

Determinantes da duração das interrupções no fornecimento de energia elétrica no Estado de Goiás

Marcos Eduardo de Souza Lauro

Mestre em Economia Aplicada pelo PPGECON-UFG, Bacharel em Administração Pública pela UEG e Ciências Econômicas pela UFG.

Docente na Faculdade Senac Goiás e na FACE-UFG.

E-mail: meslauro@gmail.com

Resumo: O objetivo deste artigo é investigar se fatores ambientais, institucionais, estruturais e sazonais têm impacto sobre a duração das interrupções de energia no Estado de Goiás e se há diferenças entre esses impactos para a Região Metropolitana de Goiânia (REMG) e o interior do estado. Para tanto, utilizou-se da análise de regressão múltipla, via decomposição de Oaxaca (1973). Os principais resultados sugerem que os fatores investigados impactam a qualidade da energia elétrica, apontando também diferenças significativas entre as durações das interrupções no interior e na REMG, sendo mais baixa neste grupo.

Palavras-chave: Qualidade de Energia Elétrica; Decomposição de Oaxaca; Estado de Goiás.

Abstract: *The aims of this article are to investigate whether environmental, institutional, structural and seasonal factors have an impact on the energy interruption time in the State of Goiás and if there are differences between these impacts in the Metropolitan Region of Goiânia (REMG) and in the interior of the state. For that, we used the multiple regression analysis, by decomposition of Oaxaca (1973). The main results suggest that the factors investigated impact the quality of electricity, also pointing out significant differences between the duration of interruptions in the interior and in the REMG, being smaller in this group.*

Key words: *Electricity Quality; Oaxaca Decomposition; Goiás State.*

JEL Code: Q49, C51, R380

1. INTRODUÇÃO

Dentre as distribuidoras de energia elétrica brasileiras, a Celg D, principal distribuidora de energia elétrica do Estado de Goiás apresenta os piores indicadores de continuidade do fornecimento, figurando como a distribuidora que mais extrapola os limites regulatórios de frequência e de duração de interrupções. Por esse motivo, a empresa pagou um total de R\$431 milhões em compensações financeiras aos seus quase 3 milhões de consumidores entre 2000 e 2017 (ANEEL, 2018).

Reduzir estas compensações financeiras implica em reduzir as interrupções de energia que ocorrem em média por 25 horas ao ano, o que mostra que é importante o conhecimento do problema em detalhes, incluindo suas causas e áreas mais críticas, de modo a canalizar investimentos e direcionar sua política de manutenção para essas regiões. Nesse contexto, observa-se que a empresa teve prejuízo de R\$431 milhões entre 2000 e 2017 decorrente das compensações pagas aos consumidores, mas que esse prejuízo poderia ter sido evitado, uma vez que a empresa tem recursos disponíveis para enfrentar esse problema, cerca de R\$ 1 bilhão por ano para manutenção e cerca de R\$2 bilhões até 2020 para investimentos (ANEEL, 2018; IBGE, 2018).

Afirma-se, portanto, que esta investigação é não só inédita do ponto de vista acadêmico, mas também relevante do ponto de vista econômico e cuja aplicabilidade existe para a distribuidora analisada. Nesse contexto, o presente trabalho tem o objetivo geral de verificar quais os determinantes da duração das interrupções de energia no estado de Goiás. Especificamente, busca-se:

- Verificar os determinantes da duração das interrupções de energia elétrica na área de concessão da Celg D;
- Avaliar a existência e o sentido de diferenças entre duração de interrupções que ocorram na Região Metropolitana de Goiânia e no Interior do Estado de Goiás.

Para alcançar estes objetivos, a estratégia metodológica utilizada é a estimação de uma regressão múltipla usando dados das ocorrências de interrupções na área de concessão e uma decomposição de Oaxaca (1973), metodologia amplamente utilizada em outras áreas, mas ainda não aplicada no setor elétrico brasileiro, metodologia com aplicação inédita no setor elétrico brasileiro.

Quanto à estrutura do trabalho, o mesmo está dividido em três seções, além da introdução e considerações finais. Respectivamente, tem-se os seguintes itens: Revisão de Literatura, Metodologia e Dados, Resultados e Discussões e, por fim, a seção de Conclusões e Considerações Finais.

2. REVISÃO EMPÍRICA

Esse referencial versa sobre os indicadores de qualidade como um todo, uma vez que a literatura não trata separadamente os dados de duração e de frequência e ainda que a análise não é feita utilizando dados segregados, mas sim dados agregados de indicadores. As causas são agrupadas em três grupos, sendo eles as decorrentes de desenho institucional, as ocasionadas por características físicas do sistema de distribuição e os fatores ambientais, causados pela natureza e por ação humana. Os trabalhos analisados compreendem o período de 1987 a 2015 e tratam de análises do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) e de outros países, com metodologias diversas, qualitativas ou quantitativas. Ademais, nota-se que juntamente com as agências reguladoras locais, as distribuidoras são as principais fontes dos dados para os trabalhos analisados.

Em relação às causas institucionais, verifica-se que o modelo regulatório influencia a qualidade da energia elétrica. Quando o modelo de preço máximo (*price cap*) ou preço fixo (*freeze*) são aplicados, a tendência é que ocorra piora dos indicadores de continuidade. Isso decorre da possibilidade de não haver relação entre a qualidade de serviços e a regulamentação de incentivos, o que sugere superioridade do modelo tarifário de *cost plus* frente ao modelo aplicado no Brasil que atribui à distribuidora um limite máximo com gastos em manutenção, o chamado modelo de preço máximo. O modelo reduz a assimetria de informações e permite decisões empresariais mais assertivas (JAMASB e POLLITT, 2001; FUMAGALLI e SCHIAVO, 2007; PESSANHA *et al.*, 2007; TER-MARTIROSYAN e KWOKA, 2008; SILVA *et al.*, 2014).

Quanto aos fatores internos, a literatura mostra que empresas maiores geralmente apresentam interrupções mais duradouras, o que sugere que a economia de escala que existe para a distribuição de energia referente aos custos fixos não se aplica aos indicadores de continuidade. Por outro lado, não se observou consenso quanto ao

impacto da gestão da empresa ser pública ou privada sobre a qualidade da energia, apesar de observado impacto negativo da presença de diretores externos sobre o nível das interrupções (CHALLERTON, 2004; FUMAGALLI e SCHIAVO, 2007).

Os atributos físicos do sistema de distribuição também são essenciais na determinação da qualidade da energia elétrica, como a própria estrutura da rede. Redes extensas, subestações pequenas e falta de padronização nos equipamentos utilizados contribuem para redução do bem-estar dos consumidores, pois dificultam o restabelecimento da distribuição de energia elétrica, assim como o grau de automação do sistema e o desenvolvimento de um padrão de manutenção específico e o redimensionamento das equipes de atendimento (MELIOPOULOS, 1998; CHALLERTON, 2004; STEINER *et al.*, 2006; TER-MARTISORYAN e KWOKA, 2008; MASEMBE, 2015).

A continuidade dos serviços também depende de fatores ambientais e que não ligados diretamente à ação humana, tais como as tempestades de vento e de água, animais, vegetação, geologia, localização e descargas atmosféricas. Há ainda os fatores ambientais gerados prioritariamente por ação humana. Dentre estes fatores, é possível citar a poluição, incêndios e acidentes com veículos. Entretanto os fatores ambientais não podem ser totalmente controlados. Contudo, uma vez detectadas as suas influências pode-se utilizar de previsões meteorológicas, por exemplo, para estimar o comportamento dos indicadores de continuidade e se antecipar na busca de minimizá-los (CHOW e TAYLOR, 1995; MELIOPOULOS, 1998; CHALLERTON, 2004; XU e CHOW, 2006; PESSANHA, 2007; ALVES *et al.*, 2008; HERMAN *et al.*, 2015).

Outra forma de minimizar o impacto destas é com a utilização de para-raios e proteção da rede contra choques de animais e automóveis. Existe ainda a possibilidade de adaptação da estrutura da rede à geologia para evitar ser afetada por problemas geológicos. Além disso, para outras variáveis como a poluição, o fogo e os acidentes com veículo, apesar de não poderem ser totalmente controladas por serem causadas por terceiros, podem ser minimizadas com vista a não só reduzir o prejuízo nos indicadores de continuidade, mas também aumentar a segurança daqueles que têm contato físico direto com o sistema elétrico, o que, de certa forma, inclui toda a população (CHOW e

TAYLOR, 1995; MELIOPOULOS, 1998; CHALLERTON, 2004; XU e CHOW, 2006; PESSANHA, 2007; ALVES *et al.*, 2008; HERMAN *et al.*, 2015).

O Quadro 1 sintetiza os grupos e determinantes das durações de interrupção no fornecimento de energia. Os efeitos destas variáveis sobre a qualidade da energia elétrica estão indicados na última coluna e, quando negativos, indicam redução na qualidade por meio do aumento do tempo sem fornecimento. A hipótese adotada é de que os impactos são significativos e que são diferentes para a Região Metropolitana de Goiânia (REMG) quando comparados ao Interior do Estado de Goiás, com duração maior nesta região que naquela.

Quadro 1 – Síntese dos determinantes dos indicadores de duração das interrupções de energia elétrica

Grupo	Autores	Determinante	Impacto ¹
Fatores institucionais	Jamasb e Pollitt (2001), Challerton (2004), Fumagalli e Schiavo (2007), Pessanha <i>et al.</i> (2007) e Ter-Martirosyan e Kwoka (2008).	Modelo regulatório (preço fixo ou preço máximo)	-
		Modelo regulatório (<i>Cost plus</i>)	+
		Desenho regulatório bem definido	+
		Empresas maiores	+
		Privatização	±
		Presença de diretores internos	+
Atributos físicos do sistema de distribuição	Meliopoulos (1998), Challerton (2004), Steiner <i>et al.</i> (2006), Ter-Martirosyan e Kwoka (2008) e Masembe (2015).	Nível tarifário	+
		Automação do sistema	+
		Padrão de manutenção específico	+
		Sistema de manutenção autônomo	+
		Redimensionamento de equipes de atendimento	+
		Tamanho da subestação	+
Fatores ambientais	Chow e Taylor (1995), Meliopoulos (1998), Challerton (2004), Xu e Chow (2006), Pessanha (2007), Alves <i>et al.</i> (2008), Herman <i>et al.</i> (2015)	Extensão da rede	-
		Padronização dos equipamentos utilizados	+
		Tempestades (de vento e de água)	-
		Animais na rede	-
		Vegetação na rede	-
		Geologia desfavorável	-
		Localização desfavorável	-
		Descargas atmosféricas	-
Poluição	-		
Incêndios	-		
Acidentes com veículos	-		

Fonte: Elaboração própria.

¹ Quanto maior o indicador de continuidade, pior a qualidade da energia elétrica. Assim, o sinal do impacto dos determinantes mapeados sobre os indicadores de continuidade do fornecimento de energia é o oposto do impacto sobre a qualidade de energia elétrica.

A próxima seção apresenta a metodologia, com informações sobre os dados, método e variáveis utilizadas na pesquisa.

3. METODOLOGIA

Avalia-se as durações das suspensões no fornecimento, que impactam, mas não são exatamente, o indicador de continuidade coletivo de Duração Equivalente da Interrupção (DEC). Enquanto que a duração das interrupções representa quanto tempo levou para o reestabelecimento do serviço, o DEC é uma média ponderada desta duração pelo número de consumidores do conjunto elétrico ou da área de concessão afetada. A equação 1 mostra essa relação, sendo o denominador o somatório das durações.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} t(i)}{Cc} \quad (1)$$

Em que:

- *i*: índice de unidades consumidoras atendidas em baixa tensão ou média tensão faturadas do conjunto;
- *t(i)*: tempo de duração da interrupção (i) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão, medida em minutos;
- *Cc*: número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em Baixa Tensão (BT) ou Média Tensão (MT).

3.1 Dados e modelagem

A equação a ser estimada está apresentada na equação 2. Ela mostra que o tempo é função de uma constante, da localização do conjunto elétrico, dos atributos físicos elétricos, da causa da interrupção e ainda depende também de quando a interrupção ocorre. Enquanto que o atributo equivale às características físicas do sistema de distribuição, o período é uma *proxy* para as variáveis ambientais/sazonais. Por sua vez, o fato de uma interrupção ocorrer na Região Metropolitana de Goiânia é uma variável ampla que contempla tanto fatores ambientais, mas também fatores institucionais internos da empresa, uma vez que seu centro operacional está localizado na capital do estado e, portanto, mais próximo desses locais.

$$Tempo = \beta_1 + \beta_2 REMG + \beta_3 Consumidores + \beta_4 \sum causas + \beta_5 \sum período \quad (2)$$

Essa equação será estimada para a amostra completa como também para as duas amostras da região metropolitana e do interior do estado. Os dados utilizados neste trabalho são obtidos diretamente do banco de dados da distribuidora e contam com informações sobre todas as interrupções ocorridas na área de concessão da Celg D, com duração superior a 3 minutos, que ocorreram ao longo do ano de 2014. Nessa equação, o somatório indica as *dummies* de causas e as *dummies* de períodos. Estas variáveis estão detalhadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição e fonte das variáveis utilizadas

Classe de variável	Variável	Descrição
Variável Explicada	Tempo	Duração da interrupção do fornecimento de energia elétrica, em minutos.
Localização	REMG	1 para conjuntos da Região Metropolitana de Goiânia e 0, caso contrário
Atributo físico	Unidades consumidoras	Quantidade de unidades consumidoras do conjunto elétrico no mês.
Causa	1-AA	1 para interrupção causada por abertura acidental e 0, caso contrário.
	2-CS	1 para interrupção causada por cabo solto na subestação e 0, caso contrário.
	3-MA	1 para interrupção causada por meio ambiente e 0, caso contrário.
	4-T	1 para interrupção causada por terceiros e 0, caso contrário.
	5-IP	1 para interrupção causada por intervenção programada e 0, caso contrário.
	6-PS	1 para interrupção causada por causas próprias do sistema e 0, caso contrário.
	7-DE	1 para interrupção causada por defeitos em equipamentos e 0, caso contrário.
	8-FO	1 para interrupção causada por falha operacional e 0, caso contrário.
	9-NI	1 para interrupção causada por causa não identificada e 0, caso contrário.
Período	Jan-Mar	1 para interrupção ocorrida no 1º trimestre e 0, caso contrário.
	Abr-Jun	1 para interrupção ocorrida no 2º trimestre e 0, caso contrário.
	Jul-Set	1 para interrupção ocorrida no 3º trimestre e 0, caso contrário.
	Out-Dez	1 para interrupção ocorrida no 4º trimestre e 0, caso contrário.

Fonte: Elaboração própria.

3.2 Decomposição de Oaxaca

A decomposição de Oaxaca (1973) é bastante empregada no mercado de trabalho para analisar a desigualdade de rendimentos. Em seu trabalho, o autor analisa a diferença de rendimentos entre homens e mulheres que, uma vez observada, pôde ser decomposta em uma parte explicada, decorrente da diferença de atributos, e em outra parte não explicada, sendo esta uma *proxy* para a discriminação no mercado de trabalho, sendo base metodológica de diversos trabalhos, dentre eles Carneiro (2016), Ruesga *et al.* (2014), Monsueto e Simão (2008) e Matos e Machado (2006).

Além da aplicação no mercado de trabalho, a decomposição utilizada na produção desta pesquisa também tem sido aplicada na análise de outros temas, como o faz Dohmen *et al.* (2011), para investigar as atitudes arriscadas individuais, e Sayer *et al.* (2004) analisa se os pais estariam investindo financeiramente menos em seus filhos. Todos estes trabalhos concluem pela diferença entre os grupos de análise, corroborando as hipóteses de diferentes impactos das variáveis de análise sobre os grupos amostrais. Dessa forma, a partir da constatação das diferenças na continuidade do fornecimento de energia elétrica a depender da área que está sendo observada, avalia-se a decomposição da parte explicada, relativa às dotações dos conjuntos elétricos, e uma parte não explicada, aqui nomeada como efeito qualidade ou gravidade.

As unidades de análise deste trabalho são os conjuntos elétricos que estão na Região Metropolitana de Goiânia e os conjuntos que estão localizados no interior do Estado de Goiás, nomeadamente interior. A variável explicada equivale ao salário no trabalho original, aqui é composta pela duração das interrupções de fornecimento de energia elétrica. Assim, seguindo a mesma estrutura do trabalho original, são estimadas regressões de duração distintas para os dois grupos de comparação, na forma da equação 3.

$$\begin{aligned}\bar{y}_{ij} &= \bar{x}_{ij}\hat{\beta}_{ij} + \mu_{ij} \\ j &= g, p \\ i &= 1, \dots, n\end{aligned}\tag{3}$$

Onde \bar{y} e \bar{x} são as médias das durações de interrupção e das variáveis explicativas, respectivamente. Com isso, o objetivo é decompor o *gap* das durações em uma parte

associada às características dos conjuntos elétricos e em uma parte residual não explicada pelo modelo, ou simplesmente parte não explicada.

Um valor positivo para esse gap indica que haveria redução da diferença entre os dois grupos, se houvesse a mesma produtividade nos dois ou se houvessem as mesmas características. Caso contrário, sendo o valor negativo, indicaria que a diferença nas durações das interrupções sofreria um aumento, caso houvesse a mesma produtividade nos dois grupos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas básicas dos dados utilizados, segregados por causa da interrupção e também pelas duas subamostras avaliadas. Ao todo são consideradas 226.413 observações para o presente estudo, 65.682 ocorrências na Região Metropolitana de Goiânia (REMG) e 160.731 ocorrência no interior do Estado de Goiás, abreviadamente (interior). Observa-se que a maior parte das interrupções ocorrem devido à abertura acidental (AA), tanto no interior quanto na REMG, sendo responsável por mais de 1/3 de todas as interrupções na distribuição de energia no estado neste ano.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas da duração das interrupções de energia elétrica – Goiás - 2014

Causa	Todos os conjuntos elétricos						Região Metropolitana de Goiânia						Interior do Estado					
	Frequência			Duração			Frequência			Duração			Frequência			Duração		
	A	R	M	D	I	X	A	R	M	D	I	X	A	R	M	D	I	X
1-AA	79.193	35,0	316	439	3	13211	19.213	29,3	256	356	3	5677	59.980	37,3	336	460	3	13211
2-CS	40.966	18,1	413	511	3	18009	6.362	9,7	379	466	3	5857	34.604	21,5	420	518	3	18009
3-MA	2.478	1,1	452	728	3	7430	570	0,9	356	658	3	6723	1.908	1,2	481	746	3	7430
4-T	4.093	1,8	159	106	3	1724	1.658	2,5	139	85	3	519	2.435	1,5	173	116	3	1724
5-IP	45.464	20,1	312	525	3	44069	16.680	25,4	225	338	3	4773	28.784	17,9	363	602	3	44069
6-PS	24.337	10,8	450	833	3	14776	9.270	14,1	301	466	3	9041	15.067	9,4	542	983	3	14776
7-DE	28.703	12,7	253	404	3	10984	11.622	17,7	210	297	3	5833	17.081	10,6	281	461	3	10984
8-FO	17	0,0	14	16	3	75	9	0,0	19	21	9	75	8	0,0	8	5	3	15
9-NI	1.162	0,5	14	27	3	307	298	0,5	12	19	3	156	864	0,5	14	29	3	307
Total	226.413	100	336	525	3	44069	65.682	100	254,8	375	3	9041	160.731	100	369,7	572	3	44069

Fonte: elaboração própria. Durações expressas em minutos.

A: frequência absoluta; R: frequência relativa; M: média; D: desvio padrão; I: mínimo; X: máximo.

p. 51 – Determinantes da duração das interrupções no fornecimento de energia elétrica

É possível verificar que a causa com maior frequência e com maior duração total de interrupções são ocasionadas por abertura accidental (AA). Resumidos os dados, realizou-se também a estimação de um Modelo de Mínimos Quadrados Ordinários para determinação das interrupções de energia elétrica na área de concessão da Celg D, em 2014.

Tabela 2 – Duração total das interrupções por causa – Goiás - 2014

Causa	Todos os conjuntos		REMG		Interior	
	Tempo (horas)	%	Tempo (horas)	%	Tempo (horas)	%
1-AA	417.434	33%	81.871	29%	335.563	34%
2-CS	282.151	22%	40.161	14%	241.991	24%
3-MA	18.674	1%	3.378	1%	15.296	2%
4-T	10.869	1%	3.846	1%	7.023	1%
5-IP	236.611	19%	62.480	22%	174.131	18%
6-PS	182.641	14%	46.462	17%	136.178	14%
7-DE	120.823	10%	40.707	15%	80.116	8%
8-FO	4	0%	3	0%	1	0%
9-NI	264	0%	60	0%	204	0%
Total	1.269.469	100%	278.966	100%	990.503	100%

Fonte: Elaboração própria.

Observa-se que todas as variáveis explicativas apresentam impactos significativos ao nível de 1% de significância e que o sentido dos seus impactos são os mesmos, seja no interior seja na REMG. A distinção entre os dois grupos de unidades consumidoras analisadas está no valor destes impactos sobre o período em que a unidade consumidora ficou sem energia. As ocorrências da REMG apresentam duração de interrupção, na média, 20,2% menor do que as unidades consumidoras do interior, ou seja, quando há interrupção no fornecimento de energia elétrica, seu restabelecimento é mais rápido na região metropolitana.

Adicionalmente, o impacto dos atributos físicos dos conjuntos elétricos sobre a duração da interrupção ao nível da unidade consumidora também se mostrou significativo, sendo que quanto maior o número de unidades consumidoras do conjunto elétrico que a unidade consumidora (UC) pertence, mais rápido é seu restabelecimento do fornecimento: para a REMG para um aumento de 1% no número de UCs do conjunto, há uma redução média de 7,6% na duração das interrupções, impacto que é de somente 2,5% no interior. Esse resultado é completado com o que se estimou para a

decomposição de Oaxaca, uma vez que é preciso se estabelecer qual a causa desse impacto diferente entre os dois grupos. Este resultado sugere que os atributos físicos do sistema de distribuição têm efeito sobre a duração das interrupções, o que corrobora com os trabalhos de Challerton (2004), Ter-Martisoryan e Kwoka (2008) e Masembe (2015).

Tabela 3 – Modelo de determinação da duração das interrupções – Goiás - 2014

Variáveis ⁽¹⁾	GERAL	REMG	Interior
REMG	-0.202* (0.01)		
Unidades Consumidoras	-0.041* (0.00)	-0.076* (0.01)	-0.025* (0.00)
Cabo solto	0.259* (0.01)	0.366* (0.01)	0.239* (0.01)
Meio ambiente	-0.372* (0.04)	-0.328* (0.07)	-0.382* (0.05)
Terceiros	-0.323* (0.02)	-0.340* (0.02)	-0.313* (0.02)
Intervenção programada	-0.111* (0.01)	-0.204* (0.01)	-0.056* (0.01)
Próprias do sistema	0.085* (0.01)	0.057* (0.01)	0.104* (0.01)
Defeito em equipamento	-0.268* (0.01)	-0.173* (0.01)	-0.332* (0.01)
Falha operacional	-2.889* (0.21)	-2.377* (0.22)	-3.473* (0.24)
Não identificada	-3.211* (0.03)	-3.070* (0.05)	-3.257* (0.03)
Jan-Mar	0.094* (0.01)	0.081* (0.01)	0.097* (0.01)
Abr-Jun	-0.182* (0.01)	-0.162* (0.01)	-0.190* (0.01)
Jul-Set	-0.221* (0.01)	-0.169* (0.01)	-0.245* (0.01)
Constante	5.592* (0.03)	5.652* (0.05)	5.465* (0.04)
R ² Ajustado	0.0832	0.0777	0.0746
Número de observações	226413	65682	160731
F	2010.05	559.82	1412.15
Prob>F	0.00	0.00	0.00

Fonte: Elaboração própria.

*: p-valor <0,01; **:p-valor<0,05;***:p-valor<0,1. Erros padrão entre parênteses

(1) As variáveis que não são *dummies* estão apresentadas em logaritmo (tempo e unidades consumidoras).

Quanto à sazonalidade, os resultados indicam que as interrupções que ocorreram no primeiro trimestre do ano foram as interrupções com maior duração, que estavam no primeiro trimestre do ano. Esse resultado para 2014, porém, foi um resultado atípico, pois diz respeito ao período inicial de aplicação das regras da Revisão Tarifária de 2013,

a qual restabeleceu a organização dos conjuntos elétricos e novos limites para os indicadores de continuidade da Celg D. O mais comum é que o quarto trimestre apresente as maiores durações de interrupções decorrente do aumento do índice pluviométrico no estado.

A avaliação da sazonalidade indica a possibilidade de impactos de fatores ambientais que são aquelas variáveis que sofrem mutação no curto prazo, como avaliado neste trabalho que compreende um ano civil específico. Esses resultados condizem com o indicado nos trabalhos Chow e Taylor (1995), Meliopoulos (1998), Challerton (2004), Xu e Chow (2006), Pessanha (2007), Alves *et al.* (2008) e Herman *et al.* (2015). A relevância destas variáveis ambientais, não tão controláveis quanto as variáveis de atributos físico-elétricos, por exemplo, têm a finalidade de apoiar na previsibilidade das interrupções para preparação prévia das equipes de manutenção e emergência.

Finalmente, os impactos das causas sobre a duração das interrupções. A causa da interrupção é, sem dúvidas, o mais importante determinante, dentre os apresentados neste estudo, para a determinação de quanto tempo se levará até restabelecer o fornecimento do serviço, uma vez que os coeficientes de impacto das causas apresentam grande variabilidade entre eles. Se a causa da interrupção é cabo solto na subestação e a UC está localizada na REMG, o tempo de restabelecimento é 36,6% maior que nos demais casos, enquanto se o fato gerador for uma falha operacional e a UC estiver fora da REMG, o tempo de atendimento é até 34,7% menor que nas demais situações. Considerando que tempo é uma variável estritamente positiva, esse resultado não é possível na prática, mas mostra que uma falha operacional, uma vez reconhecida, são de solução mais rápidas.

Contudo, toda a diferença identificada entre as duas regiões analisadas permite inferir que há distinções relevantes entre a REMG e o interior do Estado, contribuindo para uma duração mais longa de interrupções no interior.

Na Tabela 4 os resultados, por determinantes, da decomposição de Oaxaca estão apresentados. A coluna “explicada” mostra se a quantidade da variável explicativa é significativa sobre a distinção das durações das interrupções entre REMG e interior. Na segunda coluna constam o impacto das características das variáveis não explicadas. Em

relação às unidades consumidoras, verifica-se, com a parte explicada, que a quantidade de unidades consumidoras que os conjuntos da REMG fazem a duração da interrupção ser maior nesta região que no interior. Todavia, ao se analisar a parte não explicada, com sinal negativo e significativo, é possível afirmar que as características destas unidades consumidoras são mais favoráveis na REMG e têm apresentado impacto favorável às ocorrências de interrupções nesta região. Em síntese, o impacto das unidades consumidoras tem sido distinto nas duas regiões não pela quantidade de unidades consumidoras que cada um tem nos conjuntos elétricos, mas pelas suas características.

Tabela 4 – Decomposição de Oaxaca – Goiás - 2014

Variável	Explicada	Não explicada
Unidades consumidoras	0,005* (0,000)	-0,405* -0,06
Cabo solto na subestação	-0,043* (0,000)	0,027* (0,000)
Meio ambiente	0,001* (0,000)	0,001 (0,000)
Terceiros	-0,003* (0,000)	0 (0,000)
Intervenção programada	-0,015* (0,000)	-0,026* (0,000)
Próprias do sistema	0,003* (0,000)	-0,004* (0,000)
Defeito em equipamento	-0,012* (0,000)	0,017* (0,000)
Falha operacional	-0,000*** (0,090)	0,000** (0,040)
Não identificada	0,003* (0,000)	0,001* (0,000)
Jan-Mar	-0,004* (0,000)	-0,005 (0,000)
Abr-Jun	-0,003* (0,000)	0,005** (0,045)
Jul-Set	-0,006* (0,000)	0,012* (0,000)
Constante		0,186*** (0,060)
Total	-0,076* (0,000)	-0,193* (0,000)

Fonte: elaboração própria.

*: p-valor <0,01; **:p-valor<0,05;***:p-valor<0,1. Erros padrão entre parênteses.

Em relação às causas, verifica-se com a parte explicada que a quantidade de interrupções causadas pelo meio ambiente, causas próprias do sistema ou causas não identificadas, estão impactando para uma duração maior das interrupções de energia na REMG enquanto que as demais causas têm um impacto negativo sobre a diferença

analisada, ou seja, fazem com que as durações no interior sejam maiores. Contudo, não existe distinção quando a causa é decorrente do meio ambiente ou de terceiros, porém existe para todas as demais situações na seguinte forma: é mais rápido para a REMG quando há intervenção programada e quando são causas próprias do sistema; e são mais rápidos para o interior quando há cabo solto na subestação, defeito em equipamento, falha operacional ou causa não identificada, sendo possíveis explicações a extensão territorial ou o trânsito. Quanto às variáveis temporais incluídas no modelo, verifica-se que a quantidade de interrupções tem impacto no fato de que na REMG a duração é menor.

Em síntese, tanto o MQO, quanto a decomposição de Oaxaca mostram que nem todos os fatores são favoráveis à REMG, mas que são estes os fatores predominantes, uma vez que a diferença é favorável para a região da capital do estado. Isso sugere que se observe os fatores de sucesso e de insucesso entre as duas regiões, uma vez que os atendimentos das duas regiões podem contribuir um com o outro para a redução da duração destas interrupções.

Como sugestão de política para a Enel Distribuição Goiás, com os resultados é possível indicar ao menos duas. A primeira sugestão é a identificação primária da causa, uma vez que a principal causa de interrupção refere-se a um acidente, sem especificar o que levou às interrupções causadas por abertura accidental. Ademais, outra ação a ser feita quanto à causa é identificar mais de uma causa. Por exemplo, dentre as ocorrências causadas por falha operacional, pode ser que em alguns casos tenha ocorrido intervenções indevidas de terceiros no sistema e ainda que decorra de acidentes ambientais, como fogo, por exemplo.

Considerando a extensão da área de concessão e o fato de que as interrupções do interior do Estado de Goiás apresentam durações maiores, sugere-se também a utilização de uma política de manutenção específica para essa região. Verifica-se também a necessidade de um redimensionamento das equipes de atendimento nestas regiões para reduzir o tempo de deslocamento e conseqüentemente restabelecer o fornecimento de energia elétrica com mais rapidez, como acontece na Região Metropolitana de Goiânia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da qualidade da energia constitui fator determinante na busca da melhoria do serviço prestado. Neste trabalho, verificou-se alguns determinantes da duração das interrupções de energia, um problema grave enfrentado pela distribuidora Celg D, em Goiás. Os resultados foram obtidos a partir da estimação da decomposição de Oaxaca, com dados referentes a todas as interrupções que ocorreram na área de concessão no ano de 2014.

Mostrou-se que a causa da interrupção e o momento de sua ocorrência são significantes na explicação da duração desta interrupção. Ademais, mostra-se que as unidades consumidoras apresentaram impactos significativos nas durações e que esse impacto se decorreu tanto da quantidade de unidades consumidoras que o conjunto apresenta, quanto da qualidade destas unidades consumidoras ligadas ao conjunto elétrico.

Além disso, os resultados apontam que os fatores ambientais, institucionais, estruturais e sazonais têm impacto sobre a duração das interrupções de energia no estado de Goiás, fazendo da questão um problema complexo a ser enfrentado pela distribuidora. Verificou-se que há diferenças significativas nas durações das interrupções considerando a localização da unidade consumidora, uma vez que essa duração é menor na Região Metropolitana de Goiânia do que no interior.

A relevância deste estudo está em utilizar um agrupamento reconhecido legalmente (Região Metropolitana de Goiânia e o interior do Estado de Goiás), utilizar uma metodologia inédita ao setor elétrico, a decomposição de Oaxaca, e ainda com dados por interrupções, desagregados, disponíveis somente no banco de dados da distribuidora.

Como política para a Enel Distribuição Goiás, de aplicação de padrão de manutenção específico para o interior do Estado de Goiás, uma vez que este se mostrou com qualidade pior que a apresentada pela Região Metropolitana de Goiânia (REMG) e ainda que sejam utilizados de previsões meteorológicas para aumentar a previsibilidade e disposição de equipes de atendimento previamente às interrupções.

O exercício exploratório aqui realizado pode contribuir como norte a estudos futuros que versem sobre a expansão da análise para períodos mais longos e ainda com mais variáveis, uma vez que a análise desenvolvida aqui não buscou exaurir as possibilidades e que há dados disponíveis não só com a ANEEL, mas também no banco de dados de cada distribuidora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L. C.; ARAÚJO, A. E. A.; MIRANDA, G. C. Afundamentos de Tensão Provocados por Descargas Atmosféricas Indiretas. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, SBSE**, 2008.
- ANEEL. **PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**, Brasília, DF, Janeiro 2017. Acesso em: 22 Jan. 2017.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. 2018. Acesso em: 10 maio 2018.
- CARNEIRO, C. A. B. D. **Terceirização e salário-eficiência: o caso do Brasil**. 2016.
- CARVALHO, A. F. R. **Um modelo de avaliação da qualidade no atendimento ao consumidor de energia elétrica aplicado na área comercial da Ceron**. Santa Catarina: Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- CHALLERTON, B. G. Network reability measurement, reporting, benchmarking and alignment with international practices. **ESKON**, África do Sul, 2004.
- CHOW, M.; TAYLOR, L. S. Analysis and prevention of animal-caused faults in power distribution systems. **IEEE Transactions on Power delivery**, v. 10, n. 2, p. 995-1001, 1995.
- DECKMANN, S. M. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. Campinas: Tese (Doutorado), Universidade de Campinas, 2010.
- DOHMEN, T.; FALK, A.; HUFFMAN, D.; SUNDE, U.; SCHUPP, J.; WAGNER, G. G. Individual risk attitudes: Measurement, determinants, and behavioral consequences. **Journal of the European Economic Association**, v. 9, n. 3, p. 522-550, 2011.
- FUMAGALLI, E; SCHIAVO, L; DELESTRE, F. **Service quality regulation in electricity distribution and retail**. Springer Science & Business Media, 2007.
- GOIÁS, ESTADO DE. **Enel anuncia R\$ 2,128 bilhões em investimentos na Celg Distribuição**. Disponível em: <http://www.goias.gov.br/noticias/19427-enel-anuncia-r-2128-bilhoes-em-investimentos-na-celg-distribuicao.html>. 2017. Acesso em: 18 jun. 2018.
- HASSIN, E. S. **Continuidade dos serviços de distribuição de energia elétrica: análise regulatória, correlação dos indicadores e metodologia de compensação ao consumidor**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Itajubá.
- HERMAN, R.; GAUNT, C. T.; TAIT, L. On the adequacy of electricity reliability indices in South Africa. In: **Proceedings of the South African Universities Power Engineering Conference, Johannesburg**. 2015. p. 28-30.
- JAMASB, T.; POLLITT, M. L. Benchmarking and regulation: international electricity experience. **Utilities Policy**, v. 9, n. 3, p. 107-130, 2000.
- MASEMBE, Angela. Reliability benefit of smart grid technologies: A case for South Africa. **Journal of Energy in Southern Africa**, v. 26, n. 3, p. 2-9, 2015.

- MATOS, R. S.; MACHADO, A. F. Diferencial de rendimento por cor e sexo no Brasil (1987-2001). **Econômica**, v. 8, n. 1, p. 5-27, 2006.
- MELIOPOULOS, A. P. S. *et al.* Power distribution practices in USA and Europe: Impact on power quality. In: **Harmonics and Quality of Power Proceedings, 1998. Proceedings. Eighth International Conference On.** IEEE, 1998. p. 24-29.
- MONSUETO, S. E.; SIMÃO, R. C. S. The impact of gender discrimination on poverty in Brazil. **Cepal Review**, 2008.
- OAXACA, R. Male-female wage differentials in urban labor markets. **International economic review**, p. 693-709, 1973.
- OAXACA, Ronald L.; RANSOM, Michael R. On discrimination and the decomposition of wage differentials. **Journal of econometrics**, v. 61, n. 1, p. 5-21, 1994.
- PESSANHA, J. F. M.; SOUZA, R. C.; LAURENCEL, L. C. **Um modelo de análise envoltória de dados para o estabelecimento de metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica.** Pesquisa Operacional, Rio de Janeiro, 27, n. 1, Abr. 2007. 51-83.
- RUESGA, S. M.; BICHARA, J. S.; MONSUETO, S. E. Movilidad laboral, informalidad y desigualdad salarial en Brasil. **Investigación económica**, v. 73, n. 288, p. 63-86, 2014.
- SAYER, L. C.; BIANCHI, S. M.; ROBINSON, J. P. Are Parents Investing Less in Children? Trends in Mothers' and Fathers' Time with Children 1. **American journal of sociology**, v. 110, n. 1, p. 1-43, 2004.
- SILVA, M. P. C.; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, E. A Influência da Metodologia de Regulação nos Indicadores de Continuidade DEC e FEC. **V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos.** Foz do Iguaçu: SBSE. 2014.
- STEINER, M. T. A. *et al.* Técnicas da Pesquisa Operacional aplicadas à Logística de Atendimento aos Usuários de uma Rede de Distribuição de Energia Elétrica. **Sistemas & Gestão**, Niterói, 1, n. 3, Dez. 2006. 229-243.
- TER-MARTIROSYAN, A.; KWOKA, J. **Does Incentive Regulation Compromise Service Quality? The Case of US Electricity Distribution.** Northeastern University working paper, 2008.
- WEYMAN-JONES, T. The theory of energy economics: an overview. In: HUNT, L. C.; EVANS, J. **International handbook on the economics of energy.** Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2009. Cap. 2, p. 20-50.
- XU, L.; CHOW, M. A classification approach for power distribution systems fault cause identification. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 21, n. 1, p. 53-60, 2006