calcular a eficiência relativa das DMUs, é preciso utilizar variáveis de *inputs* (insumos) e *outputs* (produtos). A eficiência relativa de cada DMU é definida como a razão da soma ponderada de seus produtos pela soma ponderada dos insumos necessários para gerá-los. Em DEA, essas variáveis são ponderadas por pesos, calculadas livremente ou de forma

restrita por meio de programação linear, objetivando maximizar a eficiência de cada DMU em relação ao conjunto de referência. Segundo Mello *et al.* (2003), as DMUs do problema devem possuir unidades similares, ou seja, cada DMU deve consumir os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, variando somente as quantidades consumidas e produzidas por cada unidade.

A formulação matemática considera que cada DMU,  $k$ , é uma unidade de produção que utiliza  $r$  *inputs*  $x_{ik}$  para produzir  $s$  *outputs*  $y_{jk}$ . O modelo CCR, apresentado no QUADRO 2, maximiza o quociente entre a combinação linear dos *outputs* e a combinação linear dos *inputs*, com a restrição de que, para qualquer DMU, esse quociente não pode ser maior que 1. O modelo pode ser linearizado, transformando-se em um Problema de Programação Linear (PPL). É resolvido um modelo de programação linear por cada DMU. Logo, para  $n$  DMUs, são resolvidos  $n$  PPLs, com  $r + s$  variáveis de decisão.

A modelagem do CCR e do BCC pode ser Primal ou Dual. A modelagem Primal do CCR chama-se Modelo dos Multiplicadores, e a Dual, Modelo do Envelope, enquanto para o BCC é ao contrário (BERNARDO; RODRIGUES, 2016).

QUADRO 2 – Formulação matemática do modelo CCR orientado a insumo

Modelo dos Multiplicadores - Primal	Modelo Envelope - Dual
$\text{Max } Eff_0 = \sum_{j=1}^g u_j y_{j0} \quad (1)$	$\text{Min } h_0$
sujeito a:	sujeito a:
$\sum_{i=1}^r v_i x_{i0} \quad (2)$	$h_0 x_{j0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (4)$
$\sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \quad (3)$	$y + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (5)$
$v_i, u_j \geq 0, \forall i, j$	$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (6)$

Fonte: FERREIRA; GOMES, 2009 (adaptado); MELLO, 2005 (adaptado).

O modelo CCR aprestado no QUADRO 2 busca minimizar a quantidade de insumos mantendo o mesmo nível de produção dado pelas variáveis. A equação (1) expressa a

maximização da somatória das quantidades produzidas  $y$  multiplicadas pelos pesos  $u$ . A primeira parcela da restrição, expressa em (2), representa a subtração entre o somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos dos produtos; a segunda parcela representa o somatório da multiplicação do recurso utilizado pelos pesos. Essa subtração pode ser considerada o resultado da empresa. A segunda restrição (3) limita o resultado em um.

A função objetivo (4) busca minimizar  $h_o$  (valor da eficiência técnica da DMU). A inequação em (5) é restringida para que a redução de *input* permita a ultrapassagem da fronteira definida pelas DMUs eficientes. As restrições em (6) garantem que a redução nos *inputs* não altere o nível atual dos *outputs* da DMU (MELLO *et al.*, 2005; FERREIRA; GOMES, 2009).

O QUADRO 3 apresenta a formulação matemática, apresentada por Mello *et al.* (2005), do modelo CCR orientado a produto e pressupõe retornos constantes de escala.

QUADRO 3 – Formulação matemática do modelo CCR orientado a produto

Modelo Multiplicadores - Primal	Modelo Envelope - Dual
$\text{Min } h_o \quad (7)$	$\text{Max } \phi$
sujeito a:	sujeito a: <span style="float: right;">(12)</span>
$h_o x_{io} - \sum_{k=1}^n y_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (8)$	$x_{jo} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i$
$- y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (9)$	$- h_j y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j$
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (10)$	$\lambda_k \geq 0, \forall k$
$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (11)$	

Fonte: FERREIRA; GOMES, 2009 (adaptado); MELLO, 2005 (adaptado).

O modelo BCC permite que DMUs que operam com baixos valores de *inputs* tenham retornos crescentes de escala, e as que operam com altos valores tenham retornos

decrecentes de escala; para esse fim, é adicionada a premissa de convexidade. Matematicamente, a convexidade da fronteira equivale a uma restrição adicional ao Modelo do Envelope. Já nos modelos multiplicadores, as variáveis  $u$  e  $v$  são duais associadas à condição  $\sum = 1$  e são interpretadas como fatores de escala (MELLO *et al.*, 2005).

O QUADRO 4 apresenta a formulação matemática do modelo BBC orientado a insumo, que pressupõe retornos variáveis de escala.

QUADRO 4 – Formulação matemática do modelo BBC orientado a insumo

Modelo Multiplicadores - Primal	Modelo Envelope - Dual
$\text{Min } h_0 = \sum_{i=1}^r v_j x_{io} \quad (13)$	$\text{Min } \phi$
sujeito a:	sujeito a: <span style="float: right;">(17)</span>
$\sum_{j=1}^s u_j y_{jo} = 1 \quad (14)$	$\text{Max } \text{Eff}_0 = \sum_{j=1}^g u_j y_{jo} + u_*$
$\sum_{j=1}^s u_i y_{jk} - \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} \leq 0, \forall k \quad (15)$	sujeito a:
$u_j, v_i \geq 0, \forall j, i \quad (16)$	$\sum_{i=1}^r v_i x_{io} = 1$
	$- \sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} + u_* \leq 0, \forall k$
	$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re$

Fonte: FERREIRA; GOMES, 2009 (adaptado); MELLO, 2005 (adaptado).

O QUADRO 5 apresenta a formulação matemática do modelo BBC orientado a produto, que pressupõe retornos variáveis de escala.

QUADRO 5 – Formulação matemática do modelo BBC orientado a produto

Modelo Multiplicadores - Primal	Modelo Envelope - Dual
$\text{Max } h_o \quad (18)$	$\text{Max } \phi$
sujeito a:	sujeito a: <span style="float: right;">(23)</span>
$x_{io} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, \forall i \quad (19)$	$\text{Min } \text{Eff}_0 = \sum_{i=1}^r v_i x_{io} + v_*$
$-h_o y_{jo} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, \forall j \quad (20)$	sujeito a:
$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (21)$	$\sum_{j=1}^g u_j y_{jo} = 1$
$\lambda_k \geq 0, \forall k \quad (22)$	$-\sum_{i=1}^r v_i x_{ik} + \sum_{j=1}^s u_j y_{jk} - v_* \leq 0, \forall k$
	$v_i, u_j \geq 0, u_* \in \Re$

Fonte: FERREIRA; GOMES, 2009 (adaptado); MELLO, 2005 (adaptado).

As variáveis  $u$  e  $v$ , no modelo dos multiplicadores, representam os fatores de escala; no modelo orientado a *inputs*, quando positivos, indicam retornos crescentes de escala; quando negativos, indicam retornos decrescentes de escala; caso sejam nulos, a situação é de retornos constantes de escala. Já no modelo orientado a *outputs*, quando positivos, indicam retornos decrescentes de escala; quando negativos, indicam retornos crescentes de escala; caso sejam nulos, a situação é de retornos constantes de escala (MELLO *et al.*, 2005).

### 2.3.3 Eficiência Técnica e Eficiência de Escala com a DEA

Na abordagem com a DEA, de acordo com Coelli (1996), assumem-se retornos constantes de escala quando as DMUs operam em escala ótima. Contudo, quando em um cenário de competição imperfeita ou restrições financeiras, as DMUs costumam atuar em escala não ótima. Em tais situações, torna-se mais adequado assumir retornos variáveis de escala (COELLI, 1996).

A metodologia DEA permite identificar a fronteira de produção empírica, pressuposta poliangular linear (*piecewise linear*), com base nas unidades consideradas eficientes, fornecendo um conjunto de referências ou *benchmarkings* para as unidades ineficientes e sugerindo metas para o alcance da eficiência técnica, alocativa e de escala (SANTOS; MORAES NETO; CARVALHO FERREIRA, 2007). A assunção de convexidade do modelo BBC forma uma superfície convexa de planos em interseção, que envolve os dados de modo mais compacto do que a superfície formada pelos rendimentos constantes (FERREIRA; GOMES, 2009). A restrição de convexidade garante que as DMUs ineficientes sejam comparadas somente com as DMUs com mesmo tamanho ou nível de atividade (COELLI *et al.*, 2005).

A Eficiência Técnica Global dada pelo modelo CCR pode ser decomposta e identificar duas fontes de ineficiência produtiva: a operacional e a de escala de produção (COOPER, 2011).

A operação com Eficiência Técnica Global (ETG) das unidades produtivas com rendimentos constantes de escala, quando comparada com a operação com rendimentos variáveis de escala, pode ser decomposta em duas formas de eficiência produtiva: a Pura Eficiência Técnica Local em condições de retornos variáveis e a Eficiência de Escala (EFE) (FERREIRA; GOMES, 2009, p.123).

$$\theta_{CCR} = \theta_{BBC} \times EFE, \text{ tal que } EFE = \frac{\theta_{CCR}}{\phi_{BBC}}, \text{ sendo } EFE \leq 1. \quad (28)$$

O GRAF.3 mostra a fronteira de possibilidades de produção com rendimentos variáveis de escala VRS e rendimentos constantes de escala CRS para uma simulação com modelo orientado a insumo.



Para a DMU aumentar a eficiência, deverá reduzir seus insumos e será projetada na direção da fronteira em um movimento radial, o que não impedirá que apresente ineficiência, pois estará utilizando insumos em excesso (ou produzindo aquém do necessário); esses excessos são denominados “folgas”. Ferrier e Lovell (1990) afirmam que a existência de folgas é uma ineficiência alocativa, já que está relacionada à combinação inadequada de insumos. Segundo Cooper, Seiford e Tone (2006, p.45-46), as “condições para a eficiência total são a eficiência radial e a inexistência de folgas”. Esses critérios são indispensáveis para atender à otimização Pareto-Koopmas.

### **2.3.4 Métodos alternativos para aplicação da DEA**

A modelagem em DEA é antecedida pela determinação das DMUs e pela seleção das variáveis. Dyson *et al.* (2001) consideram que as DMUs são homogêneas se assumidas como semelhantes tanto no tipo de atividades que realizam quanto nos produtos ou serviços produzidos. Um segundo requisito é que a mesma variedade de recursos esteja disponível em todas as unidades, e, finalmente, que as variáveis ambientais possam afetar o desempenho da unidade.

Uma das alternativas para garantir que os grupos apresentem homogeneidade em relação aos parâmetros analisados são as técnicas de clusterização (ANDRADE *et al.*, 2014). Para Dyson *et al.* (2001), a heterogeneidade pode estar relacionada às DMUs que não são semelhantes ou que não possam ser explicadas pelo mesmo conjunto de *inputs* e *outputs*. Um protocolo de ajuste sugerido é segmentar a análise para permitir a comparação.

A seleção de variáveis é outra etapa importante na aplicação da metodologia DEA (DYSON *et al.*, 2001; SENRA *et al.*, 2007), pois problemas relacionados com a discriminação entre as empresas eficientes e ineficientes podem surgir, especialmente se existir um grande número de variáveis. A busca pelo aumento da eficiência média proporcionada pelas variáveis pode reduzir a capacidade de ordenação do modelo – uma clássica fragilidade em DEA.

Os modelos de DEA são extremamente benevolentes com as unidades avaliadas, já que podem atribuir peso zero às variáveis que são menos favoráveis, classificando, assim, várias unidades com eficiência máxima. Isso posto, a seleção de variáveis deve ser feita de

forma que se garanta a alta discriminação entre as DMUs e se assevere, assim, uma das vantagens dos modelos DEA, que é fazer ordenações sem depender de decisões.

Para Ferreira e Gomes (2009), na seleção das variáveis em DEA, é importante conhecer profundamente a atividade em análise, estudar detalhadamente o setor e o ramo de atividade e contar com apoio de um especialista para definição das variáveis relevantes. Ao selecionar as variáveis mais relevantes, deve-se analisar a intercorrelação entre elas: as variáveis com forte correlação representam a mesma importância na determinação dos escores de eficiência técnica das DMUs que estão sendo avaliadas. Segundo Bertoloto e Mello (2011), a seleção de variáveis pode ser executada de diferentes formas: pelo conhecimento de um especialista, por meio de métodos estatísticos ou por técnicas-multicritério. (BERTOLOTO; MELLO, 2011; SENRA *et al.*, 2007).

A introdução de um grande número de variáveis resulta em uma maior explicação causal do modelo, mas, simultaneamente, faz com que um número maior de DMUs esteja na fronteira, ou seja, o incremento de muitas variáveis reduz a capacidade de DEA de discriminar as DMUs eficientes das ineficientes. Assim, o modelo deve procurar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e DMUs escolhidas, visando aumentar o poder discriminatório da análise DEA (LINS; ANGULO-MEZA, 2000; SILVEIRA *et al.*, 2012).

Para solucionar limitações dos modelos clássicos em DEA, algumas soluções alternativas são encontradas na literatura, as quais serão brevemente descritas a seguir.

#### 2.3.4.1 Restrições aos pesos

Para aumentar o poder discricionário e evitar pesos nulos e esquemas de pesos irrealistas, uma solução sugerida por Cooper *et al.* (2004) consiste em incluir restrições aos pesos no modelo. Os pesos representam um sistema de valor relativo para cada DMU, o qual fornece o melhor índice possível para cada uma, de forma que o sistema de valor resultante seja viável para todas as outras DMUs e que nenhuma delas atinja um índice de eficiência acima de um limite superior especificado, que é comumente 1. Em sua forma clássica, a DEA permite total flexibilidade na seleção de pesos, tal que cada DMU atinja o escore máximo de eficiência viável para seus níveis de *inputs* e *outputs* (LINS; ANGULO-MEZA, 2000). A restrição aos pesos é baseada no “juízo de valor” dos especialistas que, ao considerar

indevidas as proporções entre os pesos que o modelo atribui a insumos e produtos, propõem alterações (FERREIRA; GOMES, 2009).

#### 2.3.4.2 *Fronteira Invertida*

A fronteira invertida é empregada para aumentar a discricionariiedade das DMUs, tem a vantagem adicional de eliminar as DMUs falsamente eficientes (LETA *et al.*, 2005; ANGULO-MEZA, 2007; SILVEIRA; ANGULO-MEZA; MELLO, 2012), além de ser uma alternativa para o problema de peso zero que ocorre nos modelos clássicos da DEA. Essa técnica avalia as DMUs nos pontos em que elas são ineficientes, ou seja, são incluídas no índice a análise quanto às variáveis de ineficiência de cada DMU.

Segundo Almeida, Mariano e Rebelatto (2008), a técnica de fronteira invertida busca distinguir as DMUs dentre todas as classificadas como eficientes. A perspectiva da fronteira invertida considera que a DMU mais eficiente é aquela que obtiver um desempenho mais equilibrado, ou seja, a que conseguir produzir muito de todos os *outputs* e gastar pouco de todos os *inputs*, sem se destacar em nenhum especificamente. Nesse caso, a fronteira invertida tentará excluir do grupo de eficientes as DMUs que foram consideradas eficientes graças ao desempenho muito superior em apenas um único *input* ou em apenas um único *output*.

Para uma DMU possuir alta eficiência, ela deve ter um elevado grau de pertinência em relação à fronteira otimista e baixo grau em relação à fronteira pessimista. Dessa forma, todas as variáveis são levadas em conta no índice final, e não basta a DMU ter bom desempenho naquilo em que ela é melhor: também não pode ter um mau desempenho no critério em que for pior, o que é conseguido sem a atribuição de nenhum peso subjetivo a qualquer critério (MELO *et al.*, 2003).

Na prática, é feita uma inversão entre *inputs* e *outputs* do modelo original. A fronteira criada é formada por DMUs que possuem as piores práticas gerenciais (YAMADA; MATUI; SUGIYAMA, 1994; ENTANI; MAEDA; TANAKA, 2002). A fronteira invertida é utilizada na construção de um índice chamado de índice de eficiência composta. Ele é definido como a média aritmética entre a eficiência em relação à fronteira DEA convencional (padrão) e o complemento da eficiência em relação à fronteira invertida que gera uma medida de ineficiência (MELLO *et al.*, 2008).

$$efici\tilde{e}ncia\ composta = \frac{[efici\tilde{e}ncia\ padr\tilde{a}o+(1-efici\tilde{e}ncia\ invertida)]}{2} \quad (29)$$

Para se obter um índice em que as unidades eficientes tenham valor unitário, é feita a normalização da eficiência composta dividindo-se seus valores pela maior de todas as eficiências compostas.

#### 2.3.4.3 *Outputs indesejados*

Após a classificação das variáveis como *inputs* e *outputs*, faz-se necessário determinar se estão adequadas à orientação do modelo. Segundo Tschaffon (2011), ao analisar um processo, é importante que o decisor reflita sobre *inputs* e *outputs* considerados e verifique se, nesse conjunto, há variáveis indesejáveis, a fim de garantir que a análise das DMUs seja realizada de forma integral. Quando há *outputs* indesejáveis no problema a ser estudado em DEA, torna-se necessário prover o correto tratamento de tais variáveis para que a eficiência das unidades produtivas seja calculada de forma correta.

Scheel (2001) apresenta quatro abordagens para tratamento de *outputs* indesejáveis e as compara entre si, concluindo que o método *Multiplicative Inverse* é o mais restritivo. Essa abordagem transforma *outputs* indesejáveis em seu inverso pela função  $f(x) = 1/x$ . Outra solução é incluir *outputs* indesejáveis como *inputs*, assim a variável é tratada como recurso. A terceira, *Additive Inverse*, consiste em utilizar os *outputs* indesejáveis como *outputs* desejáveis por meio da troca de sinal dos valores dos *outputs*, ou seja,  $f(u) = -u$ . Isso significa que, para tratar como *outputs*, os valores dessas variáveis serão multiplicados vezes  $-1$ . Essas alternativas dão maior robustez à utilização do modelo, já que cria alternativas para utilização de variáveis definidas como importantes para o processo analisado. A quarta abordagem consiste em fazer uma translação dos valores da forma  $f(x) = -x + \beta$ . Essa abordagem só se aplica a BCC e Aditivo, pois o modelo CCR não é invariante à translação.

#### *2.3.4.4 Estudos relacionados ao Setor Elétrico*

Uma das principais áreas de publicação citada no estudo de Lampe e Hilgers (2015) é o setor elétrico. Tschaffon e Angulo-Meza (2014), comentam que a Análise de Envoltória de Dados tem sido aplicada para avaliar a eficiência de distribuidoras de energia elétrica no Brasil. O QUADRO 6 apresenta um resumo dos estudos relacionados ao setor elétrico apresentados por Angulo-Meza (2014), Rempel (2013) e alguns outros selecionados para construir os fundamentos desta pesquisa, assim como as principais características do modelo utilizado.

QUADRO 6 – Resumo de estudos relacionados ao Setor Elétrico com a utilização da DEA

Obra	Modelo	Orientação	Objetivo	INPUT	OUTPUT
Galvão (2008)	BBC e CCR. Foi utilizado o Método de Avaliação Cruzada para aumentar a discriminação.	INPUT	Eficiência de 33 distribuidoras.	1) Total de postes. 2) Quantidade de transformadores. 3) OPEX. 4) Km de rede. 5) Empregados Próprios. 6) Total de empregados	Área total de consumidores de Energia fornecida
Sexton, Silkman e Hogan (1986)	Método da Avaliação Cruzada tendo em vista a baixa discriminação das DMUs eficientes na modelagem inicial em CCR.	INPUT	Eficiência de 18 distribuidoras.	OPEX CAPEX	1) Área de concessão 2) Total de consumidores 3) Energia fornecida
Doyle e Green (1994)	Método da Avaliação Cruzada tendo em vista a baixa discriminação das DMUs eficientes na modelagem inicial em CCR.	INPUT	Eficiência de 14 distribuidoras de energia elétrica.	Quantidade de empregados	1) Área de concessão 2) Total de consumidores 3) Vendas de energia
Resende (2002)	BBC	INPUT	Eficiência de 24 distribuidoras de energia elétrica.	Quantidade de empregados, capacidade dos transformadores, extensão de rede.	1) Área de concessão 2) Total de consumidores 3) Vendas de energia
Chien, Lo e Lin (2003)	BBC e CCR. Propõe análise de eficiência técnica e de escala dos centros de serviços da distribuidora.	INPUT	Eficiência de 17 centros de despacho de serviços.	Total de <i>staff</i> – Total de equipamentos	1) Número total de consumidores 2) Km de rede 3) Capacidade do transformador
Pessanha, Souza e Laurencel (2004)	CCR	INPUT	Analisar a eficiência de 60 distribuidoras	OPEX	1) Total de Consumidores 2) Montante de energia 3) Extensão de rede 4) IASC
Angulo-Meza <i>et al.</i> (2007)	BBC e CCR. Utiliza conceito de fronteira invertida e <i>stepwise</i> para seleção de variáveis.	INPUT	Medir eficiência energética dos 27 estados brasileiros.	Produto Interno Bruto (PIB) estadual, Índice de Potencial de Consumo, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH – índice adimensional)	Consumo Residencial per capita.

(continua)

(conclusão)

Mello <i>et al.</i> (2008).	CCR e BBC. Utilizou o método da fronteira composta.	INPUT	Analisar a eficiência de 12 cidades quanto à transformação do consumo de energia elétrica em rendimentos da população.	Consumo de energia per capita	Temperatura média e renda mensal média.
Jha, Yorino e Karki (2011)	CCR. Utiliza restrição aos pesos.	INPUT	Analisar a eficiência de 57 distribuidoras.	Capacidade do transformador, comprimento de rede de tensão primária custo de O&M, quantidade de empregados, perdas de distribuição.	Venda de energia, quantidade de clientes.
Diniz (2012)	CCR e BCC	INPUT	Comparar a utilização eficiente da energia elétrica por 34 municípios do Oeste de Minas Gerais.	Consumo de energia per capita	Índice de Potencial de Consumo – IPC, Índice de Desenvolvimento Humano dos Municípios – IDH-M e Produto Interno Bruto – PIB como <i>outputs</i> .
Kasap e Kiriş (2013)	BBC	INPUT	Analisar a eficiência de 16 distribuidoras.	OPEX	PENDENTE
Tschaffon e Angulo-Meza (2014)	O modelo utilizado é o BCC, pois não há garantia de proporcionalidade entre o <i>input</i> e os <i>outputs</i> do problema.	INPUT	Analisar eficiência de 20 distribuidoras considerando variáveis indesejáveis.	OPEX	Quantidade de consumidores, Energia Consumida, Extensão de rede, DEC, FEC, IASC.

Fonte: Dados da pesquisa.

Dentre as pesquisas apresentadas, a que mais se assemelha ao estudo aqui proposto é o trabalho de Chien, Lo e Lin (2003), que analisa o desempenho de 17 centros de serviços de uma distribuidora de energia de Taiwan e provê novos direcionamentos para os centros de serviços ineficientes. As 17 DMUs analisadas são consideradas homogêneas, já que o mesmo conjunto de *input* e *output* descreve o comportamento do processo produtivo de todas, ainda que os centros de serviços possuam diferentes escalas de trabalho, como, por exemplo, ao se comparar a quantidade de consumidores. Os autores afirmam que a DEA, ao não estabelecer previamente os pesos, é adequada para medir a eficiência relativa do cenário exposto. As variáveis selecionadas como *output* são: quantidade de consumidores, comprimento de rede e capacidade dos transformadores. As variáveis definidas como *input* são: quantidade de “analistas de serviços” e equipamentos dos centros.

### 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa pode ser caracterizada, de acordo com Vergara (2000), como sendo descritiva e quantitativa. A abordagem descritiva busca caracterizar os centros de despacho de serviços terceirizados pela distribuidora de energia elétrica, e a abordagem quantitativa procura, por meio da aplicação da análise envoltória de dados (DEA), expor características a respeito do nível de eficiência das empresas contratadas.

A fonte de coleta dos dados é de natureza primária, pelo fato de esses terem sido coletados diretamente nos bancos de dados da empresa analisada, e de secundária devido às entrevistas não estruturadas e consultas a documentos internos da organização. A lógica da pesquisa é mista, indutiva na etapa da estruturação e dedutiva na avaliação.

As seções 3.1 e 3.2 apresentam a caracterização da parte operacional dos elementos estudados. Essa abordagem teve como finalidade aumentar o nível de detalhamento da pesquisa e apoiar a seleção de *inputs* e *outputs* para utilização do DEA.

A seção 3.3 contém o fluxograma de aplicação do modelo DEA fundamentado na proposta de Golany e Roll (1989), com o propósito de sistematizar o estudo, e a seção 3.4 apresenta a aplicação das primeiras etapas constantes no fluxograma. Inicialmente, foi feita a validação das DMUs considerando a análise e a disponibilidade de dados a respeito dos centros de serviços. Em seguida, foram escolhidas as variáveis de insumo e produto. Por fim, são exploradas considerações a respeito da definição do modelo, e feita uma breve descrição das abordagens utilizadas para atingir os objetos do estudo.

#### 3.1 Serviços de Distribuição de Energia Elétrica

As distribuidoras de energia elétrica são responsáveis pelo atendimento a serviços de diversas naturezas, dentre os quais se destacam: construção de redes, obras de melhorias, obras de reforço, obras de reforma, manutenção preventiva, manutenção corretiva e serviços comerciais. Este estudo se limitará à análise da estrutura responsável pelo atendimento de serviços Comerciais e de Manutenção Corretiva (Serviços Emergenciais) de rede aérea.

A respeito desse segmento, as principais atividades de manutenção e operação realizadas são: operação de dispositivos de manobra; substituição de equipamentos na rede de

distribuição, como cruzetas, isoladores e para-raios; substituição de equipamentos da estrutura de sustentação dos condutores elétricos nos postes; emenda e tensionamento de cabos condutores; substituição e instalação de outros componentes menores relacionados à rede; substituição de postes. As principais atividades comerciais são: corte e religação em unidades consumidoras, aferição e substituição de medidores, inspeção de unidades consumidoras e ligação de novas unidades consumidoras.

A rede aérea, geralmente, é constituída por condutores sobre estruturas de ferro ou madeira, apoiadas nos postes de concreto ou madeira. Essa rede se estende por toda região urbana e rural onde houver consumidores instalados. Apesar da padronização das estruturas, as diversidades de cada ponto tornam os serviços ainda mais complexos, haja vista as condições diferenciadas de cada local. A situação se agrava na realização dos serviços não programados (serviços emergenciais), cujo principal objetivo é o rápido restabelecimento do fornecimento de energia, quando interrompido (MELO *et al.*, 2003). Uma equipe para atendimento a esses tipos de ocorrências é composta por uma dupla de eletricitas, geralmente equipada com uma camionete com escada veicular ou cesta área, equipamentos de proteção individual, equipamentos de proteção coletiva, ferramentas e materiais padronizados.

Dentre os segmentos que compõem o sistema elétrico brasileiro, o de distribuição é um dos mais regulados e fiscalizados. É de responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) editar resoluções, portarias e outras normas para o funcionamento adequado do setor elétrico, sendo muito rigorosa com sua fiscalização (ABRADEE, 2015). A distribuidora deve respeitar níveis mínimos de qualidade estipulados pelo regulador, a qual não pode ser entendida apenas do ponto de vista físico dos componentes que são objeto dos serviços essenciais, mas também do ponto de vista do atendimento, formação dos profissionais em contato com os consumidores e qualidade dos técnicos (SALES, 2011).

Os principais dispositivos regulatórios acerca do segmento estudado são: a) os Procedimentos de Distribuição (Prodist), que dispõem disciplinas, condições, responsabilidades e penalidades relativas a conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica abordando a qualidade do produto e qualidade do serviço prestado; e b) a Resolução 414 de 2010, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica relacionadas à qualidade do atendimento comercial.

O desempenho da distribuidora é monitorado por indicadores técnicos e comerciais. Os técnicos medem a continuidade do fornecimento de energia (que diz respeito à qualidade do serviço), a conformidade de nível de tensão (relacionada à qualidade do produto) e, por fim, o tempo médio de atendimento de ocorrências emergenciais. Já os indicadores

comerciais medem prazos de atendimento de serviços comerciais, telefônico e tempo de solução de reclamações.

Como mencionado anteriormente, o atendimento de serviços nas redes de média e baixa tensão é executado por equipes do quadro próprio da concessionária ou equipes contratadas. No Brasil, a força de trabalho terceirizada no setor elétrico é representativa conforme mostra o Boletim do Setor Elétrico de 2013 (DIEESE, 2014).

Conforme registrado no relatório da Ouvidoria Setorial em Números 2015 (ANEEL, 2015), em 2014, as distribuidoras de energia atenderam 28.042.347 reclamações de clientes feitos diretamente na concessionária, sendo que a maioria das reclamações é solucionada por meio de atendimento “in loco” com equipes de eletricitas. Devido ao grande volume de serviços, as concessionárias possuem soluções de software com arquitetura robusta que, dentre várias funcionalidades, auxiliam o atendimento a serviços comerciais e de emergência.

TABELA 1 – Quantidade de reclamações de clientes em 2014

Reclamações	Quantidade
Interrupção de Fornecimento	24.728.291
Apresentação e entrega de fatura	686.115
Varição de Consumo	565.589
Prazos	440.491
Danos Elétricos	303.537
Tensão de Fornecimento	266.319
Faturas	266.191
Erro de Leitura	249.608
Atendimento	147.088
Cobrança por irregularidade	55.397
Suspensão indevida	41.351
Alteração Cadastral	34.448
Custo de disponibilidade	3.184
Tarifas	2.948
Indisponibilidade de canais de atend. e serviço de arrecadação	2.096
Outros (inclui cobranças de atividades acessórias)	252.689
<b>Total de reclamações</b>	<b>28.045.342</b>

Fonte: ANEEL, 2015.<sup>10</sup>

Segundo Johnston e Clark (2002), o sistema de operações de serviços pode ser dividido em duas partes: uma que tem contato com o cliente e outra que não tem. O conjunto das duas é definido por Fitzsimmons e Fitzsimmons (2013) como um composto de serviços explícitos e implícitos, bens facilitadores e instalações de apoio. A eficiência está na otimização das atividades do processo e no resultado verificado pelo cliente.

<sup>10</sup> Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/\\_Arquivo%20completo\\_OSN2015.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/_Arquivo%20completo_OSN2015.pdf).

Para Gamba Júnior *et al.* (2012), diferentemente das demais modalidades de serviços, os emergenciais encontram-se revestidos de características distintas, relacionadas ao pronto-atendimento, capacidade de resposta e eficácia operacional, as quais necessitam de um planejamento diferenciado, sob pena de comprometer os resultados pretendidos. Para O'Dwyer, Oliveira e Seta (2009), a complexidade de serviços emergenciais está relacionada à dependência direta da disponibilidade simultânea de recursos humanos, físicos e tecnológicos, o que torna mais difícil a medida de eficiência.

O desempenho de empresas prestadoras de serviços de manutenção está relacionado com o bom planejamento da tarefa e com o material dispensado nas atividades, uma vez que o planejamento está ligado à melhor roteirização de veículos e à ordem de atendimento da ocorrência. Estratégias gerenciais fundamentadas em operações logísticas são uma das soluções para aumentar a eficiência em cenários com grande complexidade operacional.

### ***3.1.1 Despacho de serviços***

Entende-se por despacho de serviços a designação de equipes para intervenção no sistema elétrico, os quais possuem dois tipos de origem: a demanda interna, que é oriunda do planejamento da distribuidora e que são, na grande maioria, serviços comerciais de inspeção e desligamento de unidade consumidora, e a demanda do cliente externo da concessionária, ou seja, o consumidor de energia que demanda serviços de manutenção corretiva e comerciais, como religação e aferição de medidor.

Na estrutura da concessionária pesquisada, existem dois tipos de estrutura de despacho de serviços: o centro de operação da distribuição (COD) da própria concessionária, que não se limita somente a designar serviços para equipes próprias e contratadas, mas também a atividades mais complexas, como, por exemplo, a operação do sistema elétrico; e o centro de serviços da contratada (CSC), objeto deste estudo, que, além de receber demandas do centro de operação da concessionária, também despacha serviços de natureza específica exclusivamente para equipes contratadas.

Os analistas do centro de serviços contratado têm objetivo de determinar a melhor rota para as equipes e reduzir custo e tempo de atendimento a serviços. As incidências das ocorrências e solicitações de serviços por consumidores são distribuídas aleatoriamente em

tempo e espaço. A quantidade de solicitações dos clientes das concessionárias é alta, e a previsibilidade quanto ao volume e à localização das ocorrências não é simples. Com isso, a tarefa de designar equipes mais próximas das ocorrências, considerando todas as variáveis envolvidas na análise, torna-se complexa, podendo gerar alterações de rotas não planejadas previamente, provocando aumento significativo no tempo de atendimento. A partir de agora, será adotado o termo “analista de serviços” para designar o funcionário responsável pelas atividades inerentes ao despacho de serviço.

Vale mencionar outros fatores que influenciam o desempenho do atendimento a ocorrências:

- a) experiência dos motoristas para determinar melhor trajeto;
- b) sistemas de navegação e equipamentos de comunicação utilizados;
- c) experiência dos analistas para determinar melhor sequência de atendimento e atender a todos os requisitos de qualidade;
- d) sobrecarga de trabalho dos analistas;
- e) escala de trabalho tanto das equipes de eletricitas quanto dos analistas de serviços.

Dentre as atividades dos “analistas de serviços” e das equipes de eletricitas, destacam-se o atendimento a ocorrências no prazo estabelecido, a redução do deslocamento dos veículos e dos atendimentos improdutivos. Entende-se por atendimento improdutivo aquele em que não é necessária a intervenção da equipe de eletricitas para resolução do problema, a saber: visita a ocorrências que já foram solucionadas por outra equipe, atendimento a clientes com defeito na instalação interna, que não é responsabilidade da concessionária, e designação desnecessária de duas equipes para a mesma ocorrência.

As equipes de eletricitas das empresas terceirizadas podem ser controladas pelos dois centros de despacho de serviços (COD e CSC), e as solicitações geradas pelo centro de operação da distribuidora, por se tratar de serviço prioritário, muitas vezes, alteram a programação prévia do “analista de serviços”. As equipes denominadas generalistas, justamente por serem treinadas e equipadas para atender serviços comerciais e emergenciais, são compostas por duplas de eletricitas que trabalham em uma camionete equipada com os principais materiais para atendimento. Existe, ainda, o trabalho individual, executado por eletricista que se desloca em motocicleta para atendimento de alguns serviços comerciais e para realizar o primeiro contato com o cliente.

O software utilizado para despacho auxilia o analista no gerenciamento dos serviços, pois proporciona melhor gerenciamento de todo processo de inclusão, alteração, prorrogação, análise, retificação, desistência, cessação e consultas de serviços. Existem

diversas plataformas no mercado com o objetivo de despacho dinâmico de serviços, entretanto a utilização de tais sistemas nas distribuidoras de energia elétrica ainda não é consistente.

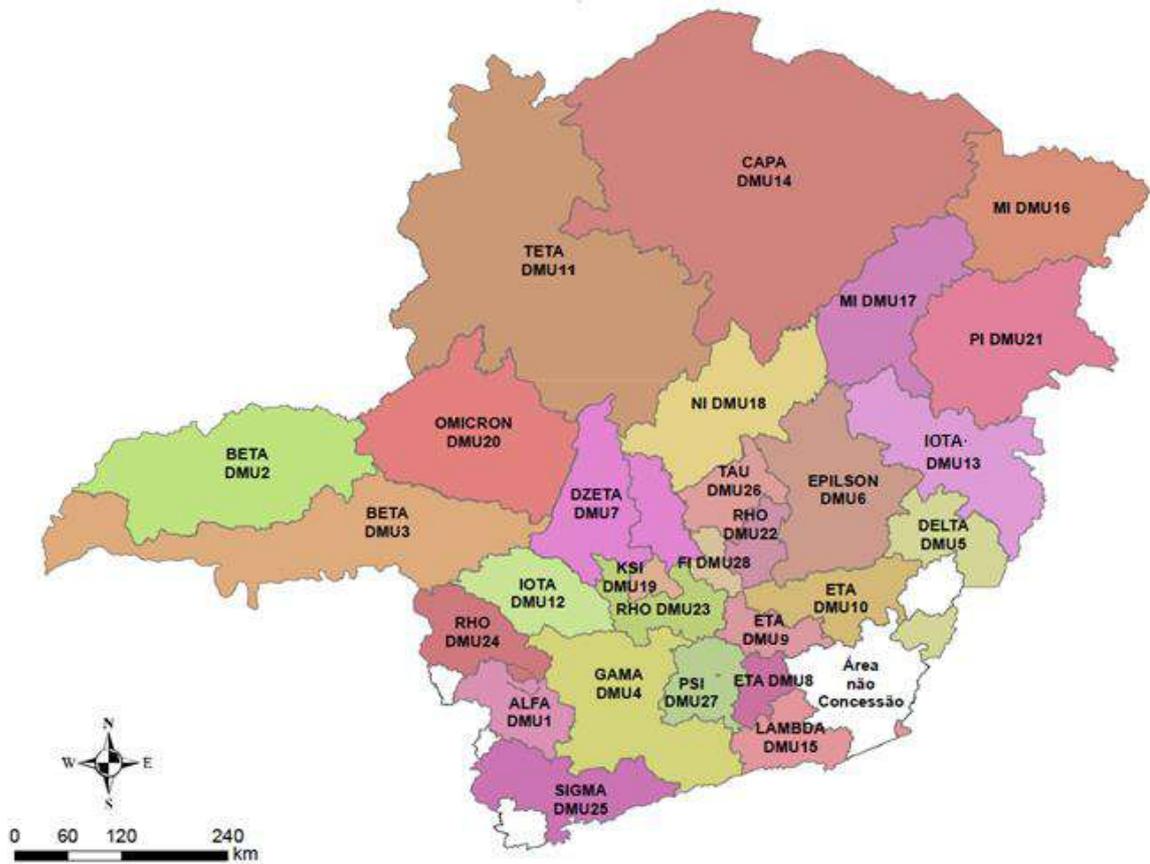
As ocorrências emergenciais e comerciais são designadas às equipes de eletricitistas em tempo real por meio de um equipamento com comunicação móvel, sendo a comunicação realizada por meio de sinal GPRS, satélite ou rádio. Em algumas empresas contratadas, verificou-se, por meio de entrevista, que a rota de atendimento de serviços comerciais, corte e religação por exemplo, é feita no dia anterior à disponibilidade do eletricitista, e esses não utilizam equipamento dotado de comunicação móvel.

As exigências mínimas quanto à estrutura de telecomunicações e informática do centro de despacho da contratada, aos equipamentos de trabalho, ao treinamento das equipes de eletricitistas, aos tipos de veículos, ou seja, a toda a estrutura envolvida nessa análise, são estabelecidas em contrato administrativo. Entretanto, cada contratada decide a forma de operar em virtude de suas convicções e assunção de riscos.

A rede de média e baixa tensão é dispersa e capilarizada em toda a extensão da área de concessão. As equipes de eletricitistas, assim como os centros de serviços da contratada, são posicionadas em vários pontos do território para atender aos requisitos de qualidade determinados pela ANEEL. Quanto mais próximo a base estiver dos locais com maior índice de ocorrências de serviço, menor será o deslocamento médio.

A FIG.3 mostra o mapa da área de concessão da Cemig D que corresponde a praticamente todo o território de Minas Gerais. O mapa está dividido em áreas de atuação das empresas contratadas que são responsáveis pelo despacho de uma parcela dos serviços comerciais e emergenciais.

FIGURA 3 – Mapa da área de concessão da Cemig D subdividido pela área de atuação das empresas contratadas



Fonte: Adaptado de dados internos CEMIG-D, 2016<sup>11</sup>.

### 3.1.2 Indicadores de desempenho

A empresa contratada deve prezar pelo atendimento ao marco regulatório e às cláusulas contratuais estabelecidas, bem como buscar aumento da produtividade e redução de custos operacionais objetivando maior eficiência. No QUADRO 7, estão listados alguns itens de acompanhamento utilizados para avaliação de desempenho da empresa terceirizada. O levantamento foi feito a partir de análise de contratos administrativos firmados entre concessionária e empresa contratada, por entrevistas com funcionários da concessionária e das contratadas de diferentes regiões do estado. O intuito das entrevistas foi conhecer

<sup>11</sup> Os nomes reais das empresas foram alterados para manter a confidencialidade das informações.

profundamente a atividade em análise e o ramo de atividade conforme sugere Ferreira e Gomes (2009). É importante destacar que o apoio de especialistas permitiu a determinação dos principais indicadores que são utilizados como direcionadores de desempenho.

QUADRO 7 – Indicadores de desempenho das empresas terceirizadas

Item de acompanhamento	Descrição	Orientação
Índice de Produtividade	Mede a quantidade de serviços executados por eletricista da equipe de serviço.	Quanto maior, melhor.
Índice de Viagens Improdutivas (IMP)	Mede a quantidade de atendimentos ineficazes ou indevidos executados.	Quanto menor, melhor.
Custo por atendimento Emergencial	Demonstra o custo total dos serviços emergenciais, considerando custos causados pelo pagamento de terceiros e compensação financeira e desconsiderando serviços executados reprovados.	Quanto menor, melhor.
Compensação financeira	Indica o valor total pago em compensação financeira para clientes de cada DMU.	Quanto menor, melhor.
Custo em pagamento de contratos	Medição do valor pago por segmento de contrato, em cada DMU. Indica despesa operacional e investimento em serviços.	Quanto menor, melhor. (Sob a óptica da contratante, pois corresponde a seu custo operacional.)
Índice de qualidade de serviços contratados	Expressa a qualidade da empresa contratada baseando-se em índices de qualidade de serviços executados e de segurança praticada.	Quanto maior, melhor.
Multas	Demonstra o valor de multas aplicadas a cada empresa contratada. As multas são estipuladas no contrato administrativo firmado.	Quanto menor, melhor.
Índice de atendimento no prazo	Expressa a qualidade no planejamento e execução dos atendimentos pela equipe de campo para cumprir os prazos estabelecidos pela ANEEL e também pelos clientes internos, levando em consideração também os serviços que estão com o prazo extrapolado, mas que não tenham sido colocados em execução.	Quanto maior, melhor.
Índice de padrão ligado	Expressa o índice de padrões ligados.	Quanto maior, melhor.
Índice de serviços reincidentes	Demonstra o percentual de retrabalho necessário para solucionar um problema. É estabelecido em contrato que a contratada deve garantir a manutenção em um ponto por cinco anos, ressalvados casos de acidentes com a rede elétrica.	Quanto menor, melhor.
Faturamento Mensal	Valor total faturado pela contratada em uma atividade específica.	Quanto maior, melhor. (Sob a óptica da empresa terceirizada.)
Tempo médio de deslocamento	Demonstra o tempo médio de atendimento aos serviços.	Quanto menor, melhor.
Tempo médio de prontidão	Demonstra o tempo médio de ociosidade das equipes de campo.	Quanto menor, melhor.
Tempo médio de execução	Demonstra o tempo médio de execução das equipes de campo.	Quanto menor, melhor.
Acidentes e falhas de segurança	Quantidade de acidentes ou falhas de segurança.	Quanto menor, melhor.

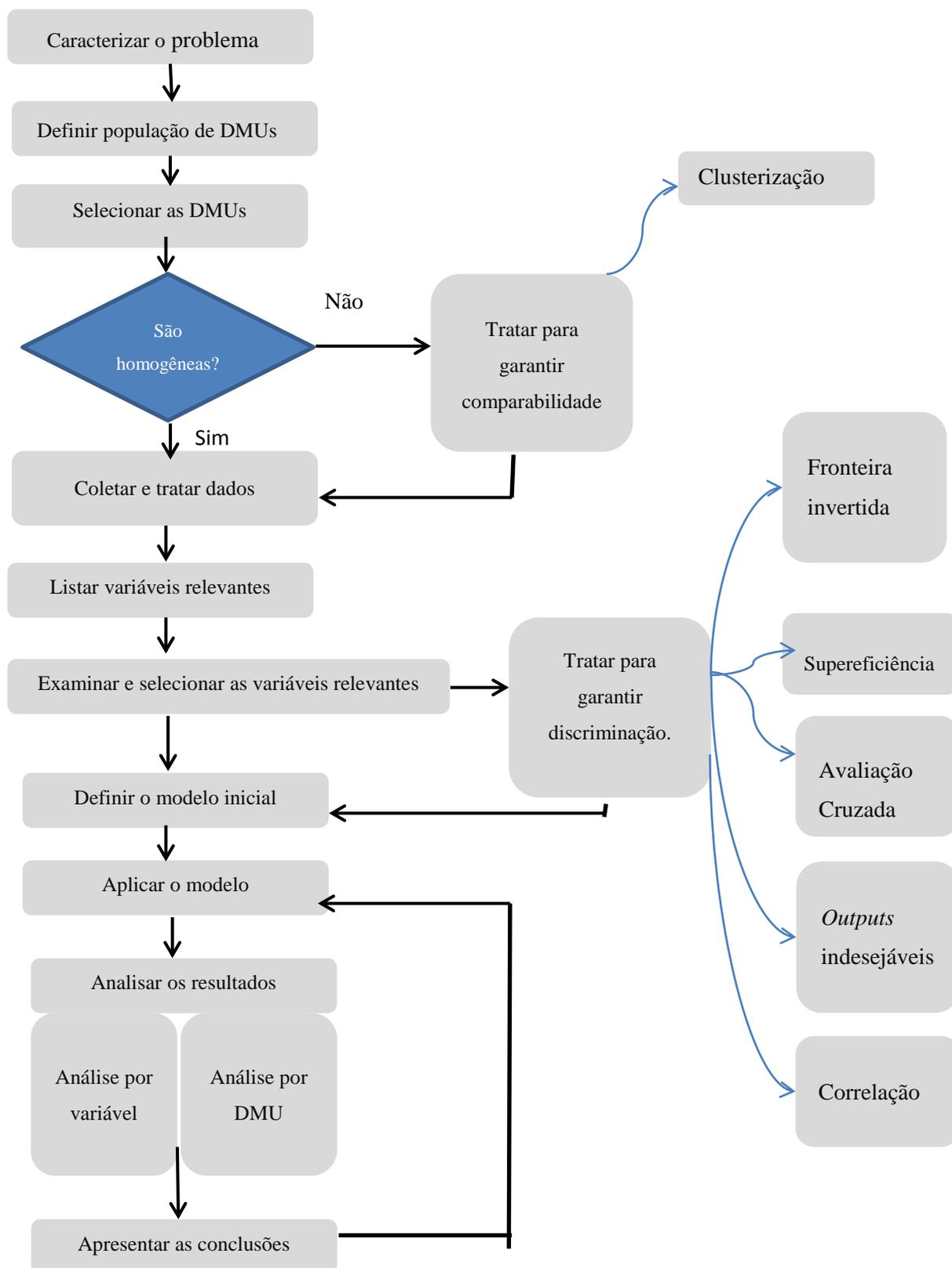
Fonte: Dados da pesquisa.

Esses dados permitem uma visão do cenário estudado em virtude das métricas de desempenho consideradas de maior importância pelos especialistas. Essa abordagem proporciona maior detalhamento da pesquisa e apoio para a seleção de *inputs* e *outputs* para utilização da DEA.

### **3.2 Fluxograma da aplicação de um modelo DEA**

A FIG.4 é uma adaptação da proposta de Golany e Roll (1989), composta por quatro fases principais: definição das DMUs, seleção das variáveis de *input* e *output*, aplicação do modelo DEA e análise de resultados. Foram acrescentados alguns métodos de seleção de variáveis e de discricionabilidade das DMUs (os detalhes de alguns desses são descritos na seção 3.4).

FIGURA 4 – Fluxograma da aplicação de um modelo DEA



Fonte: GOLANY; ROLL, 1989. (adaptado)

<sup>12</sup> Para maiores detalhes de Fronteira Invertida, consulte Angulo-Meza e Lins (2007); para avaliação cruzada, Sexton, Silkman e Hogan (1986); para Restrição de pesos, Doyle e Green (1994); para Método I-O Stepwise, Allen *et al.* (1997); para *outputs* indesejáveis Scheel (2001).

### 3.3 Aplicação da DEA

#### 3.3.1 Determinação das DMUs

A determinação das DMUs é uma etapa antecedente à modelagem. Para Dyson *et al.* (2001), as DMUs são consideradas homogêneas se elas são assumidas como semelhantes tanto no tipo de atividades que realizam quanto nos produtos ou serviços produzidos. Um segundo requisito é que a mesma variedade de recursos esteja disponível em todas as unidades. Esses autores chamam a atenção para a influência de variáveis externas, chamadas de variáveis ambientais, as quais podem influenciar o desempenho da unidade. Nos cenários, portanto, em que a DMU tem seu desempenho afetado por variáveis ambientais, essas devem ser consideradas na análise.

Apesar da popularidade da metodologia DEA, sua adoção no setor elétrico se restringe basicamente aos países caracterizados por pequenas distâncias territoriais e condições ambientais homogêneas (XAVIER, 2015). Em alguns estudos de *Benchmarking* de distribuidoras de energia brasileiras, as variáveis ambientais são consideradas fatores de heterogeneidade das empresas devido às grandes dimensões territoriais, escopo ou características ambientais. (HANEY; POLLIT, 2009; ANDRADE *et al.*, 2014; XAVIER, 2015; MATOS, 2014; ANEEL, 2013).

Conforme a FIG.4, as empresas contratadas analisadas neste estudo são responsáveis pela operação em uma determinada área geográfica de Minas Gerais, que é o quarto maior estado em extensão territorial do Brasil e subdividido em 853 municípios. Devido a sua grande extensão territorial e à localização geográfica, o estado possui diferentes características, tais como: relevo, clima, densidade populacional e desenvolvimento urbano. Esses atributos podem influenciar diretamente a produtividade das equipes de campo, tornando os centros de serviços não homogêneos e, conforme requisitos da DEA, incomparáveis.

Paralelamente, no cenário analisado, as condições técnicas de operação de todas as empresas são semelhantes, e há um nível de padronização de ferramentas, materiais e métodos utilizados. Cada DMU consome os mesmos *inputs* para produzir os mesmos *outputs*, variando somente as quantidades consumidas e produzidas por cada unidade. Além disso, todas possuem flexibilidade quanto ao posicionamento das equipes e à otimização de recursos, o que possibilita a redução da influência das variáveis ambientais. Com esse

argumento, o estudo da eficiência sob enfoque das variáveis ambientais é desconsiderado e fica como limitação do estudo e sugestão para estudos futuros

Para determinação das DMUs, foram selecionados 26 centros de serviços das empresas terceirizadas pela distribuidora no segmento de serviços comerciais e emergenciais. Optou-se por excluir uma das empresas da análise, pois ela iniciou as operações durante o ano de 2015, e os dados disponíveis não representavam bem a realidade. Para validar o conjunto selecionado, os seguintes requisitos foram avaliados.

- a) Disponibilidade dos dados para análise – Os dados primários utilizados nesta pesquisa foram fornecidos pela distribuidora de energia. A utilização de dados primários proporciona maior flexibilidade ao estudo, já que é possível refiná-los estatisticamente com o objetivo de torná-los comparáveis. Busse (2010) afirma que dados primários possuem menos limitação quando comparados a dados secundários e que os benefícios de economia de tempo e esforço devem ser ponderados considerando as limitações devidas à qualidade e à falta de especificidade dos dados na aplicação proposta. O período dos dados é de janeiro a dezembro de 2015.
- b) Relação mínima do número de DMU e o número de variáveis no modelo DEA (ALCÂNTARA; SANT'ANNA; LINS, 2003) – Procurou-se incluir o maior número possível de empresas contratadas. Desse modo, para definir a quantidade de variáveis em cada cenário, utilizou-se da proposta de Dyson *et al.* (2001), que afirmam que, para atingir um nível mínimo de discriminação, é preciso que o número de unidades seja no mínimo 2 ( $m \times s$ ), em que  $m \times s$  é o produto por recurso.
- c) Homogeneidade – As DMUs são consideradas semelhantes tanto no tipo de atividades que realizam quanto nos produtos ou serviços produzidos. A estrutura física mínima do centro de serviço da contratada é estabelecida em contrato e é igual para todas as empresas da análise. Além disso, software de despacho, equipamentos de comunicação, treinamentos, equipamentos e veículos dos eletricitistas são similares em todas elas. A mesma variedade de recursos está disponível em todas as unidades.
- d) Variáveis ambientais – As variáveis ambientais são fatores exógenos que podem influenciar a eficiência das empresas e reduzir a comparabilidade. As análises dos resultados da pesquisa levarão em conta esse aspecto, que já se afirma como uma limitação do estudo.

### 3.3.2 Seleção das variáveis

Um dos principais objetivos de estudos utilizando a DEA é a possibilidade de comparar empresas de um mesmo segmento. Para conseguir melhor ordenação das DMUs, é preciso utilizar técnicas alternativas para aumentar a discriminação das DMUS. Para Ferreira e Gomes (2009), na seleção das variáveis em DEA, é importante conhecer profundamente a atividade em análise, estudar detalhadamente o setor e o ramo de atividade e contar com apoio de um especialista para definição das variáveis relevantes.

Nesta pesquisa, optou-se por fazer uma entrevista com 8 especialistas da área, sendo 4 da concessionária de energia e 4 das empresas terceirizadas. A entrevista foi conduzida de forma a estimular os participantes na definição das variáveis que melhor representam o cenário estudado. Foi solicitado que uma análise considerando tanto aspectos operacionais quanto de qualidade da entrega fosse realizada pela empresa terceirizada. Após o debate com os entrevistados, um questionário simples foi aplicado. O QUADRO 8 apresenta a compilação das perguntas do questionário.

QUADRO 8 – Lista de perguntas do questionário com especialistas

- 
- 1) O que se deseja minimizar no processo produtivo?
  - 2) O que se deseja maximizar no processo produtivo?
  - 3) Favor classificar cada variável como produto ou insumo no processo produtivo.
  - 4) Quais são os produtos indesejáveis do processo produtivo?
- 

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na resposta dos especialistas, no tratamento e na disponibilidade dos dados, as variáveis que melhor explicam o processo produtivo estão relacionadas no QUADRO 9.

QUADRO 9 – Resumo das variáveis selecionadas

Variável	Sigla	Classificação
Quantidade de equipes (duplas)	Qduplas	Input
Quantidade de serviços fora do prazo	QFPrazo	Output indesejável
Quantidade de serviços improdutos	QImprod	Output indesejável
Quantidade de analistas	QAnalís	Input
Quantidade de motociclistas	Qmoto	Input
Tempo médio de atendimento emergencial	TMAE	Input
Multas	Mult	Output indesejável
Quantidade de serviços	Qserv	Output
Quantidade de U.S.	QUS	Output
Tipo de Área	Área	Ambiental
Índice pluviométrico	IP	Ambiental
Densidade. Consumidor/Área	Densid	Ambiental

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram classificados como *outputs* indesejáveis os serviços realizados fora do prazo estabelecido e aqueles classificados como improdutivos. A variável “serviços fora do prazo” é um indicador de qualidade, e é esperado que a empresa terceirizada empenhe-se em diminuir esse número para atender às exigências do regulador (ANEEL). Já serviços improdutivos são considerados indesejáveis pela empresa contratada, pois, além da remuneração ser baixa, causando prejuízos, a execução desses ocupa uma equipe desnecessariamente reduzindo, pois, o recurso disponível para a decisão do analista de serviços.

Conforme discutido na revisão de literatura, Scheel (2001) apresenta quatro abordagens para tratamento de *outputs* indesejáveis, e uma delas será aplicada neste estudo, a técnica denominada inversão de *outputs* indesejáveis para *inputs*.

A seguir, é feita uma breve descrição de cada variável identificada.

***Input 1*** – Quantidade de equipes (duplas) – Qduplas

Refere-se à quantidade de equipes composta por duplas de eletricitistas.

***Input 2*** – Quantidade de serviços fora do prazo – Qfprazo

Refere-se a quantidade de serviços atendidos fora do prazo estabelecido pela empresa contratante. Essa variável impacta diretamente o faturamento das empresas terceirizadas devido ao sistema de metas estabelecido, uma vez que a transgressão de prazos pode gerar multa e reduzir o faturamento do mês. Essa variável é um *output* indesejável, pois, quanto menor for seu valor, supõe-se que melhor será o cálculo da eficiência da empresa. Entretanto, para o cálculo coerente das eficiências, essa variável constará no modelo como um falso *input*.

***Input 3*** – Quantidade de serviços improdutivos - QImprod

Entende-se por atendimento improdutivo aquele em que a equipe de eletricitistas não atua efetivamente na resolução do problema, ou seja, atendimento a ocorrências que já foram solucionadas por outra equipe, atendimento a clientes com defeito na instalação interna, que não é responsabilidade da concessionária, o encontro com outra equipe de manutenção no local de uma ocorrência. Essa variável é um *output* indesejável, pois, quanto menor for seu valor, supõe-se que melhor será o cálculo da eficiência da empresa. Entretanto, para o cálculo coerente das eficiências, essa variável constará no modelo como um falso *input*.

**Input 4** – Quantidade de analistas de serviços - QAnalis

Quantidade de analistas de serviços responsáveis pelo despacho das ocorrências. São profissionais da área de eletrotécnica e com treinamento específico para exercer as atividades. Esses profissionais trabalham no Centro de Serviços da empresa terceirizada.

**Input 5** – Tempo médio de atendimento emergencial – TMAE

É o tempo médio para atendimento a ocorrências emergenciais.

**Input 6** – Quantidade de motociclistas - Qmoto

Quantidades de equipes de motociclistas disponíveis para atendimento de ocorrência.

**Input 7** – Multas – Mult

Quantidade de unidades de serviços relacionados a multas devido ao descumprimento contratual.

**Output 1** – Quantidade de Serviços - QServ

Quantidade de serviços executados pelos Centros de Serviço.

**Output 2** – Quantidade de U.S. (unidade de serviço) realizada

A precificação dos serviços é feita em função de uma Unidade de Serviço de referência. Cada atividade ou atendimento à ocorrência é precificado em função dessa unidade, e o valor monetário da Unidade é estabelecido pelo proponente ganhador da licitação. Assim, a quantidade de U.S. produzida pela contratada reflete diretamente o faturamento.

**Variável ambiental 1** – Tipo de Área**Variável ambiental 2** – Densidade de consumidor**Variável ambiental 3** – Extensão da malha viária



### 3.3.3 Determinação do modelo

Segundo Ferreira e Gomes (2009), a análise de envoltória de dados mostra-se relevante no setor de serviços por dispensar relações funcionais estritas entre insumos e produtos, bem como medidas únicas entre eles, processando ao mesmo tempo múltiplos insumos e produtos com unidades de mensurações diversas. Na escolha do modelo de DEA, deve-se considerar se há justificativa para a suposição de retornos constantes de escala e se a orientação deve ser para maximização de produtos, minimização de insumos ou uma ênfase igual de produtos e insumos.

Constata-se pelos estudos relacionados no resumo apresentado no QUADRO 6, que as aplicações de DEA são divergentes quanto à definição do modelo no setor elétrico. O estudo proposto neste trabalho é similar ao de Chien, Lo e Lin (2003), que utilizaram os modelos CCR e BBC para análise de eficiência técnica e de escala dos centros de serviços de uma distribuidora de energia de Taiwan. Como há poucos estudos relacionados a esse cenário, torna-se apropriado fazer um teste empírico de escala para definir o retorno a ser adotado na análise de eficiência conforme proposto por Coelli, O'Donnell e Battese (1998). Portanto, a conjunção dos modelos com retorno constante de escala e retornos variáveis de escala será utilizada para atingir os objetivos propostos. Em virtude da seleção de variáveis, optou-se pela orientação a insumos.

Os resultados para as medidas de eficiências foram obtidos mediante a aplicação do software SIAD – Software Integrado de Apoio à Decisão (ANGULO-MEZA *et al.*, 2005). O SIAD foi elaborado para a resolução dos modelos DEA clássicos, além de possuir módulos específicos para soluções com restrições de pesos e fronteira invertida (MELLO *et al.*, 2005).

Neste estudo, são consideradas três abordagens, que diferem entre si pelas variáveis escolhidas.

Os manuais de economia referem-se aos fatores de trabalho, matéria-prima e capital como principais insumos do processo produtivo. O fator de produção, protagonista de qualquer modelo de produção, está ligado ao esforço humano, físico ou intelectual para a produção de bens e serviços. A abordagem 1 considera três insumos de trabalho e um produto: quantidade de analistas, quantidade de equipes de duplas de eletricitas, quantidade de equipes com motociclistas, e o produto, quantidade total de unidade de serviço produzidas. O propósito inicial é identificar eficiência técnica e eficiência de escala dos Centros de

Serviços das empresas terceirizadas e, com os resultados, simular o rearranjo dos Centros com objetivo de aumentar a eficiência.

A abordagem 2 inclui a variável Qimprod como insumo. Sabe-se que a empresa terceirizada deve reduzir a quantidade de serviços improdutivos realizados, pois a ocupação de uma equipe com esses serviços a impede de realizar outro que tenha valor para a empresa e para o cliente; em resumo, o retorno financeiro não compensa o custo despendido. Esse modelo tem como objetivo avaliar que modelo melhor captura a informação da variável de improdutividade.

A abordagem 3 trata a variável TMAE e IAPG como insumo, já que a empresa terceirizada deve reduzir o tempo de atendimento às ocorrências e fazê-lo no prazo pré estabelecido. Esse modelo tem como objetivo avaliar se o aumento de eficiência não está sendo alcançado em detrimento da qualidade do serviço.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Este estudo objetiva medir o nível de eficiência técnica e de escala das empresas terceirizadas por uma distribuidora de energia elétrica. Para isso, utiliza-se da Análise de Envoltória de Dados em uma amostra de 26 centros de serviços.

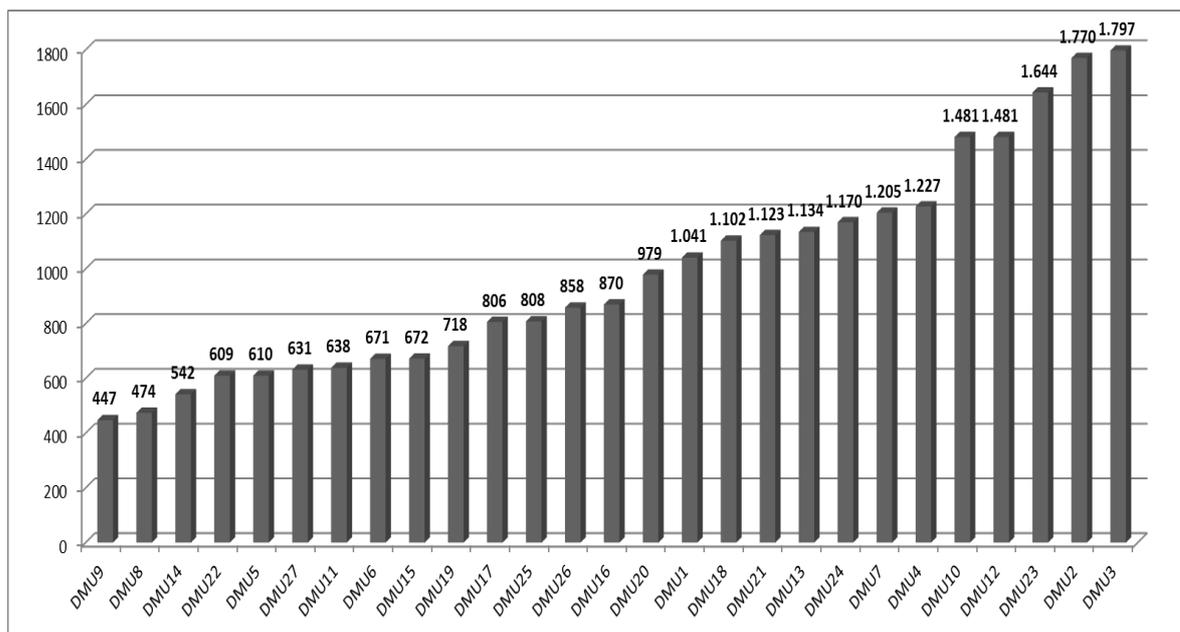
A seção 4.1 mostra os indicadores parciais, considerando a relação entre produto e insumo das variáveis definidas como explicativas do processo produtivo.

A análise de resultados das abordagens propostas é apresentada nas próximas seções.

### 4.1 Indicadores parciais

As produtividades parciais (relação entre produto e insumo) dos centros de serviços foram medidas com o objetivo de comparar o desempenho entre elas e aprofundar o conhecimento sobre as unidades avaliadas.

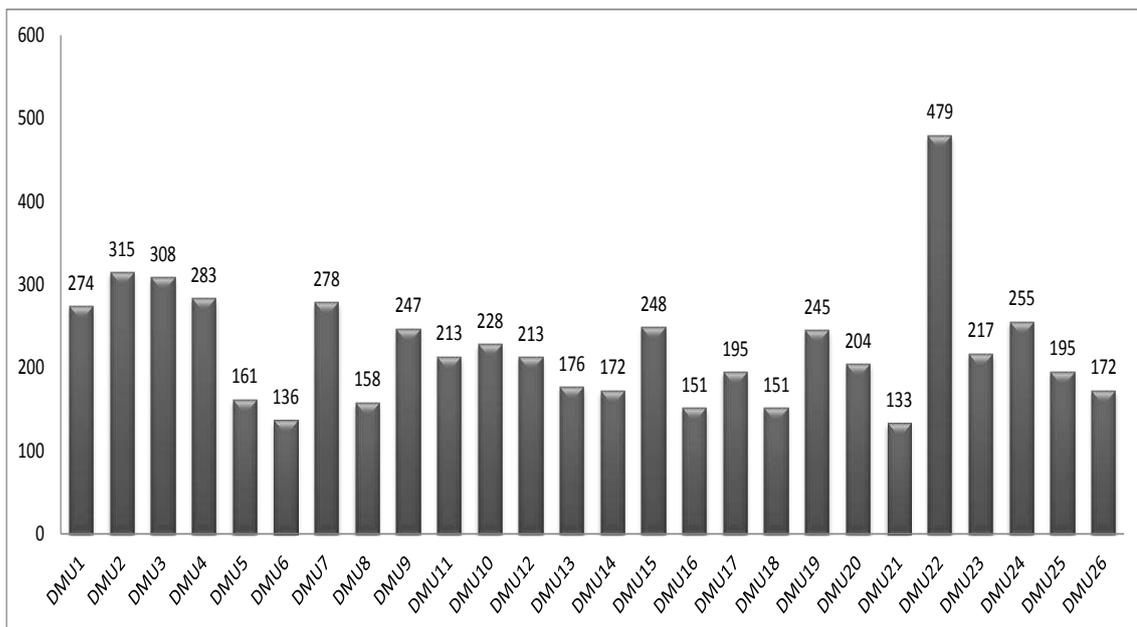
GRÁFICO 3 – Indicador de produtividade parcial – Quantidade de US/Analista por ano.



Fonte: Dados da pesquisa.

O GRAF.3 apresenta o indicador de produtividade parcial, que é dado pela razão entre quantidade de unidade de serviços produzida e pela quantidade de analistas, é fácil perceber a variabilidade dos resultados da amostra: em média, cada analista é responsável pela execução de 981 unidades de serviços. Entretanto, alguns centros de serviços operam com uma quantidade reduzida de unidade de serviço por analista, como é caso da DMU09 e da DMU08. Outras respondem por uma alta produtividade: DMUS23, DMU2 e DMU3. O coeficiente de variação, que representa o desvio padrão expresso como porcentagem da média, é de 39%. Esse valor de variabilidade sugere a necessidade de entender os motivos da diferença entre as unidades já que a princípio são consideradas homogêneas.

GRÁFICO 4 – Indicador de produtividade parcial – Quantidade de US/Eletricistas por ano



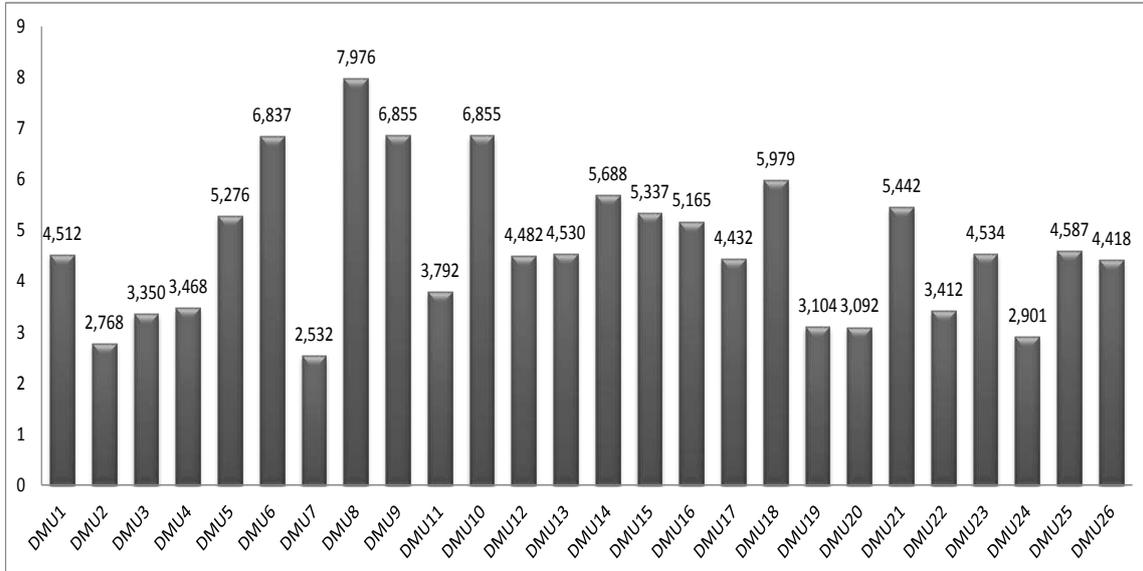
Fonte: Dados da pesquisa.

O GRAF.4 mostra a produtividade considerando a quantidade de unidades de serviços (US) e a quantidade de eletricitas. A média da produtividade das DMUs é 223,39, sendo o coeficiente de variação de 32%, o que representa uma significativa variabilidade dos resultados. A DMU6 apresentou o pior desempenho dentre os centros de serviços analisados, entretanto há influências externas e atípicas que justifiquem o baixo desempenho: esse centro pertence a uma empresa terceirizada que se encontrava em processo de rescisão contratual no ano utilizado como amostra, ocasionando sérias dificuldades financeiras. Será visto que essa DMU também apresentará baixo desempenho em outras análises de eficiência.

Apesar de essa empresa ter enfrentado problemas distintos das demais no período analisado, optou-se por mantê-la na análise por sua presença não influenciar de forma

considerável o estudo. As DMUs 2, 3 e 22 apresentaram as melhores produtividades parciais com, no mínimo, um desvio padrão acima da média.

GRÁFICO 5 – Valores de Tempo Médio de Atendimento Emergencial – TMAE



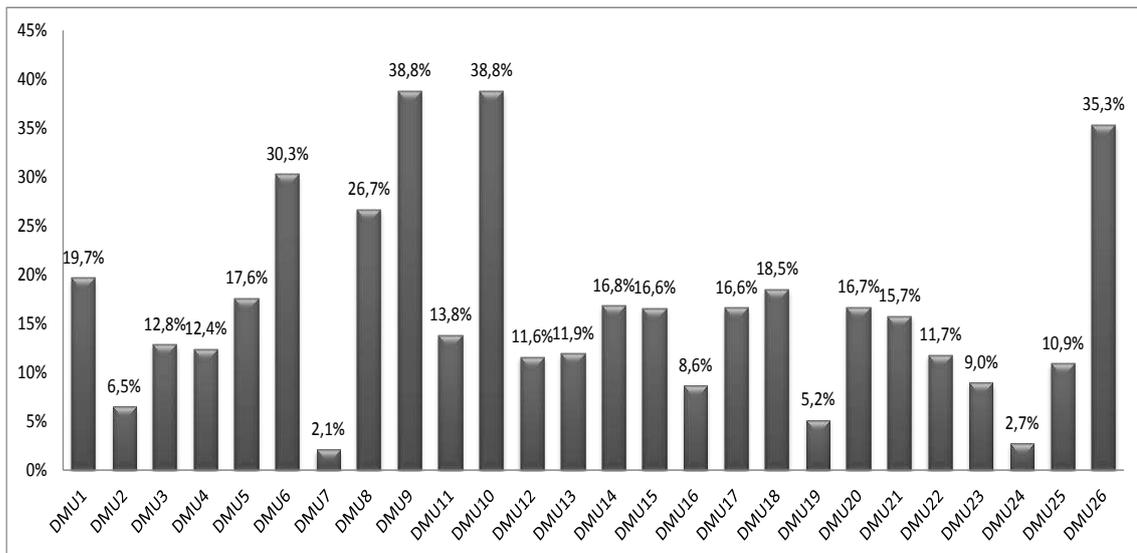
Fonte: Dados da pesquisa.

O GRAF.5 apresenta resultados da variável TMAE – Tempo Médio de Atendimento Emergencial – computado em minutos e calculado por centro de serviço das empresas contratadas. Esse é um indicador regulatório utilizado pela ANEEL para avaliar o desempenho das distribuidoras. Esses valores são apurados mensalmente pelas concessionárias de distribuição para cada conjunto de unidades consumidoras: o numerador do TMAE é composto pelo Tempo Médio de Preparação (TMP), Tempo Médio de Deslocamento (TMD), Tempo Médio de Execução (TME), e o denominador é composto pela quantidade de Ocorrências Emergenciais. O regulamento que dispõe sobre a forma de apuração desses indicadores é o Módulo 8 do PRODIST.

Vários fatores influenciam o tempo de atendimento, e um dos mais significativos está relacionado com a distância entre as regiões com maior incidência de serviços e as bases dos eletricitas (ponto inicial da jornada de uma equipe). Nesse caso, para um melhor desempenho da DMU, é preciso melhorar o posicionamento das bases.

Entre os piores resultados, estão as DMU8, DMU10, DMU9, DMU6, DMU18, DMU14 e DMU21, que representam centros de serviços localizados na região da Mantiqueira, leste e norte do estado de Minas Gerais.

GRÁFICO 6 – Percentual de serviços atendidos fora do prazo



Fonte: Dados da pesquisa.

O GRAF.6 apresenta resultados para o indicador de serviços atendidos fora do prazo, que é a razão entre todos os serviços atendidos fora do prazo, seja ele estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), ou concessionária de energia, pela quantidade total de serviços executados. As empresas terceirizadas têm como responsabilidade atender todos os serviços dentro do prazo estabelecido.

Segundo Xavier (2015), a análise de produtividade parcial é muito útil para avaliar o desempenho das empresas, entretanto ela possui algumas limitações, como, por exemplo, o fato de todas as empresas serem consideradas com retorno constante de escala, independentemente do nível de produção, o que por vezes não traduz a realidade. Por ser uma medida parcial, dificulta a visualização do desempenho integral das unidades avaliadas, ou seja, é de difícil interpretação quando existem múltiplos insumos e produtos. Outra limitação está relacionada com *Fox Paradox*<sup>13</sup> (mesmo que uma empresa tenha os maiores valores de produtividade parciais, ela pode ter uma produtividade total menor do que outra empresa).

## 4.2 Análise de resultado da abordagem 1

Por meio do Modelo Envelope CCR orientado a *input*, foram obtidos os valores da eficiência produtiva de cada centro de serviço que são mostradas na TAB.3.

<sup>13</sup> Cf. BOGETOFT, 2012.

TABELA 3 – Resultado obtido utilizando o modelo CCR orientado aos *inputs*

DMU	Padrão	Invertida	Composta	Composta*
DMU22	1,0000	0,3108	0,8446	1,0000
DMU2	1,0000	0,4460	0,7770	0,9199
DMU3	1,0000	0,4599	0,7700	0,9117
DMU23	1,0000	0,6418	0,6791	0,8040
DMU7	0,8132	0,4888	0,6622	0,7840
DMU9	0,8258	0,5770	0,6244	0,7393
DMU11	0,8258	0,5770	0,6244	0,7393
DMU1	0,7600	0,5217	0,6192	0,7331
DMU4	0,7214	0,4914	0,6150	0,7282
DMU24	0,6424	0,6044	0,5190	0,6144
DMU19	0,5855	0,5754	0,5050	0,5980
DMU12	0,6452	0,6524	0,4964	0,5877
DMU20	0,6363	0,6838	0,4762	0,5638
DMU15	0,5275	0,5989	0,4643	0,5497
DMU17	0,6209	0,7224	0,4492	0,5319
DMU25	0,5114	0,6990	0,4062	0,4809
DMU10	0,5521	0,7763	0,3879	0,4592
DMU14	0,4168	0,8218	0,2975	0,3522
DMU26	0,4166	0,8423	0,2872	0,3400
DMU16	0,4594	0,9175	0,2709	0,3208
DMU13	0,4167	0,8865	0,2651	0,3139
DMU5	0,4161	0,8871	0,2645	0,3131
DMU18	0,4154	0,9047	0,2554	0,3023
DMU21	0,4028	1,0000	0,2014	0,2385
DMU6	0,3860	1,0000	0,1930	0,2285
DMU8	0,3501	1,0000	0,1750	0,2072

Fonte: Dados da pesquisa.

\* Eficiência composta normalizada.

Os resultados da TAB.3 mostram quatro DMUs eficientes (DMU22, DMU2, DMU3, DMU23) e vinte e duas DMUs ineficientes (restantes), considerando o resultado “padrão”. As empresas possuem o valor médio dos escores de eficiência considerando a fronteira padrão de 0,62, com coeficiente de variação 0,33. O coeficiente de variação representa o desvio padrão expresso como porcentagem da média.

Na orientação a *inputs*, as DMUs eficientes possuem valor igual a um para função objetivo da programação linear; as ineficientes recebem um valor menor que um. O indicador de eficiência técnica padrão indica o percentual que se poderá reduzir de insumos para que aquela DMU atinja a fronteira. A DMU 7, por exemplo, apresenta o escore de eficiência técnica de 0,8131, esse valor significa que, para essa empresa atingir a fronteira, é preciso redução de 18,7% da quantidade de insumos. A referida DMU possui 10 equipes formadas por duplas (Qduplas) e tem como meta a redução desse número em 18,7%, o que resultará em 8,13 equipes, arredondando, ela ficará com 8 equipes.

O mesmo raciocínio é aplicado para o *input* 2 (Qmoto), que passaria de 2 para 1,62 moto: como essa variável é indivisível, o tomador de decisão opta por assumir o custo de

duas equipes com menor produtividade que a máxima possível, ou reduz a quantidade de motociclistas para 1 e proporciona maior produto para ele na mesma proporção eficiente.

O terceiro *input* (Qanalistas) inclui um conceito de folgas, apresentado no levantamento bibliográfico. Ao reduzir 18,7% do *input* 3 (Qanalistas), a DMU7 é projetada em um segmento da fronteira paralela aos eixos coordenados; nesse ponto, ainda existe a possibilidade de redução de insumo (região não Pareto-eficiente). Conclui-se que ainda é preciso redução da folga para se atingir o ponto de eficiência técnica ótima. São 3 analistas na DMU7, com aplicação do percentual de redução 18,7%, tem-se 0,560453 de redução, e é preciso adicionar o valor calculado para a folga que é 0,347201. Dessa forma, o alvo para o *input* 3 é 2, após o arredondamento. Vale ressaltar que existem várias formas de calcular as folgas pelos modelos da DEA: o programa SIAD 3.0 (ANGULO-MEZA *et al.*, 2005), utilizado para aplicação do modelo, trata as folgas em um único estágio da programação linear, as quais são calculadas de forma residual.

A DMU8 possui o pior resultado, e, pela quantidade de unidades de serviço (US) produzidas no período, é necessário diminuir 65% da quantidade de insumo utilizado para atingir a eficiência ótima. A mesma análise individual pode ser feita para cada DMU.

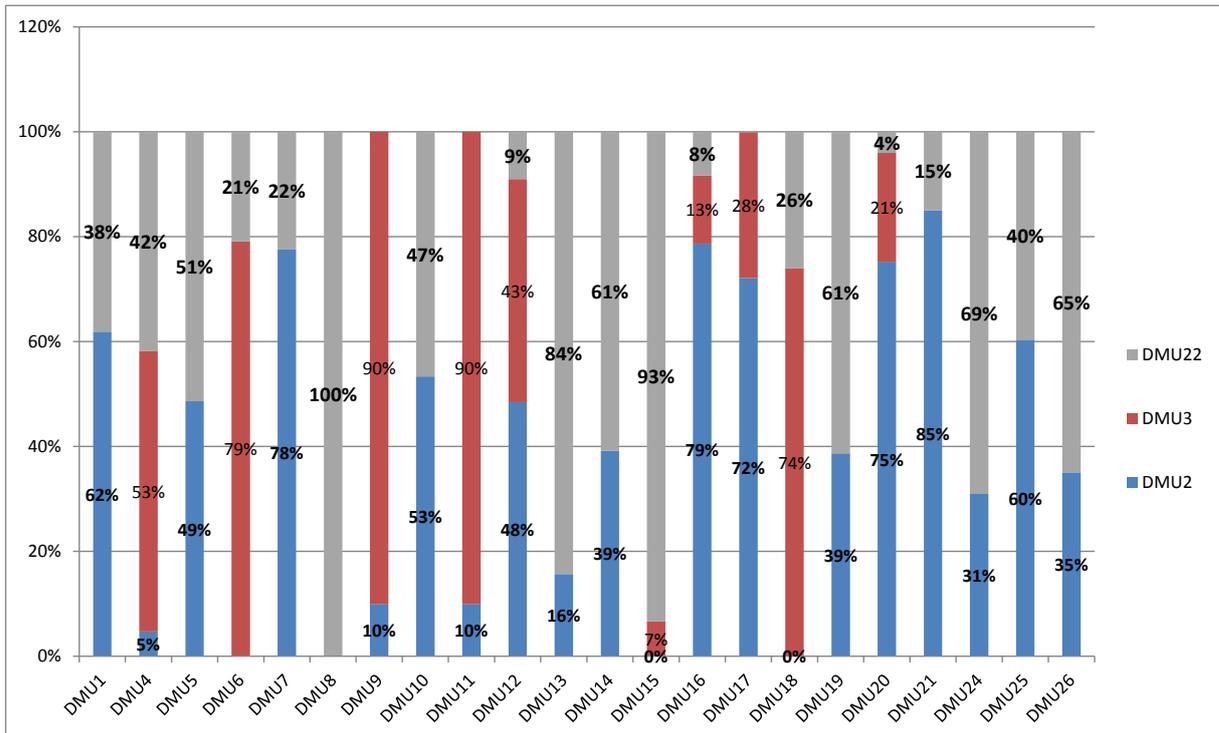
O resultado do modelo envelope permite identificar quais DMUs são responsáveis pela ineficiência de outra, além dos respectivos pesos ( $\lambda$ ). A redução proporcional dos insumos cria um movimento radial em direção à fronteira eficiente. Segundo Ferreira e Gomes (2009), esses movimentos permitem identificar quais DMUs eficientes foram responsáveis por outra DMU ter sido considerada ineficiente, ou seja, quais são os *benchmarks* da DMU. Essa DMU pode servir como parâmetro a ser seguido pelas unidades ineficientes, em especial, no que se refere às práticas de gestão da empresa, por exemplo, na redução da melhor definição de processos e treinamento dos empregados envolvidos.

TABELA 4 – Relação das DMUs dominantes e seus pesos

DMU	DMU2	DMU3	DMU22	DMU23
DMU1	0,183604	0	0,113151	0
DMU2	1	0	0	0
DMU3	0	1	0	0
DMU4	0,032696	0,367309	0,287656	0
DMU5	0,142589	0	0,150771	0
DMU6	0	0,477668	0,126104	0
DMU7	0,173601	0	0,050253	0
DMU8	0	0	0,061776	0
DMU9	0,026639	0,239754	0	0
DMU10	0,074441	0	0,065136	0
DMU11	0,026639	0,239754	0	0
DMU12	0,121949	0,107017	0,02271	0
DMU13	0,055018	0	0,295577	0
DMU14	0,269277	0	0,417964	0
DMU15	0	0,02089	0,292454	0
DMU16	0,131567	0,021706	0,013954	0
DMU17	0,18022	0,069454	0,000299	0
DMU18	0	0,152164	0,053463	0
DMU19	0,077299	0	0,122527	0
DMU20	0,366912	0,101238	0,019634	0
DMU21	0,234214	0	0,041299	0
DMU22	0	0	1	0
DMU23	0	0	0	1
DMU24	0,07398	0	0,165101	0
DMU25	0,293033	0	0,192482	0
DMU26	0,066702	0	0,123458	0

Fonte: Dados da pesquisa.

A TAB.4 relaciona para cada DMU ineficiente as DMUs que servem como referência e o peso ( $\lambda$ ) de cada DMU dominante naquela dominada. O GRAF.7 possui a mesma informação da TAB.4, mas com referência percentual da influência de cada DMU dominante.

GRÁFICO 7 – Benchmarks para as empresas ineficientes pelo modelo CCR com orientação aos *inputs*

Fonte: Dados da pesquisa.

As DMUs eficientes são consideradas “parceiros de excelência” das empresas ineficientes. Retomando o exemplo da DMU7, que teve seus alvos descritos anteriormente, e supondo que o centro de serviço representado por essa DMU implante as soluções necessárias e alcance um patamar de excelência que a permita reduzir os insumos, ao alcançar os alvos, a DMU será projetada sobre a fronteira de eficiência, em um ponto resultante da combinação linear da DMU2 e da DMU22. A equação 30 mostra o cálculo do alvo da variável Qduplas em virtude dos pesos de cada DMU dominante; os resultados, como esperado, são os mesmos vistos anteriormente.

$$X_{17}^* = (X_{12} \cdot \lambda_2) + (X_{122} \lambda_{22}) = (37 * 0,173601) + (34 * 0,050253) = 8,13 \quad (30)$$

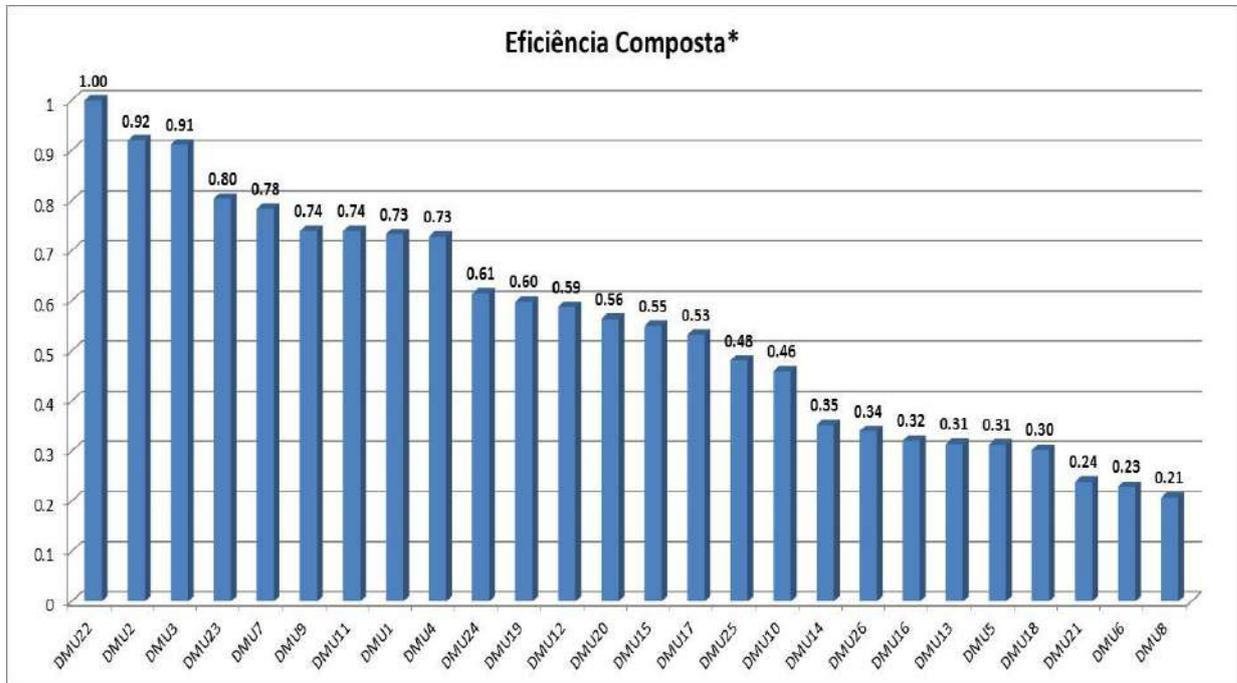
$X_{1x} \rightarrow$  Input 1 da DMU x.

$\lambda_x \rightarrow$  variável do QUADRO 2.

Ainda considerando a mesma base de dados utilizou-se do método da fronteira invertida para a mesma amostra de dados para aumentar a discricionariedade e a capacidade de ordenação da análise, e, com ele, calculou-se o índice de eficiência composta. Para isso, foi

usado o programa SIAD 3.0 (ANGULO-MEZA *et al.*, 2005). O resultado da ordenação baseado no índice de eficiência composta é apresentado no GRÁF.8.

GRÁFICO 8 – Ordenação do indicador de eficiência composta



Fonte: Dados da pesquisa.

\* Eficiência composta normalizada

O valor médio dessa abordagem é 0,5098, e o coeficiente de variação, 0,2827. Percebe-se que há uma grande variabilidade dos índices de eficiência das empresas analisadas confirmado pelo coeficiente de variação calculado. As DMU 22 e DMU 23 são centros de serviço da mesma empresa, que está localizada na área central do estado e responde pela maior densidade de clientes por área e pelo maior volume de serviços. As DMUs 2 e 3 também são centros de uma mesma empresa que está localizada no Triângulo Mineiro.

A TAB.5 apresenta índices relacionados às características físicas da área de atuação de cada centro de serviço (cf. FIG.3). Segundo Matos (2014), na literatura internacional, poucas são as variáveis que expressam as complexidades individuais das empresas, limitando-se normalmente às variáveis de densidade, como consumidores por quilômetro de rede, e às variáveis ambientais, mais especificamente associadas a fatores climáticos, como chuvas.

TABELA 5 – Características ambientais das DMUs

DMU	Consumidor por área de malha viária	Área rural	Consumidor por km de rede	Consumidor por área de atendimento (km <sup>2</sup> )
DMU1	13,104	0,916	17,294	2,31
DMU2	16,362	0,893	21,594	1,47
DMU3	9,878	0,927	13,659	0,92
DMU4	13,786	0,927	17,777	1,86
DMU5	12,846	0,945	14,918	1,73
DMU6	18,813	0,876	24,990	2,04
DMU7	11,227	0,919	15,701	1,20
DMU8	13,761	0,922	17,671	1,97
DMU9	16,857	0,890	22,142	2,90
DMU10	17,048	0,906	20,809	2,21
DMU11	10,962	0,931	15,709	1,51
DMU12	9,005	0,936	12,650	1,04
DMU13	12,271	0,938	14,884	1,32
DMU14	9,613	0,951	11,549	0,56
DMU15	33,158	0,837	41,015	4,39
DMU16	5,409	0,964	7,640	0,46
DMU17	6,155	0,962	6,683	0,44
DMU18	8,474	0,931	10,632	0,52
DMU19	20,926	0,896	21,372	2,64
DMU20	7,488	0,951	9,559	0,69
DMU21	8,119	0,963	12,505	0,89
DMU22	74,317	0,348	156,465	49,13
DMU23	20,926	0,896	21,372	2,64
DMU24	10,498	0,925	16,482	1,48
DMU25	18,919	0,901	23,368	0,57
DMU26	28,005	0,770	30,284	3,17
Média	16,459	0,893	23,028	3,463
C.V.*	80%	13%	120%	265%

Fonte: Dados da pesquisa.

\*C.V. – Coeficiente de variação

Pode-se verificar, pela TAB.5, a variabilidade das características ambientais das DMUs: o coeficiente de variação representa a alta variabilidade do desvio em relação à média. Entre as empresas com melhor eficiência técnica, essa diferença também é notada. A DMUs 2 e 3 da região do Triângulo Mineiro e as DMUs 22 e 23 da região central apresentam características diferentes.

O índice “Consumidor por área de malha viária” refere-se à quantidade de consumidores por quilômetros de estrada, rua ou rodovia mapeados pelo sistema de navegação utilizado pelos eletricitistas. Com os números, rerepresentados na TAB.6, percebe-se que a DMU 22 apresenta um índice muito superior à média das empresas, que se justifica em virtude de a região central do estado possuir alta densidade demográfica e grande área de cobertura da malha viária. A relação entre quantidade de consumidores e a área de cobertura do centro de serviços é muito superior à média, bem como a quantidade de consumidores pela extensão de rede. Por se tratar de uma área central e mais urbanizada, a região dessa DMU

apresenta baixo percentual de área rural. A DMU 23, mesmo localizada na área central do estado, apresenta características semelhantes à DMU 2, do Triângulo Mineiro. A DMU 3 é que apresenta menor densidade de consumidor por malha viária, por extensão de rede ou por área de cobertura de atendimento, entretanto possui maior percentual de área rural.

TABELA 6 – Características ambientais das DMUs eficientes

DMU	Consumidor por área de malha viária	Área rural (%)	Consumidor por km de rede	Consumidor por área de atendimento (km <sup>2</sup> )
DMU2	16,362	89,3	21,594	1,47
DMU3	9,878	92,7	13,659	0,92
DMU22	74,317	34,8	156,465	49,13
DMU23	20,926	89,6	21,372	2,64

Fonte: Dados da pesquisa.

Voltando à TAB.3, as DMU 8, DMU 9 e DMU 10 são centros da mesma empresa e atuam em áreas limítrofes do leste de Minas Gerais (cf. FIG.3). Verifica-se que a DMU 9 ocupa o sexto melhor índice de eficiência, mais de um desvio padrão acima da média calculada. A DMU 10 ocupa a décima quinta posição entre os melhores índices, valor próximo à média. A DMU 8 possui o pior índice de eficiência, ainda pior que a DMU 6, que possui fatores externos que influenciam sua ineficiência.

As DMU 17 e DMU 16 também são centros da mesma empresa que trabalham em áreas limítrofes no noroeste do estado, e os índices resultantes também são diferentes entre si. Os discrepantes resultados dos centros da mesma empresa sugerem que variáveis ambientais exercem pouca influência nesses números, já que elas operam em uma região geográfica com as mesmas características.

Para Chien, Lo e Lin (2003), as fontes de ineficiência podem ser operacionais e/ou de escala de produção. Os levantamentos feitos em documentos das empresas e a entrevista com especialista permite a assunção de que os aspectos operacionais dos centros de serviços são similares, ou seja, há um nível mínimo de padronização de estruturas, ferramentas e métodos, principalmente dentro de uma mesma empresa, não é esperada grande variabilidade dos índices de eficiência, entretanto essa expectativa não se materializou nos resultados.

Com o exposto, é possível considerar que aspectos ambientais pouco influenciam a análise dessas empresas e que as características tecnológicas são semelhantes, portanto vale investigar outra fonte de ineficiência, a escala de operação inadequada.

Com a aplicação do modelo dos multiplicadores, é possível identificar os tipos de retornos de escala da DMU em questão. Na TAB.7, é relacionado o resultado do modelo CCR, que pressupõe constantes retornos de escala e está tabelado com o nome de “eficiência técnica global”. Também constam, na TAB.7, os índices de “eficiência técnica pura” resultantes da aplicação do modelo BBC, que pressupõe retornos variáveis de escala. A medida de “eficiência de escala” é obtida pela razão entre as medidas de eficiência técnica dos modelos com retornos constantes e com retornos variáveis conforme equação 31:

$$\text{Eficiência Técnica de escala (EFE)} = \frac{\theta_{\text{CCR}}}{\phi_{\text{BBC}}} \quad (31) \quad (30)$$

TABELA 7 – Sumário das medidas de eficiência das DMUs

DMU	Eficiência técnica global	Eficiência técnica pura	Eficiência de Escala	Retorno
DMU1	0,760035	0,870504	0,8730977	Crescente
DMU2	1	1	1	Constante
DMU3	1	1	1	Constante
DMU4	0,721401	0,740248	0,9745396	Crescente
DMU5	0,41608	0,4889	0,8510534	Crescente
DMU6	0,385956	0,403614	0,9562503	Crescente
DMU7	0,813182	1	0,813182	Crescente
DMU8	0,350063	1	0,350063	Crescente
DMU11	0,825819	1	0,825819	Constante
DMU9	0,825819	1	0,825819	Constante
DMU10	0,552103	1	0,552103	Constante
DMU12	0,645211	0,845754	0,7628826	Crescente
DMU13	0,416734	0,500463	0,8326969	Crescente
DMU14	0,416794	0,427297	0,9754199	Crescente
DMU15	0,527462	0,678912	0,7769225	Crescente
DMU16	0,459376	1	0,459376	Constante
DMU17	0,620891	1	0,620891	Constante
DMU18	0,415367	0,618118	0,6719866	Crescente
DMU19	0,585497	0,845849	0,6922004	Crescente
DMU20	0,636267	0,694673	0,915923	Crescente
DMU21	0,402802	0,488842	0,8239922	Crescente
DMU22	1	1	1	Constante
DMU23	1	1	1	Constante
DMU24	0,642359	0,856948	0,7495892	Crescente
DMU25	0,51137	0,554094	0,9228939	Crescente
DMU26	0,416597	0,611231	0,6815705	Crescente

Fontes: Dados da pesquisa.

Baseado no modelo CCR, que pressupõe retornos constantes de escala, 4 DMUs possuem indicadores de máxima eficiência técnica global, ou seja, há eficiência quanto ao máximo aproveitamento de insumos e quanto à escala de operação. O valor médio da ineficiência técnica é de 37%, o que significa que as empresas podem reduzir esse percentual de insumos e continuar com mesmo nível de produção desde que adotem os patamares de gestão das empresas eficientes e que o axioma de retornos constantes seja atendido.

Uma das fontes de ineficiência pode ser decorrente do uso excessivo de insumos e/ou da escala de produção incorreta. Para avaliar a influência da escala, é preciso, inicialmente, avaliar a resposta de cada DMU a retornos variáveis de escala (utiliza-se do modelo BBC para esse fim). O valor médio da eficiência técnica pura do conjunto de DMUs analisado é 0,79, sendo 11 DMUs totalmente eficientes. Como visto no levantamento de literatura, uma condição para que a DMU apresente máxima eficiência técnica global, com retornos constantes de escala, é que a eficiência técnica pura, ou seja, quando considerados retornos variáveis de escala, seja também máxima. Isso acontece com as DMUs 2, 3, 22 e 23. Os resultados ainda indicam que 84% das empresas operam com retornos crescentes de escala.

Identificando as ineficiências e conhecendo os fatores de retorno de escala de cada uma das DMUs, podem ser feitas as seguintes conclusões:

- a) as DMUs 7, 8, 9, 10, 11, 16 e 17 possuem eficiência técnica pura, ineficiência de escala e crescentes retornos de escala. Logo, apesar de operarem de forma tecnicamente eficiente, e não existirem insumos utilizados em excesso, o volume de unidade de serviço produzido está abaixo da escala ótima. Isso significa que o ideal seria aumentar a produção a custos decrescentes. Assim, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém com a manutenção das relações existentes entre as quantidades de produtos e insumos;
- b) as DMUs 1, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 24, 25 e 26 possuem ineficiência técnica, ineficiência de escala e retornos de escala crescentes. Dessa maneira, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala, que ocorre devido à empresa dispor de escala abaixo da considerada ótima. Para aumentar a eficiência técnica, devem-se eliminar os excessos de insumos. Para operar em escala ótima, é necessário aumentar a produção. Em síntese, as empresas devem aumentar a quantidade de Unidade de Serviço produzida, porém as relações entre as quantidades de insumos e produtos precisam ser reduzidas. Pode-se supor que, em decorrência dos elevados custos fixos, os custos operacionais tendem a decrescer quando se executam mais serviços. Como o quantitativo de unidades de serviços fica aquém do ideal, é plausível inferir que os custos fixos da operação são pouco diluídos entre o número de serviços.
- c) em resumo, 11 centros de serviço apresentaram eficiência técnica pura (BCC), ou seja, utilizaram seus recursos de maneira satisfatória em função de sua escala. Dessas,

quatro produziram em escala constante (ótima), logo obtiveram eficiência técnica global (CCR) e estão maximizando a produtividade. Quinze trabalharam com portes inadequados em retornos crescentes de escala precisando aumentar a produção, não aproveitaram os fatores disponíveis da melhor forma possível e mostraram ineficiência técnica pura (BCC).

#### ***4.2.1 Reorganização dos Centros de Serviço***

Com base nos resultados do DEA mostrados anteriormente, foram investigadas as alternativas de reorganização dos centros de serviços comparando-se os resultados da avaliação da eficiência antes e depois da reorganização, no intuito de aumentar a eficiência produtiva. Na estrutura estudada, é ideal que os eletricitistas estejam posicionados estrategicamente próximo aos grandes centros de demanda de serviço, assim o deslocamento até a ocorrência é menor, reduzindo o tempo e o custo. Cada empresa possui um contrato de prestação de serviços e deve atuar em uma região específica do estado de Minas Gerais, para conseguir prestar serviços na região do contrato o contratado constrói uma estrutura física para gerenciar os serviços, são estes denominados centro de serviços contratados, há casos em que o contratado opta por distribuir mais de um centro na região de atuação. O centro de serviço atua como ponto de gerenciamento que além de se responsabilizar pela logística da distribuição de serviços serve como um ponto de suporte para as equipes de campo.

Pelo exposto, é mais coerente propor centralização de parte da estrutura envolvida já que não é vantajoso centralizar as bases dos eletricitistas pois isso aumentaria o tempo de deslocamento, portanto a proposta de reorganização se dará na estrutura física dos Centros de Serviços, ou seja, naquela em que os analistas trabalham.

Para tornar a explicação mais didática e garantir a confidencialidade das informações, nomes fictícios das empresas foram atribuídos às DMUs (cf. TAB.8).

TABELA 8 – Identificação das empresas terceirizadas em função dos centros de serviços

Empresa	DMU	Eficiência técnica global	Eficiência técnica pura	Eficiência de Escala	Retorno
BETA	DMU2	1	1	1	Constante
BETA	DMU3	1	1	1	Constante
RHO	DMU22	1	1	1	Constante
RHO	DMU23	1	1	1	Constante
ETA	DMU9	0,825819	1	0,825819	Crescente
TETA	DMU11	0,825819	1	0,825819	Crescente
DZETA	DMU7	0,813182	1	0,813182	Crescente
MI	DMU17	0,620891	1	0,620891	Crescente
ETA	DMU10	0,552103	1	0,552103	Crescente
MI	DMU16	0,459376	1	0,459376	Crescente
ETA	DMU8	0,350063	1	0,350063	Crescente
ALFA	DMU1	0,760035	0,870504	0,873098	Crescente
RHO	DMU24	0,642359	0,856948	0,749589	Crescente
KSI	DMU19	0,585497	0,845849	0,6922	Crescente
IOTA	DMU12	0,645211	0,845754	0,762883	Crescente
GAMA	DMU4	0,721401	0,740248	0,97454	Crescente
OMICRON	DMU20	0,636267	0,694673	0,915923	Crescente
LAMBDA	DMU15	0,527462	0,678912	0,776922	Crescente
NI	DMU18	0,415367	0,618118	0,671987	Crescente
TAU	DMU26	0,416597	0,611231	0,68157	Crescente
SIGMA	DMU25	0,51137	0,554094	0,922894	Crescente
IOTA	DMU13	0,416734	0,500463	0,832697	Crescente
DELTA	DMU5	0,41608	0,4889	0,851053	Crescente
PI	DMU21	0,402802	0,488842	0,823992	Crescente
CAPA	DMU14	0,416794	0,427297	0,97542	Crescente
EPILSON	DMU6	0,385956	0,403614	0,95625	Crescente
-	Média	0,628738	0,793286	0,804164	-
-	CV*	0,336408	0,269583	0,210261	-

Fontes: Dados da pesquisa.

\*Coeficiente de Variação da Média

As DMUs 10, 9 e 8 pertencem à empresa ETA, e se verifica que todos os centros de serviço dessa empresa possuem eficiência técnica local, apresentando somente ineficiência de escala. A empresa MI, composta pelas DMUs 16 e 17, possui o mesmo comportamento. Já os Centros de Serviço da empresa IOTA, DMUs 12 e 13, possuem ineficiência técnica e ineficiência de escala.

Os centros da empresa ETA atuam em áreas limítrofes do leste de Minas Gerais, as quais possuem características semelhantes. Os centros da empresa MI atuam em áreas limítrofes no noroeste do estado. Os Centros da empresa IOTA estão situados em locais distantes, com características diferentes, uma no leste e outra no oeste de Minas. Apesar de a fusão dos dois centros não ser uma solução real devido ao formato dos contratos e dos procedimentos adotados nas empresas, essa simulação será feita propositalmente para se analisar os resultados.

A ineficiência pode ser causada por diversos fatores. Torres, Júnior e Lopes (2013) apresentam estratégias e métodos para a melhoria da produtividade em serviços, classificando os elementos em produto, processo, recursos técnicos e físicos, sistemas de controle, funcionários e clientes do serviço. Uma das estratégias propostas é aumentar o porte do negócio, de modo a ganhar mais eficiência, por meio dos ganhos advindos com a economia de escala.

É razoável assumir que a ineficiência de escala seja o fator preponderante para o comportamento das empresas analisadas, dado que os resultados mostram grande variabilidade entre os índices de DMUs de uma mesma empresa situadas em locais com características ambientais semelhantes e que os aspectos operacionais dos centros de serviços são similares, ou seja, há um nível mínimo de padronização de estruturas, ferramentas e métodos.

Considerando esses dois aspectos e o apresetado por Torres Júnior e Lopes (2013), o aumento do porte do negócio é uma estratégia para incremento de eficiência. Tornase, portanto, totalmente pertinente as próximas etapa deste trabalho sugerirem o rearranjo para adequar a escala de operação das empresas e, conseqüentemente, maximizar a eficiência.

TABELA 9 – Sumário dos resultados das simulações

DMUs antes da reorganização	Nome da empresa	DMUs após reorganização	Agrupado			Agrupado com redução de controladores			Agrupado com redução de controladores e eletricitistas		
			Eficiência técnica global	Eficiência técnica pura	Eficiência de escala	Eficiência técnica global	Eficiência técnica pura	Eficiência de escala	Eficiência técnica global	Eficiência técnica pura	Eficiência de escala
DMU1	ALFA	DMU1	0,8443	0,9211	0,9167	0,8443	0,9211	0,9167	0,8426	0,9145	0,9213
DMU2	BETA	DMU2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU3											
DMU4	GAMA	DMU3	0,7784	0,8117	0,9590	0,7784	0,8117	0,9590	0,7784	0,8117	0,9590
DMU5	DELTA	DMU4	0,4459	0,5366	0,8310	0,4459	0,5366	0,8310	0,4456	0,5322	0,8373
DMU6	EPILSON	DMU5	0,4035	0,4307	0,9368	0,4035	0,4307	0,9368	0,4035	0,4307	0,9368
DMU7	DZETA	DMU6	0,9511	1,0000	0,9511	0,9511	1,0000	0,9511	0,9470	1,0000	0,9470
DMU8	ETA										
DMU9	ETA	DMU7	0,5383	0,6421	0,8384	0,7788	0,8340	0,9338	0,9432	1,0000	0,9432
DMU10	ETA										
DMU11	TETA	DMU8	0,8315	1,0000	0,8315	0,8315	1,0000	0,8315	0,8315	1,0000	0,8315
DMU12											
DMU13	IOTA	DMU9	0,5074	0,5578	0,9097	0,7708	0,7975	0,9665	0,9863	1,0000	0,9863
DMU14	CAPA	DMU10	0,4493	0,4808	0,9345	0,4493	0,4808	0,9345	0,4493	0,4746	0,9466
DMU15	LAMBDA	DMU11	0,6748	0,8044	0,8389	0,6748	0,8044	0,8389	0,6748	0,7947	0,8491
DMU16											
DMU17	MI	DMU12	0,7460	0,7722	0,9661	0,8034	0,9392	0,8554	1,0000	1,0000	1,0000
DMU18	NI	DMU13	0,4381	0,6667	0,6572	0,4381	0,6667	0,6572	0,4381	0,6667	0,6572
DMU19	KSI	DMU14	0,6408	0,8789	0,7292	0,6408	0,8789	0,7292	0,6408	0,8774	0,7304
DMU20	OMICRON	DMU15	0,8780	0,9028	0,9726	0,8780	0,9028	0,9726	0,8780	0,8818	0,9957
DMU21	PI	DMU16	0,5560	0,5841	0,9518	0,5560	0,5841	0,9518	0,5560	0,5772	0,9631
DMU22											
DMU23	RHO	DMU17	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
DMU24	RHO	DMU18	0,9420	0,7679	0,7234	0,9420	0,7679	DMU18	0,7234	0,9365	0,7724
DMU25	SIGMA	DMU19	0,5915	0,9563	0,5656	0,5915	0,9563	DMU19	0,5648	0,5846	0,9661
DMU26	TAU	DMU20	0,6445	0,7122	0,4590	0,6445	0,7122	DMU20	0,4590	0,6439	0,7129
-	Média	0,582664	0,6931	0,7713	0,8486	0,7211	0,8012	0,8980	0,7281	0,8063	0,8978
-	CV*	0,186366019	0,2823	0,2364	0,1730	0,2620	0,2193	0,1031	0,2942	0,2443	0,1159

Fontes: Dados da pesquisa.

A TAB 9 mostra que os 26 Centros de Serviços foram rearranjados em 20 DMUs. Essa abordagem propõe centralizar os Centros de Serviços de uma mesma empresa que operam áreas limítrofes. Portanto as DMUs 08, 09 e 10 foram agrupadas e passam a ser referenciadas como DMU07. A média da eficiência técnica global dos Centros de Serviços (DMUs 08, 09 e 10) da empresa ETA, antes do rearranjo (TAB8), foi de 0,575, a eficiência técnica pura foi total, resultando em um índice de ineficiência de escala de 0,57. O rearranjo uniu insumos e produtos das três DMUs com o propósito de alterar a escala de produção da empresa ETA. Os resultados (TAB9) mostram que com o agrupamento ocorreu melhoria na eficiência de escala da empresa, que apresentou índice de 0,83, entretanto o índice de eficiência técnica pura caiu para 0,64, sugerindo excesso de insumo para a empresa após rearranjo. Essa ineficiência ocasionou a redução do índice de eficiência técnica global para 0,536.

Individualmente, cada DMU da empresa ETA operava de forma tecnicamente eficiente, mas apresentava ineficiência de escala e crescentes retornos de escala, significando que o volume de unidades de serviço produzida estava abaixo da escala ótima e que o ideal seria aumentar a produção a custos decrescentes

TABELA 10 – Simulações de rearranjo da empresa ETA

	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Eficiência técnica global	0,575	0,53	0,77	0,94
Eficiência técnica pura	1	0,64	0,83	1
Eficiência de escala	0,57	0,83	0,93	0,94

Fontes: Dados da pesquisa.

A TAB. 10 mostra na primeira coluna o valor médio dos resultados de eficiência dos três centros de serviço. Ao simular a fusão dos três centros (simulação 2), altera-se o nível de escala de operação no qual a empresa trabalha. A simples soma da quantidade de insumos do Centro provoca excesso de insumos, já que os centros operam em retornos crescentes de escala, ou seja, a inserção de um insumo resulta em maior proporção de produto.

Antes do agrupamento (Simulação 2), a eficiência técnica pura era máxima, ou seja, havia produtividade máxima de cada componente do insumo. Assumindo que não existe outra influência para a redução da produtividade, espera-se que a redução dos insumos que se apresentam em excesso aumente a eficiência técnica. Como dito anteriormente a centralização, na prática, só é possível com a estrutura física dos Centros de Serviços e com as pessoas que trabalham nessa estrutura, ou seja, os analistas de serviços.

Dessa forma, a segunda simulação reduziu a quantidade de analistas, e os resultados mostram que ocorre um aumento na eficiência técnica pura, que sobe de 0,64 para 0,83, ou seja, a redução de insumo supondo o mesmo nível de produtividade anterior melhora a eficiência técnica pura. Além disso, ocorreu melhora na eficiência de escala, que passou para 0,93.

Considerando o efeito do retorno crescente de escala, a última simulação feita foi a redução de todos os insumos em excesso, o que projetou a DMU na fronteira de possibilidades, com índice de eficiência técnica pura total e índice de eficiência técnica global de 0,94. A DMU passa a operar com retornos constantes de escala. Em suma, os resultados comparativos para a DMU7 estão apresentados na TAB.10.

TABELA 11 – Simulações de rearranjo da empresa IOTA

	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Eficiência técnica global	0,53	0,5074	0,7708	0,9863
Eficiência técnica pura	0,67	0,5578	0,7975	1,0000
Eficiência de escala	0,79	0,9097	0,9665	0,9863

Fontes: Dados da pesquisa.

A média da eficiência técnica global dos Centros de Serviços (DMUs 12 e 13) da empresa IOTA, antes do agrupamento (simulação 1), foi de 0,53, e a eficiência técnica pura foi 0,671, resultando em um índice de ineficiência de escala de 0,79. Cada um dos Centros, analisados individualmente, possui ineficiência técnica, ineficiência de escala e retornos de escala crescentes. Dessa maneira, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala, que ocorre devido ao fato de a empresa dispor de escala abaixo da considerada ótima.

Para o rearranjo, uniram-se insumos e produtos das duas DMUs com o propósito de alterar a escala de produção da empresa IOTA. Os resultados da simulação 2 mostram que ocorreu melhoria na eficiência de escala da empresa, que passou a apresentar índice de escala 0,9097. O índice de eficiência técnica pura caiu para 0,5578, sugerindo excesso de insumo para a empresa após rearranjo. Essa ineficiência ocasionou a redução do índice de eficiência técnica global para 0,5074.

Os Centros da empresa IOTA já apresentavam, individualmente, ineficiência técnica pura, o que leva à suposição de que exista outra influência além da escala de produção. Logo, assumir que a produtividade individual do insumo continuará a mesma devido à centralização dos centros é abstração da realidade.

Mesmo assim, vale observar os resultados da simulação 3, que propõe redução da quantidade de analistas ao nível do *benchmarking*: os números mostram que ocorreu aumento na eficiência técnica pura, que subiu de 0,5578 para 0,7975, ou seja, a redução de insumo melhorou a eficiência técnica pura. Além disso, ocorreu melhora na eficiência de escala, que passou para 0,96. Os resultados estão sumarizados na TAB.11.

TABELA 12 – Simulações de rearranjo da empresa MI

	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3	Simulação 4
Eficiência técnica global	0,5401	0,7460	0,8034	1,0000
Eficiência técnica pura	1	0,7722	0,9392	1,0000
Eficiência de Escala	0,5401	0,9661	0,8554	1,0000

Fontes: Dados da pesquisa.

A TAB.12 relaciona as DMUs 16 e 17 que, nas simulações, são agrupadas e denominadas DMU12. A média da eficiência técnica global dos Centros de Serviços (DMUs 16 e 17) da empresa MI, antes do rearranjo, foi de 0,5401, e a eficiência técnica pura foi total, resultando em um índice de ineficiência de escala de 0,5401. O rearranjo, apresentado pela simulação 2, uniu insumos e produtos das duas DMUs em uma nova, chamada DMU 12, com o propósito de alterar a escala de produção da empresa MI. Os resultados mostram que ocorreu melhoria na eficiência de escala da empresa, que apresentou índice de 0,9661. O índice de eficiência técnica pura caiu para 0,77, sugerindo excesso na utilização de insumo para a empresa após o rearranjo. Mesmo com a redução da eficiência técnica pura, ocorreu aumento no índice de eficiência técnica global, que passou de 0,5401 para 0,7460.

Individualmente, cada DMU da empresa MI operava de forma tecnicamente eficiente, mas apresentava ineficiência de escala e crescentes retornos de escala, significando que o volume de unidades de serviço produzida estava abaixo da escala ótima e que o ideal seria aumentar a produção a custos decrescentes. Ao simular a fusão dos dois centros, altera-se o nível de escala de operação no qual a empresa trabalha. A simples soma da quantidade de insumos dos centros provoca excesso de insumos, já que os centros operam em retornos crescentes de escala, ou seja, a inserção de um insumo resulta em maior proporção de produto.

Antes do rearranjo, a eficiência técnica era máxima, ou seja, havia produtividade máxima de cada componente do insumo. Assumindo que não existe outra influência para a redução da produtividade, espera-se que a redução dos insumos que se apresentam em excesso aumente a eficiência técnica. Como dito anteriormente à centralização, na prática, só

é possível com a estrutura física dos Centros de Serviços e com as pessoas que trabalham nessa estrutura, ou seja, os analistas de serviços.

Desse modo, a terceira simulação reduziu a quantidade de analistas, e os resultados mostram que ocorreu aumento na eficiência técnica pura, que subiu de 0,7722 para 0,9392, ou seja, a redução de insumo supondo o mesmo nível de produtividade anterior (sem alterar a tecnologia) melhora a eficiência técnica pura. Entretanto, diferentemente da empresa ETA, a empresa MI apresentou redução da eficiência de escala, que passou de 0,9661 para 0,8554, resultado esse que indica a inadequação do nível de escala de operação e supõe que o conjunto de mudança em todas as DMUs levou a esse resultado.

Considerando o efeito do retorno crescente de escala, a quarta simulação fez a redução de todos os insumos em excesso, o que projetou a DMU na fronteira de possibilidades, com índice de eficiência técnica pura total e índice de eficiência técnica global igual a um, e com retornos constantes de escala. Em suma, os resultados comparativos para a DMU12 estão apresentados na TAB.12.

Os Centros de Serviço da empresa BETA, representados pelas DMUs 2 e 3, foram classificados inicialmente como parceiros de excelência ou *benchmarking* e assim permaneceram em todas as simulações. O mesmo ocorreu com os Centros de Serviço da empresa RHO, representados pelas DMUs 22 e 23. A centralização desses Centros deve ser avaliada considerando os *trade offs* entre centralização e descentralização.

### **4.3 Análise de resultado da abordagem 2**

Esta abordagem inclui como insumo a variável QImprod, que representa a quantidade de serviços improdutivos realizados pela empresa terceirizada. Vale lembrar que não é interessante para ela realizar esse tipo de serviço, já que o retorno financeiro não compensa o custo despendido. Conforme consta no QUADRO 7, o indicador de improdutividade (IMP) é utilizado para avaliar o desempenho parcial da empresa terceirizada e mede o percentual de serviços improdutivos realizados em relação ao total de serviços executados. O objetivo dessa análise é avaliar se a inclusão da variável com informação de improdutividade é relevante na medição de eficiência dos centros de serviço.

O modelo CCR, que pressupõe retornos constantes de escala, foi aplicado ao conjunto de variáveis das duas abordagens. Comparando os resultados da abordagem 1

(insumos de trabalho) com os resultados da abordagem 2 (insumos de trabalho mais QImprod), verifica-se um pequeno aumento de eficiência dos centros de serviços com melhor desempenho no indicador de improdutividade. Já para as DMUs com pior desempenho do indicador de improdutividade, não há alteração relevante no resultado. Os resultados são apresentados na TAB.13.

TABELA 13 – Comparação entre abordagens considerando variável IMP

DMU	Eficiência Abordagem 2	Eficiência Abordagem 1	IMP	Diferença entre abordagens 2 e 1
DMU16	0,481096	0,459376	1,8%	0,02172
DMU17	0,632545	0,620891	1,9%	0,011654
DMU24	0,642721	0,642359	3,1%	0,000362
DMU3	1	1	3,3%	0
DMU25	0,733978	0,51137	3,6%	0,222608
DMU7	0,813182	0,813182	4,3%	0
DMU13	0,561958	0,416734	4,8%	0,145224
DMU6	0,464734	0,385956	5,3%	0,078778
DMU21	0,402802	0,402802	5,3%	0
DMU1	0,760035	0,760035	5,3%	0
DMU2	1	1	5,4%	0
DMU19	0,585497	0,585497	5,6%	0
DMU20	0,636267	0,636267	5,8%	0
DMU10	0,552103	0,552103	5,9%	0
DMU5	0,41608	0,41608	6,5%	0
DMU23	1	1	6,7%	0
DMU12	0,645211	0,645211	6,9%	0
DMU4	0,721401	0,721401	7,2%	0
DMU9	0,825819	0,825819	7,2%	0
DMU11	0,825819	0,825819	7,2%	0
DMU26	0,416597	0,416597	7,2%	0
DMU14	0,587171	0,416794	7,3%	0,170377
DMU8	0,350063	0,350063	9,2%	0
DMU22	1	1	9,6%	0
DMU15	0,527462	0,527462	9,6%	0
DMU18	0,415367	0,415367	10,3%	0

Fontes: Dados da pesquisa.

Para analisar o desempenho sob a suposição de retornos variáveis de escala, o modelo BBC também foi aplicado para as duas abordagens, e observou-se que 50% das DMUs foram consideradas eficientes. Uma das explicações pela baixa discricionariedade é a característica de os modelos clássicos atribuírem peso zero para variáveis importantes. Constatou-se, pois, nessa simulação, que o modelo atribui peso zero para a variável Qimprod em 88% dos casos, o que dificulta a análise. Com finalidade de aumentar a discricionariedade, optou-se por introduzir o conceito de fronteira invertida e fronteira composta, os quais foram apresentados na revisão de literatura.

TABELA 14 – Comparação entre abordagens considerando variável IMP – fronteira de eficiência composta

DMU	Eficiência Abordagem 2	Eficiência Abordagem 1	IMP	Diferença entre abordagens 2 e 1
DMU18	0,4222	0,4252	10,3%	-0,0030
DMU15	0,4649	0,6358	9,6%	-0,1708
DMU22	0,6740	0,7177	9,6%	-0,0437
DMU8	0,6740	0,6625	9,2%	0,0115
DMU14	0,4299	0,2831	7,3%	0,1468
DMU26	0,4895	0,4810	7,2%	0,0085
DMU9	0,8786	0,9184	7,2%	-0,0397
DMU11	0,8786	0,9184	7,2%	-0,0397
DMU4	0,6383	0,7664	7,2%	-0,1282
DMU12	0,7653	0,7754	6,9%	-0,0101
DMU23	0,8371	0,8988	6,7%	-0,0616
DMU5	0,3992	0,3612	6,5%	0,0380
DMU10	0,7992	0,7856	5,9%	0,0137
DMU20	0,6544	0,6682	5,8%	-0,0139
DMU19	0,8196	0,8294	5,6%	-0,0098
DMU2	0,8755	0,9023	5,4%	-0,0269
DMU1	0,8555	0,8741	5,3%	-0,0186
DMU21	0,3835	0,3238	5,3%	0,0597
DMU6	0,3552	0,2674	5,3%	0,0878
DMU13	0,4604	0,3315	4,8%	0,1289
DMU7	1,0000	1,0000	4,3%	0,0000
DMU25	0,6967	0,5298	3,6%	0,1669
DMU3	0,9763	0,9596	3,3%	0,0167
DMU24	0,8996	0,7895	3,1%	0,1101
DMU17	0,8454	0,8309	1,9%	0,0144
DMU16	0,6740	0,6625	1,8%	0,0115

Fontes: Dados da pesquisa.

Os resultados da eficiência composta calculada pelo modelo BBC estão apresentados na TAB.14. As duas abordagens mostram a redução da quantidade de centros de serviços na fronteira de eficiência, melhorando a capacidade de ordenação; essa alteração é dada em virtude da técnica de fronteira invertida. A comparação dos resultados das duas abordagens mostra aumento de eficiência técnica para os sete centros de serviço com melhor desempenho no indicador IMP, ou seja, DMUs 16, 17, 24, 3, 25, 13, 6 e 21. Da mesma forma, empresas com pior desempenho no indicador IMP tiveram uma redução no resultado de eficiência técnica. Esses resultados indicam que o modelo BBC com fronteira composta responde melhor à inclusão da variável de improdutividade e essa variável é capturada pelo modelo, já que os índices de eficiência do DEA na abordagem 2 sofre alterações em linha com o resultado parcial do indicador IMP.

#### **4.4 Análise de resultado da abordagem 3**

A qualidade do serviço na distribuição de energia elétrica possui diferentes dimensões, classificadas em atendimento comercial, conformidade e continuidade. As distribuidoras devem zelar pelo cumprimento dos níveis de qualidade exigidos pelo regulador, e é preciso, para isso, garantir que toda a cadeia produtiva cumpra as exigências de qualidade, inclusive as empresas terceirizadas.

O mecanismo utilizado para essa exigência é o contrato de prestação de serviços firmado entre as partes; a teoria principal-agente apresenta conceitos para a elaboração desses contratos por meio de mecanismos de incentivos. O problema do principal (contratante) é criar um sistema de incentivos que induza o agente (terceirizado) a realizar a melhor ação conforme seu ponto de vista (STIGLITZ, 1988; VARIAN, 1992), a qual traga benefícios para ambas as partes.

No intuito de prezar mais pela produtividade do que pela qualidade, as empresas terceirizadas podem reduzir os insumos de trabalho e capital e entregar ao cliente menor nível de qualidade do serviço. Partindo-se desse contexto, o propósito desta abordagem é analisar se, sob a óptica da qualidade de serviços, ocorre redução do nível de eficiência dos centros de serviço. As variáveis selecionadas como indicadoras de qualidade são a QFPrazo e TMAE.

TABELA 15 – Comparação entre abordagens – modelo BBC

DMU	Abordagem 3	Abordagem 1
DMU2	1,0000	1,0000
DMU3	1,0000	1,0000
DMU7	1,0000	1,0000
DMU8	1,0000	1,0000
DMU9	1,0000	1,0000
DMU10	1,0000	1,0000
DMU11	1,0000	1,0000
DMU22	1,0000	1,0000
DMU16	0,9451	1,0000
DMU17	0,8908	1,0000
DMU23	0,7811	1,0000
DMU1	0,8354	0,8705
DMU24	0,9784	0,8569
DMU19	0,8618	0,8458
DMU12	0,9222	0,8458
DMU4	0,8027	0,7402
DMU20	0,8416	0,6947
DMU15	0,6948	0,6789
DMU18	0,6788	0,6181
DMU26	0,6344	0,6112
DMU25	0,5867	0,5541
DMU13	0,5902	0,5005
DMU5	0,4958	0,4889
DMU21	0,4712	0,4888
DMU14	0,5021	0,4273
DMU6	0,4234	0,4036

Fontes: Dados da pesquisa.

O modelo BBC orientado a insumo foi utilizado nas abordagens apresentadas na TAB.15. Na comparação entre as duas abordagens, verifica-se que a eficiência média aumentou 1 p.p. na abordagem 3, mas a quantidade de DMUs na fronteira reduziu de 11 para 8, ou seja, 3 DMUs eram totalmente eficientes e tiveram redução da eficiência técnica ao serem observadas sob o ponto de vista da qualidade de serviços. Dos 26 centros de serviço, 13 deles tiveram desempenho melhor na abordagem 3 do que na abordagem 1: esse resultado indica que a abordagem 1 pode penalizar os centros que são eficientes na qualidade do serviço. Apenas a DMU12 apresentou melhora no ranking, passando da quinta para a quarta posição ao se considerar as variáveis de qualidade.

As DMUs 01, 16, 17, 21 e 23 tiveram seus índices de eficiência reduzidos ao serem observadas sob o aspecto de qualidade. Esses resultados sugerem que há um *trade-off* entre insumos de trabalho em virtude da qualidade do serviço e que os incentivos dos contratos não surtem o efeito esperado para todas as DMUs.

Esse resultado mostra que nem todas as empresas que são eficientes nos insumos de trabalho oferecem boa qualidade do serviço, e a abordagem 1, que desconsiderou a variável de qualidade, não captura a informação nesse aspecto. Considerando as variáveis

selecionadas como indicadores de qualidade, vale retomar que a QFPrazo representa a quantidade de serviços executados fora do prazo (alguns deles estabelecidos pela ANEEL e o restante, pela distribuidora de energia).

A segunda variável, o TMAE, representa o tempo médio de atendimento emergencial, que é medido desde a data da solicitação do serviço pelo cliente até seu horário de término e é composta pela parcela de tempo de preparação, tempo de deslocamento e tempo de execução. O TMAE pode significar valor para a empresa terceirizada ao se considerar que, quanto menor o tempo de execução do serviço, maior será a quantidade de serviços executados por dia e, conseqüentemente, maior o faturamento da empresa terceirizada. Sob esse argumento, o modelo apresentado pode não responder corretamente à relação de eficiência e aos incentivos contratuais impostos pelo principal ao agente. Portanto outra simulação foi feita para testar a influência da variável QFPrazo, que é uma variável de qualidade, a princípio com valor exclusivo para a distribuidora de energia.

TABELA 16 – Comparação entre abordagens com a exclusão da variável TMAE

DMU	Abordagem 1	Abordagem 3*	Diferença entre abordagens 3 e 1
DMU7	1	1	0,000
DMU2	1	1	0,000
DMU22	1	1	0,000
DMU3	1	1	0,000
DMU11	1	1	0,000
DMU8	1	1	0,000
DMU9	1	1	0,000
DMU10	1	1	0,000
DMU16	1	0,945081	-0,055
DMU17	1	0,885461	-0,115
DMU23	1	0,813306	-0,187
DMU1	0,870504	0,866906	-0,004
DMU24	0,856948	0,968913	0,112
DMU19	0,845849	0,775192	-0,071
DMU12	0,845754	0,922185	0,076
DMU4	0,740248	0,722668	-0,018
DMU20	0,694673	0,713583	0,019
DMU15	0,678912	0,593318	-0,086
DMU18	0,618118	0,67875	0,061
DMU26	0,611231	0,538642	-0,073
DMU25	0,554094	0,554282	0,000
DMU13	0,500463	0,466616	-0,034
DMU5	0,4889	0,477971	-0,011
DMU21	0,488842	0,472868	-0,016
DMU14	0,427297	0,423141	-0,004
DMU6	0,403614	0,400961	-0,003

Fontes: Dados da pesquisa.

\* Sem variável TMAE.

Os resultados mostram que a média da eficiência técnica da abordagem 1 é 0,79 e da abordagem 3, que considera apenas a variável QFprazo, é 0,77. As DMUs 24, 12 e 18 tiveram um aumento significativo da eficiência técnica. A DMU20 também apresentou aumento, mas menos significativo. Das 26 DMUs, 13 delas tiveram redução do índice de eficiência técnica, sendo que três delas saíram da fronteira. Os resultados sugerem que, nessa nova abordagem, é ainda mais perceptível o *trade-off* entre trabalho e qualidade e indicam que os incentivos contratuais não funcionam para 50% dos centros de serviços.

TABELA 17 – Comparação entre abordagens utilizando fronteira composta

DMU	Abordagem 1	Abordagem 3*	Diferença entre abordagens 3 e 1
DMU7	1,0000	1,0000	0,000
DMU24	0,7895	0,8483	0,059
DMU19	0,8294	0,7762	-0,053
DMU2	0,9023	0,9787	0,076
DMU16	0,6625	0,7935	0,131
DMU23	0,8988	0,8479	-0,051
DMU25	0,5298	0,5416	0,012
DMU12	0,7754	0,8945	0,119
DMU22	0,7177	0,8413	0,124
DMU13	0,3315	0,3020	-0,030
DMU4	0,7664	0,7456	-0,021
DMU3	0,9596	0,9598	0,000
DMU11	0,7856	0,7787	-0,007
DMU21	0,3238	0,3553	0,031
DMU15	0,6358	0,5824	-0,053
DMU17	0,8309	0,8457	0,015
DMU20	0,6682	0,7387	0,071
DMU14	0,2831	0,2738	-0,009
DMU5	0,3612	0,3651	0,004
DMU18	0,4252	0,5146	0,089
DMU1	0,8741	0,8132	-0,061
DMU8	0,6625	0,6472	-0,015
DMU6	0,2674	0,2595	-0,008
DMU26	0,4810	0,3486	-0,132
DMU9	0,9184	0,6472	-0,271
DMU10	0,9184	0,6472	-0,271

Fontes: Dados da pesquisa.

\*Sem variável TMAE.

Por fim, a mesma abordagem foi observada sob o conceito de fronteira composta. Os resultados mostram que a média da eficiência técnica da abordagem 3 reduziu 1 p.p. Verifica-se a redução da quantidade de DMUs na fronteira de eficiência, que é o objetivo da técnica de fronteira composta. Nesse caso, também ocorreu redução do indicador de eficiência técnica para 50% das DMUs.

## 5 CONCLUSÃO

Um método de análise de decisão rastreável tal como a DEA é essencial para as organizações, pois apresenta transparência nos resultados e facilita a comunicação eficaz entre tomadores de decisão e demais envolvidos. Os resultados obtidos aqui permitem algumas conclusões importantes a respeito do setor das distribuidoras de energia elétrica, responsáveis pelo atendimento a serviços emergenciais e comerciais. Geralmente, na estrutura da distribuidora, esse segmento é distinto dos demais e com características únicas o que justifica ser analisado separadamente. Na literatura, existem muitos trabalhos a respeito da eficiência da distribuidora de energia considerando toda a sua estrutura, mas poucos investigam detalhes de um determinado setor, muito menos com foco em empresas terceirizadas.

Questionamentos a respeito dos resultados da terceirização envolvem diversos fatores, conforme destacado por Busi e McIvor (2008), *outsourcing*, ou terceirização, está ligado a diversas perspectivas teóricas, podendo citar: teoria dos custos de transação; visão baseada em recursos; teoria do agente principal; teoria da integração vertical; gerenciamento estratégico; economia evolucionista; teoria do relacionamento de mercado; economia industrial; teoria do alinhamento estratégico; e a teoria da competência essencial. Ou seja, há um extenso arcabouço teórico relacionado a este tema e a vantagem da terceirização pode ser analisada por diversos critérios, mas não há dúvida que a eficiência da entrega da empresa terceirizada é um requisito importante a ser analisado pela contratante e levado em consideração na decisão entre “fazer” ou “contratar”. Especificamente no setor elétrico a falha na prestação do serviço da empresa contratada pode causar grandes prejuízos à concessionária. O resultado dessa pesquisa sugere um método de estudo da eficiência das empresas terceirizadas que é aplicável a este segmento do setor elétrico brasileiro, embora as conclusões do estudo com o DEA se restrinjam apenas ao conjunto de empresas sob análise, ou seja, as conclusões não podem ser extrapoladas para a população. Este trabalho tem como contribuição a identificação de variáveis de insumo e produto que representam o processo produtivo, além de estabelecer abordagens para a análise da eficiência das empresas terceirizadas. A utilização da Análise de envoltória de dados oferece uma contribuição significativa neste estudo específico por permitir a mensuração da eficiência produtiva dos centros de serviços terceirizados e a simulação com empresas fictícias (no caso do rearranjo das empresas), comparando previamente o efeito de sua inclusão nos resultados globais.

Para tanto este estudo analisou a eficiência dos Centros de Serviços terceirizados por uma distribuidora de energia sob três distintas abordagens. A primeira abordagem sistematizou uma forma direcionadora para analisar a eficiência técnica e de escala das distribuidoras considerando insumos de trabalho. Os resultados mostraram que a ineficiência dos centros de empresas que operam em área limítrofe e com características similares não é devida a fatores ambientais ou de gestão: a fonte de ineficiência é a escala de operação inadequada. Dos 26 centros de serviços submetidos ao estudo, dois deles possuíam estas características, ou seja, operam em áreas limítrofes com características ambientais semelhantes e são componentes de uma mesma empresa, ambas apresentaram ineficiência de escala. Este resultado sugere que pode ocorrer um padrão de comportamento para empresa nas mesmas condições dessa amostra estudada.

Outra simulação foi feita com uma empresa cujos centros se situam em áreas distantes e com características ambientais distintas. Os resultados mostraram que, além da ineficiência de escala, existe outra fonte não identificada. Nesse caso, vale investigar a influência das variáveis ambientais, sugestão, esta, para trabalhos futuros.

Para todas as simulações de rearranjo que foram feitas, ocorreu aumento da média da eficiência produtiva do conjunto de empresas, e a variabilidade dos resultados diminuiu. Os resultados mostraram que a centralização de centros de serviços de uma mesma empresa proporciona um ganho de eficiência produtiva global, pois a escala de operação se torna adequada.

Esta abordagem sugeriu formas de rearranjo para melhorar o nível de eficiência das empresas, reorganizações e fusões são métodos utilizados para aumentar a competitividade e eficiência organizacionais. A decisão entre centralizar e descentralizar envolve diversos tipos de escolhas que vão além do escopo deste trabalho. Conclui-se, assim, que a metodologia DEA permitiu o diagnóstico da causa da ineficiência, determinou metas de melhoria e possibilitou simulações se mostrando uma ferramenta prática e aplicável para tomada de decisões.

A segunda abordagem propõe um método de análise de eficiência utilizando a adição de variável diferente daquelas utilizadas na abordagem 1. Ao incluir a variável Qimprod e balizar o resultado com o indicador parcial IMP, foi possível verificar se o modelo capturava adequadamente a informação da variável incluída. Além disso, limitações do modelo DEA a respeito de peso das variáveis foram investigadas, e foi proposta a utilização da técnica de fronteira composta como alternativa de contorno. Os resultados foram

satisfatórios, obtendo-se uma aplicação que captura a variável incluída. Esse método pode ser aplicado com todas as variáveis apresentadas no QUADRO 7. Esse quadro juntamente com o estudo do setor feito neste trabalho montam um panorama que descreve os fatores de produção relacionados ao campo analisado.

A abordagem três analisou o desempenho das empresas terceirizadas lançando alguma luz na relação principal-agente quando a abordagem é feita considerando aspectos de qualidade. A inclusão do aspecto da qualidade do serviço foi utilizada para avaliar o possível *trade-off* entre insumos de trabalho e qualidade. Conforme Serra (2004), a terceirização de atividades traz o risco de má qualidade do produto ou serviço, afetando a credibilidade da empresa contratante. Os contratos são utilizados como reguladores das relações entre contratante e contratado e servem como ferramentas para reduzir os riscos do comportamento oportunista. Jensen e Meckling (1976) ressaltam que, quando dois indivíduos buscam maximização de suas utilidades, existe uma boa razão para acreditar que os agentes não agirão na defesa do interesse do principal. É exatamente essa a conclusão do estudo, ou seja, nem todas as empresas que são eficientes nos insumos de trabalho oferecem boa qualidade do serviço. Pode-se, ainda, sugerir que os incentivos contratuais vigentes nos contratos de prestação de serviço da distribuidora de energia não são suficientes para direcionar os esforços para obtenção de resultados. Essas conclusões foram resultantes da abordagem com as variáveis TMAE e Qfprazo, sendo que ficam mais evidentes quando é retirada a variável TMAE sob o argumento de que ela pode significar valor para a empresa terceirizada. Ao se incluir somente a variável Qfprazo, percebe-se que mais de 50% das DMUs são eficientes nos insumos de trabalho, mas não oferecem boa qualidade do serviço, portanto a abordagem utilizando apenas a variável Qfprazo captura melhor o comportamento das empresas sob o ponto de vista principal-agente.

Diante da decisão de terceirizar as atividades de manutenção e devido ao conflito de interesses entre contratante e contratado, a teoria principal-agente fornece subsídios para as empresas criarem contratos de incentivos que visem à cooperação (DE PAIVA *et al.*, 2012). Os resultados sugerem que a utilização da metodologia DEA pode auxiliar ao principal entender se existe comportamento inadequado do agente e, desse modo, tomar providências para melhorar os incentivos contratuais.

Sobre a aplicação do modelo DEA, verificou-se que a adoção de modelos clássicos, CCR e BCC, tem o inconveniente de gerar pesos com valor zero para variáveis relevantes, entretanto a alternativa proposta com a utilização de fronteira composta se mostrou

eficiente nas abordagens 2 e 3, nas quais o aumento da discricionariedade ajudou a interpretação dos resultados.

Apesar de não ser o único, a busca da eficiência produtiva é um componente importante nas estratégias de competitividade e a Análise de envoltória de dados se configura uma ótima ferramenta para tal, pois permite analisar o posicionamento competitivo relativo das empresas contrapondo suas eficiências e ineficiências. Em serviços essa tarefa é ainda mais complicada, pois o balanceamento entre insumo e produto é difícil de precisar. (FERREIRA E GOMES;2009)

Endente-se, com vistas aos resultados obtidos, que a metodologia DEA para a avaliação da eficiência técnica e de escala dos centros de serviços é consistente e eficaz e pode contribuir para identificar parceiros de excelência e metas de melhoria, assim como a utilização de *benchmark* permite comparar os diferentes desempenhos e extrair boas práticas dos Centros de Serviços eficientes.

A limitação do trabalho é não fazer uma abordagem utilizando as variáveis ambientais para checar se existem influências externas que afetam a eficiência dos centros de serviços terceirizados.

## REFERÊNCIAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *Visão Geral do Setor: a indústria da eletricidade*. 2015. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>. Acesso em: 18 dez. 2015.

ALCÂNTARA, Antonio Allen Meireles; SANT'ANNA, Annibal Parracho; LINS, Marcos Pereira Estellita. Restringindo flexibilidade de pesos em DEA utilizando análise de regressão MSEA. *Pesquisa Operacional*, v.23, n.2, p. 347-357, 2003.

ALLEN, R. *et al.* Weights restrictions and value judgements in data envelopment analysis: evolution, development and future directions. *Annals of Operations Research*, v.73, p.13-34, 1997.

ALMEIDA, Mariana Rodrigues de; MARIANO, Enzo Barberio; REBELATTO, Daisy Aparecida do Nascimento. Análise de eficiência dos aeroportos internacionais brasileiros. *Revista Produção On-line*, Florianópolis, Edição Especial, 2008, 17p. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/51>. Acesso em: 15 mai. 2016.

ANDRADE, Gustavo Naciff de *et al.* Evaluating electricity distributors efficiency using self-organizing map and data envelopment analysis. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, v.12, n.8, p.1464-1472, 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). *Falta de energia gera R\$ 346 milhões de compensações aos consumidores em 2013*, 19 mai. 2014. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=7903&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=7903&id_area=90). Acesso em: 18 jun. 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). *OSN: Ouvidoria Setorial em números ano 2015: aspecto técnicos e comerciais*. Brasília: ANEEL, 2015. 167p. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/\\_Arquivo%20completo\\_OSN2015.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/_Arquivo%20completo_OSN2015.pdf). Acesso em: 18 dez. 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Superintendência de Regulação Econômica. *Nota Técnica nº 196/2013 – SRE/ANEEL*. Brasília, 29 de maio de 2013. 37p.

ÂNGULO-MEZA, L. *et al.* ISYDS – Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio à Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v.25, n.3, p.493-503, 2005.

ANGULO-MEZA, L. *et al.* Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. *Investigação Operacional*, Lisboa, v.27, p.21-36, 2007.

AZEVEDO, P. F. Nova economia institucional: referencial geral e aplicações para a agricultura. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v. 47, n. 1, p. 33-52, 2000.

BANDIN, N. *Avaliação da Produtividade de Supermercados e seu Benchmarking*. 1995. Mestrado (Dissertação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

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

BARBOSA, Raphael de Paiva; BASTOS, Ana Paula Vidal. Utilização da Análise por Envoltória de dados (DEA) na mensuração da Eficiência das prestadoras de Serviços de Água e Esgotamento Sanitário. Um enfoque no Desempenho da Companhia de Saneamento do Estado do Pará. *Revista Economia & Gestão*, Belo Horizonte, v.14, n.35, p.151-181, abr./jun. 2014. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/P.1984-6606.2014v14n35p151>. Acesso em: 15 mai. 2015.

BELLONI, J. A. *Uma Metodologia de Avaliação da Eficiência Produtiva de Universidades Federais Brasileiras*. 2000. Doutorado (Tese em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BERNARDO, Marcella; RODRIGUES, Lásara Fabrícia. Análise envoltória de dados: aplicação do modelo CCR e do modelo BCC para a avaliação do desempenho de bibliotecas universitárias de uma IFES. *Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace*, v.6, n.2, p.35-44, 2016.

BERTOLOTO, R. F.; MELLO, J. C. C. B. Soares de. Eficiência de portos e terminais privativos brasileiros com características distintas. *Journal of Transport Literature*, v.5, p.4-21, 2011.

BOGETOFT, P. Comments on the Brazilian benchmarking model for energy distribution regulation Fourth cycle of tariff review – NT 192/2014. 70p. Available at: <http://nespufmg.com.br/content/upload/p/d3d9446802a44259755d38e6d163e820.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

BRASIL. *Consolidação das Leis do Trabalho – CLT*. Presidência da República. Casa Civil. 2001. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del5452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm). Acesso em: 09 jun. 2016.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento me Investimentos Estratégicos. *Plano Plurianual 2012-2015*. 2011. Disponível em: <http://www.planejamento.gov.br/ministerio.asp?index=10&ler=s755>. Acesso em: 5 mai. 2015.

BUSI, M.; MCIVOR, R. Setting the outsourcing research agenda: the top-10 most urgent outsourcing areas. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, v.1, n.3, p.185-197, 2008.

BUSSE, C. A procedure for secondary data analysis: innovation by logistics service providers. *Journal of Supply Chain Management*, v.46, n.4, p.44-58, 2010.

CASTRO, Rubens Ferreira de. *A terceirização no Direito do Trabalho*. São Paulo: Malheiros, 2000.

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. *Entenda o modelo brasileiro*. 2016. Disponível em: [https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/onde-atuamos/setor\\_eletrico?\\_afzLoop=1986204200335215#%40%3F\\_afzLoop%3D1986204200335215%26\\_adf.ctrl-state%3D1368sesd3r\\_4](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/setor_eletrico?_afzLoop=1986204200335215#%40%3F_afzLoop%3D1986204200335215%26_adf.ctrl-state%3D1368sesd3r_4). Acesso em: 18 mar. 2016.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. 2016.

CHARNES, A. *et al. Data Envelopment Analysis*. Theory, methodology and applications. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

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

CHIEN, Chen-Fu; LO, Feng-Yu; LIN, James T. Using DEA to measure the relative efficiency of the service center and improve operation efficiency through reorganization. *Power Systems, IEEE Transactions on*, v. 18, n.1, p. 366-373, 2003.

COELLI, T. J. *A guide to DEAP version 2.1: a data envelopment analysis program*. Armidale: University of New England, 1996.

COELLI, T. J. *et al. An introduction to efficiency and productivity analysis*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer, 2005.

COELLI, T.; O'DONNELL, C.; BATTESE, G. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. *Data envelopment analysis*. Springer US, 2004.

COOPER, William W.; SEIFORD, Lawrence M.; ZHU, Joe. *Data envelopment analysis: history, models, and interpretations*. Springer US: [s.l.], 2011.

DEBREU, Gerard. The coefficient of resource utilization. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, v.19, n.3, p.273-292, 1951.

DEGANI, Diego Martins. O atual modelo de terceirização de serviços na Administração Pública. *Fórum Administrativo – FA*, Belo Horizonte, ano 14, n.158, p.28-36, abr. 2014.

DI SERIO, Luiz Carlos; SAMPAIO, Mauro. Projeto da cadeia de suprimento: uma visão dinâmica da decisão fazer versus comprar. *Revista de Administração de Empresas*, v.41, n. 1, p. 54-66, 2001.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. *Boletim do Setor Elétrico*, São Paulo, v.3, 11p., jun. 2014. Disponível em: <http://www.dieese.org.br/boletimsetoreletrico/2014/boletimSetorEletricoN3.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

DIEESE. Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. *Terceirização e morte no trabalho: um olhar sobre o setor elétrico brasileiro*. São Paulo: DIEESE, 2010. p.02. (Estudos e Pesquisas, 50). Disponível em: <http://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2010/estPesq50TerceirizacaoEletrico.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2016.

DINIZ, Charles Martins. *Gestão energética municipal: estudo de caso da eficiência energética nos municípios da Região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais*. 2012. 118f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2012.

DOYLE, John; GREEN, Rodney. Efficiency and cross-efficiency in DEA: Derivations, meanings and uses. *Journal of the operational research society*, v.45, n.5, p.567-578, 1994.

DYSON, R. G. *et al.* Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, v.132, n.2, p.245-259, 2001.

ENTANI, T; MAEDA, Y.; TANAKA, H. Dual models of interval DEA and its extensions to interval data. *European Journal of Operational Research*, v.136, n.1, p.32-45, 2002.

EVANOFF, Douglas D.; ISRAILEVICH, Philip R. Productive efficiency in banking. *Economic Perspectives*, v.15, n.4, p.11-32, 1991.

FAGUNDES, Jorge. Economia institucional: custos de transação e impactos sobre política de defesa da concorrência. *Revista de Economia Contemporânea*, v.2, p.119-144, 1997.

FARINA, Juan M. *Contratos Comerciales Modernos Tomo I*. Buenos Aires: Edi, 1999.

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; GOMES, Adriano Provezano. *Introdução à Análise Envoltória de Dados: teoria modelos e aplicações*. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

FERRIER, Gary D.; LOVELL, CA Knox. Measuring cost efficiency in banking: econometric and linear programming evidence. *Journal of econometrics*, v.46, n.1, p.229-245, 1990.

FITZSIMMONS, James; FITZSIMMONS, Mona. *Service management: Operations, strategy, information technology*. [s.l.]: McGraw-Hill Higher Education, 2013.

FORSUND, F.R; HJALMARSSON, L. Generalized Farrel measures of efficiency: an application to milk processing in swedish dairy plants. *Economic Journal*, v.89, p.247-315, 1979.

FRIED, G.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. *The Measurement of Productive Efficiency - Techniques and Applications*. Oxford University Press: Oxford, 1993.

FRIED, Harold O.; SCHMIDT, Shelton S.; YAISAWARNG, Suthathip. Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency. *Journal of productivity Analysis*, v. 12, n. 3, p. 249-267, 1999.

GALVÃO, P. J. L. N. *Análise Envoltória de Dados Aplicada ao Setor Brasileiro de Distribuição de Energia Elétrica*. 2008. 109f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Administração) – Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2008.

GAMBA JÚNIOR, J. *et al.* Avaliação de desempenho de serviços emergenciais: uma análise da produção científica do período de 1991 a 2010. *Rev. Adm. UNIMEP*, Piracicaba, v.10, n.3, p.26-50, 2012.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. *Omega International Journal of Management*, v.17, n.3, p.237-250, 1989.

GONÇALVES, R. *Globalização e desnacionalização*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1999.

HANEY, A. B.; POLLITT, M. G. Efficiency Analysis of Energy Networks: An International Survey of Regulators. *Energy Police*, v.37, n.2, p.5814-5830, 2009.

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

INSTITUTO ACENDE BRASIL [IAB]. *Terceirização no Setor Elétrico e o Interesse Público*. *White Paper*, São Paulo, n.8, 2012. 28p.

JENSEN, M. C.; MECKLING, W. H. *Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure*. *Journal of Financial Economics*, Amsterdam, v.3, p.305-360, 1976.

JHA, Deependra K.; YORINO, Naoto; KARKI, Nava Raj. Evaluating Performance of Electricity Distribution Centers and Improving Relative Operational Efficiencies through Reorganization: A Case of Nepal. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, v.12, n.2, p.585-630, 2011.

JOHNSTON, R.; CLARK, G. *Administração de operações de serviços*. São Paulo: Atlas, 2002.

KAO, C.; LIN, P-H. Efficiency of parallel production systems with Fuzzy data. *Fuzzy sets and systems*, v.198, n.1, p.83-98, 2012.

KASAP, Y.; KIRIŞ, Ş. An AHP-DEA approach for evaluating electricity generation firms of OECD countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, v.8, n.2, p.200-208, 2013.

KATO, Heitor Takashi; MARGARIDO, Mario Antonio. Economia dos Custos de Transação (ECT): análise do conflito das bananas. *Revista de Administração da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v.35, n.4, p.13-21, 2000.

KOOPMANS, Tjalling C. Efficient allocation of resources. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, New York, v.19, n.4, p. 455-465, 1951.

LAMPE, Hannes W.; HILGERS, Dennis. Trajectories of efficiency measurement: A bibliometric analysis of DEA and SFA. *European Journal of Operational Research*, v.240, n.1, p.1-21, 2015.

LETA, F.R. *et al.* Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, v.25, p.229-242, 2005.

LINS, M.P.E.; ANGULO-MEZA, L. *Análise Envoltória de Dados e perspectivas de integração no ambiente de Apoio à Decisão*. Rio de Janeiro: Ed. COPPE/UFRJ, 2000.

LOPES, A. L. M.; LAPA, J. S.; LANZER, E.A. Eficiência Produtiva em Serviços Governamentais: O Caso das Universidades Federais Brasileiras. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF INDUSTRIAL ENGINEERING, 1., 1995, São Carlos; CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 15., 1995, São Carlos. *Anais...* São Carlos (SP): [s.n.], 1995.

LOPES, A. L. M. *Um modelo de análise envoltória de dados e conjuntos difusos para avaliação cruzada da produtividade e qualidade de departamentos acadêmicos: uma aplicação na UFSC*. 1998. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998

LUCHT, Richard Rigobert. *Desempenho de Cadeias de Suprimento no Ambiente de Negócios da Era Digital: um estudo dos elos da indústria de autopeças brasileira*. 2004. 324f. Tese (Doutorado em Administração) – Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARIANO, Enzo B.; ALMEIDA, M. R.; REBELATTO, DAN. Princípios Básicos para uma proposta de ensino sobre análise por envoltória de dados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE 2006), 34., 2006, Passo Fundo. *Anais...* Passo Fundo: Ed. UPF, 2006. p.37-50.

MATOS, Giordano Bruno Braz de Pinho. *Direcionadores de Custo de uma Empresa Distribuidora de Energia Elétrica*. 2014. 117f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MELLO, J. C. C. B. Soares de *et al.* Análise de envoltória de dados no estudo da eficiência e dos *benchmarks* para companhias aéreas brasileiras. *Pesquisa Operacional*, v.23, p.325-345, 2003.

MELLO, J. C. C. B. Soares de *et al.* DEA Advanced Models for Geometric Evaluation of used Lathes. *WSEAS Transactions on Systems*, v.7, n.5, p.500-520, 2008a.

MELLO, J. C. C. B. Soares de *et al.* Estudo não-paramétrico da relação entre consumo de energia, renda e temperatura. *IEEE Latin America Transactions*, v.6, n.2, p.153-161, 2008b.

MELLO, J. C. C. B. *et al.* Curso de Análise Envoltória de Dados. In: SBPO – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. *Anais...Gramado*: [s.n.], 2005. p.2520-2545.

MELO, Luiz Antonio *et al.* Segurança em serviços emergenciais em redes elétricas: os fatores ambientais. *Revista Produção*, v.13, n.2, p.88-101, 2003.

MENDOZA, Leonardo Forero; MENDOZA, Alexandra Forero; CANO, Carlos Alberto Gómez. Sistema inteligente de apoio à gestão de contratação em unidades de suprimento da Light. *FACCEA*, v.4, n.2, p.78-88, 2015.

MONTOYA, J. A. T.; RAMÍREZ, D. J. C. *Tendencias de contratación para la construcción de líneas de transmisión de energía eléctrica en Colombia*. Disponível em: <[http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/\(A\)\\_2013DGTL\\_Tendencias\\_de\\_contratacion\\_para\\_la\\_construccion\\_de\\_de\\_lineas\\_de\\_transmision\\_de\\_energia\\_electrica\\_en\\_Colombia\\_1168.pdf?mct=0.74923200](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulos/(A)_2013DGTL_Tendencias_de_contratacion_para_la_construccion_de_de_lineas_de_transmision_de_energia_electrica_en_Colombia_1168.pdf?mct=0.74923200)>. Acesso em: 18/01/2014.

MOURA, L. R. *Gestão do relacionamento com fornecedores: análise da eficácia de programa para desenvolvimento e qualificação de fornecedores para grandes empresas*. 2009. 334f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

NARITOMI, J. *A regulação do preço de acesso em indústrias de rede*. 2004. 69f. Monografia (Bacharelado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

O'DWYER, Gisele Oliveira; OLIVEIRA, Sergio Pacheco de; SETA, Marismary Horsth de. Avaliação dos serviços hospitalares de emergência do programa QualiSUS. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v.14, n.5, p.1881-1890, 2009.

PAIVA, Jonas Alves de; SOUZA, Fernando Menezes Campello de. Modelo de contrato de terceirização de manutenção: uma abordagem principal-agente. *Produção*, 11p., 2012.

Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/prod/2012nahead/aop\\_t6\\_0006\\_0248.pdf](http://www.scielo.br/pdf/prod/2012nahead/aop_t6_0006_0248.pdf). Acesso em: 18 jun. 2015.

PARETO, Vilfredo. *Manual de Economia Política*. Trad. João Guilherme Vargas Netto. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

PESSANHA, José Francisco Moreira; SOUZA, Reinaldo Castro; LAURENCEL, L. C. Usando DEA na avaliação da eficiência operacional das distribuidoras do setor elétrico brasileiro. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE INVESTIGACION DE OPERACIONES Y SISTEMAS, 12., 2004. Disponível em: <http://www.geocities.ws/jfmpessa/download/dea.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2015.

PIRES, J. C. L.; Goldstein, A. Agências reguladoras brasileiras: Avaliação e desafios. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v.8, n.16, p.3-42, 2001.

QUEIROZ, C. A. R. S. *Manual de terceirização*. 9.ed. São Paulo: STS Publicações, 1998.

REMPEL, Cristiano. *Análise da Eficiência Técnica relativa de empresas brasileiras distribuidoras de energia elétrica: uma abordagem DEA*. 2013. 74f. Mestrado (Dissertação em Ciências Contábeis) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo (RG), 2013. Disponível em: <http://biblioteca.asav.org.br/vinculos/000009/000009E0.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2015.

RESENDE, M. Relative efficiency measurement and prospects for yardstick competition in Brazilian electricity distribution. *Energy Policy*, v.30, p.637-647, 2002.

ROCHA JÚNIOR, W. F. D. *et al.* Avaliação de contratos: uma abordagem utilizando a Análise Fatorial de Correspondência. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v.46, n 2, p.455-480, 2008.

ROSS, Stephen A. The economic theory of agency: The principal's problem. *The American Economic Review*, v.63, n.2, p.134-139, 1973.

SALES, Gustavo Manguiera De Andrade. Proposta de um modelo utilizando análise envoltória de dados – DEA na definição das metas dos indicadores da qualidade comercial das distribuidoras de energia elétrica – DER e FER. 2011. 92f. Dissertação (Mestrado em Regulação) – Departamento de Economia da Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SALTORATO, P. Uma análise da reestruturação do setor elétrico nacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002, Curitiba. *Anais...* Curitiba: ENEGEP, 2002. p.1-8.

SANTOS, Paulo Ferreira dos; MORAIS NETO, Gregório Coelho de; CARVALHO FERREIRA, Carlos Maurício de. Aplicações da análise envoltória de dados em sistemas de transporte público de passageiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 39., 2007, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: SBPO, 2007. p.222-232.

SARATT, Newton Dorneles; SILVEIRA, Adriano Dutra da; MORAES, Rogério Pires Moraes. *Gestão plena da terceirização*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

SCHEEL, H. Undesirable *outputs* in efficiency valuation. *European Journal of Operational Research*, v.132, n.2, p.400-410, 2001.

SENRA, Luis Felipe Aragão de Castro *et al.* Estudo sobre métodos de seleção de variáveis em DEA. *Pesquisa Operacional*, v.27, n.2, p.191-207, 2007.

SERRA, Sheyla Mara Baptista. Qualidade na terceirização. *Gestão da Qualidade: tópicos avançados*, v.1, p.147-158, 2004.

SEXTON, Thomas R.; SILKMAN, Richard H.; HOGAN, Andrew J. Data envelopment analysis: Critique and extensions. *New Directions for Program Evaluation*, v.1986, n.32, p.73-105, 1986.

SILVA, Adilson Aderito da; BRITO, Eliane Pereira Zamith. Incerteza, racionalidade limitada e comportamento oportunista: um estudo na indústria brasileira. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, São Paulo, v.14, n.1, p.176-201, 2013.

SILVEIRA, Juliana Quintanilha da; ANGULO-MEZA, Lidia; MELLO, João Carlos C.B.S. de. Identificação de *benchmarks* e *anti-benchmarks* para companhias aéreas usando modelos DEA e fronteira invertida. *Production Journal*, São Paulo, v.22, n. 4, p.788-795, 2012.

SINGH, M.; KUMAR, R. 'Efficiency Analysis of the Public Sector General Insurance Companies: A Comparative Study of Pre- and Post-Reform Period'. *IUP Journal of Risk and Insurance*, v.8, n.4, p.28-46, 2011.

SOUSA, Maria da Conceição Sampaio de; RAMOS, Francisco S. Eficiência técnica e retornos de escala na produção de serviços públicos municipais: o caso do Nordeste e do Sudeste brasileiros. *Revista brasileira de economia*, Rio de Janeiro, v.53, n.4, p.433-461, 1999.

SOUZA, Leonardo Leocádio Coelho de; MALDONADO, Mauricio Uriona; RADOS, Gregorio Jean Varvakis. Managing outsourcing in the Brazilian electric energy distribution sector. *Revista de Administração de Empresas*, v.51, n.2, p.188-201, 2011.

SOUZA, Leonardo Leocádio Coelho; RADOS, Gregório Jean Varvakis. Mecanismos que sustentam a competitividade de uma cadeia de valor terceirizada: o caso da maior distribuidora de energia elétrica do Brasil. *GESTÃO. Org-Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, v.9, n.3, p.122-145, 2012.

STIGLITZ, Joseph E. *et al. Economic organization, information and development*. [s.l.]: [s.n.], 1988.

TORRES JÚNIOR, Noel; LOPES, Ana Lúcia Miranda. A produtividade em serviços: uma análise à luz da revisão sistemática de literatura. *Revista Produção On-line*, Florianópolis,

v.13, n.1, p.318-350, 2013. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/por/article/view/1164>. Acesso em: 15 mai. 2015.

TSCHAFFON, P. B. Um estudo de *outputs* indesejáveis em DEA com aplicação no setor de distribuição de energia elétrica. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2011.

TSCHAFFON, Pamela B.; ANGULO-MEZA, Lidia. Assessing the efficiency of the electric energy distribution using Data Envelopment Analysis with undesirable *outputs*. *Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina)*, v.12, n.6, p.1027-1035, 2014.

TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Eficiência e produtividade: conceitos e medição. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, v.45, n.2, p.39-51, 1998.

VARIAN, H. *Microeconomics analysis*. [s.l.]: Norton, 1992.

VASCONCELLOS, Vinícius Albuquerque; CANEN, Alberto Gabbay; LINS, Marcos Pereira Estellita. Identificando as melhores práticas operacionais por meio da associação benchmarking-DEA: o caso das refinarias de petróleo. *Pesquisa Operacional*, v.26, n.1, p.51-67, 2006.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WILLIAMSON, O. E. *Las instituciones económicas del capitalismo*. México: Fondo de Cultura Económica, 1989.

WILLIAMSON, O. *The economic institutions of capitalism*. New York: Free Press, 1985.

WILLIAMSON, Oliver E. *Market and hierarchies, analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization*. New York: Free Press, 1975.

XAVIER, Sandra de Souza. *Análise de Eficiência Técnica das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica utilizando DEA (Data Envelopment Analysis) e Redes Unificadas*. 2015. 206f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2015. Disponível em: <http://repositorio.unifei.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/121>. Acesso em: 18 jun. 2015.

YAMADA, Y.; MATUI, T.; SUGIYAMA, M. New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, v.37, n.2, p.158-167, 1994.