

Indicadores de qualidade do fornecimento de energia no Brasil

RESUMO

O objetivo deste estudo foi identificar se há relação entre custos operacionais, investimentos, satisfação do consumidor e a qualidade de fornecimento de energia no Brasil. A amostra foi composta por concessionárias do setor de distribuição de energia no Brasil, no período de 2010 até 2016. Os dados foram coletados a partir da ANEEL e a execução dos testes aconteceu por dados em painel estático e dinâmico. Os resultados por GMM System apontam que a melhoria da qualidade do fornecimento de energia advém da continuidade da redução das taxas de variação de DEC e FEC, em que as taxas de variação desses indicadores (ΔDEC , ΔFEC) carregam memória de períodos anteriores, sendo que uma redução dessas taxas num determinado período influencia para que a redução seja mantida no próximo período, o que melhora a qualidade do fornecimento de energia. Os investimentos melhoram a qualidade do fornecimento de energia em termos de redução da taxa de frequência das interrupções do fornecimento de energia (ΔFEC) e de redução da taxa de frequência de reclamações dos consumidores (ΔFER). O índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) mostra que a percepção geral da satisfação do cliente proporciona a melhoria da qualidade do fornecimento de energia em termos de ΔDEC , ΔDER e ΔFER .

PALAVRAS-CHAVE: qualidade de fornecimento de energia, custos operacionais, investimentos, satisfação do consumidor.

Cláudia Olímpia Neves Mamede Maestri
claudiamamede@yahoo.com.br
Universidade Federal de Uberlândia,
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

Maria Elisabeth Moreira Carvalho Andrade
maria.elisabeth@ufu.br
Universidade Federal de Uberlândia,
Uberlândia, Minas Gerais, Brasil

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1980 houve uma onda de reformas na estrutura do setor energético, tanto em países desenvolvidos quanto em emergentes, com o objetivo de melhorar a eficiência do setor (JAMASB; POLLITT, 2000). Uma das reformas diz respeito à regulação de incentivos que busca estimular as empresas a se concentrarem nas despesas operacionais e de capital (ambos insumos) em busca de reduzirem custos, inovarem, melhorarem a qualidade do serviço e passarem ganhos de eficiência aos consumidores (CAMBINI; FUMAGALLI; RONDI, 2016; JOSKOW, 2006; JOSKOW; SCHMALENSEE, 1986; HANEY; POLLITT, 2009; HANEY; POLLIT, 2011; REICHL et al., 2008).

No Brasil a reestruturação do setor energético ocorreu a partir da década de 1990 com privatização de muitas empresas em todo o país (ANDRADE; MARTINS, 2017; BARROS et al., 2009), principalmente a partir de 1993 (ARANGO; DYNER; LARSEN, 2006). Nesse ambiente de abertura da competitividade no setor energético surge a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - a partir da Lei 9.427/96 e do Decreto 2.335/97 - com o objetivo de regular e fiscalizar o setor elétrico brasileiro (ANEEL, 2018a).

Assim, a qualidade dos serviços prestados de distribuição de energia elétrica é monitorada pela ANEEL a partir de indicadores da distribuição, dentre os quais ressaltam-se os indicadores de continuidade como DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e os indicadores associados ao tratamento das reclamações, como DER (Duração Equivalente de Reclamação por Unidade Consumidora) e FER (Frequência Equivalente de Reclamação a cada mil Unidades Consumidoras) (ANEEL, 2018b). Destaca-se também o índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) que evidencia a percepção geral da satisfação do cliente em termos de qualidade do serviço, valor, satisfação geral e confiança no sistema (ANEEL, 2018c).

Nesse sentido, com a regulação de incentivos, custos operacionais (OPEX) e custos de capital (CAPEX) podem estar relacionados à qualidade do fornecimento de energia, mas ainda não se tem uma congruência de resultados sobre o Brasil (ANDRADE; SUZART; MARTINS, 2014; CORTON; ZIMMERMANN; PHILLIPS, 2016; ZORZO et al., 2017). De forma geral, apesar dos esforços que o governo brasileiro empreendeu em alguns programas industriais de eficiência energética desde a década de 1980, os resultados obtidos ainda são limitados (SANTANA; BAJAY, 2016).

Sobre esse aspecto, é importante estudar o Brasil visto ser um dos maiores países da América do Sul em termos de capacidade instalada de energia e composição tecnológica, ser mais jovem quanto à regulamentação de políticas, apresentar maior produto interno bruto e pela necessidade de manutenção de políticas públicas para evitar desabastecimento de energia, como o ocorrido na crise de abastecimento em 2001 com preços e escassez muito altos (ARANGO; DYNER; LARSEN, 2006).

Destaca-se ainda que os avanços na eficiência energética na indústria brasileira podem possibilitar economia de energia, benefícios ambientais e melhor competitividade, o que colocaria à vista a efetividade de políticas do órgão do governo responsável pela elaboração das principais políticas energéticas no Brasil:

o Conselho Nacional de Política Energética (SANTANA; BAJAY, 2016). Além disso, a eficiência dentro do setor energético pode resultar em um serviço prestado com maior qualidade e menores custos, o que poderia reduzir a tarifa de energia fazendo com que os consumidores também fossem beneficiados (TSCHAFFON; MEZA, 2014).

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar se há relação entre custos operacionais, investimentos, satisfação do consumidor e qualidade de fornecimento de energia no Brasil. Este estudo avança em relação a outros realizados sobre o Brasil ao inserir outros indicadores de qualidade (DER, FER, IASC) e também por aplicar o método dos momentos generalizados que considera a endogeneidade do modelo, tanto na parte das variáveis explicativas quanto das variáveis dependentes. Assim, espera-se contribuir com pesquisas sobre a implementação prática de mecanismos regulatórios baseados na relação entre incentivos (com foco na qualidade do fornecimento de energia) e as decisões sobre despesas operacionais e de capital em países emergentes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os benchmarkings para qualidade de serviços de fornecimento de energia são voltados principalmente para estabelecimento de padrões mínimos como referência para comparação com desempenho real (JAMASB; POLLITT, 2000), além de terem o potencial de reduzir a assimetria de informação entre o regulador e a empresa (JAMASB; POLLITT, 2007). No Brasil, alguns benchmarkings para qualidade do fornecimento de energia são os indicadores DEC e FEC que possuem os valores limites estabelecidos pela regulamentação da ANEEL a fim de exigir que as distribuidoras mantenham um padrão, sendo que, após 2010 foram implementados também os indicadores DER e FER (ANEEL, 2018b).

Além desses, desde 2002, a ANEEL incentiva a melhoria dos serviços de fornecimento de energia elétrica através da concessão anual do Prêmio “Índice Aneel de Satisfação do Consumidor” (IASC). Esse indicador analisa qualidade percebida; valor percebido (relação custo-benefício); satisfação global; confiança no fornecedor e fidelidade, a partir de uma pesquisa amostral realizada com consumidores de todas as distribuidoras, concessionárias e permissionárias, que atuam no território nacional (ANEEL, 2018c).

O OPEX e CAPEX são benchmarkings regulatórios, respectivamente, para despesas operacionais e para investimentos de capital, que originaram da regulação por incentivo (GIANNAKIS; JAMASB; POLLITT, 2005; HANEY; POLLITT, 2013; YU; JAMASB; POLLITT, 2009). A regulação por incentivo decompõe os lucros da empresa a partir de seus custos ao estabelecer um preço teto (JAMASB; POLLITT, 2000), e teoricamente, o nível ótimo de qualidade é encontrado quando os custos marginais de melhoria da qualidade se igualam ao valor econômico das melhorias de qualidade (JAMASB; POLLITT, 2007). Assim, existe a preocupação sobre se a redução de custos pode ser obtida em detrimento da qualidade do serviço e, para acompanhar tal possível relação, os países instituem indicadores de qualidade de fornecimento de energia. Por exemplo, no Brasil alguns indicadores utilizados são DEC e FEC (internacionais) e DER e FER (nacionais).

Sobre estudos acerca da relação entre o nível de investimentos e a qualidade do fornecimento de energia, internacionalmente um dos estudos pioneiros foi o

de Ter-Martirosyan (2003). Esta autora estudou alguns reflexos da regulamentação por incentivos nas empresas de redes de fornecimento de energia nos EUA. A pesquisadora identificou que quando nenhum padrão de qualidade é definido há piora da qualidade do fornecimento de energia provavelmente devido à redução das despesas operacionais e de manutenção. Porém, quando são implementados benchmarkings de qualidade há diminuição da duração média das interrupções por cliente, provavelmente porque se os fornecedores de energia não investirem em melhorias e eficiência, ocorrerão penalidades aos mesmos, como pagamento de multas por violar normas.

Cambini, Croce e Fumagalli (2013) estudaram, de 2004 a 2009, a maior distribuidora de energia elétrica na Itália responsável por mais de 85% da energia entregue no país, e encontraram que a taxa de investimento em ativos e o nível de despesas operacionais têm um efeito positivo na melhoria da qualidade do fornecimento de energia. Ou seja, maiores taxas de investimentos e maiores níveis de despesas operacionais levam à redução da duração de interrupção de energia e redução da frequência das interrupções. Além disso, os autores encontraram que os gastos operacionais podem impactar de forma diferente a qualidade de fornecimento do próximo período, mas o nível de qualidade permanece estável se nenhum investimento adicional for implementado. De forma geral, ao aumentar os ativos fixos e equipamentos disponíveis e/ou os gastos operacionais agregados, as empresas conseguem melhorar a qualidade do fornecimento de energia.

Esse estudo de Cambini, Croce e Fumagalli (2013) foi ampliado por Cambini, Fumagalli e Rondi (2016) que também identificaram que os ativos físicos e os custos operacionais afetam positivamente a qualidade de fornecimento de energia. A informação adicional encontrada é que quando os gastos são corretivos (custos operacionais relacionados à necessidade de responder a interrupções no serviço) a qualidade do serviço é melhorada. Porém, durante o período de regulação de 2008 e 2009 marcado pela alteração tanto na regulação de preço quanto na de qualidade, os gastos são preventivos e isso piora a qualidade do serviço.

Sobre o Brasil, Andrade, Suzart e Martins (2014) estudaram 21 empresas entre 1995 a 2013 com objetivo de identificar se os gastos operacionais e de capital possuem relação com o aumento da qualidade das distribuidoras de energia. Identificaram que OPEX e CAPEX estão relacionados positivamente à qualidade do fornecimento de energia, ou seja, maiores gastos operacionais e maiores gastos com investimentos proporcionam maior qualidade no fornecimento de energia no período “t”. Porém, no período “t-1” essa relação se inverte, pois maiores gastos operacionais e maiores investimentos mostram uma redução na qualidade do fornecimento de energia no próximo período, o que pode ser devido a uma persistência de piora na qualidade e isso acaba exigindo maiores gastos e investimentos para recuperar a qualidade.

Corton, Zimmermann e Phillips (2016) sugerem que maiores interrupções de fornecimento de energia aumentam os custos operacionais das concessionárias, porém, não conseguiram confirmar essa hipótese ao estudarem o período de 2010 a 2013. Zorzo et al. (2017) destacam que empresas com menores frequências e tempos de interrupção de energia apresentam menores perdas de receitas e economias (redução) em gastos para solucionar problemas.

Com foco no consumidor residencial, Borges e Lima (2013) apontam que a qualidade do fornecimento de energia – em termos de duração e frequência das interrupções, atendimento telefônico e consequente satisfação/insatisfação do consumidor – possui percepção negativa de qualidade de consumidores nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador. Entre as dimensões “atendimento telefônico”, “tempo de resolução tanto por telefone quanto em campo” e “fornecimento de energia tanto por duração quanto por frequência das paradas” de energia elétrica, esta última foi detentora do maior indicador médio de insatisfação (0,60), devido às altas durações e frequências de interrupções no fornecimento de energia.

Já quanto aos consumidores corporativos, Barros Filho et al. (2009) avaliaram a percepção da qualidade do serviço da CELPE, uma distribuidora de energia em Pernambuco. Os autores identificaram doze fatores críticos através dos quais esses clientes percebem a qualidade dos serviços prestados pela empresa. Dentre os quais destaca-se (a) minimização de ocorrências de interrupção na fonte de alimentação; (b) minimização de ocorrências de variação de tensão; (c) manutenção preventiva na rede elétrica; (d) cumprimento do prazo para pagamento de indenizações; (e) velocidade no restabelecimento da fonte de alimentação, sendo este último o atributo mais importante na visão dos clientes corporativos. De forma geral, Barros Filho et al. (2009) concluem que a CELPE está ciente do nível de satisfação e das preferências dos clientes, e esta proximidade melhora o relacionamento da companhia com seus clientes corporativos.

A partir dos estudos apresentados, pretende-se verificar se a qualidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil pode ser melhorada a partir do aumento de custos operacionais, do aumento de investimentos e do aumento da satisfação do consumidor. Assim, a hipótese do presente estudo é que no ambiente regulatório brasileiro a qualidade do fornecimento de energia está relacionada com os custos operacionais (OPEX), com os investimentos (CAPEX) e com a satisfação dos consumidores (IASC).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Amostra e variáveis

A amostra do trabalho foi composta por empresas brasileiras concessionárias do setor de distribuição de energia. Os dados foram coletados na base de dados da ANEEL no período de 2010 até 2016. O período inicial deve-se ao fato de que em 2010 ocorreu a implementação dos indicadores de qualidade de energia elétrica DER e FER e 2016 por ser o período final com disponibilidade de dados de demonstrações financeiras no momento de execução da pesquisa.

A partir da disponibilidade de dados na base ANEEL, a amostra em análise foi composta por 32 empresas, abrangendo o período entre 2010 a 2016, compondo um painel balanceado com 224 observações, conforme exposto no quadro 1.

QUADRO 1 – Composição da amostra por empresas.

AES-SUL (atual RGE SUL)	CELTINS	COELBA	ELEKTRO
AMPLA	CEMAR	COELCE	ELETROPAULO
BANDEIRANTE	CEMAT	COPEL-Distribuição	ENERGISA MG
CAIUÁ-D (atual Energia Sul Sudeste)	CEMIG	COSERN	ENERGISA SE
CEEE-D	CEPISA	CPFL Paulista	ENERSUL
CELESC-Distribuição	CFLO	CPFL Piratininga	ESCELSA
CELPA	CNEE	EDEVP	LIGHT
CELPE	COCEL	EEB	RIO GRANDE

Para este conjunto de empresas foram obtidas as seguintes variáveis, conforme exposto no quadro 2:

QUADRO 2 – Descrição das variáveis. Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	Descrição da variável	Relação esperada	Estudos base
ΔDEC	Taxa de variação de DEC contempla $[DEC(t)-DEC(t-1)/DEC(t-1)]$. Sendo que DEC é a duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (em horas) que representa o intervalo de tempo que, em média, houve descontinuidade de distribuição de energia por unidade consumidora.	VD1	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016); Corton, Zimmermann e Phillips (2016); Ter-Martirosyan (2003); Tschaffon & Meza (2014)
ΔFEC	Taxa de variação de FEC contempla $[FEC(t)-FEC(t-1)/FEC(t-1)]$. FEC é a frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora que compreende o número de vezes que, em média, houve descontinuidade de distribuição de energia por unidade consumidora.	VD2	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016); Corton, Zimmermann e Phillips (2016); Ter-Martirosyan (2003); Tschaffon & Meza (2014)
ΔDER	Taxa de variação de DER contempla $[DER(t)-DER(t-1)/DER(t-1)]$. DER é a duração equivalente de reclamação por unidade consumidora (em horas).	VD3	Barros Filho et al. (2009); Borges e Lima (2013)
ΔFER	Taxa de variação de FER contempla $[FER(t)-FER(t-1)/FER(t-1)]$. FER é a frequência equivalente de reclamação a cada mil unidades consumidoras, ou seja, o número de vezes em média que houve reclamação no período.	VD4	Barros Filho et al. (2009); Borges e Lima (2013)

...continuação

QUADRO 2 – Descrição das variáveis. Fonte: dados da pesquisa

Variáveis	Descrição da variável	Relação esperada	Estudos base
OPEX	Logaritmo natural do total dos gastos operacionais (pessoal, serviços de terceiros, materiais e outros custos e despesas operacionais, etc.) das concessionárias no final do exercício (t).	(-)	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016); Corton, Zimmermann e Phillips (2016); Giannakis, Jamasb e Pollitt (2005); Ter-Martirosyan (2003); Tschaffon & Meza (2014)
OPEX _(t-1)	Logaritmo natural do total dos gastos operacionais (pessoal, serviços de terceiros, materiais e outros custos e despesas operacionais, etc.) das concessionárias no final do exercício anterior (t-1).	(-)	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016); Corton, Zimmermann e Phillips (2016)
CAPEX	Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício (t) das concessionárias sendo utilizado como proxy da medida de investimento, considerado como despesas de capital (CAPEX).	(-)	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016); Giannakis, Jamasb e Pollitt (2005)
CAPEX _(t-1)	Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício anterior (t-1) das concessionárias sendo utilizado como proxy da medida de investimento, considerado como despesas de capital (CAPEX).	(-)	*Andrade, Suzart e Martins (2014); Cambini, Croce e Fumagalli (2013); Cambini, Fumagalli e Rondi (2016)
IASC	Índice ANEEL de satisfação do consumidor.	(-)	Barros Filho et al. (2009); Borges e Lima (2013); Tschaffon & Meza (2014)

Notas: (VD): Variável dependente, sendo que as variáveis dependentes mostram que uma variação positiva das taxas dos indicadores significa piora na qualidade do fornecimento de energia, e uma variação negativa das taxas dos indicadores significa melhora da qualidade do fornecimento de energia. (-) espera-se que a referida variável tenha relação negativa com a variável dependente. (*) Os referidos autores estudaram estas variáveis exatamente como foram descritas. Os demais autores trabalharam com estas variáveis em seus estudos, mas não mensuram as variáveis conforme descrição no quadro 2.

Sobre as variáveis do estudo: (a) a qualidade dos serviços prestados compreende a avaliação da duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (DEC) e pela frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (FEC); (b) a qualidade do tratamento das reclamações compreende o acompanhamento da duração equivalente de reclamação (DER) e a frequência equivalente de reclamação a cada mil unidades consumidoras (FER); (c) os custos operacionais passados (t-1) podem aumentar os custos atuais (t), sendo que Corton, Zimmermann e Phillips (2016) apontam que um aumento de 1% nos custos passados aumenta os custos atuais em 0,4%, o que revela a importância dos

incentivos de custo em vigor; (d) os investimentos passados podem aumentar ou reduzir os custos atuais e isso pode interferir na qualidade do fornecimento de energia; (e) a satisfação dos consumidores pode contribuir para a melhoria da qualidade do fornecimento de energia.

Espera-se que ao longo do tempo, as concessionárias adaptem suas práticas operacionais e de investimento em busca de melhorias na qualidade de fornecimento de energia elétrica. Assim, espera-se que a qualidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil possa ser melhorada a partir do aumento de custos operacionais, do aumento de investimentos e do aumento da satisfação do consumidor. No quadro 2, a relação esperada entre as variáveis têm sinal negativo pois as variáveis dependentes mostram que uma variação positiva das taxas dos indicadores significa piora na qualidade do fornecimento de energia, e uma variação negativa das taxas dos indicadores significa melhora da qualidade do fornecimento de energia.

3.2 Modelo econométrico

Inicialmente os modelos propostos foram executados a partir de dados em painel estático que abrangem dimensões de cortes transversais e de séries temporais, em que a mesma amostra é observada ao longo do tempo. Na análise econométrica de dados em painel, destaca-se que as observações não são independentemente distribuídas ao longo do tempo pois atributos constantes no tempo podem não ser observados nas unidades de estudo. Assim, tem-se a aplicação de dados em painel com efeitos fixos quando qualquer variável explicativa é constante ao longo do tempo e com efeitos aleatórios quando acredita-se que o efeito não observado é não correlacionado com todas as variáveis explicativas (WOOLDRIDGE, 2010). Para selecionar o tipo de modelo de dados em painel mais adequado aos dados foram feitos testes de Chow, Breusch-Pagan e Hausman.

No que se refere à estrutura das variáveis nos modelos estáticos de dados em painel, a seguir estão as equações 1, 2, 3 e 4 que permitiram analisar a relação entre custos operacionais, investimentos e satisfação do consumidor com a qualidade do fornecimento de energia, cujos significados das siglas das variáveis (e forma de mensuração) estão disponíveis no Quadro 2.

$$\Delta DEC_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEX_{i,t} + \beta_2 OPEX_{i,t-1} + \beta_3 CAPEX_{i,t} + \beta_4 CAPEX_{i,t-1} + \beta_5 IASC + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$\Delta FEC_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEX_{i,t} + \beta_2 OPEX_{i,t-1} + \beta_3 CAPEX_{i,t} + \beta_4 CAPEX_{i,t-1} + \beta_5 IASC + \epsilon_{i,t} \quad (2)$$

$$\Delta DER_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEX_{i,t} + \beta_2 OPEX_{i,t-1} + \beta_3 CAPEX_{i,t} + \beta_4 CAPEX_{i,t-1} + \beta_5 IASC + \epsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\Delta FER_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 OPEX_{i,t} + \beta_2 OPEX_{i,t-1} + \beta_3 CAPEX_{i,t} + \beta_4 CAPEX_{i,t-1} + \beta_5 IASC + \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

Em seguida foi utilizado dados em painel dinâmico a partir do método Generalized Method of Moments (GMM) que não apenas leva em consideração a dimensão da série temporal dos dados, também lida com efeitos específicos de

unidades não observáveis. O estimador GMM implementa uma matriz de pesos que dá maior importância – no que se refere ao cálculo dos parâmetros – às condições de momento, médias amostrais, menor variância, o que torna os estimadores mais robustos e parte do pressuposto de que os instrumentos utilizados são exógenos, ou seja, que não têm correlação com o termo de erro (BALTAGI, 2008).

Ademais, tem-se o modelo GMM System (ARELLANO; BOVER, 1995; BLUNDELL; BOVER, 1998) que trata todas as variáveis explicativas como endógenas, ou seja, este estimador instrumentaliza tanto as variáveis independentes que não são estritamente exógenas quanto as dependentes, ao usar as variáveis em nível defasadas (não-correlacionadas tanto com o passado quanto o presente) observando também casos de heteroscedasticidade e autocorrelação entre as variáveis explicativas. Assim, utilizou-se o modelo GMM System no presente estudo pois supõe-se que as mudanças na própria qualidade de fornecimento de energia, nos investimentos, nos custos e na satisfação do consumidor (e não o próprio nível dessas variáveis) são relevantes para explicar a qualidade de fornecimento de energia atual. Além disso, outros pesquisadores também utilizaram GMM System para estudar o setor elétrico, por exemplo, Cambini, Croce e Fumagalli (2013), Cambini, Fumagalli e Rondi (2016) e Corton, Zimmermann e Phillips (2016).

No que se refere à estrutura das variáveis nos modelos dinâmicos de dados em painel, a seguir estão as equações 5, 6, 7 e 8 que permitiram analisar a relação entre a variável dependente defasada, custos operacionais, investimentos e satisfação do consumidor com a qualidade do fornecimento de energia.

$$\Delta DEC_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \Delta DEC_{i,t-1} + \beta_2 OPEX_{i,t} + \beta_3 OPEX_{i,t-1} + \beta_4 CAPEX_{i,t} + \beta_5 CAPEX_{i,t-1} + \beta_6 IASC + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

$$\Delta FEC_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \Delta FEC_{i,t-1} + \beta_2 OPEX_{i,t} + \beta_3 OPEX_{i,t-1} + \beta_4 CAPEX_{i,t} + \beta_5 CAPEX_{i,t-1} + \beta_6 IASC + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$\Delta DER_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \Delta DER_{i,t-1} + \beta_2 OPEX_{i,t} + \beta_3 OPEX_{i,t-1} + \beta_4 CAPEX_{i,t} + \beta_5 CAPEX_{i,t-1} + \beta_6 IASC + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

$$\Delta FER_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \Delta FER_{i,t-1} + \beta_2 OPEX_{i,t} + \beta_3 OPEX_{i,t-1} + \beta_4 CAPEX_{i,t} + \beta_5 CAPEX_{i,t-1} + \beta_6 IASC + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

É importante ainda destacar que todos os modelos (1 a 8) incluem dummies temporais para controle de efeitos ligados ao ano. Além disso, buscou-se identificar possíveis outliers e fazer o tratamento correspondente a eles, usando a técnica de winsorização. Foram feitos testes para diagnosticar problemas de heteroscedasticidade, autocorrelação, validade de instrumentos, controle da proliferação de instrumentos e raiz unitária, cujos valores são reportados nos resultados do presente estudo. Nos apêndices A e B estão a estatística descritiva das variáveis e o teste de raiz unitária. O software usado para execução dos dados e testes foi o Stata.

4 RESULTADOS

Inicialmente são reportados os resultados dos testes de dados em painel estático para as equações 1, 2, 3 e 4, cujos resultados seguem na tabela 1.

TABELA 1 – resultados estimados a partir de dados em painel estático

Modelos	ΔDEC	ΔFEC		ΔDER	ΔFER	
OPEX	-0,0497 (0,0411)	-0,0678 (0,0367)	*	-0,1981 (0,1655)	0,0137 (0,0649)	
OPEX (t-1)	0,0642 (0,0413)	0,0851 (0,0370)	***	0,1367 (0,1654)	0,0726 (0,0649)	
CAPEX	-0,0220 (0,1131)	-0,1322 (0,1012)		0,1240 (0,4721)	0,3570 (0,1854)	**
CAPEX (t-1)	-0,0156 (0,1118)	0,0951 (0,1000)		-0,0574 (0,4640)	-0,4845 (0,1824)	***
IASC	-0,0014 (0,0021)	-0,0006 (0,0019)		-0,0132 (0,00899)	-0,0064 (0,0034)	*
Constante	0,4991 (0,2449)	** 0,3951 (0,2191)	*	0,6948 (1,1224)	1,0236 (0,4326)	**
Autocorrelação	1,3000	14,162	***	0,4660	0,8300	
Heterocedasticidade	68522,51	*** 28765,20	***	1110,85	*** 820,15	***
Prob > F - Efeito Fixo	0,9859	0,8678		0,4399	0,9462	
Prob > chibar2 - Efeito Aleatório	1,0000	1,0000		0,4381	1,0000	
Prob > Chi2 - Hausman	0,2794	0,1683		0,5142	0,4716	
Número de observações	160	160		140	140	

Notas: ΔDEC = Taxa de variação de DEC; ΔFEC = Taxa de variação de FEC; ΔDER = Taxa de variação de DER; ΔFER = Taxa de variação de FER; OPEX = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício (t); OPEX(t-1) = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício anterior (t-1); CAPEX = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício (t); CAPEX(t-1) = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício anterior (t-1); IASC = Índice ANEEL de satisfação do consumidor. Todos os modelos estimados incluem dummies temporais. Teste de Woodridge para autocorrelação evidenciou que há presença de autocorrelação no modelo de ΔFEC . Teste de Wald para heterocedasticidade evidenciou que todos os quatro modelos apresentam erros com variância não constante (heterocedásticos), e para corrigir tal problema os testes foram executados com erros padrão robustos. Teste Hausman evidenciou que o modelo de dados em painel mais adequado é o de Efeitos Aleatórios. Asteriscos indicam significância estatística nos níveis de 10% (*), 5% (**) e 1% (***).

Ao estimar as relações entre custos operacionais, investimentos, satisfação do consumidor e a qualidade do fornecimento de energia elétrica no Brasil, a partir do modelo de dados em painel estático com efeitos aleatórios, visualiza-se que apenas a variação das taxas dos indicadores de qualidade voltados para frequência (ΔFEC e ΔFER) é explicada por alguns custos (Tabela 1).

A taxa de variação da frequência das interrupções do fornecimento de energia (ΔFEC) é influenciada negativamente pelos custos operacionais do ano, o que evidencia que um aumento de 1% nos custos operacionais (OPEX) leva a uma diminuição de 0,0678% da taxa de variação da frequência das interrupções, ou seja, um aumento nos custos melhora a qualidade do fornecimento de energia ao

reduzir a taxa de frequência das interrupções de energia. Porém, o aumento de 1% nos custos operacionais do ano anterior (OPEX t-1) leva a um aumento de 0,0851% na taxa de variação de frequência das interrupções do fornecimento de energia (Δ FEC). Isso mostra que o aumento dos custos operacionais causa aumento na qualidade dos serviços prestados no mesmo ano, mas não necessariamente resulta em aumento da qualidade para o ano seguinte, o que corrobora com o estudo de Andrade, Suzart e Martins (2014).

A taxa de variação da frequência das reclamações (Δ FER) é influenciada positivamente pelos investimentos do ano (CAPEX), em que o aumento de 1% nos investimentos leva ao aumento de 0,3570% na taxa de variação da frequência das reclamações, o que piora a qualidade do fornecimento de energia. Porém, no ano anterior (CAPEX (t-1)) a relação é negativa (-0,4845), evidenciando que o aumento nos investimentos causa aumento da taxa de variação da frequência de reclamações no mesmo ano, mas resulta em redução da taxa de variação da frequência de reclamações no próximo ano. Provavelmente isso ocorra porque podemos os investimentos são de longo prazo que comece a apresentar resultados positivos. Além da influência dos investimentos, a taxa de variação da frequência das reclamações (Δ FER) também é influenciada pelo índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC), sendo que um aumento de 1% na satisfação do consumidor gera uma redução de 0,0064% na taxa de variação de frequência de reclamações, o que evidencia melhoria na qualidade do fornecimento de energia.

Em sequência foram realizados os testes de dados em painel dinâmico a partir do método GMM System pois supõe-se que as mudanças na própria qualidade de fornecimento de energia, nos custos, nos investimentos e na satisfação do consumidor (e não o próprio nível dessas variáveis) são relevantes para explicar a qualidade de fornecimento de energia atual. Na tabela 2 são reportados os resultados dos testes de dados em painel dinâmico para as equações 5, 6, 7 e 8.

TABELA 2 – resultados estimados a partir de dados em painel dinâmico (GMM System)

Modelos	Δ DEC	Δ FEC	Δ DER	Δ FER
Δ DEC (t-1)	-0,8180 *** (0,2938)			
Δ FEC (t-1)		-0,6826 *** (0,2140)		
Δ DER (t-1)			0,0435 (0,2691)	
Δ FER (t-1)				-0,1314 (0,1150)
OPEX	-0,0396 (0,1051)	0,0147 (0,1066)	-0,2896 (0,5106)	0,2282 (0,1518)
OPEX (t-1)	-0,0182 (0,1074)	-0,0939 (0,0835)	0,6685 (0,4411)	0,1363 (0,1189)
CAPEX	-0,0480 (0,1692)	-0,2631 *** (0,1099)	-0,5712 (0,8651)	0,2447 (0,2530)
CAPEX (t-1)	-0,0169 (0,1685)	0,1941 * (0,1077)	0,5822 (0,6660)	-0,3772 * (0,2168)
IASC	-0,0043 * (0,0024)	-0,0007 (0,0104)	-0,0346 ** (0,0182)	-0,0255 *** (0,0094)
AR(2) (Pr > z)	0,1720	0,3100	0,3110	0,321
Hansen (Prob>chi2)	0,2370	0,5010	0,1770	0,545

Hansen-Difference (Prob>chi2)	0,5730	0,6420	0,2330	0,427
Número de empresas	32	32	28	28
Número de instrumentos	22	26	22	26
Número de observações	160	160	140	140

Notas: ΔDEC = Taxa de variação de DEC; ΔFEC = Taxa de variação de FEC; ΔDER = Taxa de variação de DER; ΔFER = Taxa de variação de FER; OPEX = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício (t); OPEX(t-1) = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício anterior (t-1); CAPEX = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício (t); CAPEX(t-1) = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício anterior (t-1); IASC = Índice ANEEL de satisfação do consumidor. Todos os modelos estimados incluem dummies temporais. Utilização do modelo de two-step system Generalized Method of Moments; erros-padrão robustos para correção de heterocedasticidade estão entre parênteses; AR (2): Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: teste de autocorrelação de ordem 2 (H0: ausência de autocorrelação); Hansen: teste de validade de instrumentos com restrição de colapse (H0: conjunto de instrumentos é válido), teste com valor minimizado da função critério GMM Two-Step e é robusto à presença de heterocedasticidade e autocorrelação; Hansen-Difference: evidencia o controle da proliferação de instrumentos (H0: exogeneidade de instrumentos). Asteriscos indicam significância estatística nos níveis de 10% (*), 5% (**) e 1% (***). Os resultados dos testes de raiz unitária das variáveis estão disponíveis no apêndice A.

No primeiro modelo exposto na Tabela 2, cuja variável dependente foi ΔDEC , as variáveis $\Delta DEC(t-1)$ e IASC apresentaram coeficientes significativos aos níveis de 1% e 10%, respectivamente. Sobre a variável $\Delta DEC(t-1)$, esse resultado aponta que a taxa de variação da duração da interrupção de energia (ΔDEC) carrega informação do período anterior, pois 1% de $\Delta DEC(t-1)$ (variação da taxa de duração da interrupção de energia no ano anterior) impacta negativamente 0,8180% a ΔDEC . Isto é, a qualidade do fornecimento de energia em termos de redução da variação da taxa de duração da interrupção de energia sofre influência da própria taxa defasada, sendo que uma redução dessa taxa num determinado período influencia para que a redução da taxa seja mantida no próximo período, o que dá continuidade à melhora da qualidade do fornecimento de energia. Como a maioria das 32 empresas estudadas entre 2010 e 2016 apresentou DEC abaixo do limite estabelecido pela ANEEL (estatística descritiva no apêndice A), provavelmente essa manutenção da redução da taxa de variação de DEC ocorra devido à concessionária estar em busca de cumprimento de metas de DEC abaixo do limite estabelecido pela ANEEL, o que mostra o empenho da concessionária em buscar melhorias para a qualidade do fornecimento de energia. Sobre a variável IASC, visualiza-se que o aumento de 1% no índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) reduz a ΔDEC em 0,0043%, o que evidencia que a percepção geral da satisfação do cliente em termos de qualidade do serviço, valor, satisfação geral e confiança no sistema instiga a melhora da qualidade do fornecimento de energia.

No segundo modelo exposto na Tabela 2, cuja variável dependente foi ΔFEC , as variáveis $\Delta FEC(t-1)$, CAPEX e CAPEX(t-1) apresentaram coeficientes significativos aos níveis de 1%, 1% e 10%, respectivamente. A variável $\Delta FEC(t-1)$ evidencia que a ΔFEC (taxa de variação da frequência da interrupção do fornecimento de energia) carrega informação do período anterior, pois 1% de $\Delta FEC(t-1)$ (variação da taxa de frequência da interrupção do fornecimento de energia no ano anterior) impacta negativamente 0,6826% a ΔFEC . Isto é, a qualidade do fornecimento de energia

em termos de redução da taxa de variação de frequência da interrupção de energia sofre influência da própria taxa defasada, sendo que uma redução dessa taxa num determinado período influencia para que a redução da taxa seja mantida no próximo período, o que dá continuidade à melhora da qualidade do fornecimento de energia. O CAPEX mostra que o aumento de 1% no nível de investimentos impacta -0,2631% a variação da taxa de frequência da interrupção do fornecimento de energia. Isto é, os investimentos do período proporcionam redução da Δ FEC, o que gera melhoria na qualidade do fornecimento de energia, o que corrobora com o estudo de Cambini, Croce e Fumagalli (2013). Já o CAPEX(t-1) evidencia que os investimentos do período anterior proporcionam aumento da Δ FEC. Assim, é possível entender que o aumento no nível de investimentos causa aumento na qualidade do fornecimento de energia no mesmo ano, entretanto, não necessariamente resulta em aumento no ano seguinte, o que corrobora com o estudo de Andrade, Suzart e Martins (2014).

No terceiro modelo exposto na Tabela 2, cuja variável dependente foi Δ DER, apenas a variável IASC apresentou coeficiente significativo ao nível de 5%. Visualiza-se que o aumento de 1% no índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) reduz a Δ DER em 0,0346%, o que mostra que a percepção geral da satisfação do cliente – em termos de qualidade do serviço, valor, satisfação geral e confiança no sistema – proporciona a redução da taxa de variação da duração das reclamações, ou seja, melhoria da qualidade do fornecimento de energia. Essa relação pode ser devido ao interesse das concessionárias de energia em conquistarem o prêmio IASC que é um estímulo às ações de melhoria contínua nos serviços prestados.

No quarto modelo exposto na Tabela 2, cuja variável dependente foi Δ FER, as variáveis CAPEX(t-1) e IASC apresentaram coeficientes significativos aos níveis de 10% e 1%, respectivamente. Os investimentos do período anterior (CAPEX(t-1)) apresentaram relação negativa com a variação da taxa de frequência das reclamações do próximo período, ou seja, aumento de investimentos leva à redução da taxa de frequência das reclamações (melhoria da qualidade do fornecimento de energia) no próximo período. A percepção geral da satisfação do cliente – em termos de qualidade do serviço, valor, satisfação geral e confiança no sistema – leva à melhoria da qualidade do fornecimento de energia, visto que, o aumento de 1% no IASC gera uma redução de 0,0255 na variação da taxa de frequência das reclamações.

Diante dos resultados expostos, ao considerar o período e a amostra estudada, visualiza-se evidências de que melhorias na qualidade do fornecimento de energia são advindas de maiores custos operacionais, maiores investimentos e maior satisfação do consumidor. Essas constatações estão de acordo com o esperado no estudo e permitem a não rejeição da hipótese de que no ambiente regulatório brasileiro a qualidade do fornecimento de energia está relacionada com os custos operacionais (OPEX), com os investimentos (CAPEX) e com a satisfação dos consumidores (IASC).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo investigar o efeito de custos operacionais, investimentos e satisfação dos consumidores sobre a qualidade do fornecimento de energia elétrica no regime de regulação por incentivos de concessionárias no Brasil. Os indicadores DEC, FEC, DER e FER evidenciam a qualidade do fornecimento de energia e são monitorados pela ANEEL, sendo que neste estudo foram analisadas, como proxies para a qualidade do fornecimento de energia, as respectivas taxas de variação desses indicadores de um ano para o outro. Esclarece-se que ocorre aumento de qualidade quando há queda desses indicadores, então uma variação positiva de suas taxas significa piora na qualidade do fornecimento de energia, e uma variação negativa significa melhora da qualidade do fornecimento de energia. A amostra do estudo foi composta por 32 empresas brasileiras concessionárias do setor de distribuição de energia, a partir de dados da ANEEL no período de 2010 até 2016.

Esperava-se que as mudanças na própria qualidade de fornecimento de energia, nos custos, nos investimentos e na satisfação do consumidor (e não somente o próprio nível dessas variáveis) fossem relevantes para explicar a qualidade de fornecimento de energia atual. Assim, a partir do método GMM System foi possível identificar que a taxa de variação da duração da interrupção de energia (ΔDEC) carrega informação do período anterior, pois uma redução dessa taxa num determinado período influencia para que a redução da taxa seja mantida no próximo período, o que dá continuidade à melhora da qualidade do fornecimento de energia. A taxa de variação da frequência da interrupção do fornecimento de energia (ΔFEC) também carrega informação do período anterior, pois uma redução dessa taxa num determinado período influencia para que a redução da taxa seja mantida no próximo período, o que dá continuidade à melhora da qualidade do fornecimento de energia. Como a maioria das 32 empresas estudadas entre 2010 e 2016 apresentou DEC e FEC abaixo do limite estabelecido pela ANEEL (estatística descritiva no apêndice A), provavelmente essa manutenção da redução da taxa de variação de DEC e FEC aconteça devido à concessionária estar em busca de cumprimento de metas de DEC e FEC abaixo do limite estabelecido pela ANEEL, o que mostra o empenho das concessionárias em buscar melhorias para a qualidade do fornecimento de energia.

Também foi possível identificar que um aumento nos investimentos (CAPEX) proporciona a melhora da qualidade do fornecimento de energia em termos de redução da frequência das interrupções do fornecimento de energia (ΔFEC) e de redução da frequência de reclamações dos consumidores (ΔFER). Além disso, o índice ANEEL de satisfação do consumidor (IASC) tem relação negativa com ΔDEC , ΔDER e ΔFER . O que mostra que a percepção geral da satisfação do cliente – em termos de qualidade do serviço, valor, satisfação geral e confiança no sistema – proporciona a melhora da qualidade do fornecimento de energia. Essa relação pode ser devido ao interesse das concessionárias de energia em conquistarem o prêmio IASC que é um estímulo às ações de melhoria contínua nos serviços prestados.

Essas informações tendem a ser úteis tanto para os gestores das concessionárias de energia quanto para os reguladores e formadores de políticas públicas. Santana e Bajay (2016) sugerem que os órgãos governamentais, em troca de metas de economia de energia e resultados eficientes, precisam elaborar guias

de melhores práticas, especificar benchmarkings, disponibilizar treinamento técnico, evidenciar diretrizes de mecanismos eficazes de medição e verificação, criar projetos de pesquisa e desenvolvimento, reduzir impostos para equipamentos energeticamente eficientes e facilitar o crédito para o setor energético.

Por fim, estudos sobre a qualidade do fornecimento de energia no Brasil ainda são escassos e a presente pesquisa tende a contribuir para minimizar essa carência. As sugestões de pesquisas futuras são: (a) aumentar o número de concessionárias de prestação de serviços de energia elétrica na amostra; (b) inserir a região geográfica da concessionária para identificar particularidades regionais; (c) analisar se concessionárias com indicadores mais próximos ou mais distantes dos indicadores limites possuem diferenças de qualidade em relação aos investimentos, custos operacionais e satisfação dos consumidores; (d) expandir o estudo para países da América Latina a fim de comparar os resultados entre Brasil e demais países latino-americanos.

Indicators of quality of energy supply in Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to identify whether there is a relation between operational costs, investments, consumer satisfaction and the quality of energy supply in Brazil. The sample was composed of concessionaires from the energy distribution sector in Brazil, from 2010 to 2016. Data were collected from ANEEL and the tests were performed by static and dynamic panel data. The results by GMM System point out that the improvement of the quality of the energy supply comes from the continuation of the reduction of the rates of variation of DEC and FEC, where the rates of change of these indicators (ΔDEC , ΔFEC) load memory of previous periods, being a reduction of these rates in a given period influences the reduction to be maintained in the next period, which improves the quality of the energy supply. Investments improve the quality of energy supply in terms of reducing the frequency of power outages (ΔFEC) and reducing the frequency of consumer complaints (ΔFER). The ANEEL Consumer Satisfaction Index (IASC) shows that the general perception of customer satisfaction provides improved quality of energy supply in terms of ΔDEC , ΔDER and ΔFER .

KEY WORDS: quality of energy supply, operational costs, investments, consumer satisfaction.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Maria Elisabeth Moreira Carvalho; MARTINS, Eliseu. Desafios na política pública de mensuração dos ativos para a formação das tarifas no setor elétrico: alguém deve ser beneficiado e alguém deve ser sacrificado?. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 28, n. 75, p. 344-360, 2017.

ANDRADE, Maria Elisabeth Moreira Carvalho; SUZART, Janilson Antônio da Silva; MARTINS, Eliseu. Indicadores de qualidade de fornecimento de energia. In: 6º Encontro de Administração Pública da ANPAD. **Anais...** Belo Horizonte: EnAPG, 2014.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Decreto No 3.507, de 13 de Junho de 1997**. 2018a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em 28 de maio de 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor (Iasc)**. 2018c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/iasc>. Acesso em 20 de maio de 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Lei No 9.427, de 26 de Dezembro de 1996**. 2018a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/a-aneel>. Acesso em 28 de maio de 2018.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Qualidade do serviço**. (2018b). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/qualidade-do-servico2>. Acesso em 20 de maio de 2018.

ARANGO, Santiago; DYNER, Isaac; LARSEN, Erik R. Lessons from deregulation: Understanding electricity markets in South America. **Utilities Policy**, v. 14, n. 3, p. 196-207, 2006.

ARELLANO, Manuel; BOVER, Olympia. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. **Journal of econometrics**, v. 68, n. 1, p. 29-51, 1995.

BALTAGI, Badi. **Econometric analysis of panel data**. John Wiley & Sons, 2008.

BARROS FILHO, João Paes et al. Evaluating perceived quality of CELPE service: A Brazilian power company case study. **Energy Policy**, v. 37, n. 4, p. 1571-1579, 2009.

BLUNDELL, Richard; BOND, Stephen. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. **Journal of econometrics**, v. 87, n. 1, p. 115-143, 1998.

BORGES, Fabricio Quadros; LIMA, Marco Antônio Silva. Insatisfação do consumidor: uma análise nos serviços prestados por concessionárias de energia elétrica. **Perspectivas Contemporâneas**, v. 8, n. 1, 2013.

CAMBINI, C.; CROCE, A.; FUMAGALLI, E. Incentives in vain? The case of output-based regulation in electricity distribution. In 24^o Riunione Scientifica Annuale. **Anais...** Milano: AiIG, 2013.

CAMBINI, Carlo; FUMAGALLI, Elena; RONDI, Laura. Incentives to quality and investment: evidence from electricity distribution in Italy. **Journal of Regulatory Economics**, v. 49, n. 1, p. 1-32, 2016.

CORTON, Maria Luisa; ZIMMERMANN, Aneliese; PHILLIPS, Michelle Andrea. The low cost of quality improvements in the electricity distribution sector of Brazil. **Energy Policy**, v. 97, p. 485-493, 2016.

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.

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. Exploring the determinants of “best practice” benchmarking in electricity network regulation. **Energy Policy**, v. 39, n. 12, p. 7739-7746, 2011.

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.

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

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**. Working Paper 0607, Electricity Policy Research Group, Cambridge, 2006.

JOSKOW, Paul L.; SCHMALENSEE, Richard. Incentive regulation for electric utilities. **Yale J. on Reg.**, v. 4, p. 1, 1986.

REICHL, Johannes et al. The importance of incorporating reliability of supply criteria in a regulatory system of electricity distribution: An empirical analysis for Austria. **Energy policy**, v. 36, n. 10, p. 3862-3871, 2008.

SANTANA, Paulo Henrique Mello; BAJAY, Sérgio Valdir. New approaches for improving energy efficiency in the Brazilian industry. **Energy Reports**, v. 2, p. 62-66, 2016.

TER-MARTIROSYAN, Anna. **The effects of incentive regulation on quality of service in electricity markets**. Working Paper, Department of Economics, George Washington University, Washington, 2003.

TSCHAFFON, Pamela B.; MEZA, Lidia Angulo. Assessing the efficiency of the electric energy distribution using data envelopment analysis with undesirable outputs. **IEEE Latin America Transactions**, v. 12, n. 6, p. 1027-1035, 2014.

ZORZO, Lucas Seffrin et al. The relationship between the focus on innovation and economic efficiency: a study on Brazilian electric power distribution companies. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 14, n. 3, p. 235-249, 2017.

Apêndice A – Estatística descritiva da amostra

TABELA A1 - estatística descritiva da amostra de 32 empresas no período de 2010 a 2016

Variáveis	Obs.	Média	Mediana	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	Assimetria	Curtose
DEC	224	16,98	12,87	14,50	4,51	102	3,38	14,77
FEC	224	10,57	8,10	8,41	3,22	53,04	2,99	10,18
DEC_L	224	18,11	18,49	0,96	15,82	18,78	-1,83	1,65
FEC_L	224	10,44	10,60	0,83	8,87	11,31	-0,65	-0,79
DEC_D	224	1,13	4,91	14,44	-83,45	13,77	-3,36	14,62
FEC_D	224	-0,13	2,12	8,31	-41,83	6,94	-2,95	9,96
Δ DEC	192	0,04	0,04	0,20	-0,33	0,53	0,39	3,57
Δ FEC	192	0,02	0,03	0,18	-0,34	0,42	0,12	3,01
Δ DER	168	0,14	-0,08	0,90	-0,87	4,46	2,40	10,68
Δ FER	168	-0,10	-0,14	0,33	-0,56	0,67	0,70	2,91
OPEX	224	12,69	12,82	1,48	8,59	16	-0,28	3,05
OPEX _(t-1)	192	12,66	12,78	1,47	8,73	16	-0,22	2,93
CAPEX	224	14,59	14,98	1,40	10,83	16,63	-1,00	3,27
CAPEX _(t-1)	192	14,54	14,94	1,39	10,83	16,63	-1,00	3,30
IASC	192	62,28	63,08	7,81	35,47	78,76	-0,63	3,64

Notas: DEC = duração equivalente de interrupção de energia elétrica por unidade consumidora; FEC = frequência equivalente de interrupção de energia elétrica por unidade consumidora; DEC_L = valor limite estipulado pela ANEEL para DEC; FEC_L = valor limite estipulado pela ANEEL para FEC; DEC_D = diferença entre DEC limite e DEC da empresa; FEC_D = diferença entre FEC limite e FEC da empresa; Δ DEC = Taxa de variação de DEC; Δ FEC = Taxa de variação de FEC; Δ DER = Taxa de variação de DER; Δ FER = Taxa de variação de FER; OPEX = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício (t); OPEX(t-1) = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício anterior (t-1); CAPEX = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício (t); CAPEX(t-1) = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício anterior (t-1); IASC = Índice ANEEL de satisfação do consumidor.

Apêndice B – Resultados dos testes de raiz unitária

TABELA B1 – resultados dos testes de raiz unitária no período de 2010 a 2016

Variáveis	Método	Estatística	Prob.	Estacionariedade
ΔDEC	Levin, Lin & Chu	-5,4314	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,90E+13	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	175,4050	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	184,0250	0	Estacionária
ΔFEC	Levin, Lin & Chu	-19,6281	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-5,8336	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	140,6480	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	184,8950	0	Estacionária
ΔDER	Levin, Lin & Chu	-19,6281	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-5,8336	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	140,6480	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	184,8950	0	Estacionária
ΔFER	Levin, Lin & Chu	-17,0605	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-3,8964	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	108,9300	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	148,1920	0	Estacionária
OPEX	Levin, Lin & Chu	-4,8184	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	0,6851	0,7533	Não estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	49,4003	0,9105	Não estacionária
	PP – Fisher Chi-square	55,3400	0,7714	Não estacionária
CAPEX	Levin, Lin & Chu	-16,1139	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-4,6166	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	136,8160	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	193,0300	0	Estacionária
IASC	Levin, Lin & Chu	-19,5417	0	Estacionária
	Im, Pesaran and Shin W-stat	-5,6184	0	Estacionária
	ADF – Fisher Chi-square	119,4000	0	Estacionária
	PP – Fisher Chi-square	149,3380	0	Estacionária

Notas: ΔDEC = Taxa de variação de DEC; ΔFEC = Taxa de variação de FEC; ΔDER = Taxa de variação de DER; ΔFER = Taxa de variação de FER; OPEX = Logaritmo natural do total dos gastos operacionais no final do exercício (t); CAPEX = Logaritmo natural do total do ativo no final do exercício (t); IASC = Índice ANEEL de satisfação do consumidor.

Recebido: 03 set. 2018.

Aprovado: 04 dez. 2018.

DOI: 10.3895/rbpd.v8n1.9123

Como citar: MAESTRI, C. O. N. M.; ANDRADE, E. M. C. Indicadores de qualidade do fornecimento de energia no Brasil. **R. bras. Planej. Desenv.**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 40-61, jan./abr. 2019. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Cláudia Olímpia Neves Mamede Maestri
Av. Cesário Alvim, 1457 - Nossa Sra. Aparecida - Uberlândia - MG

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

