

**EVOLUÇÃO DA PROXY DE QUALIDADE PARA MODELOS DE EFICIÊNCIA
BASEADOS EM BENCHMARKING: REVISÃO DE LITERATURA PARA O SETOR
ELÉTRICO BRASILEIRO**

DOI: 10.31994/rvs.v9i2.413

Ricardo Augusto Oliveira Santos¹

RESUMO

O objetivo do estudo é analisar a evolução teórica sobre a variável qualidade e suas *proxies* em modelos de análise de eficiência operacional no setor de transmissão elétrica. A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL reguladora do setor elétrico tem adotado métricas distintas e *ad hoc* para mensurar a eficiência operacional do sistema de transmissão. Constantes alterações no modelo, no conceito e na forma de cálculo causam instabilidade e insegurança no setor, pois os repasses dos custos financeiros dependem do desempenho operacional. Para tal aplicou-se a revisão sistemática da literatura referente aos métodos de mensuração baseados em comparação ou benchmark. Os resultados demonstraram que após 2009, a literatura considerou relevante introduzir a qualidade como variável em modelos de eficiência comparada. Ademais, a variável qualidade teve sua proxy alterada para o custo da indisponibilidade dos serviços, em valores financeiros. No tocante a inserção da proxy de qualidade nos modelos de benchmark, a variável é introduzida como produto indesejável e endógena ao cálculo de eficiência. Por fim, comparou-se a literatura com os modelos utilizados pelo órgão regulador brasileiro, em que se sugere à ANEEL a adoção da variável de qualidade, pela proxy monetária da Parcela Variável – PV.

¹ Doutorando em Administração pela Universidade Federal de Minas Gerais (CEPEAD/UFMG). ricardoaugusto@ufmg.br . ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-7332>

PALAVRAS CHAVES: SERVIÇO TRANSMISSÃO OPERACIONAL ENERGÉTICO. QUALIDADE MODELOS DE BENCHMARKING. CUSTOS EFICIENTES. SERVIÇO DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA.

THE EVOLUTION OF QUALITY PROXY FOR EFFICIENCY MODELS BASED ON BENCHMARKING: LITERATURE REVIEW FOR THE BRAZILIAN ELECTRIC SECTOR.

ABSTRACT

This research analyzed the theoretical evolution on quality variable and its proxies for operational efficiency models for the electric transmission sector. The National Electric Energy Agency – ANEEL, regulator of Brazilian electricity sector, has adopted different and ad hoc metrics to measure the operational efficiency. Constant changes in modeling, in concept and in measurement cause instability and insecurity because costs reimbursement depends on operational performance. This study applied a systematic literature review of methods to measure efficiency based on benchmark. The results shows that after 2009, the literature considered relevant to introduce quality as a variable in models of comparative efficiency. In addition, the variable quality had its proxy changed for the cost of the service unavailability, by financial values. For modeling insertion, quality proxy is introduced as an undesirable and endogenous product to efficiency measurement. Finally, comparing literature with the model used by the Brazilian regulatory agency, it is suggested to adopt the proxy for quality variable as monetary by the Variable Parcel - PV.

KEYWORDS: ENERGY TRANSMISSION SERVICE OPERATORS. QUALITY AT BENCHMARKING MODELS. EFFICIENT COSTS. ELECTICIAN TRANSMISSION SERVICES.

INTRODUÇÃO

A qualidade em regimes monopolistas pode não apresentar os mesmos níveis que o mercado em livre concorrência. As agências reguladoras têm dificuldade em determinar preços e nível de qualidade a ser ofertado, pois o *tradeoff* impacta diretamente nos consumidores (SPENCE, 1975; VOGELSANG, 2006). Ao classificar a relação de *tradeoff* como antagônicas, investimentos em qualidade são tratados como custo. Logo, para qualquer elevação no nível de qualidade, sob regime monopolista, investimentos financeiros de recurso serão realizados até o limite estabelecido pelo órgão regulador (GABSZEWICZ, WAUTHY, 2002; LANGSET, TORE, 2002).

Para prover os serviços, o estado permite que as empresas públicas e privadas operem pelo regime de concessão de trechos específicos. O mercado, configura-se em monopólio natural, tendo único ofertante de serviço para vários demandantes. Dada a configuração, tem-se a necessidade de regulamentação para dirimir externalidades negativas oriunda do monopólio. Assim a regulação induz a competição do mercado, permitindo a oferta de bens e serviços públicos por meio da intervenção direta de agências reguladoras (BEESLEY; LITTLECHILD, 1989). Logo, concessionados pelo estado cumprem legislação específica e executam o serviço conforme determinação da agência reguladora.

A Agencia Nacional de Energia Elétrica - ANEEL foi estabelecida como órgão regulador responsável em minimizar os efeitos gerados pelo regime monopolista. Para implementar a políticas regulatórias, a ANEEL utiliza o modelo regulatório derivado do *price cap* ou “preço máximo”, conhecido como *revenue cap* ou “receita máxima”. Assim o regulador determina a receita máxima anual a ser repassada às concessionárias em função dos custos operacionais eficientes incorridos (NT 068/2006). Logo as empresas são reembolsadas pelos custos referentes a investimentos em infraestrutura, equipamentos depreciados, operação e manutenção terceirizados, capital de terceiros, taxas e impostos (ANDRADE; SANTANA, 2011; SERRATO, 2009). A cada quatro anos ocorre o ciclo de revisão

tarifária, em que são definidos o modelo e os parâmetros de eficiência para reembolso dos custos operacionais.

Verificou-se que as mudanças constantes nos modelos e métodos de cálculo da ANEEL, como em 2006, através da Nota Técnica - NT 064/2006, sugeriu a adoção do método da *Stochastic Frontier Analysis - SFA* ou “Análise da Fronteira Estocástica” para calcular o escore de eficiência operacional. Tendo suas características de modelagem determinística e paramétrica, a qual se estima o escore de eficiência médio para cada unidade comparada em análise. Esse método permite a inclusão de efeitos aleatórios para capturar adversidades, como greves, catástrofes e condições ambientais aproximando a estimativa da realidade (AIGNER; LOVELL; SCHMIDT, 1977; MEEUSEN; VAN DEN BROECK, 1977). Em 2007 a ANEEL adotou o método de *Data Envelopment Analysis - DEA* ou “Análise Envoltória de Dados” para cálculo do escore de eficiência operacional. A substituição dos métodos, SFA pelo DEA, ocorreu após a ANEEL verificar as limitações econométricas da SFA quanto a definição da forma funcional dos custos, viés de estimativa nos escores e a possibilidade de haver heterogeneidade por variáveis omitidas nos *inputs* e *outputs* do modelo (NT 182/2007).

Mesmo diante das dificuldades encontradas pela ANEEL para adoção do DEA, ainda apresenta oportunidades de melhorias na modelagem como na definição dos pesos (PESSANHA *et al.*, 2010) e na variável de qualidade (LOPES; LANZER, 2015). Tamanha relevância à modelagem, Lopes & Lanzer (2015) analisaram o modelo adotado em 2011, os quais apontam o ajuste *ad hoc* dos escores de eficiência calculados pelo método DEA, com métricas distintas para cada grupo de concessionárias de mesma característica operacional. O impacto proporcionou o repasse de valores extras dos custos operacionais a serem repassados. O efeito dos ajustes possibilitou a concessionária ELETROSUL considerada ineficiente (46,9% eficiente) dobrar o score e atingir eficiência próxima de 100%; e a COPEL ter o escore aumentado em 85,7%. Outro equívoco apontado, refere-se a metodologia DEA, a qual os resultados finais contradizem o conceito e interpretação, cuja eficiência máxima é de 100%, e após os ajustes, a CTEEP alcançou 135%, TABELA

1. O processo provocou a elevação dos gastos públicos para R\$ 2.5 Bilhões de reais.

Diante do exposto, percebe-se a carência de maior aprofundamento em relação a modelagem e a inserção da variável de qualidade em modelos de cálculo da eficiência por benchmarking. Logo, este trabalho busca analisar as questões que cernem a inserção da variável de qualidade em modelos baseados em comparação ou benchmarks com a pergunta de pesquisa: como as variáveis de qualidade tem sido inserida em modelos de eficiência por benchmarking no setor de transmissão elétrica?

Assim, este trabalho analisa as diferentes práticas e metodologias adotadas para calcular a eficiência no serviço de transmissão elétrica e que inserem a variável de qualidade na análise de eficiência. Assim, espera-se contribuir para academia com a discussão da modelagem e dar suporte ao regulador brasileiro. O estudo adota a estrutura científica para lograr os objetivos, os quais, na próxima sessão foi apresentado a revisão de literatura para os modelos de benchmarking e o modelo adotado no Brasil. Na terceira parte a metodologia utilizada e em sequência os resultados encontrados. Por fim e não menos importante a discussão e análise dos resultados.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Relevância da proxy qualidade na transmissão elétrica

A inovação promove constantes desafios aos concessionados, seja na prestação do serviço ou em processos. Na perspectiva da agência reguladora, a boa prestação de serviço é analisada pela percepção dos consumidores, quando a qualidade experimentada se iguala as expectativas de consumo. Quando não se igualam, mesmo que a percepção da qualidade experimentada seja maior a qualidade percebida será sempre menor. A qualidade percebida em serviços é determinada pela diferença entre o nível de qualidade referente as expectativas e a

experimentada em que os agentes devem ter atenção (LOVELOCK, 2011; GRÖNROSS, 1990).

Joskow et al (2014) discute o *tradeoff* entre custos e qualidade argumentando os atributos individualmente. Os regimes de incentivo à qualidade, delineados pelos reguladores sobre premissa de receita máxima permitida, verifica-se que os baseados em custos operacionais eficientes se ajustam mais rápido aqueles baseados em custo de capital - investimentos. Contudo, na implementação dos investimentos de curto prazo provocam desincentivos à investimentos para aprimoramento dos níveis de serviço no longo prazo. Investimentos em qualidade têm seu custo configurado como marginal decrescente, em que proporcionalmente a uma unidade adicional de recursos financeiros produz resultados menores no nível de qualidade prestado (LLORCA et al 2016). Esta concepção econômica dificulta os investimentos endógenos por parte das empresas a implementar e desenvolver maiores níveis de qualidade aos serviços prestados sem haja incentivos externos.

Os reguladores tendem a reajustar anualmente o repasse financeiro aos operadores do serviço de transmissão - TSO de forma a incentivar a redução de custos sem que haja redução no nível de serviço prestado. Para isso, os reguladores implementaram métricas de avaliar o satisfatório ou nível mínimo do serviço a ser prestado. A regulação precisa ser estruturada e implementada para monitorar a performance operacional dos TSO no maior nível de qualidade sem que se tenha incrementos nos custos operacionais (HEGGSET et al., 2001). Para avaliar o nível de serviço, a regulação deve considerar a *proxy* da variável de qualidade de forma uniforme e que represente as diferenças entre as empresas, a geografia regional, condições regionais atendida e de infraestrutura em sua estrutura. O regime regulatório implantado pode reconhecer por meio de incentivos financeiros a performance alcançada, adicionando-se a recompensa junto ao repasse dos custos operacionais eficientes (LANGSET et al 2001; LANGSET; TORE, 2002).

Métricas e metodologias tem sido desenvolvida pela academia como contribuição para inserção adequada da *proxy* de qualidade nos serviços elétricos. A *proxy* da qualidade tem sido introduzida por diferentes interpretações na tentativa de captar e representar adequadamente o nível de serviço prestado concessionados.

Contudo, as diferentes compreensões e seus efeitos tem suas características apoiadas em serviços, os quais podem ser perceptíveis ao consumidor de forma tangível ou intangível. Assim a percepção estende-se ao preço, a flexibilidade, conveniência e expectativa do consumidor, as quais o legislador e sua política devem estar adequadamente ajustadas (CHASE; HAYES 1991; LOVELOCK, 2011). Ademais, se tratando da percepção da qualidade nos serviços ofertados, torna-se difícil para o regulador mensurar de forma distinta o nível de serviço desejado e sua expectativa junto ao cliente, uma vez que, o serviço é prestado e consumido ao mesmo tempo (GRONROOS & OJASALO, 2004).

Tendo em vista as questões relevantes da variável qualidade, no Brasil, a introdução da variável foi realizada pela resolução 26/1978, Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica - DNAEE. Assim estabeleceu-se os limites desejáveis de qualidade para o setor elétrico, estabelecendo o registro para a frequência de interrupções e durações acima de 3 minutos. Contudo somente na NT 48/2010 e NT 21/2011 a ANEEL como agencia reguladora definiu as novas metas da duração de interrupção por unidade consumidora - DEC e frequência por unidade consumidora - FEC. Atribuiu-se então penalidades aos TSO que apresentassem baixa performance em acordo com os níveis desejados estipulados pela legislação (BERNARDO, 2013; CYRILLO, 2011). Ao adotar modelos de eficiência comparativa, o regulador brasileiro tentou promover incentivos operacionais com níveis de qualidade mais elevados. Na próxima sessão será analisado o que tem sido implementado pelo regulador do setor elétrico brasileiro.

1.2 A qualidade no modelo de benchmarking brasileiro

No Brasil, a metodologia DEA é utilizada para cálculo da fronteira de eficiência desde 2007 no setor de transmissão elétrica, os quais são definidas variáveis de *input* e *output*. Para análise dos custos eficientes, os dados são utilizados em painel referentes aos anos anteriores em que os custos operacionais e de manutenção foram incorridos. Utiliza-se dados em painel em função do número reduzido de DMUs (NT 182/2007). Os dados estão dispostos anualmente com as

informações de cada TSO. Os modelos de benchmarking adotados se resumem aos dados dos períodos de revisão tarifárias do 1º Ciclo de Revisão Tarifária – 1CRT em 2007 correspondente aos anos de 2003 a 2005 (NT 182/2007), 2º Ciclo de Revisão Tarifária – 2CRT ocorrido em 2009 referente a 2002 a 2008 (NT 274/2009) e da Renovação das Concessões em 2012 abrangendo 2007 a 2011 (NT 383/2012).

A qualidade somente foi introduzida no modelo de benchmarking brasileiro no 2CRT em 2009, cuja métrica era mensurada pelo indicador de interrupção dos serviços de transmissão elétrica, TABELA 1. A ANEEL esperava que a proxy representasse as unidades de interrupções e desconexões do sistema sob responsabilidade dos TSO. Assim, a informação sobre a frequência e duração das interrupções no período de 2002 a 2008 foram fornecidas pelos TSOs através da carta de requisição emitido pelo regulador. De posse da informação o regulador segmentou a informação em interrupções gerenciáveis e não-gerenciáveis. Para a composição da proxy de qualidade, foram utilizadas as interrupções gerenciáveis não evitadas, ou seja, interrupções as quais poderiam ser evitados pelos TSOs (NT 274/2009).

Para considerar a variável de qualidade no modelo da 2CRT, a agência reguladora utilizou do procedimento de 2º estágio, considerando a qualidade como fator exógeno a relação de insumos e produtos no cálculo do escore de eficiência por DEA/NDRS. Considerou-se a *proxy* de qualidade pela duração e frequência das interrupções como variável ambiental, junto as demais variáveis de a salários médios regionais, dispersão da rede de distribuição e área geográfica de cobertura. No 2º estágio, os escores de eficiência calculados pelo DEA foram estimados/corrigidos por uma função de regressão Tobit. Essa considera as peculiaridades ambientais indiretas que afetam os custos de operação e manutenção dos TSOs (NT 274/2009). Na Renovação das Concessões de 2012 a agência reguladora adotou outro procedimento distinto do 2º estágio da 2CRT.

No processo da Renovação das Concessões de 2012, o regulador manteve a variável de qualidade no processo de revisão. Contudo, alterou-se a métrica, ao invés da frequência e da duração das interrupções considerou o *ratio* de Parcela Variável - PV. A PV foi compreendida pela parcela de perda de receita financeira

dividida pela receita total disponível para o período de indisponibilidade das instalações ou do sistema de transmissão. Para efeitos comparativos da PV utilizou-se a média dos *ratios* 2009/2010, 2010/2011 e 2011/2012, que em sequência foram agrupadas em 5 grupos por similaridade numérica. Os escores de eficiência das concessionadas foram calculados para DEA/NDRS e DEA/CRS, os quais foram submetidos ao cálculo da média geométrica. Tendo em vista o menor valor da média geométrica 49% (método DEA/CRS), esse foi segmentado decrescendo 10% conforme os grupos da PV e adicionados aos escores de eficiência de forma heterogênea. Adotou-se para ELETROSUL e CTEEP os escores calculados pelo DEA/NDRS e aos demais o escore calculado pelo DEA/CRS; justificados pela não configuração de economia de escopo na geração e transmissão de energia.

Os *inputs* foram configurados por diferentes interpretações e componentes ao longo das revisões tarifárias pela ANEEL. Na transmissão, a agência reguladora utilizou abordagens e conceitos diferentes dos custos operacionais como *Total Expenses* – TOTEX e *Operational Expenses* – OPEX. O OPEX é composto pelo somatório dos custos operacionais com pessoal, material, serviços terceirizados, seguros, taxas e outras despesas relacionadas ao custo operacional e de manutenção. O TOTEX, além dos custos operacionais, adiciona-se os custos de capital necessários para a remuneração dos investimentos. No 1CRT a agência reguladora brasileira utilizou o TOTEX, compreendendo que os custos de capital despendidos em investimentos deveriam ser reembolsados aos TSO. Já na 2CRT e na Renovação das Concessões foram utilizados OPEX, compreendendo que somente os custos operacionais e de manutenção seriam repassados (NT 182/2007; NT 274/2009 e NT 383/2012).

TABELA 1 – NT 383/2012 Procedimento de Incorporação da Variável de Qualidade

DMU	DEA Score		PV / RAP				Grupo	Ajuste Qualidade	Escore Final
	NDRS	CRS	2009 - 2010	2010 - 2011	2011 - 2012	Média			
	ELETROSUL	47,0%	46,9%	0,14%	0,01%	0,01%			
CTEEP	96,0%	96,0%	-0,11%	-0,21%	0,09%	-0,08%	2	39%	135%**
COPEL	83,0%	45,5%	-0,14%	-0,09%	-0,12%	-0,11%	2	39%	84,5%*
CEMIG	96,0%	61,5%	-0,24%	-0,18%	-0,55%	-0,32%	3	29%	90,5%*
CEEE	76,0%	58,3%	-0,65%	-0,23%	-0,72%	-0,53%	4	19%	77,3%*
ELETRONORTE	33,0%	26,7%	-1,04%	-0,40%	-0,50%	-0,65%	4	19%	45,7%*
CHESF	37,0%	36,7%	-0,46%	-0,61%	-1,26%	-0,78%	4	19%	55,7%*
FURNAS	39,0%	39,3%	-1,41%	-1,15%	-1,35%	-1,31%	5	10%	49,3%*
Média Geométrica	58,1%	49,0%							

'Escore Final= DEA Score + Ajuste Qualidade

* CRSScore + Ajuste Qualidade

** NDRSScore + Ajuste Qualidade

Fonte: Adaptado pelo Autor - ANEEL TN 383/2012

Para variáveis *output* e tendo em mente a Receita Anual Permitida – RAP não está condicionada ao fluxo de energia transportado, mas sim a capacidade operacional das instalações e dos equipamentos (NT 182/2007). O regulador brasileiro definiu as variáveis que representam a produção dos serviços de transmissão, o qual deve ser composto por linhas de transmissão e subestações (NT 182/2007; NT 274/2009; NT 383/2012). Assim as variáveis que representam o serviço de transmissão de energia elétrica são as extensões de rede, módulos de manobra e módulos de equipamentos. A extensão de rede foi separada por nível de tensão. Os módulos de manobra são compostos pelo somatório dos módulos de Entrada de Linha – EL, Conexão de Transformadores – CT e por Interligação de Barramento – IB. Por fim os módulos de equipamentos são compostos pela quantidade de transformadores e pela capacidade de transformação em Mega/Volt/Amper – MVA

Ao assumir esse processo de ajuste, CTEEP alcançou o escore de eficiência de 135%, composto por 96% advindos do escore de eficiência DEA/NDRS

adicionado o ajuste de qualidade de 39% conforme a classificação do grupo 2. Tendo em vista o ajuste, os três maiores ganhos de eficiência estão presentes na ELETROSUL 104,5%, COPEL 85,7% e ELETRONORTE em 71,2%. O ajuste de qualidade levou o governo a desprender 2,5 Bilhões de reais, 824 milhões a mais. Na próxima sessão será apresentada a metodologia que sucede este trabalho.

2 METODOLOGIA

Para aclarar e alcançar a proposta de pesquisa recorreu-se a estrutura acadêmica para verificar as questões que cernem a literatura nacional e internacional sobre modelos de benchmarking utilizados para cálculo de eficiência dos custos operacionais no setor de energia elétrica. Voss; Tsiriktsis; Frohlich (2002) definem como conduzir e proceder de forma exploratória estudos a partir da definição de construtos e objetivos.

Este estudo realizou a revisão de literatura baseado em trabalhos acadêmicos que utilizam métodos de fronteira baseados em benchmarking os quais mensuram o escore de eficiência para empresas do setor elétrico considerando a variáveis de qualidade como fator de performance. Para isso foram consultadas bases acadêmicas como EBSCO, Science Direct, Pro-quest, Google Scholar e JSTOR. Para lograr os objetivos, diferentes palavras chaves e suas combinações foram utilizadas nessas bases de dados como *“quality variables on DEA”, “quality in transmission energy”, “energy transmission DEA”, “quality DEA”, “electricity transmission”, “electricity distribution”, “DEA transmission”, “DEA distribution”, “data envelopment analysis of quality”, “data envelopment analysis transmission”, “data envelopment analysis distribution”, “quality efficiency”, “quality measurement transmission”, “quality measurement distribution”, “quality service DEA”, “quality performance” and “quality benchmarking”* dos quais, 42 artigos atenderam as especificações primárias. Logo em seguida, foram analisados pela análise dos resumos, aqueles que tratavam de discutir ou inserir a variável de qualidade em modelos de benchmarking, restando então 21 trabalhos (TABELA 2).

Na próxima seção serão apresentados os resultados encontrados na revisão de literatura sobre a inserção de variáveis de qualidade em modelos de fronteira baseados em benchmarking.

3 RESULTADOS

Verificou-se que a maioria dos estudos baseado em benchmarking para o cálculo da eficiência foram publicados posteriormente a 2009, resultados em linha com os encontrados por Emrouznejad et al (2008). Lampe & Hilgers (2015) verificaram os estudos publicados referentes ao benchmarking discutem o uso da metodologia DEA e SFA em que se desenvolve a teoria juntos as implicações técnica dos resultados. Verificou-se que o Brasil, Colômbia, Finlândia, França, Alemanha, Holanda, Itália, Noruega, Espanha, Inglaterra, Estados Unidos e Irã incorporam a variável de qualidade no sistema regulatório afim de minimizar os efeitos da externalidade negativa do monopólio em regimes de concessão operacional (AGRELL & BOGETOFT 2016; HANEY & POLLIT (2009); JAMASB & POLLITT (2000).

Langset et al (2001) sugeriu como *proxy* do nível de serviço as interrupções no fornecimento de energia para análise de eficiência. Modelos de benchmarking SFA e DEA utilizam a frequência das interrupções – FEC e a duração das interrupções - DEC do fornecimento de energia elétrica como *proxys* para a qualidade dos serviços no setor elétrico. Na literatura encontra-se estudos que utilizam somente a FEC como *proxy* da variável de qualidade (ALTOÉ et al, 2017; SILVA 2015) e outros a DEC (ADODHIA & HAKVOORT, 2005; COELLI et al. 2013; KORHONEN & SYRJANEN 2003; YU; JAMASB; POLLITT, 2009). Não obstante, Ter-martirosyan & Kwoka, (2010) utilizam a DEC e FEC concomitantemente. Adicionalmente a escolha da variável interrupção, para melhor aderência dos dados, acadêmicos utilizam o *ratio* da DEC e FEC corrigindo o valor pelo número de consumidores que deveriam ser atendidos pela área de interrupção (COELLI et al 2008; GIANNAKIS; JAMASB; POLLITT 2005).

Alguns estudos acadêmicos verificaram que a qualidade não é significativa estatisticamente para contribuir com a explicação dos escores de eficiência calculados pela metodologia SFA (COELLI, TIM et al 2008; GROWITSCH et al, 2009; MARTIROSYAN et al 2010; SILVA, 2015) bem como para a metodologia DEA (CAMBINI et al 2014; COELLI, et al 2008; GIANNAKIS et al, 2005; GROWITSCH et al 2010; YU et al 2007, YU et al 2009, a,b). A baixa ou a ausência estatística de significância não descarta a capacidade da proxy afetar positivamente ou negativamente o escore de eficiência, reduzindo-o (GROWITSCH et al 2009; KORHONEN et al 2013) e ou aumentando (GIANNAKIS et al 2005; AJODHIA et al 2004). Tal consideração torna-se relevante ao considerar os níveis de qualidade desejados por órgãos reguladores, uma vez que a variável de qualidade contribui

TABELA 2 – Trabalhos acadêmicos

Nº	Autor	Título
1	Korhonen et al (2003)	Evaluation of Cost Efficiency in Finnish Electricity Distribution
2	Ajodhia et al (2004)	Economic Benchmarking and its Applications
3	Giannakis et al (2005)	Benchmarking and incentive regulation of quality of service: an application to the UK electricity distribution networks
4	Tanure et al (2006)	Establishing quality performance of distribution companies based on yardstick regulation
5	Yu et al (2007)	Incorporating the Price of Quality in Efficiency Analysis: The Case of Electricity Distribution Regulation in the UK
6	Arocena (2008)	Cost and quality gains from diversification and vertical integration in the electricity industry: A DEA approach
7	Coelli et al (2008)	Incorporating quality of service in a benchmarking model: an application to French electricity distribution operator
8	Cadena et al (2009)	Efficiency analysis in electricity transmission utilities
9	Yu et al (2009)	Does weather explain cost and quality performance? An analysis of UK electricity distribution companies
10	Yu et al (2009)	Quality of Service: An Application to Efficiency Analysis of the UK Electricity Distribution Utilities
11	Growitsch et al (2009)	Social cost-efficient service quality - integrating customers valuation in incentive regulation: evidence from the case of Norway
12	Growitsch et al (2010)	Efficiency Effects of Quality of Service and Environmental Factors: Experience from Norwegian Electricity Distribution
13	Martirosyan et al (2010)	Incentive regulation, service quality, and standards in U.S. electricity distribution
14	Azadeh et al (2010)	An integrated multivariate approach for performance assessment and optimization of electricity transmission systems
15	Jamasb et al (2012)	Estimating the marginal cost of quality improvements: The case of the UK electricity distribution companies
16	Miguéis et al (2012)	Productivity change and innovation in Norwegian electricity distribution companies
17	Coelli et al (2013)	Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: A parametric distance function approach
18	Cambini et al (2013)	Output-based incentive regulation in electricity distribution: evidence from Italy
19	Xavier et al (2015)	How Efficient are the Brazilian Electricity Distribution Companies?
20	Silva (2015)	What affects the efficiency of the operating costs of electrical energy distributors in Brazil? An analysis using stochastic frontier
21	Altoé et al (2017)	Technical efficiency and financial performance in the Brazilian distribution service operators

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2017)

para o ajuste do escore de eficiência da concessionada em regime monopolista em questão.

O *trade-off* entre custo e qualidade foi verificado e autores concordam que há benefícios aos escores de eficiência quando a variável de qualidade é incorporada nos modelos de *benchmarking*, não somente ajustando a eficiência relativa (ALTOÉ et al 2017; GIANNAKIS et al 2005) mas como também nos ganhos marginais em bem-estar pelos consumidores (JAMASB et al 2012), uma vez que usufruem de níveis de qualidade além do desejável não estando propensos a pagar por eles. Não obstante, ao verificar a fronteira de produção formada pelas DMUs eficientes, analisando as 100% eficientes, verificou-se que mesmo as DMUs com níveis baixos de qualidade ainda estariam aptas a permanecerem na fronteira nos estudos de Xavier et al 2015; Growitsch et al 2010; Yu et al 2007 a; Yu et al 2009 a,b; Giannakis et al 2005. Após 2009, os autores convergem o posicionamento para a inclusão e relevância da incorporação da variável de qualidade para o cálculo da eficiência (ALTOÉ et al 2017, XAVIER et al 2013; CAMBINI et al 2013; COELLI et al 2013; JAMASB et al 2012, AZADEH et al 2010; MARTIROSYAN 2010) com exceção para Silva (2015).

Quanto a modelagem da proxy, Silva 2015, Jamasb et al (2012), Azadeh et al (2010), Martirosyan et al (2010), Cadena et al (2009), Tanure et al (2006), Ajodhia et al (2004) e Korhonen et al (2003) utilizaram a variável como produto, ou seja, *output* o qual deva ser maximizado. Contudo, em sua métrica, a variável qualidade é inserida negativamente para o setor de transmissão e distribuição, pois é mensurada a partir da FEC e DEC, cujos efeitos de interrupção nos serviços devam ser os mínimos possíveis em cada DMU em análise. Identificou-se que Tanure et al (2006) e Azadeh et al (2010) utilizaram a inserção da qualidade como variáveis negativas nos produtos, recorrendo-se a transformação da variável de qualidade. Assim os autores criaram um *ratio*, o qual modifica a variável para os fins de maximizar o nível qualidade. No entanto ressalta-se que as transformações de variáveis em DEA podem modificar a propriedade numérica dos dados, conduzindo para resultados imprecisos e ou equivocados (FORSUND, 2015; BOGETOFT; OTTO 2012; THANASSOULIS, 2000). A fim de encontrar o melhor ajuste para as metodologias

de benchmarking Silva (2015), Jamasb et al (2012) e Cadena et al (2009) os custos totais já corrigidos pelo efeito da qualidade.

Alguns estudos utilizam as *proxies* em unidades, ou seja, o índice frequência de interrupções corrigidos pelo número de habitantes ou a duração das interrupções também corrigidas pelo número de habitantes afetados (COELLI et al 2013, 2008; GROWITSCH et al 2010, 2009; YU et al 2009, 2007; GIANNAKIS et al 2005). Outros utilizaram a medida financeira para a interrupção, mensurando o custo da indisponibilidade do sistema elétrico para consumidores. Essa indisponibilidade foi mensurada a partir do número de horas interrompidas multiplicada pelo custo médio de fornecimento do serviço. A monetização da qualidade deve ser minimizada como fator indesejável pelas TSO (ALTOÉ et al 2017; CAMBINI et al 2014; MIGUEIS et al 2012; GROWITSCH et al 2010 e YU et al 2009 a).

Verificou-se que ao utilizar valores financeiros, persiste os incentivos a prestação de serviços em níveis de qualidade desejada, bem como valores unitários da DEC e FEC (ALTOÉ et al 2017; CAMBINI et al 2014; MIGUEIS et al 2012; GROWITSCH et al 2010 a ,b). Adicionalmente, o valor financeiro positivo da variável serviços com nível desejado de qualidade adequado ou superior ao desejado, permite gratificar TSO pelo desempenho operacional. Assim, incentivos financeiros podem ser concedidos na forma de incentivar níveis de serviço além do ótimo desejado e estipulado pela agencia reguladora (ALTOÉ, 2017; CAMBINI et al 2014; MIGUEIS et al 2012) como sugerido por Langset *et al* (2001).

CONCLUSÃO

Este estudo realizou a revisão da literatura no que tange os modelos fronteira baseados em benchmarking evidenciando a inserção da variável de qualidade para cálculo da eficiência operacional no setor da transmissão. Verificou-se que para o calculo de eficiência operacional são incorporadas a variável de qualidade na modelagem. Para estudos que utilizam SFA, consideram a qualidade como variável endógena ao processo de benchmarking, incorporando-a em sua forma funcional.

Os estudos que utilizaram DEA incorporaram a qualidade como produto indesejável ou como fator de correção para os custos operacionais considerando endógena a prestação dos serviços.

Comprovou-se ainda a evolução nas questões que cernem a métrica da proxy de qualidade DEC e FEC. Visto que em estudos recentes as variáveis são mensuradas em unidades de interrupção, seja por frequência, duração ou por valor monetários. Não obstante, a modelagem por meio de diferentes técnicas, produtos indesejáveis, transformação ou como correção dos custos operacionais. Diante dessa revisão, para estudos futuros, verifica-se a necessidade de comparação dos efeitos de técnicas distintas avaliando o impacto de cada uma separadamente. Não obstante, recomenda-se o estudo empírico entre as técnicas.

Ao regulador Brasileiro, recomenda-se analisar a adoção da qualidade inserida no processo de avaliação da eficiência operacional. Ademais, mediante os resultados encontrados, sugere-se que seja adotado como proxy do nível de qualidade o valor financeiro. Logo, para o valor financeiro, propõem-se a adoção da Parcela Variável – PV, parcela referente a indisponibilidade do sistema.

REFERÊNCIAS

ANEEL Nota Técnica nº 064/2006 – SRE/ANEEL

ANEEL Nota Técnica nº 068/2006 – SRE/ANEEL

ANEEL Nota Técnica nº 182/2007 – SRE/ANEEL

ANEEL Nota Técnica nº 274/2009 – SRE/ANEEL

ANEEL Nota Técnica nº 383/2012 – SRE/ANEEL

AGRELL, P J; BOGETOFT, P. **Regulatory benchmarking: models, analyses and applications**. DEA J (forthcoming), 2016.

AIGNER, Dennis; LOVELL, C A Knox; SCHMIDT, Peter. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**, v. 6, n. 1, p. 21–37, 1977.

AJODHIA, Virendra; HAKVOORT, Rudi. Economic regulation of quality in electricity distribution networks. **Utilities Policy**, v. 13, n. 3, p. 211–221, 2005.

AJODHIA, Virendra; PETROV, Konstantin; SCARSI, Gian Carlo. **Economic benchmarking and its applications**, 2004.

ALTOÉ, Andrey Vinícius et al. Technical efficiency and financial performance in the Brazilian distribution service operators. **Socio-Economic Planning Sciences**, 2017.

AROCENA, Pablo. Cost and quality gains from diversification and vertical integration in the electricity industry: A DEA approach. **Energy economics**, v. 30, n. 1, p. 39–58, 2008.

AZADEH, Ali; MOVAGHAR, Somayeh Ahmadi. An integrated multivariate approach for performance assessment and optimisation of electricity transmission systems. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 5, n. 2, p. 226–248, 2010.

BEESELEY, Michael E; LITTLECHILD, Stephen C. The regulation of privatized monopolies in the United Kingdom. **The RAND Journal of Economics**, p. 454–472, 1989.

BERNARDO, Natália. **Evolução da Gestão da Qualidade de Serviço de Energia Elétrica no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. , 2013

BOGETOFT, Peter; OTTO, Lars. Benchmarking with DEA, SFA, and R. New York, NY: **Springer New York**, 2012. v. 157. Disponível em: <<http://www.springer.com/series/6161>>. (International Series in Operations Research & Management Science).

CADENA, Angela et al. Efficiency analysis in electricity transmission utilities. **Journal of Industrial and Management Optimization**, v. 5, n. 2, p. 253–274, 2009.

CAMBINI, Carlo; CROCE, Annalisa; FUMAGALLI, Elena. Output-based incentive regulation in electricity distribution: Evidence from Italy. **Energy Economics**, v. 45, p. 205–216, 2014.

CHASE, Richard B; HAYES, Robert H. Beefing up operations in service firms. **Sloan Management Review**, v. 33, n. 1, p. 15, 1991.

COELLI, Tim et al. **Incorporating quality of service in a benchmarking model: An application to French electricity distribution operators**. available at: <http://www.gis-larsen.org/Pdf/Plagnet.pdf>, June, 2008.

COELLI, Tim J et al. Estimating the cost of improving quality in electricity distribution: A parametric distance function approach. **Energy Policy**, v. 53, p. 287–297, 2013.

COELLI, Timothy J et al. An introduction to efficiency and productivity analysis. **Springer Science & Business Media**, 2005.

CYRILLO, Ivo Ordonha. **Estabelecimento de metas de qualidade na distribuição de energia elétrica por otimização da rede e do nível tarifário**. Universidade de São Paulo. , 2011

DE ANDRADE, Gustavo Naciff; SANTANNA, Annibal Parracho. **Análise da evolução da eficiência de empresas de transmissão de energia elétrica**. 2011.

EMROUZNEJAD, Ali; PARKER, Barnett R; TAVARES, Gabriel. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. **Socio-economic planning sciences**, v. 42, n. 3, p. 151–157, 2008.

FØRSUND, Finn R. COMMENTS ON ANEEL'S MODELS. **Benchmarking using Data Envelopment Analysis-DEA in Regulating Electricity**, p. 77, 2015.

GABSZEWICZ, Jean J; WAUTHY, Xavier Y. Quality underprovision by a monopolist when quality is not costly. **Economics Letters**, v. 77, n. 1, p. 65–72, 2002.

GIANNAKIS, Dimitrios; JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Benchmarking and incentive regulation of quality of service: an application to the UK electricity distribution networks. **Energy Policy**, v. 33, n. 17, p. 2256–2271, 2005.

GRÖNROOS, Christian. Service management and marketing: Managing the moments of truth in service competition. **Jossey-Bass**, 1990.

GRÖNROOS, Christian; MARQUES, Arlete Simille. Marketing: gerenciamento e serviços. **Elsevier/Campus**, 2004.

GRÖNROOS, Christian; OJASALO, Katri. Service productivity: Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in services. **Journal of Business Research**, v. 57, n. 4, p. 414–423, 2004.

GROWITSCH, Christian et al. Social cost-efficient service quality—Integrating customer valuation in incentive regulation: Evidence from the case of Norway. **Energy Policy**, v. 38, n. 5, p. 2536–2544, 2010.

GROWITSCH, Christian; JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Quality of service, efficiency and scale in network industries: an analysis of European electricity distribution. **Applied Economics**, v. 41, n. 20, p. 2555–2570, 2009.

GROWITSCH, Christian; JAMASB, Tooraj; WETZEL, Heike. Efficiency effects of quality of service and environmental factors: experience from Norwegian electricity distribution. **EWI Working Paper**, 2010.

HANEY, Aoife Brophy; POLLITT, Michael G. Efficiency analysis of energy networks: An international survey of regulators. **Energy policy**, v. 37, n. 12, p. 5814–5830, 2009.

HANEY, Aoife Brophy; POLLITT, Michael G. International benchmarking of electricity transmission by regulators: A contrast between theory and practice? **Energy Policy**, v. 62, p. 267–281, 2013.

HEGGSET, J et al. Quality of supply in the deregulated Norwegian power system. **IEEE**, 2001.

JAMASB, Tooraj; OREA, Luis; POLLITT, Michael. Estimating the marginal cost of quality improvements: The case of the UK electricity distribution companies. **Energy Economics**, v. 34, n. 5, p. 1498–1506, 2012.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Benchmarking and regulation: international electricity experience. **Utilities policy**, v. 9, n. 3, p. 107–130, 2000.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. **Benchmarking and regulation of electricity transmission and distribution utilities: Lessons from international experience**. Faculty of Economics, University of Cambridge, 2001.

JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Incentive regulation of electricity distribution networks: Lessons of experience from Britain. **Energy Policy**, v. 35, n. 12, p. 6163–6187, 2007.

JOSKOW, Paul L. Incentive regulation in theory and practice: electricity distribution and transmission networks. *Economic Regulation and Its Reform: What Have We Learned?* **University of Chicago Press**, 2014. p. 291–344.

KORHONEN, Pekka J; SYRJÄNEN, Mikko J. Evaluation of cost efficiency in Finnish electricity distribution. **Annals of Operations Research**, v. 121, n. 1–4, p. 105–122, 2003.

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.

LANGSET, T et al. Quality dependent revenue caps—a model for quality of supply regulation. **IET**, 2001. p. 5.

LANGSET; TORE. Quality dependent revenues—incentive regulation of quality of supply. **Energy & Environment**, v. 13, n. 4, p. 749–761, 2002.

LLORCA, Manuel; OREA, Luis; POLLITT, Michael G. Efficiency and environmental factors in the US electricity transmission industry. **Energy Economics**, v. 55, p. 234–246, 2016.

LOPES, Ana Lúcia Miranda; LANZER, Edgar A. **DATA ENVELOPMENT ANALYSIS IN REGULATION OF DISTRIBUTION ENERGY COMPANIES**. Benchmarking using Data Envelopment Analysis-DEA in Regulating Electricity, p. 11, 2015.

LOVELOCK, Christopher. Services Marketing, **Pearson Education India**, 2011.

MEEUSEN, Wim; VAN DEN BROECK, Julien. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International economic review**, p. 435–444, 1977.

MIGUÉIS, Vera L et al. Productivity change and innovation in Norwegian electricity distribution companies. **Journal of the Operational Research Society**, v. 63, n. 7, p. 982–990, 2012.

PESSANHA, José Francisco Moreira et al. Avaliação dos custos operacionais eficientes das empresas de transmissão do setor elétrico Brasileiro: uma proposta de adaptação do modelo dea adotado pela ANEEL. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 3, p. 521–545, 2010.

SERRATO, Eduardo. **Fronteiras paramétricas de eficiência para o segmento de transmissão de energia elétrica no Brasil**. Universidade Federal de Brasília, 2009. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/2214/1/2006_Eduardo_Serrato.pdf>.

SILVA, Deisi Mara Ribeiro. What affects the efficiency of the operating costs of electrical energy distributors in BRAZIL?: an analysis using stochastic frontier. 2015.

SPENCE, A Michael. Monopoly, quality, and regulation. **The Bell Journal of Economics**, p. 417–429, 1975.

TANURE, J E Pd S; TAHAN, Carlos Marcio Vieira; LIMA, J W Marangon. Establishing quality performance of distribution companies based on yardstick regulation. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 21, n. 3, p. 1148–1153, 2006.

TER-MARTIROSYAN, Anna; KWOKA, John. Incentive regulation, service quality, and standards in US electricity distribution. **Journal of Regulatory Economics**, v. 38, n. 3, p. 258–273, 2010.

THANASSOULIS, Emmanuel. DEA and its use in the regulation of water companies. **European Journal of Operational Research**, v. 127, n. 1, p. 1–13, 2000.

VOGELSANG, Ingo. Electricity transmission pricing and performance-based regulation. **The Energy Journal**, p. 97–126, 2006.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002.

XAVIER, S S et al. How Efficient are the Brazilian Electricity Distribution Companies? **Journal of Control, Automation and Electrical Systems**, v. 26, n. 3, p. 283–296, 2015.

YU, William; JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Does weather explain cost and quality performance? An analysis of UK electricity distribution companies. **Energy Policy**, v. 37, n. 11, p. 4177–4188, 2009a.

YU, William; JAMASB, Tooraj; POLLITT, Michael. Willingness-to-pay for quality of service: an application to efficiency analysis of the UK electricity distribution utilities. **The Energy Journal**, p. 1–48, 2009b.

Recebido em 27/09/2018

Publicado em 21/12/2018