

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

**Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica através do
Custo da Interrupção para o Consumidor Industrial e dos
Indicadores de Continuidade (DEC e FEC)**

Maitê Martins Nobre

Itajubá, dezembro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

Maitê Martins Nobre

**Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica através do
Custo da Interrupção para o Consumidor Industrial e dos
Indicadores de Continuidade (DEC e FEC)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Energia como parte
dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em
Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão de
Sistemas Energéticos

Orientador: Prof. Dr. Jamil Haddad

Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Akira Yamachita

Dezembro de 2017

Itajubá

DEDICATÓRIA

À minha querida mãe, Célia Martins.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que nos momentos mais difíceis, me deu sabedoria para entender e cada obstáculo superado seria parte do sucesso alcançado. A Ele também agradeço por cada pessoa colocada em meu caminho, pela amizade e força, e por sempre acreditarem no meu potencial.

Agradeço imensamente a minha mãe, Célia Martins, por ser exemplo de mulher, mãe, pai, guerreira, e por ter me ensinado a jamais desistir, mesmo que o caminho seja difícil.

Aos professores pelo auxílio nos trabalhos e por contribuírem para o meu desenvolvimento acadêmico, sendo um agradecimento especial aos professores, Jamil Haddad e Roberto Akira Yamachita, os quais me orientaram neste trabalho depositando em mim a confiança para esta realização.

Por fim, sou grata a CAPES, UNIFEI e CEMIG pelo incentivo financeiro e estrutural para a realização deste trabalho.

RESUMO

As interrupções no fornecimento de energia elétrica são frequentes e quase 70% das empresas têm prejuízos com essas falhas, conforme estudo apresentado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016). Sendo assim, esse trabalho buscou avaliar, de uma maneira geral, a qualidade no fornecimento de energia elétrica por meio da avaliação dos indicadores de continuidade coletivos DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), ao longo do período de 2005 a 2016, considerando o Brasil e cinco companhias de distribuição de energia elétrica, sendo a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG-D), Companhia Paranaense de Energia-Distribuição (COPEL-DIS), Celg Distribuição S.A. - CELG -D, Centrais Elétricas do Pará S/A (CELPA) e Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), associada à influência do pagamento das compensações aos consumidores que mesmo sendo um valor razoavelmente alto, em milhões de R\$, não provocou uma redução significativa dos indicadores apurados. A partir da estimativa do custo da interrupção (R\$/kWh) para o setor industrial foi possível avaliar o quanto as interrupções de energia elétrica custam para os consumidores. Comparando ao custo que as concessionárias têm com o pagamento das compensações aos consumidores, que não chegam aos R\$ 100 mi, devido às transgressões dos limites dos indicadores individuais, o custo da interrupção para o consumidor é muito maior, ultrapassando os R\$ 300 mi.

Palavras-chave: Indicadores de continuidade, Interrupções, Energia Elétrica, Qualidade, Industrial.

ABSTRACT

Electric power supply interruptions are almost 70% of companies with losses with these failures, according to a study presented by the National Confederation of Industry (CNI, 2016). Regarding that, this work sought to evaluate, in a general way, a quality without electricity supply through the evaluation of the collective continuity indicators DEC (Equivalent Duration of Interruption per Consumer Unit) and FEC (Equivalent Frequency of Interruption per Consumer Unit) , over the period of, from 2005 to 2016, considering Brazil and five electricity distribution companies: Energy Company of Minas Gerais (CEMIG-D), Energy Company Paranaense - Distribution (COPEL-DIS), Celg Distribution SA - CELG-D, Power Station of Pará S/A (CELPA) and Electricity Company of the State of Bahia (COELBA) associated to the influence of the payment of compensations to successful consumers, in millions of R\$, have not caused a significant reduction of the established indicators about the interruption cost estimate (R\$/kWh) for the industrial sector, it was evaluated how much electricity interruptions cost to consumers. Compared to the cost of concessions with the payment of compensation to consumers, which do not reach R\$ 100 million, due to transgressions of the limits of individual indicators, the cost of interruption to the consumer is much higher, exceeding R\$ 300 million.

Key words: Continuity Indicators, Interruptions, Electric Power, Quality, Industrial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Divisão dos módulos abordados pelo PRODIST e as subdivisões do Módulo 8. .	22
Figura 2.2: Revisões aprovadas por audiências públicas conforme as Resoluções Normativas da ANEEL.....	23
Figura 2.3: Valor das compensações (R\$) pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2017.....	34
Figura 2.4: Quantidade de compensações pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2017.	34
Figura 2.5: Evolução do indicador SAIFI da companhia de energia elétrica Austin Energy, para o período de 2011 a 2015.....	38
Figura 2.6: Perfil da duração de interrupções de energia, sem aviso prévio, no período de 2002 a 2013, por cliente portugueses e europeus.	50
Figura 4.1: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para BRASIL.....	65
Figura 4.2: Compensações pagas no BRASIL, em milhões de R\$.	65
Figura 4.3: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CEMIG-D.....	66
Figura 4.4: Compensações pagas pela CEMIG-D, em milhões de R\$.....	66
Figura 4.5: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária COPEL-DIS.	67
Figura 4.6: Compensações pagas pela COPEL-DIS, em milhões de R\$.	67
Figura 4.7: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CELG-D.	68
Figura 4.8: Compensações pagas pela CELG-D, em milhões de R\$.	68
Figura 4.9: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CELPA.	69

Figura 4.10: Compensações pagas pela CELPA, em milhões de R\$.....	69
Figura 4.11: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária COELBA.....	70
Figura 4.12: Compensações pagas pela COELBA, em milhões de R\$.....	70
Figura 4.13: Custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria, em Bilhões, e compensações pagas no Brasil, em Milhões, no período de 2010 a 2016.....	73
Figura 4.14: Custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria e compensações pagas para a CEMIG-D, em Milhões, no período de 2010 a 2016.	74
Figura 4.15: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a COPEL-DIS, em Milhões, no período de 2010 a 2016.	74
Figura 4.16: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a CELG-D, em Milhões, no período de 2010 a 2016.	75
Figura 4.17: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a CELPA, em Milhões, no período de 2010 a 2016.	76
Figura 4.18: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a COELBA, em Milhões, no período de 2010 a 2016.....	76
Figura 4.19: Valor das compensações pagas por cada concessionária, em R\$, no período de 2010 a 2016.	77
Figura 4.20: Custo total da interrupção estimado por cada concessionária, no período de 2010 a 2016.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Compensações de continuidade pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2016.....	33
Tabela 2.2: Indicadores de confiabilidade SAIFI e SAIDI da companhia de energia elétrica.	38
Tabela 2.3: Consequências das interrupções de eletricidade.....	45
Tabela 2.4: Custo e os efeitos sociais aos consumidores industriais austríacos, de uma interrupção de 12 h.	51
Tabela 2.5: Comparação de diferentes estudos sobre o valor da segurança do fornecimento, para uma interrupção, no setor industrial austríaco, no ano de 2010.	51
Tabela 2.6: Custo Unitário das Interrupções programadas por região e setor (R\$/kWh).	52
Tabela 2.7: Custo Unitário das Interrupções não programadas por região e setor (R\$/kWh)..	53
Tabela 3.1: Concessionárias brasileiras agrupadas de acordo com a região.	54
Tabela 3.2: Concessionárias representantes de cada região do Brasil.....	57
Tabela 3.3: Valor das compensações (R\$) e quantidade de compensações que foram pagas, por região, conforme a concessionária no período de 2010 a 2016.	58
Tabela 3.4: Consumo de energia elétrica (MWh) do setor industrial do Brasil e das concessionárias escolhidas no período de 2010 a 2016.....	58
Tabela 3.5: Demanda do setor industrial do Brasil e das concessionárias escolhidas, em kW, no período de 2010 a 2016.	59
Tabela 3.6: Indicador de continuidade DEC apurado, em horas, do Brasil e das concessionárias escolhidas no período de 2010 a 2016.....	60
Tabela 3.7: Energia Interrompida para o setor industrial do Brasil, em kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.	60
Tabela 3.8: Energia Interrompida para o setor industrial de cada concessionária, em kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.....	61
Tabela 3.9: Custo Unitário das Interrupções não programadas por região e setor (R\$/kWh)..	61
Tabela 3.10: Custo Unitário das Interrupções programadas por região e setor (R\$/kWh).	62

Tabela 3.11: Custo total das interrupções estimado para o setor industrial do Brasil, em R\$/kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.	63
Tabela 3.12: Custo total das interrupções estimado para o setor industrial de cada concessionária, em R\$/kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.....	63
Tabela 4.1: Componentes da receita do serviço de distribuição.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRADEE	Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AP	Audiência Pública
ASIDI	<i>Average System Interruption Duration Index</i> (Índice Médio da Duração de Interrupção do Sistema)
ASIFI	<i>Average System Interruption Frequency Index</i> (Índice Médio da Frequência de Interrupção do Sistema)
AT	Alta Tensão
CAIDI	<i>Customer Average Interruption Duration Index</i> (Índice de duração média da interrupção do consumidor)
CAIFI	<i>Customer Average Frequency Index</i> (Índice de frequência média da interrupção do consumidor)
CEER	Conselho de Reguladores Europeus da Energia
CELG-D	Celg Distribuição S.A.
CELPA	Centrais Elétricas do Pará S/A
CEM	<i>Compensatory Estimation Method</i> (Método de Estimativa Compensatória)
CEMIG-D	Companhia Energética de Minas Gerais - Distribuição S.A.
CENS	<i>Custo Energia Não Suprida</i>
CICAM	<i>Cotton Company of Cameroon</i> (Companhia de Algodão do Camarões)
CML	<i>Minutes Lost per Customer</i> (Minutos Perdidos por Cliente)
CNI	Confederação Nacional da Indústria
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COPEL-Dis	Companhia Paranaense de Energia-Distribuição S.A.
CVM	<i>Contingent Valuation Method</i> (Método de Avaliação Contingente)
DEC	Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
DIC	Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora
DICRI	Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico
DIT	Demais Instalações de Transmissão
DMIC	Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EN	Norma Europeia
FEC	Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora
FIC	Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora

GWh	Giga Watt hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	<i>Customer Interruption</i> (Interrupções por Cliente)
ICE	<i>Interruption Cost Estimate</i> (Estimativa do Custo da Interrupção)
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> (Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos)
kWh	kilo Watt hora
MAIFI	<i>Momentary Average Interruption Frequency Index</i> (Índice de Frequência Média de Interrupção Momentânea)
MT	Média Tensão
MWh	Mega Watt hora
NDW	<i>Normalised Direct Worth</i> (Valor Direto Normalizado)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficácia Global do Equipamento)
OEE-E	<i>Overall Equipment Effectiveness for Energy Efficiency</i> (Eficácia Global do Equipamento para Eficiência Energética)
PIB	Produto Interno Bruto
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QEE	Qualidade da Energia Elétrica
RTP	Revisão Tarifária Periódica
SAIDI	<i>System Average Interruption Duration Index</i> (Índice de duração da interrupção média do sistema)
SAIFI	<i>System Average Interruption Frequency Index</i> (Índice de frequência da interrupção média do sistema)
T-SAIDI	Índice Médio da Duração de Interrupção do Sistema de Transformadores
T-SAIFI	Índice Médio da Frequência de Interrupção do Sistema de Transformadores
UPS's	<i>Uninterruptable Supplies</i> (Sistemas de alimentação ininterrupta)
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VLP	Valor dos Produtos não Fabricados
VoLL	Valor da Carga Perdida
WTA	<i>Willingness to Accept</i> (Vontade em aceitar)
WTP	<i>Willingness to Pay</i> (Vontade em pagar)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	15
1.2 Justificativa do Trabalho.....	16
1.3 Estrutura do trabalho.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 Qualidade da Energia Elétrica e os Marcos Regulatórios.....	18
2.2 Indicadores de Confiabilidade do Fornecimento de Energia Elétrica	23
2.2.1 Indicadores de continuidade	24
2.2.2 Indicadores coletivos de continuidade – DEC e FEC	24
2.2.3 Indicadores individuais de continuidade - DIC, FIC, DMIC e DICRI.....	26
2.2.4 Indicadores internacionais de continuidade – SAIDI, SAIFI, CAIDI e CAIFI.....	27
2.3 Compensações pelas transgressões dos limites de continuidade	30
2.4 Os indicadores de continuidade no cenário internacional.....	35
2.4.1 Relação do indicador de continuidade e tipo de interrupção.....	35
2.4.2 Incentivos regulatórios e compensações	36
2.4.3 Estados Unidos	37
2.4.4 Europa.....	39
2.5 A Importância da disponibilidade da Energia Elétrica para o setor industrial	40
2.5.1 Principais problemas na indústria causados por interrupções no fornecimento de energia.....	41
2.5.2 Estudos de caso relacionados aos custos da interrupção de energia elétrica para a indústria.....	43

2.5.3	Custo da Interrupção da Energia Elétrica no Brasil	52
3	METODOLOGIA	54
3.1	Levantamento e definição das concessionárias de energia elétrica	54
3.2	Levantamento dos indicadores de continuidade DEC e FEC e compensações pagas	57
3.3	Cálculo da energia elétrica interrompida	58
3.4	Cálculo do custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
4.1	Avaliação da qualidade da energia elétrica através dos indicadores DEC e FEC	64
4.1.1	A influência da qualidade da energia elétrica no cálculo da tarifa de energia	71
4.2	Comparação do custo da interrupção de energia para o consumidor em relação às compensações pagas pelas concessionárias	72
5	CONCLUSÕES.....	78
6	REFERÊNCIAS.....	80
	ANEXO A	88
	ANEXO B	100

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de energia elétrica representa um incremento na qualidade de vida das populações, já que a distribuição da energia elétrica proporciona um conforto doméstico além de maiores possibilidades de emprego e produção.

A qualidade da energia elétrica, do ponto de vista de seu fornecimento, é um assunto pertinente tanto para as distribuidoras quanto para os seus consumidores. Com o aumento da utilização de equipamentos eletrônicos e também da automatização das máquinas e equipamentos nas indústrias, a demanda pela melhoria da qualidade dos serviços de energia elétrica tornou-se cada vez mais crescente. Para o consumidor final, a qualidade de energia é fazer uso de um produto de forma contínua e eficiente.

Para o mundo moderno, a continuidade e qualidade da energia elétrica é um fator fundamental. Em um mercado altamente competitivo e globalizado, a energia elétrica já é uma variável estratégica de investimento e desenvolvimento na qual as empresas devem atuar para a expansão e a melhoria contínua do sistema (LOURENÇO, 2011).

De acordo com a Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica – ABRADDEE (2016), no segmento de distribuição, o Brasil possui 63 concessionárias que são responsáveis pela administração e operação de linhas de transmissão de menor tensão, fazendo com que a energia elétrica chegue às residências, comércios e indústrias. E com o avanço do tempo, a preocupação das concessionárias de energia passou a sinalizar uma atenção gradativamente mais centrada na qualidade da energia elétrica fornecida e consumida (JANUZZI, 2007).

A busca constante pela melhoria na qualidade da energia elétrica distribuída aos consumidores vem sendo elemento motivador para uma série de modificações tanto dos instrumentos legais e regulatórios, como para a própria organização das empresas no direcionamento e focalização de suas estratégias (BERNARDO, 2013). Para que se alcance uma eficiência contínua e que atinja os níveis aceitáveis faz-se necessária a atuação de um órgão regulador, papel esse atribuído ao estado através da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável em estabelece regras e padrões mínimos de qualidade para o fornecimento de energia elétrica.

Objetivos do Trabalho

- Objetivos Gerais

Avaliar a qualidade no fornecimento de energia elétrica por meio dos indicadores de continuidade coletivos DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequencia Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), verificando a contribuição do pagamento das compensações na melhoria dos indicadores a partir do ano de 2010. E avaliar o custo da interrupção total estimado para o consumidor industrial em relação às compensações pagas.

- Objetivos Específicos

Analisar o histórico dos indicadores de continuidade coletivo DEC e FEC do Brasil e de cinco distribuidoras de energia elétrica que representam cada região brasileira, no período de 2005 a 2016, comparando com o histórico das compensações pagas a influência na melhoria dos indicadores a partir de 2010. Calcular o custo total da interrupção (R\$/kWh) estimado para o consumidor industrial adotando-se o custo unitário da interrupção (R\$/kWh), apresentado pela Nota Técnica nº 0173/2016-SRD/ANEEL (ANEEL, 2016a), para cada setor e região do Brasil, afim de avaliar o custo da interrupção para o consumidor em relação ao custo da interrupção para a distribuidora pelo pagamento das compensações.

1.2 Justificativa do Trabalho

A crescente dependência da energia elétrica nas funções diárias do ser humano, assim como a automatização das indústrias nos processos de produção faz com que a qualidade da energia elétrica distribuída pelas concessionárias seja sempre um motivo de atenção e cobranças, no intuito de reduzir prejuízos e gastos. Dessa forma, por meio da avaliação dos indicadores de continuidade DEC e FEC, é possível verificar qual a influência que estes indicadores podem sofrer devido ao pagamento das compensações pelas distribuidoras aos consumidores. Além de relacionar o custo total da interrupção estimado para o consumidor industrial ao custo da interrupção para as distribuidoras pelo pagamento de compensação, avaliando o quanto este

custo da interrupção representa para o consumidor industrial e se o pagamento da compensação anula tal custo para este consumidor.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em seis capítulos, sendo o primeiro uma breve introdução sobre a importância da distribuição da energia elétrica com qualidade. No segundo capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a qualidade da energia elétrica e sua evolução regulatória, os indicadores de confiabilidade do fornecimento de energia elétrica e como funciona o pagamento das compensações pelas distribuidoras, a importância da disponibilidade da energia elétrica e o custo da interrupção no Brasil. No terceiro capítulo foi detalhada toda a metodologia aplicada e no quarto capítulo apresentado os resultados por meio de comparações entre os dados. O quinto capítulo traz as principais conclusões a respeito desse trabalho e finalizado com as sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na intenção de salientar a importância da qualidade da energia para os consumidores é apresentado, neste capítulo, o conceito de qualidade para o setor elétrico e quando se iniciou essa preocupação. Qual o papel do órgão regulador, que é Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e como ela se orienta com base nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, para a determinação dos limites para os indicadores de continuidade individuais (DIC, FIC, DMIC e DICRI) e coletivos (DEC e FEC) e como as concessionárias se comportam diante das compensações que devem ser pagas aos consumidores de energia pelas interrupções na rede, como é estimar o custo da interrupção para o consumidor, de acordo com o setor e a região brasileira em que se encontra. Os indicadores de continuidade no cenário internacional e a forma como a qualidade da energia é vista. Também são apresentados os principais problemas causados pelas interrupções de energia para o consumidor industrial, as perdas e os custos para o setor que as interrupções trazem, de acordo com estudos apresentados por alguns autores, reforçando a importância de uma energia de qualidade.

2.1 Qualidade da Energia Elétrica e os Marcos Regulatórios

As concessionárias de energia elétrica têm definido atualmente a qualidade de energia com base em indicadores estatísticos e dos limites de variação de tensão estabelecidos pelas portarias da ANEEL (EA, 2015).

Conforme a ANEEL (2016b), a qualidade percebida pelo consumidor de uma concessionária ou permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica deve ser avaliada a partir de três grandes aspectos: a qualidade do “produto” energia elétrica, a qualidade do “serviço” e a qualidade do atendimento ao consumidor. Assim, o Módulo 8 do PRODIST que trata da Qualidade da Energia Elétrica (QEE), estabelece os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica, abordando a qualidade do produto e do serviço prestado.

A qualidade do produto está relacionada com a conformidade, ou seja, com o grau de qualidade técnica da energia disponibilizada que neste caso corresponde à adequação da forma de onda de tensão. A qualidade do serviço está ligada ao fato de ter ou não disponível o

fornecimento de energia elétrica para os consumidores finais, sendo contabilizada a duração e a frequência das interrupções ocorridas. Já a qualidade do atendimento ao consumidor está relacionada ao aspecto comercial, no que diz respeito ao relacionamento entre as distribuidoras e seus consumidores, quanto à presteza, adequação, rapidez no atendimento às solicitações.

Um serviço de qualidade está relacionado com a adequação na disposição e prestação, e para os serviços públicos de energia elétrica, o capítulo II da Lei Nº 8987/95 estabelece:

Art. 6º Toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários, conforme estabelecido nesta Lei, nas normas pertinentes e no respectivo contrato.

§ 1º Serviço adequado é o que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas.

§ 2º A atualidade compreende a modernidade das técnicas, do equipamento e das instalações e a sua conservação, bem como a melhoria e expansão do serviço.

§ 3º Não se caracteriza como descontinuidade do serviço a sua interrupção em situação de emergência ou após prévio aviso, quando:

I - motivada por razões de ordem técnica ou de segurança das instalações; e,

II - por inadimplemento do usuário, considerado o interesse da coletividade (BRASIL, 1995).

O extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE, criado em 1965, cuja natureza e a finalidade estão consignadas no art. 1º de seu referido Regimento Interno:

Art.1º - O Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, instituído pela Lei nº 4.904, de 17 de dezembro de 1965, com autonomia financeira assegurada pelo art. 18 do Decreto nº 75.468 de 11 de março de 1975, é o Órgão Central de Direção Superior responsável pelo planejamento, coordenação e execução dos estudos hidrológicos em todo o território nacional; pela supervisão, fiscalização e controle dos aproveitamentos das águas que alteram o seu regime; bem como pela supervisão, fiscalização e controle dos serviços de eletricidade (ANEEL, 2015a).

Ao longo da década de 70, houve um grande período de desenvolvimento econômico no Brasil, o que acarretou na necessidade de diversas melhorias e uma delas pode-se dizer que foi a necessidade de um melhor controle na qualidade do fornecimento de energia elétrica. Para isso, foram criadas as primeiras regulamentações das condições técnicas e da qualidade do serviço de energia elétrica (BERNARDO, 2013), através da publicação da Portaria DNAEE nº 046, de 17 de abril de 1978, que estabeleceu as disposições relativas à continuidade de serviço no fornecimento de energia elétrica, estabelecendo os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica a serem observados pelas concessionárias de serviços públicos (BERNARDO, 2013) e da Portaria DNAEE nº 047, de 17 de abril de 1978, que determinou critérios quanto às tensões de fornecimento (JANUZZI, 2007).

A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL é criada no ano de 1996, por meio da Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com a seguinte disposição:

Art. 2^o A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal (BRASIL, 1996).

São também como atribuições da ANEEL, mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; **zelar pela qualidade do serviço**; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços (JANUZZI, 2007).

E em 28 de dezembro de 1997, por meio da Portaria nº 349, do Ministro de Estado das Minas e Energia (ANEEL, 2015b), a ANEEL é aprovada, ficando extinto o DNAEE.

A Portaria nº 046/78, do extinto DNAEE, foi revogada pela Resolução ANEEL Nº 024, de 27 de janeiro de 2000, na qual estabelece as disposições relativas à Continuidade da Distribuição de energia elétrica às unidades consumidoras, que por sua vez também é revogada pela Resolução Normativa Nº 395, de 15 de dezembro de 2009, que aprova o PRODIST e dá outras providências (ANEEL, 2009), complementado esse quadro regulatório, estabelecendo

os requisitos técnicos e responsabilidades dos agentes para acesso, planejamento da expansão, operação, medição e qualidade da energia nos sistemas de distribuição (ANEEL, 2016c).

Uma nova revisão da regulamentação de qualidade de serviço se iniciou no ano de 2009. Com a instauração da Audiência Pública, que resultou em alterações na definição dos atributos dos conjuntos de unidades consumidoras, no redimensionamento dos limites dos indicadores individuais (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (DIC), Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora (FIC) e Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora (DMIC)) e na sistemática de aplicação de penalidades para casos de violação dos limites. Também foi definido um novo critério de formação dos conjuntos que passaram a ter como base a área de atendimento das subestações AT/MT (alta e média tensão), que antes eram divididos de acordo com critérios geográficos (BERNARDO, 2013). Através da Audiência Pública de outubro de 2010 - AP 046/2010 (ANEEL, 2016d), a ANEEL aprimorou a metodologia para definição dos limites dos indicadores coletivos (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC)).

Os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST são documentos elaborados pela ANEEL e normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2016e). Disciplinam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e demais agentes (unidades consumidoras e centrais geradores) conectados aos sistemas de distribuição. Além, do relacionamento entre as distribuidoras e a ANEEL, no que diz respeito ao intercâmbio de informações (AESSUL, 2016). Entre seus objetivos estão a garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade e estabelecer requisitos para os intercâmbios de informações entre os agentes setoriais (ANEEL, 2016c).

O PRODIST é composto por onze módulos onde as informações se integram para oferecer uma visão geral de sua constituição e organização, sendo seis módulos técnicos, que abrangem as macro áreas de ações técnicas dos agentes de distribuição, e dois módulos integradores. Os módulos são distribuídos conforme a Figura 2.1:

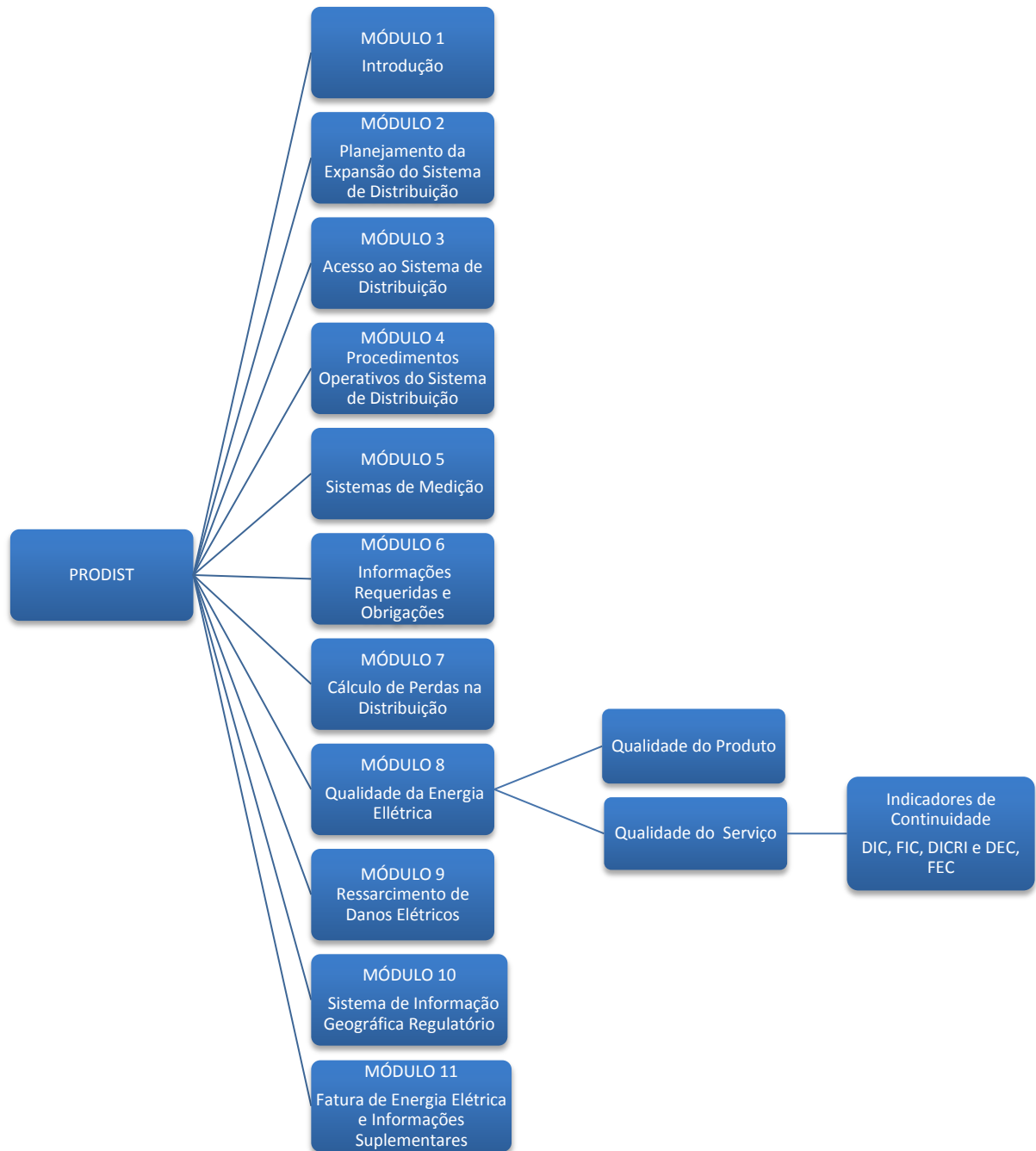


Figura 2.1: Divisão dos módulos abordados pelo PRODIST e as subdivisões do Módulo 8.
Fonte: Elaboração própria baseado no PRODIST.

As alterações, quando necessárias, de cada módulo são feitas através de audiências públicas (AP), onde são apresentadas as revisões após as audiências públicas. Como apresentado na Figura 2.2, para o Módulo 8 do PRODIST.

Revisão	Motivo da Revisão	Instrumento de aprovação pela ANEEL	Data de vigência
0	Primeira versão aprovada (após realização da AP 014/2008)	Resolução Normativa nº 345/2008	De 31/12/2008 a 31/12/2009
1	Revisão 1 (após realização da AP 033/2009)	Resolução Normativa nº 395/2009	De 1º/1/2010 a 31/12/2010
2	Revisão 2 (após realização da AP 046/2010)	Resolução Normativa nº 424/2010	De 1º/1/2011 a 05/9/2011
3	Revisão 3 (após realização da 2ª Etapa da AP 046/2010)	Resolução Normativa nº 444/2011	De 6/9/2011 a 31/01/2012
4	Revisão 4 (após realização da AP 064/2011)	Resolução Normativa nº 469/2011	De 1º/02/2012 a 31/12/2014
5	Revisão 5 (após realização da AP 093/2013)	Resolução Normativa nº 602/2014	Alterada antes da entrada em vigência
6	Revisão 6 (após realização da AP 029/2014)	Resolução Normativa nº 641/2014	De 1º/1/2015 a 31/12/2015
7	Revisão 7 (após realização da AP 052/2014)	Resolução Normativa nº 664/2015	1º/1/2016 a 31/12/2016
8	Revisão 8 (após realização da AP 082/2015)	Resolução Normativa nº 728/2016	A partir de 1º/1/2017

Figura 2.2: Revisões aprovadas por audiências públicas conforme as Resoluções Normativas da ANEEL .
Fonte: ANEEL (2016f).

O Módulo 08 do PRODIST em sua 8ª revisão vigente, estabelece os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica (QEE), abordando a qualidade do produto e do serviço prestado. Para a qualidade do produto são considerados aspectos relacionados à tensão de fornecimento. E, para a qualidade do serviço é considerado a continuidade do fornecimento e este módulo estabelece a metodologia para apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades, sendo para esse o enfoque desse trabalho.

2.2 Indicadores de Confiabilidade do Fornecimento de Energia Elétrica

As distribuidoras de energia são avaliadas conforme a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, com base nos indicadores de continuidade. O motivo principal para a investigação das interrupções no fornecimento de energia elétrica é fornecer uma justificativa para as decisões de investimento e tornar as medidas de reforço da segurança do fornecimento mais eficientes (REICHL *et al.*, 2013).

No Brasil os parâmetros de qualidade do serviço de energia elétrica são os Indicadores de Continuidade que são divididos em Indicadores de Continuidade Coletivos – DEC e FEC, que

são utilizados para avaliar o desempenho de diversas concessionárias, e os Indicadores de Continuidade Individuais – DIC, FIC, DMIC e DICRI que apresentam, ao consumidor, o desempenho da concessionária com relação à adequação do serviço prestado. Esses parâmetros são baseados nos Indicadores internacionais, retirados da norma do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (*Institute of Electrical and Electronic Engineers – IEEE*), em que os indicadores coletivos são: SAIDI – *System Average Interruption Duration Index* e SAIFI - *System Average Interruption Frequency Index*, e os indicadores individuais: CAIDI – *Customer Average Interruption Duration Index* e CAIFI - *Customer Average Frequency Index* (IEEE Std 1366-2003 apud SILVA, M. P. C.; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, 2014).

2.2.1 Indicadores de continuidade

O indicador de continuidade é uma representação quantificável do desempenho do sistema elétrico (BERNARDO, 2013). Com o intuito de garantir a qualidade e assegurar níveis desejáveis de continuidade do serviço de fornecimento, e comparar o desempenho das concessionárias com valores definidos durante os ciclos de revisão tarifária (BERNARDO, 2013), a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade do serviço, conforme os limites para os indicadores de continuidade, que são estabelecidos pelo Módulo 08 do PRODIST. Os indicadores de continuidade são divididos em dois grupos, os que mensuram a frequência de interrupções durante um determinado intervalo de tempo; e os que mensuram a duração cumulativa das interrupções ocorridas durante um determinado intervalo de tempo (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014).

2.2.2 Indicadores coletivos de continuidade – DEC e FEC

A regulação da qualidade da energia elétrica no Brasil teve início com a publicação da Portaria do DNAEE nº 046, de 17 de abril de 1978, já extinto, que definiu números máximos no tocante à quantidade e duração de interrupções de fornecimento de energia elétrica a serem observadas pelos concessionários (CONSTANTI, 2013). Essa portaria estabeleceu o primeiro conjunto de indicadores e padrões a serem cumpridos pelas concessionárias (LUSVARGHI, 2010), e utilizava dois indicadores de continuidade: o DEC e FEC.

De acordo com o Módulo 08 do PRODIST, o indicador coletivo de continuidade DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) é expresso em horas. O DEC é o intervalo de tempo que, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica (BERNARDO, 2013). Já o indicador coletivo de continuidade FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) é expresso em número de interrupções. O FEC é o número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado (BERNARDO, 2013). Na seção 8.2 do Módulo 8 do PRODIST, na subseção 5.5 são apresentadas as fórmulas utilizadas para o cálculo dos indicadores coletivos DEC e FEC atualmente, conforme a seguir:

a) DEC

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} DIC(i)}{Cc} \quad (2.1)$$

b) FEC

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{Cc} FIC(i)}{Cc} \quad (2.2)$$

Onde:

DEC = duração equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em horas e centésimos de hora;

FEC = frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora, expressa em número de interrupções e centésimos do número de interrupções;

i = índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto;

Cc = número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração, atendidas em BT ou MT.

2.2.3 Indicadores individuais de continuidade - DIC, FIC, DMIC e DICRI

Como referência dos conceitos básicos do Módulo 1 do PRODIST estão definidos cada um dos indicadores individuais de continuidade, o DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão), expresso em horas. O DIC é o intervalo de tempo que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica. O indicador individual de continuidade FIC (Frequencia de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão), expresso em número de interrupções. O FIC é o número de interrupções que um determinado consumidor sofreu no período de apuração. O indicador DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão) é expresso em horas, e corresponde ao tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão. E por fim, o indicador de continuidade DICRI (Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão), que corresponde à duração de cada interrupção ocorrida em dia crítico, para cada unidade consumidora ou ponto de conexão, e é expresso em horas. Trata-se de um indicador recente, criado em 2012.

Para o cálculo dos indicadores individuais DIC, FIC, DMIC e DICRI, a subseção 5.4, da seção 8.2 do Módulo 8 do PRODIST, apresenta as seguintes fórmulas:

a) DIC

$$DIC = \sum_{i=1}^n t(i) \quad (2.3)$$

b) FIC

$$FIC = n \quad (2.4)$$

c) DMIC

$$DMIC = t(i) \max \quad (2.5)$$

d) DICRI

$$DICRI = t_{crítico} \quad (2.6)$$

Onde:

DIC = duração de interrupção individual por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

FIC = frequência de interrupção individual por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em número de interrupções;

DMIC = duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

DICRI = duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

i = índice de interrupções da unidade consumidora no período de apuração, variando de 1 a *n*;

n = número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração;

t(i) = tempo de duração da interrupção (*i*) da unidade consumidora considerada ou ponto de conexão, no período de apuração;

t(i) max = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (*i*), no período de apuração, verificada na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas;

tcrítico = duração da interrupção ocorrida em Dia Crítico.

2.2.4 Indicadores internacionais de continuidade – SAIDI, SAIFI, CAIDI e CAIFI

O Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos (*Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE*) define os índices de confiabilidade com base no Guia para Índices de Confiabilidade de Distribuição Elétrica IEEE-P1366 (*IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*) onde são listadas várias definições importantes para confiabilidade). Conforme IEEE (2001), a seguir são apresentados como são calculados cada um desses índices, como, SAIDI – *System Average Interruption Duration Index* e SAIFI -

System Average Interruption Frequency Index, para os indicadores coletivos e CAIDI – *Customer Average Interruption Duration Index* e CAIFI - *Customer Average Frequency Index*.

Para calcular o SAIDI, cada interrupção durante o período de tempo é multiplicada pela duração da interrupção para encontrar a duração de cada interrupção para cada consumidor afetado. Para encontrar o valor de SAIDI, a soma da duração total de cada interrupção por consumidor afetado é dividida pelo total de consumidores atendidos.

$$SAIDI = \frac{\sum(ri * Ni)}{Nt} \quad (2.7)$$

Onde:

SAIDI = System Average Interruption Duration Index, é o índice de duração da interrupção média do sistema e fornece informações sobre o tempo médio que os clientes sofrem interrupção de energia. É expresso em minutos ou horas;

ri = Tempo de restauração do sistema, minutos;

Ni = Número de consumidores interrompidos;

Nt = Número total de consumidores atendidos.

Para o cálculo do SAIFI, o número total de consumidores afetados é dividido pelo número total de consumidores atendidos.

$$SAIFI = \frac{\sum(Ni)}{Nt} \quad (2.8)$$

Onde:

SAIFI = System Average Interruption Frequency Index, é o índice de frequência da interrupção média do sistema e fornece informações sobre a frequência média de interrupções por cada consumidor. É um indicador adimensional.

Ni = Número de consumidores interrompidos;

Nt = Número total de consumidores atendidos.

Uma vez que uma interrupção ocorre, o tempo médio para restaurar o serviço é encontrado a partir do CAIDI. O CAIDI é calculado de forma similar ao SAIDI, em que a duração total de interrupções ocorridas é dividida pelo número de total de consumidores afetados pelas interrupções.

$$CAIDI = \frac{\sum(ri * Ni)}{Ni} \quad (2.9)$$

Onde:

CAIDI = Customer Average Interruption Duration Index, é o índice de duração média da interrupção do consumidor. Representa o tempo médio necessário para restaurar o serviço ao cliente médio por interrupção.

ri = Tempo de restauração do sistema, minutos;

Ni = Número total de consumidores interrompidos;

Semelhante ao SAIFI, o CAIFI, que é o índice de frequência média de interrupção do cliente, mede o número médio de interrupções por consumidor interrompido por ano. É simplesmente o número de interrupções ocorridas dividido pelo número de consumidores afetados pelas interrupções.

$$CAIFI = \frac{\sum(No)}{Ni} \quad (2.10)$$

Onde:

CAIFI = Customer Average Interruption Frequency Index, é o índice de frequência média de interrupção do cliente. Representa o tempo médio necessário para restaurar o serviço ao consumidor por interrupção.

No = Número de interrupções

Ni = Número total de clientes interrompidos.

2.3 Compensações pelas transgressões dos limites de continuidade

A compensação pela transgressão passa a existir a partir de 1º de janeiro de 2010, quando a ANEEL aprova uma resolução com a revisão do PRODIST, submetida à Audiência Pública nº 033/2009, que determina que os valores que as distribuidoras pagam a título de multa pelo descumprimento dos indicadores coletivos de continuidade serão integralmente revertidos para compensar diretamente os consumidores afetados (ANEEL, 2016g).

Para que os limites anuais dos indicadores de continuidade sejam estabelecidos, as distribuidoras devem enviar para a ANEEL as informações geográficas da distribuidora para que se possam extrair as relevâncias das unidades consumidoras. Os valores dos limites são disponibilizados através de audiência pública (ANEEL, 2016f) de acordo com a Revisão Tarifária Periódica - RTP de cada distribuidora, que acontece em média a cada quatro anos, e vão se tornando cada vez mais rigorosos, a fim de melhorar a qualidade do serviço prestado ao consumidor. Os limites dos indicadores DIC, DMIC e FIC são vinculados aos indicadores DEC e FEC (ANEEL, 2010).

Com a padronização na forma de apurar, tratar e informar os dados relativos à continuidade do serviço (LUSVARGHI, 2010), a Resolução nº 024/2000 da ANEEL, consegue estabelecer condições para comparar as concessionárias através dos indicadores de continuidade. Consegue-se assim uma maior transparência quanto ao controle de desempenho das empresas, uma vez que os valores apurados dos indicadores de continuidade passaram a constar nas faturas de energia elétrica (LUSVARGHI, 2010), quando os indicadores individuais de continuidade são transgredidos, a distribuidora deve compensar financeiramente o consumidor. A compensação é automática, e deve ser paga em até 2 meses após o mês de apuração do indicador (mês em que houve a interrupção). Os valores são informados pelas distribuidoras em até 3 meses após a apuração do indicador e são passíveis de fiscalização pela ANEEL (ANEEL, 2016h). Comparando a Resolução com a Portaria nº 046/78 do DNAEE, era a falta de punição às concessionárias quando ultrapassavam os limites definidos, pois havia apenas uma determinação de que, em um prazo de 180 dias, o concessionário deveria adotar as providências que se fizessem necessárias à normalização do fornecimento quando fossem apurados valores superiores aos limites (CONSTANTI, 2013).

Na seção 5.11 do Módulo 8 do PRODIST é apresentada as considerações e critérios para que as compensações sejam passadas aos consumidores. No caso de violação do limite de continuidade individual dos indicadores DIC, FIC e DMIC em relação ao período de apuração (mensal, trimestral ou anual), a distribuidora deverá calcular a compensação ao consumidor do sistema de distribuição, inclusive àqueles conectados em DIT - Demais Instalações de Transmissão, e efetuar o crédito na fatura, apresentada em até dois meses após o período de apuração. No caso de violação do limite de continuidade individual do indicador DICRI, a distribuidora deverá calcular a compensação ao consumidor do sistema de distribuição, inclusive àqueles conectados em DIT, e efetuar o crédito na fatura, apresentada em até dois meses após o mês de ocorrência da interrupção. A distribuidora deverá efetuar uma compensação ao consumidor para cada interrupção ocorrida em Dia Crítico que superar o limite do indicador DICRI. Por se tratar de um indicador individual é apurado por interrupção ocorrida em dia crítico, e não por mês, trimestre e ano, como são os indicadores DIC, FIC e DMIC (ANEEL, 2016b).

No cálculo do valor da compensação, Módulo 8 do PRODIST, define as seguintes fórmulas:

a) Para o *DIC*:

$$Valor = \left(\frac{DICv}{DICp} - 1 \right) DICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei \quad (2.11)$$

b) Para o *DMIC*:

$$Valor = \left(\frac{DMICv}{DMICp} - 1 \right) DMICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei \quad (2.12)$$

c) Para o *FIC*:

$$Valor = \left(\frac{FICv}{FICp} - 1 \right) FICp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei \quad (2.13)$$

d) Para o *DICRI*:

$$Valor = \left(\frac{DICRIv}{DICRIp} - 1 \right) DICRIp \times \frac{EUSDmédio}{730} \times kei \quad (2.14)$$

Onde:

DIC_v = duração de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em horas e centésimos de hora;

DIC_p = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de duração de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

$DMIC_v$ = duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em horas e centésimos de hora;

$DMIC_p$ = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

FIC_v = frequência de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, conforme cada caso, verificada no período considerado, expressa em número de interrupções;

FIC_p = limite de continuidade estabelecido no período considerado para o indicador de frequência de interrupção por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expresso em número de interrupções e centésimo do número de interrupções;

$DICRI_v$ = duração da interrupção individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expressa em horas e centésimos de hora;

$DICRI_p$ = limite de continuidade estabelecido para o indicador de duração da interrupção individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expresso em horas e centésimos de hora;

$EUSD_{médio}$ = média aritmética dos encargos de uso do sistema de distribuição correspondentes aos meses do período de apuração do indicador;

730 = número médio de horas no mês;

kei = coeficiente de majoração cujo valor deve ser fixado em:

- i. 15 (quinze), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Baixa Tensão;
- ii. 20 (vinte), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Média Tensão;
- iii. 27 (vinte e sete), para unidade consumidora ou ponto de conexão atendidos em Alta Tensão.

A Tabela 2.1 apresenta as compensações de continuidade pagas pelas concessionárias no Brasil, no período de 2010 a 2016, considerando os dados mensais, trimestrais e anuais. Para

o DIC, FIC e DMIC, as informações de compensação estão disponíveis a partir de 2010. Para o DICRI, as informações de compensação estão disponíveis a partir de 2012 (ANEEL, 2017).

Tabela 2.1: Compensações de continuidade pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2016.

Compensação de Continuidade das Concessionárias		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
DIC, FIC e DMIC	Mensal	QTD	64.528.029	68.504.555	66.031.346	67.593.733	69.432.822	78.608.953	16.254.566
		VLR	259.409.387,88	289.572.623,80	305.792.525,44	263.020.411,07	279.037.800,68	450.288.801,58	109.731.917,07
	Trimestral	QTD	18.311.034	21.521.795	19.139.127	20.068.299	20.546.262	23.611.548	856.052
		VLR	42.844.877,84	40.118.456,57	41.990.777,27	36.837.766,05	38.213.674,40	64.343.539,01	3.792.336,25
	Anual	QTD	12.252.627	15.219.724	12.882.181	13.712.306	13.031.438	16.044.690	0
		VLR	58.543.287,88	68.340.480,18	69.891.361,86	61.508.176,25	54.986.433,44	101.779.614,37	0,00
DICRI	QTD	0	0	9.170.700	3.378.948	7.195.740	7.576.837	1.378.110	
	VLR	0,00	0,00	19.796.625,84	14.584.068,41	18.513.244,11	39.909.829,53	9.890.740,98	
TOTAL GERAL	QTD	95.091.690	105.246.074	107.223.354	104.753.286	110.206.262	125.842.028	18.488.728	
	VLR	360.797.553,60	398.031.560,55	437.471.290,41	375.950.421,78	390.751.152,63	656.321.784,49	123.414.994,30	

Fonte: ANEEL, (2017a).

De forma segmentada, na Figura 2.3 está o valor pago das compensações, em reais (R\$), e na Figura 2.4 a quantidade de compensações pagas para no período de apuração de 2010 a 2017, parcialmente. Ambas as figuras apresentam um perfil semelhante, porém a quantidade de compensações pagas não está relacionada diretamente com a quantidade de consumidores compensados, pois um mesmo consumidor pode acumular compensações ao longo do ano, levando em consideração os critérios para a aplicação das compensações.

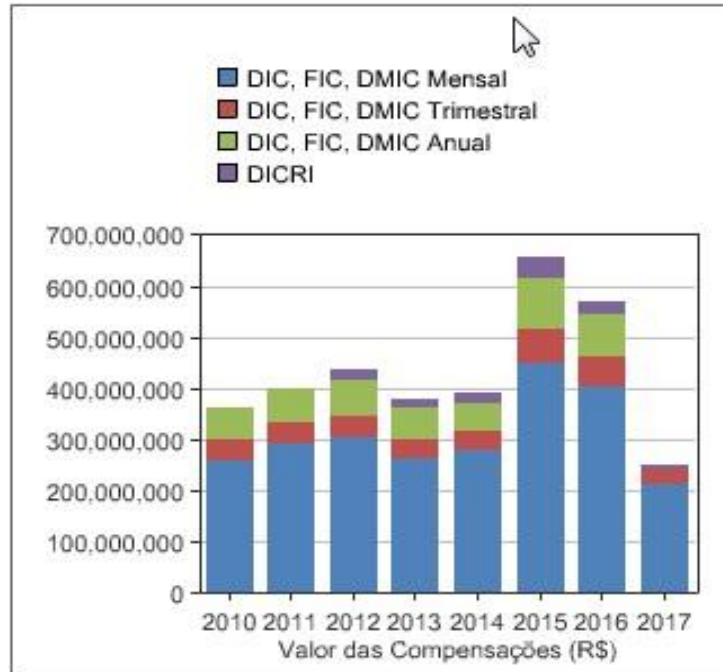


Figura 2.3: Valor das compensações (R\$) pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2017.

Fonte: ANEEL (2017a).

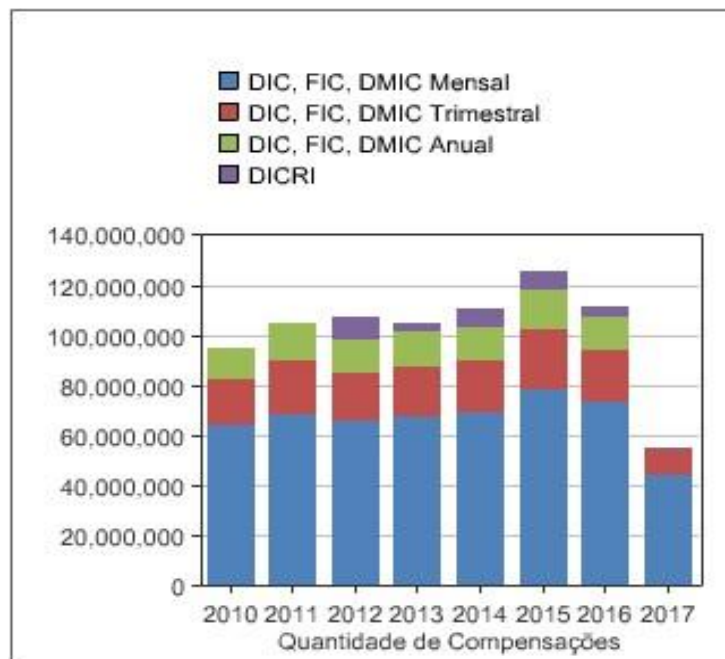


Figura 2.4: Quantidade de compensações pagas pelas concessionárias do Brasil, no período de 2010 a 2017.

Fonte: ANEEL (2017a).

A partir do ano de 2010, quando tem início o pagamento das compensações, nota-se que houve um aumento anual nos valores, considerando o total geral apresentado, o que pode ser entendido como uma dificuldade das concessionárias em se adequar aos limites de continuidade estabelecidos pelo órgão regulador.

2.4 Os indicadores de continuidade no cenário internacional

Os principais índices utilizados na maioria dos países são SAIDI, SAIFI e CAIDI que também pode ser obtido pela razão entre SAIDI e SAIFI. Esses índices são definidos entre outros pelo *Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE std. 1366*, onde a ponderação usada é com base no número de clientes (CEER, 2008). O índice SAIDI está relacionado à duração da interrupção e SAIFI com a frequência da interrupção, assim como no Brasil, a redução do valor desses índices apurados indica melhoria na continuidade de fornecimento de energia elétrica e uma melhor avaliação da qualidade da energia elétrica do ponto de vista do cliente.

No caso da Europa, os países utilizam diferentes indicadores e métodos de ponderação na avaliação das interrupções. Os indicadores são divididos em dois principais grupos, os indicadores que consideram "minutos perdidos por ano" que são: SAIDI, Minutos Perdidos por Cliente (*Minutes Lost per Customer - CML*), Interrupção Média do Sistema Índice de Duração (*Average System Interruption Duration Index - ASIDI*), Índice Médio da Duração de Interrupção do Sistema de Transformadores (*Mean Index of Transformer System Interruption Duration - T-SAIDI*) e os indicadores que consideram o "número de interrupções por ano", nesse caso são: SAIFI, Interrupções por Cliente (*Customer Interruptions - IC*), Índice Médio da Frequência de Interrupção do Sistema (*Average System Interrupt Frequency Index - ASIFI*), Índice Médio da frequência de interrupção do sistema de transformadores (*Mean Index of Transformer System Interruption Frequency - T-SAIFI*). Além do acompanhamento da duração e da frequência das interrupções, pode-se também analisar se a interrupções foram planejadas ou não planejadas (CEER, 2016).

Os dados de continuidade podem ser usados para informar aos clientes individuais ou grupos sobre a qualidade do serviço disponibilizado, verificar tendências de desempenho, orientar o operador do sistema sobre planejamentos em manutenção e investimentos, fazer uma comparação entre diferentes sistemas ou países, além de fornecer informações que podem ser utilizadas na regulação baseada em incentivos (CEER, 2008).

2.4.1 Relação do indicador de continuidade e tipo de interrupção

A maioria dos países que diferenciam as interrupções longas das interrupções curtas está em conformidade com a norma europeia EN 50160 quanto às características de tensão em

sistemas de distribuição públicas (CEER, 2016). Conforme a norma europeia EN 50160 na maioria dos países, uma interrupção é dita como uma "interrupção curta" se ela durar 03 (três) minutos ou menos. A "interrupção longa" é uma interrupção que dura mais de 03 (três) minutos (EUROPEAN STANDARD, 2005).

Em alguns países, é feita uma distinção adicional entre interrupções curtas e interrupções transientes, ou transitórias, em que as interrupções transientes são interrupções de até alguns segundos (CEER, 2008). O MAIFI ou *Momentary Average Interruption Frequency Index* (Índice de Frequência Média de Interrupção Momentânea) oferece o número médio de vezes por ano que o fornecimento a uma unidade consumidora é interrompido por um período de três minutos ou menos. Alguns países têm um indicador específico para os eventos transientes (ABRACE, 2014). A necessidade em diferir as interrupções curtas e transientes foi devido à diferença do impacto que essas interrupções causam para os clientes. As interrupções breves ou transientes não são tão monitoradas. Dos países que estão no 6º relatório os que coletam os dados para tais interrupções são Áustria, Chipre, República Checa, Finlândia, França, Hungria, Itália, Letônia, Lituânia, Noruega, Polónia, Portugal, Eslovénia e Suécia. O número de interrupções de curta duração por ano é usado em quase todos os 30 países do relatório (CEER, 2016).

O principal obstáculo encontrado com relação aos indicadores de continuidade é a dificuldade em comparar os dados nacionais, como no caso de toda a Europa. Uma vez, que existem diferentes tipos de indicadores ou diferentes métodos de ponderação utilizados. Além disso, embora todos os países tenham o controle das interrupções longas, menos da metade dos países monitoram as interrupções curtas.

2.4.2 Incentivos regulatórios e compensações

A manutenção e melhoria dos níveis gerais de continuidade e as decisões de investimento dos operadores de rede influenciam os níveis de qualidade atuais e futuros. De acordo com CEER (2016) a medida real da continuidade pode ser realizada em dois níveis diferentes, ou seja, nível do sistema e nível específico do usuário. Uma vez que a medição ao nível do utilizador é frequentemente baseada em pesquisa aos clientes com relação a sua satisfação, expectativas, entre outras. Vários países utilizam incentivos para um único utilizador. Quase dois terços dos países oferecem compensação individual aos utilizadores da rede quando os padrões não são

cumpridos. Na maioria dos casos, a compensação econômica tem a ver com a duração individual de longas interrupções não planejadas. Quanto tempo um cliente teria que ficar sem energia depende não só do país, mas às vezes também a capacidade, nível de tensão e as condições climáticas. A duração de uma interrupção plausível de compensação varia de uma hora (como no caso da Holanda) até 24 horas (como na Irlanda) (CEER, 2016). Alguns países oferecem compensações aos clientes pela duração total das interrupções. Outros apenas em casos de ultrapassagem do limite definido. Porém, na maioria dos países são os clientes que pedem o reembolso.

Em Portugal as normas de garantia de continuidade estão incluídas no código português de fornecimento de eletricidade (CASTRO *et al.*, 2016). Para a ultrapassagem dos limites há as compensações monetárias repassadas automaticamente aos clientes, tais limites são previstos pelo Código de Abastecimento de Eletricidade (*Portuguese electricity supply code*), fazendo de Portugal um dos pioneiros na Europa na implementação deste tipo de sistema de incentivos) (CASTRO *et al.*, 2016 apud (Fumagalli *et al.*, 2007b e Growitsch *et al.*, 2010).

Uma consideração importante é que o custo do total das indenizações pagas aos clientes é assumido exclusivamente pelos acionistas da empresa, servindo de motivação para o operador em garantir a disponibilidade do serviço (CASTRO *et al.*, 2016).

Para CASTRO *et al.* (2016), as compensações monetárias aos clientes e o incentivo financeiro aos operadores da rede são, sem dúvida, duas das ferramentas mais importantes utilizadas na regulação da qualidade da oferta de eletricidade, porque têm um impacto direto e mensurável nas receitas líquidas das empresas reguladas.

2.4.3 Estados Unidos

A *Entergy Louisiana, LLC* é uma empresa de energia que atende aproximadamente 1.060.000 clientes em 58 cidades, no final de ano de 2015. A confiabilidade da *Entergy* melhorou significativamente desde 1998, considerando o grau e quantidade de condições adversas que afetaram o território de serviço da *Entergy*. A empresa também introduziu um novo sistema de relatório de interrupção em 1998, além de aumentar significativamente os investimentos iniciais com confiabilidade em 1999 (ENTERGY LOUISIANA, 2016).

A *Austin Energy* é 8ª maior companhia de energia elétrica de propriedade pública do país, atendendo mais de 448.000 mil clientes e mais de um milhão de habitantes na Grande Austin (AUSTIN ENERGY, 2016).

A Figura 2.5 mostra a evolução do índice SAIFI, no período de 2011 a 2015, para o ano fiscal 2014 (*Fiscal Year*). O valor do indicador SAIFI está representando no eixo vertical (*SAIFI Score*). As colunas amarelas representam o limite de interrupções e as colunas verdes a quantidade de interrupções apuradas.

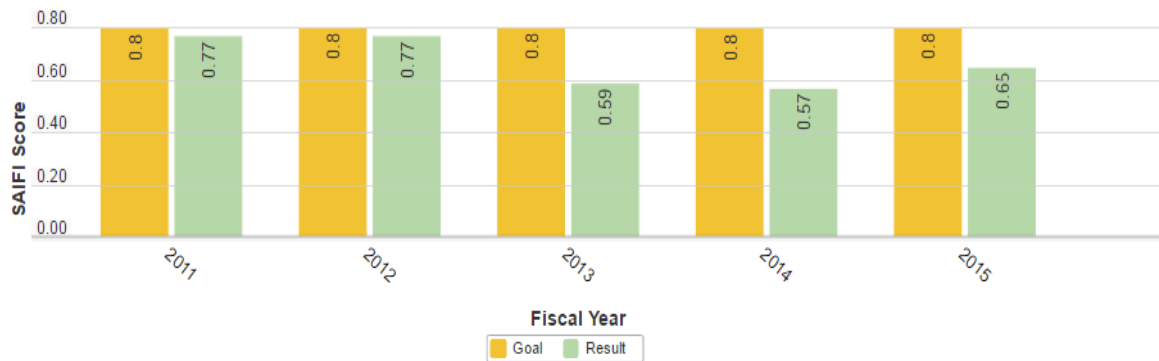


Figura 2.5: Evolução do indicador SAIFI da companhia de energia elétrica Austin Energy, para o período de 2011 a 2015.

Fonte: DATA.AUSTIN (2015).

Para o ano fiscal 2014, a *Austin Energy* apresentou os indicadores de confiabilidade SAIFI e SAIDI abaixo da média, conforme mostra a Tabela 2.2.

Tabela 2.2: Indicadores de confiabilidade SAIFI e SAIDI da companhia de energia elétrica *Austin Energy*, para o ano fiscal 2014.

Reliability Rating (Classificação de Confiabilidade)	Austin Energy (Companhia de energia elétrica)	Industry Average (Média da Indústria)
SAIFI	0,57	≤ 0,8
SAIDI	45,25	≤ 60,0

Fonte: AUSTIN ENERGY (2016).

A *Austin Energy* continuará a buscar as melhores práticas de operação e manutenção para seu sistema de fornecimento elétrico para garantir a confiabilidade que suporta sua excelente estratégia de atendimento ao cliente. O orçamento para o ano fiscal de 2015-2016 inclui US \$

81,9 milhões de dólares em operações e manutenção para os sistemas de Distribuição e Transmissão, bem como US \$ 115,2 milhões em melhorias de capital para garantir que os padrões de desempenho de confiabilidade do sistema continuem a ser atingidos (DATA.AUSTIN, 2015).

Pensando na melhoria da distribuição da energia elétrica, nos EUA foi projetada uma ferramenta para estimar os custos de interrupções de energia elétrica ou os benefícios relacionados às melhorias de confiabilidade. Essa ferramenta é uma calculadora para estimar o Custo de Interrupção (*Interruption Cost Estimate - ICE*) e foi desenvolvida pelo *Nexant e Lawrence Berkeley National Laboratory*, voltada para empresas de serviços públicos, organizações governamentais ou outras entidades interessadas. A calculadora ICE pode ser usada para estimar os custos de interrupção, estimar o valor da melhoria de confiabilidade em um ambiente estático ou estimar o valor da melhoria de confiabilidade em um ambiente dinâmico base nas previsões de SAIFI, SAIDI e CAIDI. Através dos dados de entrada SAIFI e SAIDI e número de clientes é possível estimar o custo da interrupção para um ou mais estados dos EUA. Os parâmetros adotados seguem um nível estadual, porém é possível alterar tais parâmetros para adequar o resultado a região de interesse. Os custos são estimados conforme a interrupção total, demanda total (kW) e consumo interrompido (kWh). A Calculadora ICE foi financiada pelo Escritório de Entrega de Energia Elétrica e Confiabilidade de Energia no Departamento de Energia dos EUA (ICE CALCULATOR, 2015).

2.4.4 Europa

A fim de fornecer informações sobre a continuidade do fornecimento e apresentar um panorama referente às formas de monitoramento da continuidade, o Conselho de Reguladores Europeus da Energia (CEER) periodicamente pesquisa e analisa o fornecimento de eletricidade nos seus países membros. Essas pesquisas e análises assumem a forma de relatórios de avaliação comparativa sobre Qualidade de Fornecimento de Energia Elétrica, ou simplesmente um relatório de desempenho. Tais relatórios fornecem boas práticas para a regulação da qualidade da oferta nas redes de eletricidade que têm sido adotadas por muitos países europeus (CEER, 2016). O *6TH CEER BENCHMARKING REPORT ON THE QUALITY OF ELECTRICITY AND GAS SUPPLY – 2016 ELECTRICITY – CONTINUITY OF SUPPLY* é baseado na entrada de 30 países: Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Grã-Bretanha, Grécia,

Hungria, Irlanda, Itália, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Países Baixos, Noruega, Polónia, Portugal, Roménia, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha, Suécia e Suíça. Os países participantes afirmam monitorar a continuidade do fornecimento em suas redes de eletricidade, porém existem diferenças significativas que surgem no tipo de interrupção monitorada, o nível de detalhe relatado e a interpretação de vários indicadores utilizados que acabam atrapalhando as comparações entre esses países. Metodologias utilizadas para diferentes indicadores de continuidade e normas combinadas com diferentes características geográficas acabam dificultando a avaliação comparativa dos níveis reais de continuidade (CEER, 2016).

2.5 A Importância da disponibilidade da Energia Elétrica para o setor industrial

O consumo de energia elétrica pode ser dividido entre os setores: comercial, industrial, residencial e outros (rural, iluminação pública, consumo próprio, serviços públicos, poder público). Dentre os setores de consumo de energia elétrica, o industrial é o responsável pelo maior consumo. Conforme citado por Ferreira Júnior (2013 apud Abdelaziz, Saidur e Mekhilef, 2011, p. 7), “o consumo mundial de energia de base elétrica, passará de 14,9% em 2006 para 19,7% em 2030, sendo que quase metade deste consumo será voltada apenas para o setor industrial das nações”. E para o Brasil, segundo o Plano Nacional de Energia 2030, o consumo do insumo energia passará por um crescimento de, em média, 3,7% ao ano até o ano de 2030, sendo que a indústria manterá 38% do dispêndio desta energia e que a utilização da energia elétrica propriamente dita, dentro da matriz energética do país, subirá de 18% para 20% neste período (FERREIRA JÚNIOR, 2013 apud TOLMASQUIM, 2007, p.7).

A energia elétrica é um insumo importante para a indústria, em que 79% das empresas industriais a utilizam como principal fonte de energia. Dessa forma, energia elétrica de qualidade é condição necessária para a competitividade da indústria brasileira (CNI, 2016). Essa preocupação tem se tornado mais evidente devido a diversos fatores tais como o uso cada vez mais frequente nas indústrias de equipamentos eletronicamente controlados e processos automatizados, devido à necessidade de melhorar a produtividade e a eficiência

como forma de competir na economia globalizada (MELO, M. O. C; CAVALCANTI, G., 2008).

Sendo assim, a qualidade da energia elétrica entregue pelas empresas distribuidoras aos consumidores industriais sempre foi objeto de interesse, a principal preocupação era que não houvesse interrupções de energia, e a que as tensões e frequência fossem mantidas dentro de determinados limites considerados aceitáveis (AFONSO, J. L; MARTINS, J. S., 2003).

As interrupções de eletricidade geralmente levam a um aumento da incerteza das empresas e a um baixo retorno do investimento, o que prejudica seriamente a prosperidade das empresas (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

De acordo com Motoki (2007), o problema de qualidade de energia é, portanto, qualquer problema de energia manifestado por meio de desvio de frequência, de tensão ou corrente que resulte em falha ou não de operação de equipamento do cliente. Entre os problemas de qualidade de energia, a interrupção do fornecimento é, incontestavelmente, o mais grave, uma vez que afeta todos os equipamentos ligados à rede elétrica (AFONSO, J. L; MARTINS, J. S., 2003).

2.5.1 Principais problemas na indústria causados por interrupções no fornecimento de energia

Problema de qualidade de energia é qualquer problema de energia manifestado por meio de desvio de frequência, de tensão ou corrente que resulte em falha ou não de operação de equipamento do cliente (MOTOKI, 2007).

De acordo com uma pesquisa divulgada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) (2016), 67% das empresas que usam eletricidade como principal fonte em seu processo produtivo são impactadas de forma significativa em razão das interrupções no serviço. De acordo com o estudo, 16% das empresas são afetadas frequentemente por falhas no abastecimento e 34% são atingidas eventualmente. Outras 44% se depararam com quedas de energia em raras ocasiões e 4% responderam que nunca houve falhas (ABRACE, 2016).

"Para a indústria, o maior problema da queda de energia é a paralisação da produção. Dependendo do tipo de empresa e da linha de produção que ela tem, há perdas de matéria-prima, produtos e horas de trabalho. São prejuízos consideráveis, que acabam se revertendo em recursos", informou a CNI (ABRACE, 2016).

Para muitos clientes, o impacto de uma interrupção de 01 (um) minuto é desprezível ou, pelo menos, muito menor do que o impacto de uma interrupção de 01 (uma) hora. Porém, para um número crescente de clientes, em especial, os clientes industriais, mesmo as interrupções de 01 (um) minuto causam preocupação semelhante como uma interrupção mais longa. Conforme o (CEER, 2008), o impacto das interrupções transiente é tipicamente menor, mas em casos de grandes cargas do motor uma interrupção transiente pode levar a danos no equipamento quando há uma coordenação insuficiente entre a proteção do motor e o esquema de religamento automático.

"A realidade da indústria difere da dos demais consumidores de energia. Às vezes, uma interrupção momentânea no fornecimento, inferior a três minutos, sequer é sentida pelo pequeno consumidor. Mas, para a indústria, significa a interrupção da produção por horas. Além de perdas associadas à deterioração ou queima de equipamentos, existem aquelas relacionadas ao que se deixa de produzir por conta da interrupção", salienta a coordenadora de Energia Elétrica da Abrace, Camila Schoti (BRASIL ECONÔMICO, 2013).

A duração de aproximadamente 70% das interrupções curtas pode ser inferior a um segundo. Em alguns documentos, as interrupções curtas são consideradas como tendo durações que não excedem um minuto (EUROPEAN STANDARD, 2005). Interrupções curtas de energia na indústria interrompe a produção consideravelmente porque essas breves interrupções de energia reduzem a eficiência dos processos industriais e o ciclo de vida dos equipamentos (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

"Uma parada de um minuto pode trazer prejuízo de milhões de reais para as companhias, já que pode danificar máquinas. As empresas acabam tendo que se preocupar em ter geradores e, se houver paradas, em realocar funcionários", comentou Tatiana Lauria da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) (VALOR ECONÔMICO, 2014).

A qualidade da energia elétrica entregue pelas empresas distribuidoras aos consumidores industriais sempre foi objeto de interesse. Porém, até algum tempo atrás, a qualidade tinha a ver, sobretudo, com a continuidade dos serviços, ou seja, a principal preocupação era que não houvesse interrupções de energia, e que as tensões e frequência fossem mantidas dentro de determinados limites considerados aceitáveis. Entre os problemas de qualidade de energia, a interrupção do fornecimento é, incontestavelmente, o mais grave, uma vez que afeta todos os equipamentos ligados à rede elétrica, à exceção daqueles que sejam alimentados por UPS's (*Uninterruptable Supplies* – sistemas de alimentação ininterrupta) ou por geradores de emergência (AFONSO, J. L; MARTINS, J. S., 2003). Para as indústrias que não dispõem de equipamento capaz de manter a produção no caso de suspensão de potência, há uma parada total no serviço (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Entre os consumidores de energia elétrica, o industrial está entre os grandes consumidores, o que evidencia a importância da qualidade da energia oferecida a esse setor. A qualidade da energia está relacionada com a sua continuidade, levando em consideração que interrupção de energia de curta duração causa vários prejuízos para a indústria, como a produção de produtos com baixa qualidade e com elevados custos. Para que as indústrias consigam enfrentar a competitividade do mercado, cada vez mais são adquiridos equipamentos automatizados, muitas vezes sensíveis à oscilação da tensão na rede, obrigando à aquisição de *nobreaks*, o que eleva os custos para a indústria.

2.5.2 Estudos de caso relacionados aos custos da interrupção de energia elétrica para a indústria

De acordo com a definição do *Institute of Electrical and Eletronics Engineers* (IEEE), uma interrupção é definida como a perda completa da tensão de alimentação ou de corrente de carga (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Conforme Castro *et al.* (2016), o conceito de regulação de fornecimento de eletricidade é equilibrar a disposição dos clientes em pagar tarifas pela rede e suas expectativas pelos níveis mínimos de qualidade do fornecimento.

Para Linares e Rey (2013), um dos objetivos da segurança energética é a disponibilidade física ininterrupta de energia. No entanto, há informações limitadas sobre quanto é o custo das interrupções do fornecimento de energia. Essas informações são essenciais para otimizar as decisões de investimento e de operação para evitar a escassez de energia ou, uma alternativa, para determinar a força dos sinais a serem enviados aos agentes para que eles possam investir em conformidade.

Pois, a partir da quantificação dos impactos, principalmente econômicos, causados pelas interrupções de eletricidade, permitirá alcançar um nível ótimo de segurança do fornecimento de eletricidade, podendo estabelecer diretamente requisitos para investimentos na rede, procedimentos operacionais ou para qualidade do serviço, como limites para o DEC e FEC (LINARES e REY, 2013).

O efeito das interrupções no fornecimento de energia elétrica varia conforme o tipo de cliente, o tempo de ocorrência, a duração da interrupção, a frequência da ocorrência, etc. Para muitos clientes, o impacto de uma interrupção de um minuto é muito menor que o impacto de uma interrupção de uma hora. No entanto, devido à modernização da indústria e ao aumento do uso de equipamentos elétricos e eletrônicos, o efeito das interrupções mudou ao longo dos anos. Indústrias preferem uma interrupção de longa duração a várias interrupções de duração muito curta (DIBOMA e TATIETSE, 2013 apud DIBOMA, 2007).

Segundo Linares e Rey (2013), as consequências destas interrupções são particularmente importantes para a maioria das sociedades que são muito dependentes da disponibilidade de eletricidade, podendo gerar grandes custos econômicos e sociais. Assim, o acesso às informações sobre as consequências e o impacto econômico da segurança do fornecimento de eletricidade (LINARES e REY, 2013) são fundamentais para responder as inúmeras questões que surgem em torno desse assunto. A Tabela 2.3 mostra quais são os impactos consequentes das interrupções de eletricidade.

Tabela 2.3: Consequências das interrupções de eletricidade.

Impactos econômicos diretos	Impactos econômicos indiretos	Impactos sociais
<ul style="list-style-type: none"> • Perda de produção 	<ul style="list-style-type: none"> • O custo do rendimento é adiado 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura incômoda no trabalho/casa
<ul style="list-style-type: none"> • Reiniciar custos 	<ul style="list-style-type: none"> • O custo financeiro da perda de quota de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de tempo de lazer
<ul style="list-style-type: none"> • Dano no equipamento 		<ul style="list-style-type: none"> • Risco para saúde e segurança
<ul style="list-style-type: none"> • Deterioração da matéria-prima 		

Fonte: LINARES e REY (2013).

Dentre as diferentes formas para tentar quantificar os custos de uma interrupção de eletricidade, Linares e Rey (2013) apresentam três métodos mais comuns:

Pesquisas com os clientes: Neste método, as pesquisas são empregadas para obter informações de clientes do setor industrial, comercial e residencial. O objetivo é obter uma avaliação direta ou indireta dos custos de interrupção dos clientes. Abordagens diretas são empregadas para aqueles clientes com um bom conhecimento de consequências de interrupção (por exemplo, setor industrial e outros grandes usuários elétricos). Quando os impactos de interrupção são menos tangíveis e a perda monetária é mais difícil de avaliar, os métodos de avaliação indireta são empregados (por exemplo, para o setor residencial). Geralmente os clientes são questionados sobre a sua vontade em pagar (*willingness to pay* - WTP) para evitar interrupções, ou a sua vontade em aceitar (*willingness to accept* - WTA) uma compensação por ter um maior número de interrupções. O principal problema desse método é o tempo e o alto custo associados à coleta e análise dos dados. Além disso, os resultados podem ser tendenciosos, podendo os clientes dar valores mais altos aos custos de interrupção, por ser o suprimento um bem público. O custo de interrupção estimado através de pesquisa com o cliente é expresso em termos da carga desligada (€ / kW).

Os estudos de caso: Eventos passados, como os apagões, podem ser usados para quantificar o custo de interrupções de energia. A vantagem deste método é que as estimativas são baseadas em eventos reais e não em cenários hipotéticos. É mais fácil para os consumidores de eletricidade fornecer uma avaliação de custos mais detalhada quando tiverem sofrido uma interrupção. No entanto, esta metodologia é limitada pelas características específicas da interrupção estudada (por exemplo, local, tempo, duração) e é difícil generalizar os resultados.

A abordagem da função de produção: Este método utiliza a razão de uma medida econômica (por exemplo, o produto interno bruto (PIB) ou valor acrescentado bruto (VAB)) e uma medida do consumo de eletricidade (por exemplo, o quilo Watt hora (kWh)) para estimar custos de interrupção por setor. O objetivo é encontrar o valor de uma unidade de eletricidade, também conhecida como o valor da carga perdida (VoLL). Por exemplo, se o valor acrescentado bruto de um setor for de 10 milhões de euros com 1 milhão de kWh de eletricidade, o custo de uma interrupção da energia seria de 10 euros / kWh. Esta medida de VoLL é o inverso da intensidade energética, que mede a quantidade de energia necessária para produzir uma unidade de produção econômica. Consequentemente, os setores com alto consumo de eletricidade irão, por definição, apresentar um menor volume de VoLL. O custo de uma interrupção a partir do método da função de produção é expresso através da energia total não fornecida (€ / kWh). A abordagem da função de produção apenas considera as perdas de produção. Outros impactos, tais como danos ao equipamento ou deterioração da matéria-prima, não são quantificados.

Os três métodos têm suas vantagens e desvantagens. Assim, é importante considerar a causa e as características da interrupção. O levantamento de clientes é um método melhor para estimar o impacto econômico social e indireto e, portanto, deve ser empregado ao analisar os custos de interrupções relacionadas à má qualidade de energia e falhas mecânicas (LINARES e REY, 2013).

A fim de trazer mais informações sobre o impacto que as interrupções causam para os clientes e qual o custo dessas interrupções, são citados alguns trabalhos que tratam justamente dessa abordagem. Ferreira Júnior (2013) propôs em seu trabalho, através de uma adaptação do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), apresentar as perdas causadas pelo insumo energia em uma empresa de autopeças, no município de Itajubá/MG, com o intuito de eliminar ou minimizar o desperdício de energia e os efeitos da variação do recurso energia

para com a disponibilidade, desempenho e qualidade do recurso, equipamento ou processo produtivo, sendo esse indicador chamado de *Overall Equipment Effectiveness for Energy Efficiency* (OEE-E). Buscou identificar as falhas potenciais, relacionadas ao insumo energia, através de questionamentos aos responsáveis técnicos dos setores escolhidos dentro da empresa em questão.

Conforme estudo de Linares e Rey (2013) para quantificar o impacto econômico de uma interrupção da eletricidade em diferentes setores e regiões da Espanha, verificou-se que para o ano de 2008, o custo, em euros, para a economia espanhola de um kWh (quilo Watt hora) de eletricidade não fornecida variou entre € 4,39 a € 6,35, levando-se em consideração a flexibilidade e quão essencial é a eletricidade para cada setor.

Linares e Rey (2013 apud Balducci, 2002) que através de dados coletados pela Universidade de Saskatchewan em 1992 e 1996, estimou que o custo médio, em dólares por kilo Watt, de uma hora de interrupção na economia dos Estados Unidos (EUA) foi de US \$ 8,76 / kW. Entre os setores os custos de interrupção foram para o setor de transporte (\$ 16,42 / kWh), para o residencial (\$ 0,15 / kW), setor industrial (US \$ 13,93 / kW) e o setor comercial (US \$ 12,87 / kWh). Ainda com os dados da Universidade de Saskatchewan, Linares e Rey (2013 apud Billinton, 2001) que apresenta o custo para os setores econômicos do Canadá, em dólares canadenses por kilo Watt, de uma hora de interrupção para o setor industrial (C \$ 5,19 / kW), comercial (C \$ 32,20 / kW) e residencial (C \$ 0,31 / kW). Em ambos os estudos, o setor industrial aparece como o segundo maior custo de interrupção. O custo para o setor industrial e comercial aumenta cerca de 45%, quando a interrupção não é notificada Linares e Rey (2013 apud Trengereid, 2003). Durante a noite, o setor industrial não diminui a atividade, e conseqüentemente, o custo de interrupções de eletricidade é relativamente mais alto para este setor. Uma vez que a alta atividade do setor industrial durante a noite faz com que este setor seja mais vulnerável a interrupções de energia elétrica (LINARES e REY, 2013).

Para estimar os custos da interrupção de energia para as indústrias em Camarões, Diboma e Tatiense (2013) utilizou um método de valor direto normalizado (*normalised direct worth - NDW*), enquanto o método de estimativa compensatória (*compensatory estimation method - CEM*) foi utilizado para avaliação indireta. Para uma amostra representativa de 250 (duzentos e cinquenta) indústrias, pertencentes aos setores que registram a maior proporção de consumo de energia elétrica e que juntas abrigam 80% da produção industrial de Camarões (DIBOMA

e TATIETSE, 2013 apud Amougou, 2000), foi aplicado um questionário, avaliando os dados quantitativos e qualitativos referentes à qualidade do fornecimento de eletricidade, aos custos de produção perdida, aos encargos adicionais gerados por interrupções e às economias que podem ser obtidas como resultado dos custos de interrupção de energia registrados nas indústrias, a satisfação dos consumidores e as opiniões dos consumidores sobre questões relacionadas com o fornecimento de eletricidade e o seu impacto na produção industrial (DIBOMA e TATIETSE, 2013). Através do método direto de avaliação, o custo médio das interrupções variou de 3,62 € / kWh a 5,42 € / kWh durante uma interrupção de 1 (uma) hora e de 1,96 / kWh a 2,46 € / kWh durante uma interrupção de 4 (quatro) horas. Com o método indireto, o custo médio por kWh de eletricidade não utilizada foi de € 3,37 / kWh (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Diboma e Tatietsse (2013 apud Panya et al., 2010), focado na estimativa de custos de interrupção das indústrias na Tailândia, onde os autores usaram a duração média de interrupção (DEC) e a frequência média de interrupção (FEC), ao avaliarem o efeito da confiabilidade. Os resultados, provenientes de uma amostra de pesquisa de 800 (oitocentas) indústrias, mostrou que os custos das interrupções não planejadas têm impacto negativo nas indústrias.

Com o método de avaliação contingente (*contingent valuation method* - CVM) Diboma e Tatietsse (2013 apud Kjølle et al., 2008) estimaram os custos de interrupção de energia em uma amostra de 280 (duzentos e oitenta) indústrias na Noruega entre US \$ 6,62 / kWh e US \$ 13,14 / kWh de eletricidade não suprida para interrupções cuja duração foi entre 1 e 4 horas.

Diboma e Tatietsse (2013) citam alguns estudos que foram feitos para avaliar os custos para a economia das interrupções de energia na indústria, como o estudo realizado na França, em 2007, em que um corte de energia de 5 (cinco) minutos no horário de pico custou para a economia francesa € 60 milhões de euros (DIBOMA e TATIETSE , 2013 apud Angelier et al., 2009). No Paquistão, os custos diretos e indiretos da queda de energia para as indústrias em 1987 resultaram em uma redução de 1,8% no Produto Interno Bruto (PIB) e uma redução de 4,2% no volume das exportações de manufaturados (DIBOMA e TATIETSE, 2013 apud Adenikinju, 2005). As perdas totais de produção devido à interrupção de energia na Índia foram estimadas em 1,5% do PIB (DIBOMA e TATIETSE , 2013 apud USAID, 1988). Na Colômbia, o racionamento de energia foi estimado para reduzir a produção económica global em quase 1% do PIB em 1992 (DIBOMA e TATIETSE , 2013 apud Kessides de 1993). Em

Camarões, um estudo conduzido, Diboma e Tatiêtse (2013 apud por Pineau, 2005) estipulou que o fornecimento de energia para as indústrias abrandou o crescimento econômico do país em 1% em 2002.

Levando em consideração os custos com a produção causados pela interrupção de energia que Diboma e Tatiêtse (2013) apresentaram os custos conforme o cenário de interrupção, com e sem aviso prévio, levando em consideração o valor dos produtos não fabricados (VLP) ou serviços não executados durante a interrupção. Para uma interrupção de 1 (uma) hora, com aviso prévio, o VLP foi de € 857 euros, quando essa interrupção ocorre, sem aviso prévio, por um período de 3 (três) horas, o VLP passa a ser € 1050 euros. O VLP aumenta com a duração da interrupção e o custo das interrupções varia de uma indústria para outra, dependendo da duração dos ciclos de produção e da disponibilidade de geradores (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Para a indústria, as interrupções trazem danos também para as matérias-primas utilizadas nos processos produtivos, sendo a segunda maior componente dos custos de interrupção de energia, de acordo com (DIBOMA e TATIETSE, 2013). Considerando uma falha de energia sem aviso prévio, o dano às matérias-primas atinge € 715 euros por 1 (uma) hora de interrupção de energia. Quando há o aviso prévio de 3 (três) horas, as perdas caem para € 425 euros por 1 (uma) hora de interrupção (DIBOMA e TATIETSE, 2013). De acordo com a Companhia de Algodão de Camarões (CICAM - *Cotton Company of Cameroon*), uma interrupção de 1 hora resulta em uma perda de 6-10% das matérias-primas em uso. Se a duração da interrupção for de 4 (quatro) horas os danos aumentam para 23%. A empresa de transformação de ferro industrial (SITRAFER) estima danos as matérias-primas em € 680 euros por uma interrupção de 1 (uma) hora sem aviso prévio (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Ainda avaliando os custos de interrupção para a indústria, para uma interrupção de energia de 1 (uma) hora, o custo do equipamento danificado é estimado em 405 € por indústria e atinge 655 € para uma interrupção de 4 horas sem aviso prévio. O custo passa a ser de € 613 euros quando a interrupção conta com o aviso prévio. (DIBOMA e TATIETSE, 2013).

Utilizando a abordagem da função de produção, Castro *et al.* (2016) em apresenta um VoLL médio de 5,12 € / kWh (euros por kilo Watt hora). Para os diferentes setores da economia, o VoLL encontrado apresentou os seguintes valores, para a construção e obras públicas VoLL

foi de 15,52 € / kWh, enquanto as indústrias de transformação o VoLL era de 1,25 € / kWh. O VoLL para serviços e setores domésticos apresentaram valores próximos, 6,67 € / kWh e 7,43 € / kWh, respectivamente (CASTRO *et al.*, 2016).

A Figura 2.6 mostra o perfil das durações, em minutos, das interrupções de energia (representada no eixo vertical por *Minutes/ Customer*), sem aviso prévio, sofrida por clientes portugueses (pontos marcados em verde) e a média dos europeus (pontos marcados em azul), no período de 2002 a 2013.

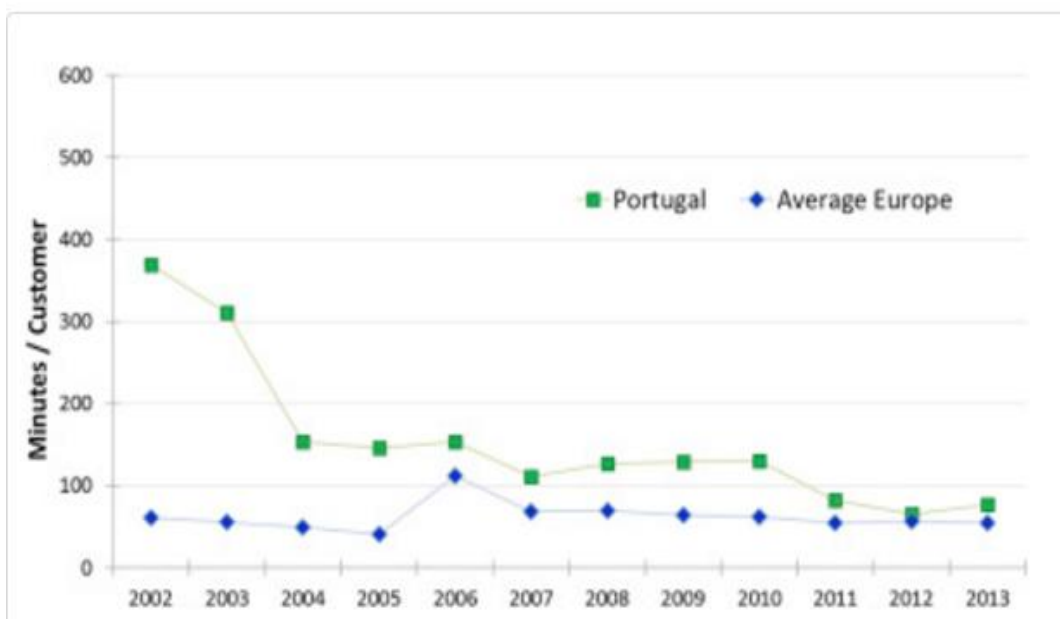


Figura 2.6: Perfil da duração de interrupções de energia, sem aviso prévio, no período de 2002 a 2013, por cliente português e europeus.
Fonte: CASTRO *et al.*, 2016.

Para Reichl *et al.* (2013), embora o nível de segurança do fornecimento de eletricidade na Europa seja relativamente elevado, manter este grau de confiabilidade no futuro será um desafio, uma vez que as decisões de investimento em infraestruturas eficientes só são possíveis se o valor da segurança do fornecimento de eletricidade para a sociedade for conhecido.

Em seu trabalho, Reichl *et al.* (2013), levam em consideração o período do dia e a estação do ano, assim durante uma interrupção de energia de 1 (uma) hora na Áustria, a VoLL macroeconômica (média dos consumidores domésticos e não domésticos) foi calculada em 3,2 € / kWh (para uma noite durante o verão) e 21,2 € / kWh (em uma manhã de inverno).

O custo da interrupção e os efeitos sociais em relação ao número de consumidores industriais austríacos atingidos, bem como a quantidade de energia elétrica não disponibilizada, estão apresentados na Tabela 2.4, considerando uma interrupção de 12 (doze) horas.

Tabela 2.4: Custo e os efeitos sociais aos consumidores industriais austríacos, de uma interrupção de 12 h.

Nº de clientes afetados severamente ou muito severamente (em 1000)	Nº de cliente afetados gravemente / muito gravemente (em 1000)	Eletricidade não fornecida (em GWh)	Perda total (em milhões de €)	Perda por uma hora de interrupção (em milhões de €)	Valor da carga perdida (€ / kWh)
25,00	605,7	34,4	114,00	9,5	3,3

Fonte: Adaptado de Reichl *et al.* (2013).

Uma comparação de diferentes estudos que avaliaram o valor da segurança do fornecimento de eletricidade para uma interrupção de uma hora na Áustria está apresentada na Tabela 2.5, considerando apenas para o setor industrial e a fonte de pesquisa.

Tabela 2.5: Comparação de diferentes estudos sobre o valor da segurança do fornecimento, para uma interrupção, no setor industrial austríaco, no ano de 2010.

Pesquisa	VoLL [€ / kWh] em 2010
Caves <i>et al.</i> (1990)	1,5 € / kWh para 26,9 € / kWh
Doane <i>et al.</i> (1990)	8,0 € / kWh
Woo e Gray (1987)	71,6 € / kWh
Sullivan <i>et al.</i> (1996)	7,6 € / kWh

Fonte: Adaptado de Reichl *et al.* (2013).

2.5.3 Custo da Interrupção da Energia Elétrica no Brasil

Diante da importância da qualidade do serviço de distribuição da energia elétrica, a ANEEL apresenta através da Nota Técnica nº 0173/2016-SRD/ANEEL, uma análise da regulamentação da continuidade do fornecimento de energia elétrica, com enfoque sobre a avaliação dos custos relacionados à confiabilidade do serviço de distribuição (ANEEL, 2016a), com o objetivo de incorporar o custo da interrupção na regulação da qualidade.

Os custos da interrupção representam o prejuízo do consumidor diante de uma interrupção no fornecimento de energia, sendo diferente para cada tipo de consumidor. O custo da energia não suprida (CENS) é o custo decorrente da energia que deixou de ser consumida por causa de uma interrupção e é contabilizado através dos custos diretos e custos indiretos. Os custos diretos estão ligados aos custos referentes à perda de produção, perda de matéria prima, retomada dos processos de produção. Já os custos indiretos estão associados aos investimentos em equipamentos ou instalações para adequar o nível de confiabilidade desejado (ANEEL, 2016a).

Para estimar o CENS para o Brasil foram consideradas algumas questões como o momento do dia, classe do dia (útil ou final de semana) e a probabilidade de ocorrência das interrupções. A metodologia utilizada foi baseada no valor adicionado perdido, com a construção de curvas de carga das empresas em operação, e na perda de ócio, através de curvas de valor de ócio horário e diário levando-se em consideração os padrões de consumo.

Os valores estimados para o CENS são consistentes com a realidade do país e foram apresentados na Tabela 2.6 e Tabela 2.7:

Tabela 2.6: Custo Unitário das Interrupções programadas por região e setor (R\$/kWh).

Sector	Nacional	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Industrial	1.8	3.1	1.5	1.8	2.3	0.9
Comercial e Serviços	2.4	1.2	1.1	4.0	3.1	1.1
Poder Público	1.6	1.2	1.5	2.0	1.6	1.8
Serviço Público	1.0	1.5	0.5	1.5	1.0	1.5
Rural e Rural Irrigante	1.6	1.6	1.0	2.9	1.1	2.4
Residencial	2.6	2.5	2.4	2.1	2.7	2.5
Baixa Renda	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.6
Média Região	2.0	2.0	1.5	2.5	2.4	1.5

Fonte: ANEEL (2016a).

Tabela 2.7: Custo Unitário das Interrupções não programadas por região e setor (R\$/kWh).

Sector	Nacional	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Industrial	13.9	23.7	11.7	13.8	17.3	6.6
Comercial e Serviços	18.1	9.6	8.3	30.6	24.1	8.7
Poder Público	12.3	9.2	11.3	15.5	12.4	13.9
Serviço Público	7.5	11.6	3.9	11.5	7.6	11.4
Rural e Rural Irrigante	12.4	12.4	8.1	22.0	8.2	18.4
Residencial	19.7	18.9	18.4	16.5	20.8	19.0
Baixa Renda	4.4	4.9	4.9	4.1	3.2	4.5
Média Região	15.7	15.7	11.3	19.2	18.8	11.6

Fonte: ANEEL (2016a).

Os valores apresentados são uma estimativa conforme a metodologia aplicada, sendo assim algumas questões precisam ser melhor avaliadas, como por exemplo, se os valores de custo de energia não suprida estão coerentes com as realidades nacional e regional, qual o período para atualizar os valores, se há possibilidade de separar os valores por áreas de concessão, para assim conseguir apresentar valores com um maior nível de certeza.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesse trabalho teve início com o levantamento das distribuidoras de energia elétrica no Brasil, prosseguindo com a seleção de cinco concessionárias, sendo uma de cada região brasileira. Com a definição das concessionárias foi feito o levantamento dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites e as compensações que foram pagas aos consumidores pelas interrupções no fornecimento de energia, considerando também o Brasil. Para o cálculo da demanda (kW) levantou-se os dados de consumo de energia elétrica (MWh) aplicados para o setor industrial. E por fim, para mensurar o custo da interrupção de energia (R\$), foi utilizado um custo unitário da interrupção da energia elétrica para os consumidores industriais (R\$/kWh), especificado para cada região brasileira, conforme apresentado pela Nota Técnica nº 0173/2016-SRD/ANEEL (ANEEL, 2016a). Os dados apurados para o desenvolvimento desse trabalho estão apresentados através de figuras e tabelas, na intenção de auxiliar no entendimento. A avaliação dos indicadores DEC e FEC e sua influência na qualidade da energia elétrica também foi utilizada, considerando apenas a CEMIG-D, para o desenvolvimento do artigo apresentado no ANEXO A, como parte desse trabalho.

3.1 Levantamento e definição das concessionárias de energia elétrica

No Brasil, a distribuição da energia elétrica é feita por 63 (sessenta e três) concessionárias, que divididas por regiões foram listadas conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Concessionárias brasileiras agrupadas de acordo com a região.

SUL	
CONCESSIONÁRIA	SIGLA
AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S/A	AES-SUL
CELESC Distribuição S.A.	CELESC-Dis
Centrais Elétricas de Carazinho	ELETROCAR
Companhia Campolarguense de Energia	COCEL
Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica	CEEE-D
Companhia Força e Luz do Oeste	CFLO
Cooperativa Aliança	COOPERALIANÇA

Continua...

COPEL Distribuição S.A.	COPEL-Dis
Departamento Municipal de Energia de Ijuí	DEMEI
Empresa Força e Luz João Cesa Ltda.	EFLJC
Empresa Força e Luz Urussanga Ltda.	EFLUL
Força e Luz Coronel Vivida Ltda.	FORCEL
Hidroelétrica Panambi S/A	HIDROPAN
Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica Ltda.	IENERGIA
Muxfeldt Marin & Cia. Ltda.	MUX-Energia
Rio Grande Energia S/A	RGE
Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.	UHENPAL

SUDESTE

CONCESSIONÁRIA	SIGLA
AMPLA Energia e Serviços S/A	AMPLA
Bandeirante Energia S.A.	BANDEIRANTE
Caiuá Distribuição de Energia S.A.	CAIUÁ-D
CEMIG Distribuição S.A.	CEMIG-D
Companhia Jaguarí de Energia	CPFL Jaguarí
Companhia Leste Paulista de Energia	CPFL Leste Paulista
Companhia Luz e Força Mococa	CPFL Mococa
Companhia Luz e Força Santa Cruz	CPFL Santa Cruz
Companhia Nacional de Energia Elétrica	CNEE
Companhia Paulista de Força e Luz	CPFL Paulista
Companhia Piratininga de Força e Luz	CPFL Piratininga
Companhia Sul Paulista de Energia Elétrica	CPFL Sul Paulista
DME Distribuição S/A	DME D
Elektro Eletricidade e Serviços S/A	ELEKTRO
Eletropaulo Metropolitana – Eletricidade de S. Paulo S/A	ELETROPAULO
Empresa de Dist. de Energia Vale Paranapanema S/A	EDEVV
Empresa Elétrica Bragantina	EEB
Empresa Luz e Força Santa Maria S/A	ELFSM
Energisa Minas Gerais Distribuidora de Energia S/A	EMG
Energisa Nova Friburgo Distribuidora de Energia S/A	ENF
Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.	ESCELSA
Light Serviços de Eletricidade S/A	LIGHT

CENTRO-OESTE

CONCESSIONÁRIA	SIGLA
CEB Distribuição S.A.	CEB-Dis
CELG Distribuição S.A.	CELG-D
Energisa Mato Grosso - Distribuidora S/A	EMT-D
Companhia Hidroelétrica São Patrício	CHESP
Empresa Energética de Mato Grosso do Sul S.A.	ENERSUL

Continua...

NORTE

CONCESSIONÁRIA	SIGLA
Amazonas Distribuidora de Energia S/A	Eletrobras Amazonas Energia
Boa Vista Energia S/A	Eletrobras Distribuição Roraima
Centrais Elétricas de Rondônia S/A	Eletrobras Distribuição Rondônia
Centrais Elétricas do Pará S/A	CELPA
Companhia de Eletricidade do Acre	Eletrobras Distribuição Acre
Companhia de Eletricidade do Amapá	CEA
Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins	CELTINS
Companhia Energética de Roraima	CERR
Companhia Energética do Maranhão	CEMAR

NORDESTE

CONCESSIONÁRIA	SIGLA
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA
Companhia Energética de Alagoas	Eletrobras Distribuição Alagoas
Companhia Energética de Pernambuco	CELPE
Companhia Energética do Ceará	COELCE
Companhia Energética do Piauí	Eletrobras Distribuição Piauí
Companhia Energética do Rio Grande do Norte	COSERN
Companhia Sul Sergipana de Eletricidade	SULGIPE
Energisa Borborema Distribuidora de Energia S/A	EBO
Energisa Paraíba Distribuidora de Energia S/A	EPB
Energisa Sergipe Distribuidora de Energia S/A	ESE

Fonte: Adaptado (ANEEL, 2014).

A partir do conhecimento das concessionárias atuantes no Brasil, utilizou-se como critério de escolha a abrangência da concessionária dentro de cada uma das regiões brasileiras e a sua participação no mercado energético brasileiro. Na região sul, a Companhia Paranaense de Energia - Distribuição (COPEL-DIS) atende diretamente o estado do Paraná e parte do estado de Santa Catarina (COPEL, 2016). Para a região sudeste, a Companhia Energética de Minas Gerais – Distribuição (CEMIG-D), responde por aproximadamente 96% da área de concessão do estado de Minas Gerais (CEMIG, 2016) e parte do estado do Rio de Janeiro. A Celg Distribuição – CELG-D distribui energia em todo o estado de Goiás. O mercado da CELG-D inclui 237 municípios com uma população de 6,2 milhões de pessoas. A base de clientes da CELG-D, de 2,9 milhões, é atendida por meio de uma rede de mais de 200.800 quilômetros. A CELG-D hoje é uma empresa do Grupo Enel, multinacional de energia presente em mais de 30 países e com atuação nos segmentos de distribuição, geração e soluções de energia (CELG, 2017). Na região norte, a Centrais Elétricas do Pará (CELPA) é a única empresa de distribuição de energia elétrica autorizada pela ANEEL para atuar em toda a

área de concessão do estado do Pará (CELPA, 2016). E para a região nordeste, a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), é a terceira maior distribuidora de energia elétrica do país em número de clientes, e por isso ocupa a primeira posição entre as concessionárias do Nordeste (COELBA, 2013), conforme apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Concessionárias representantes de cada região do Brasil.

COPEL Distribuição S.A.	COPEL-Dis
CEMIG Distribuição S.A.	CEMIG-D
Celg Distribuição	CELG-D
Centrais Elétricas do Pará S/A	CELPA
Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia	COELBA

Fonte: Elaboração própria (2017).

3.2 Levantamento dos indicadores de continuidade DEC e FEC e compensações pagas

Com os dados disponibilizados pela ANEEL foi possível fazer um levantamento dos indicadores e representar os perfis de evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e de seus limites para o Brasil e para cada concessionária escolhida, para o período de 2005 a 2016 (ANEXO B). Os valores das compensações pagas em R\$ (reais) por cada uma dessas concessionárias aos consumidores, devido às transgressões dos indicadores estabelecidos também foram levantados, porém considerando o início em 2010 até 2016, período quando começam o pagamento das compensações, conforme Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Valor das compensações (R\$) e quantidade de compensações que foram pagas, por região, conforme a concessionária no período de 2010 a 2016.

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BRASIL	QTD	95.091.690	105.246.074	107.223.354	104.753.826	110.207.452	125.201.444	111.084.222
	VLR	R\$ 360.797.554	R\$ 398.031.561	R\$ 437.471.290	R\$ 378.553.264	R\$ 390.756.896	R\$ 656.893.484	R\$ 571.127.118
Região SE	QTD	11.114.557	9.396.625	11.352.152	9.082.517	7.212.800	8.659.659	8.613.333
CEMIG-D	VLR	R\$ 20.734.075	R\$ 25.762.555	R\$ 36.367.524	R\$ 24.273.447	R\$ 20.122.582	R\$ 37.332.535	R\$ 43.119.674
Região S	QTD	3.101.862	2.638.215	2.921.761	3.854.308	5.386.793	5.274.825	4.049.450
COPEL-DIS	VLR	R\$ 10.093.283	R\$ 7.799.588	R\$ 8.497.950	R\$ 8.855.137	R\$ 15.063.305	R\$ 23.163.400	R\$ 17.205.958
Região CO	QTD	4.863.038	6.385.312	10.578.774	12.162.443	13.861.632	13.777.778	10.017.967
CELG-D	VLR	R\$ 17.756.592	R\$ 23.695.339	R\$ 54.247.497	R\$ 55.713.076	R\$ 58.996.899	R\$ 98.401.384	R\$ 65.985.004
Região N	QTD	14.015.391	13.640.276	4.490.329	0	0	1.992.020	4.553.501
CELPA	VLR	R\$ 82.039.529	R\$ 87.977.529	R\$ 31.517.839	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 13.547.013	R\$ 25.768.013
Região NE	QTD	7.821.914	7.203.164	6.906.621	8.567.391	9.171.585	10.776.354	10.186.952
COELBA	VLR	R\$ 25.872.319	R\$ 26.409.035	R\$ 24.710.037	R\$ 24.576.569	R\$ 30.688.507	R\$ 41.182.356	R\$ 44.419.569

Fonte: Adaptado (ANEEL, 2017a).

3.3 Cálculo da energia elétrica interrompida

Os consumos de energia elétrica (MWh) pelo setor industrial foram retirados da ANEEL, que os disponibiliza anualmente, de acordo com a região e as distribuidoras de energia. Para esse trabalho foram utilizados os dados de consumo de energia do período de 2010 a 2016, do Brasil e das concessionárias escolhidas, conforme disponibilizado pela Tabela 3.4.

Tabela 3.4: Consumo de energia elétrica (MWh) do setor industrial do Brasil e das concessionárias escolhidas no período de 2010 a 2016.

ANO	BRASIL	CEMIG-D	COPEL-DIS	CELPA	COELBA	CELG-D
2010	71.067.853,74	4.734.639,12	7.082.030,85	1.285.811,74	3.460.022,27	2.001.830,33
2011	69.043.646,04	4.708.908,29	7.327.827,62	1.320.615,69	3.569.215,24	2.032.214,67
2012	64.545.278,36	4.184.051,20	7.404.770,36	1.226.925,99	2.814.172,06	2.229.318,91
2013	61.735.858,45	4.052.411,17	6.604.953,38	1.294.264,88	2.585.375,85	2.350.830,14
2014	62.106.707,10	4.069.779,30	6.837.482,64	1.344.526,18	2.674.660,55	2.405.626,40
2015	58.543.238,03	3.755.794,52	6.914.133,72	1.321.156,40	2.559.534,53	2.340.093,68
2016	48.702.984,60	3.199.859,73	5.741.658,12	924.432,58	2.463.331,12	2.035.923,69

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017b).

Para o cálculo da demanda industrial (kW) dividiu-se o consumo total de energia (MWh) pelo número de horas do ano (8760 horas = 365 dias x 24 horas), já que os dados de consumo apresentados são anuais, conforme equação 3.1.

$$Demanda = \left(\frac{\text{Consumo de Energia Elétrica}}{8760} \right) \times 1000 \quad (3.1)$$

Onde:

1000 = fator de conversão de MWh para kWh.

Os valores da demanda industrial estão apresentados na Tabela 3.5 para o período de 2010 a 2016.

Tabela 3.5: Demanda do setor industrial do Brasil e das concessionárias escolhidas, em kW, no período de 2010 a 2016.

ANO	BRASIL	CEMIG-D	COPEL-DIS	CELPA	COELBA	CELG-D
2010	8.112.768,69	540.483,92	808.451,01	146.782,16	394.979,71	228.519,44
2011	7.881.694,75	537.546,61	836.510,00	150.755,22	407.444,66	231.987,98
2012	7.368.182,46	477.631,42	845.293,42	140.060,04	321.252,52	254.488,46
2013	7.047.472,43	462.604,01	753.990,11	147.747,13	295.134,23	268.359,61
2014	7.089.806,75	464.586,68	780.534,55	153.484,72	305.326,55	274.614,89
2015	6.683.018,04	428.743,67	789.284,67	150.816,94	292.184,31	267.133,98
2016	5.559.701,44	365.280,79	655.440,42	105.528,83	281.202,18	232.411,38

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017b).

A energia interrompida (kWh) foi calculada pelo produto da demanda industrial (kW) com o indicador DEC apurado (horas) do Brasil e de cada concessionária conforme a Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Indicador de continuidade DEC apurado, em horas, do Brasil e das concessionárias escolhidas no período de 2010 a 2016.

	BRASIL	CEMIG - D	COPEL- DIS	CELG - D	CELPA	COELBA
2010	18,42	12,99	11,46	20,84	101,86	26,60
2011	18,61	14,32	10,64	22,27	99,55	22,86
2012	18,78	14,74	10,25	35,72	101,5	19,98
2013	18,49	12,49	11,63	40,03	73,29	22,52
2014	18,03	10,77	14,04	40,40	48,94	22,72
2015	18,61	11,54	13,67	43,24	37,93	24,79
2016	15,82	11,73	10,81	29,55	31,66	22,90

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

O cálculo da energia interrompida foi feito conforme a equação 3.2:

$$\text{Energia Interrompida} = \text{Demanda} \times \text{DEC apurado} \quad (3.2)$$

O resultado da energia interrompida para o setor industrial do Brasil e das concessionárias é apresentado pela Tabela 3.7 e Tabela 3.8.

Tabela 3.7: Energia Interrompida para o setor industrial do Brasil, em kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.

2010	149.437.199
2011	146.678.339
2012	138.374.467
2013	130.307.765
2014	127.829.216
2015	124.370.966
2016	87.954.477

Fonte: Elaboração própria (2017).

Tabela 3.8: Energia Interrompida para o setor industrial de cada concessionária, em kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.

CEMIG - D	COPEL- DIS	CELG - D	CELPA	COELBA
7.020.886	9.264.849	4.762.345	14.951.231	10.506.460
7.697.667	8.900.466	5.166.372	15.007.682	9.314.185
7.040.287	8.664.258	9.090.328	14.216.095	6.418.625
5.777.924	8.768.905	10.742.435	10.828.387	6.646.423
5.003.599	10.958.705	11.094.441	7.511.542	6.937.019
4.947.702	10.789.521	11.550.873	5.720.487	7.243.249
4.284.744	7.085.311	6.867.756	3.341.043	6.439.530

Fonte: Elaboração própria (2017).

3.4 Cálculo do custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria

Para a obtenção da estimativa do custo da interrupção de energia (R\$/kWh) para o consumidor industrial foi considerado o custo unitário de cada interrupção não programada e o custo unitário de cada interrupção programada, de acordo com a região e o setor, conforme Tabela 3.9 e Tabela 3.10, e o DEC apurado do Brasil e de cada distribuidora.

Tabela 3.9: Custo Unitário das Interrupções não programadas por região e setor (R\$/kWh).

Setor	Nacional	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Industrial	13,90	23,70	11,70	13,80	17,30	6,60
Comercial e Serviços	18,10	9,6	8,3	30,6	24,1	8,7
Poder Público	12,30	9,2	11,3	15,5	12,4	13,9
Serviço Público	7,50	11,6	3,9	11,5	7,6	11,4
Rural e Rural Irrigante	12,40	12,4	8,1	22	8,2	18,4
Residencial	19,70	18,9	18,4	16,5	20,8	19
Baixa Renda	4,40	4,9	4,9	4,1	3,2	4,5
Média Região	15,70	15,7	11,3	19,2	18,8	11,6

Fonte: Adaptado (ANEEL, 2016a).

Tabela 3.10: Custo Unitário das Interrupções programadas por região e setor (R\$/kWh).

Setor	Nacional	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
Industrial	1,8	3,10	1,50	1,80	2,30	0,90
Comercial e Serviços	2,4	1,2	1,1	4,0	3,1	1,1
Poder Público	1,6	1,2	1,5	2,0	1,6	1,8
Serviço Público	1,0	1,5	0,5	1,5	1,0	1,5
Rural e Rural Irrigante	1,6	1,6	1,0	2,9	1,1	2,4
Residencial	2,6	2,5	2,4	2,1	2,7	2,5
Baixa Renda	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6
Média Região	2,0	2,0	1,5	2,5	2,4	1,5

Fonte: Adaptado (ANEEL, 2016a).

O custo da interrupção de energia foi obtido pelo produto da energia interrompida e do custo unitário das interrupções, conforme equações abaixo:

$$CI_{np} = Energia\ Interrompida \times Custo\ Unitário\ Interrupção\ np \quad (3.3)$$

$$CI_p = Energia\ Interrompida \times Custo\ Unitário\ Interrupção\ p \quad (3.4)$$

Onde:

CI_{np} = Custo Interrupção não programada (R\$);

CI_p = Custo Interrupção programada (R\$).

De acordo com a Nota Técnica nº 0173/2016-SRD/ANEEL, foi estabelecido que o custo unitário de cada interrupção programada é 13% (treze por cento) do custo unitário de cada interrupção não programada. Assim, a estimativa do custo total das interrupções foi obtida a partir da soma do custo das interrupções não programadas com o custo das interrupções programadas, considerando o setor industrial e a região, de acordo com a equação abaixo:

$$Custo\ Total\ das\ Interrupções = 0,87 \times CI_{np} + 0,13 \times CI_p \quad (3.5)$$

Onde:

0,87 = Fator de proporcionalidade para o custo das interrupções não programadas.

0,13 = Fator de proporcionalidade para o custo das interrupções programadas.

Assim, a Tabela 3.11 apresenta o custo total das interrupções estimado (em Bilhões de R\$/kWh) para o setor industrial do Brasil e a Tabela 3.11 mostra o custo total das interrupções estimado (em Milhões de R\$/kWh) para o setor industrial de cada concessionária, para os anos de 2010 a 2016.

Tabela 3.11: Custo total das interrupções estimado para o setor industrial do Brasil, em R\$/kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.

2010	R\$ 1.842.112.355,80
2011	R\$ 1.808.103.889,31
2012	R\$ 1.705.742.050,04
2013	R\$ 1.606.303.821,04
2014	R\$ 1.575.750.741,20
2015	R\$ 1.533.120.894,47
2016	R\$ 1.084.214.834,96

Fonte: Elaboração própria (2017).

Tabela 3.12: Custo total das interrupções estimado para o setor industrial de cada concessionária, em R\$/kWh interrompido, para o período de 2010 a 2016.

	CEMIG - D	COPEL- DIS	CELG - D	CELPA	COELBA
2010	R\$ 107.770.601,52	R\$ 54.282.747,82	R\$ 58.291.105,42	R\$ 314.304.778,75	R\$ 108.994.019,33
2011	R\$ 118.159.195,10	R\$ 52.147.832,78	R\$ 63.236.396,05	R\$ 315.491.485,29	R\$ 96.625.354,94
2012	R\$ 108.068.406,45	R\$ 50.763.885,02	R\$ 111.265.612,18	R\$ 298.850.738,97	R\$ 66.586.819,02
2013	R\$ 88.691.135,63	R\$ 51.377.014,40	R\$ 131.487.404,27	R\$ 227.634.358,56	R\$ 68.949.990,62
2014	R\$ 76.805.237,33	R\$ 64.207.052,91	R\$ 135.795.962,59	R\$ 157.907.643,91	R\$ 71.964.636,59
2015	R\$ 75.947.224,37	R\$ 63.215.806,21	R\$ 141.382.690,05	R\$ 120.256.068,43	R\$ 75.141.464,84
2016	R\$ 65.770.815,48	R\$ 41.512.837,09	R\$ 84.061.336,90	R\$ 70.235.403,07	R\$ 66.803.684,04

Fonte: Elaboração própria (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a avaliação da qualidade da energia elétrica através dos indicadores de continuidade, os valores de DEC e FEC e o valor das compensações estão apresentados através de figuras para facilitar as comparações e com isso verificar se há alguma influência do pagamento das compensações na melhoria dos indicadores apurados por cada concessionária. Na relação do custo da interrupção com as compensações pagas foi estimado o custo da interrupção de energia elétrica para o consumidor industrial e custo da interrupção para a concessionária a partir do pagamento das compensações que apresentados através de figuras facilitando a comparação entre ambos os custos.

4.1 Avaliação da qualidade da energia elétrica através dos indicadores DEC e FEC

Os indicadores de continuidade DEC e FEC são utilizados para se ter uma visão geral da qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras aos clientes, além de possibilitar a comparação entre as distribuidoras do país. Os valores de DEC e FEC foram apresentados de 2005 a 2016, para que se possa acompanhar o desempenho das concessionárias, ao longo do período, na busca pela melhoria da qualidade da energia elétrica através dos indicadores de continuidade. A partir do ano de 2010, após aprovação da ANEEL, as concessionárias passaram a compensar seus consumidores quando os limites estabelecidos para os indicadores individuais fossem ultrapassados. Essa é uma forma de se ter um controle maior sobre o desempenho das concessionárias, além de se conseguir verificar qual foi o comportamento das concessionárias e como esse custo influenciou na melhora dos indicadores DEC e FEC.

O perfil de DEC e FEC para o Brasil, conforme apresentado na Figura 4.1, mostra que os limites do FEC não foram ultrapassados, no período em questão. Ao contrário para o DEC, que a partir de 2009, houve transgressões conforme os limites foram diminuindo. O que pode ser explicado como uma dificuldade na adequação das concessionárias a limites mais rigorosos. No Brasil, o pagamento das compensações se mantém constante, com um pico em 2015, ano com o maior DEC apurado, conforme Figura 4.2.

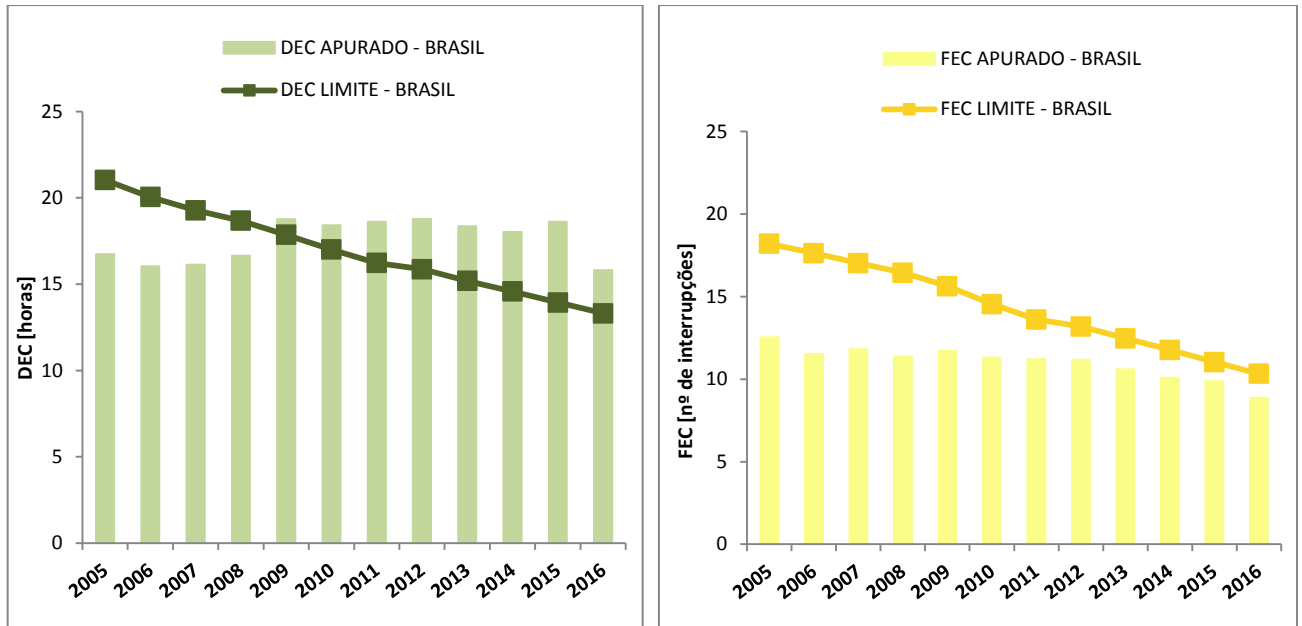


Figura 4.1: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para BRASIL.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

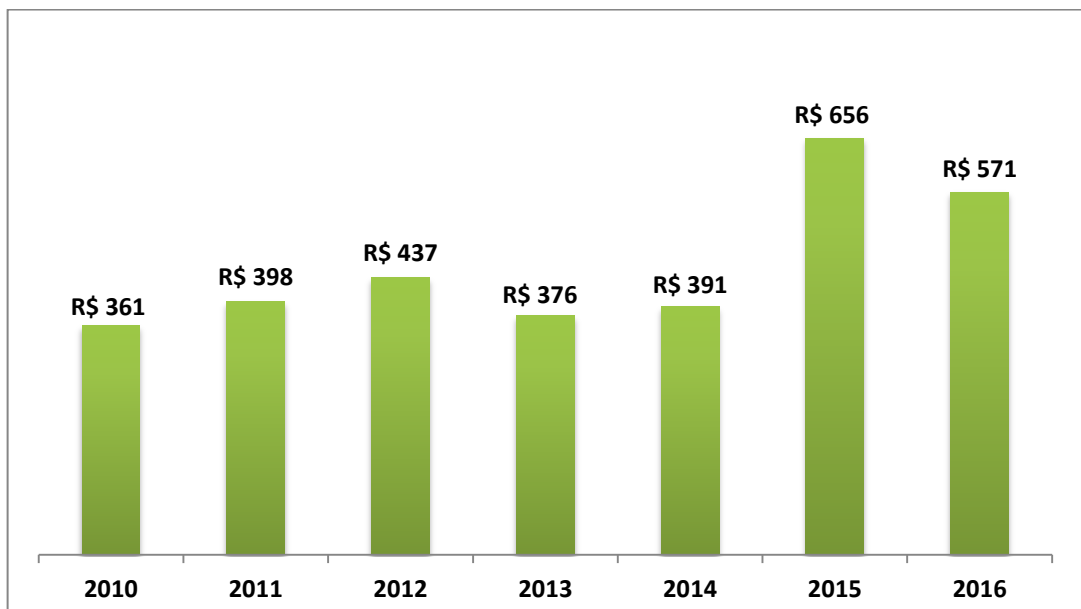


Figura 4.2: Compensações pagas no BRASIL, em milhões de R\$.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

A Figura 4.3 mostra o perfil dos indicadores DEC e FEC da CEMIG-D, visto que também não há ultrapassagem dos limites para o indicador FEC durante o período analisado, seguindo o

padrão nacional de não ultrapassagem dos limites. O indicador DEC apresenta ultrapassagem dos limites para alguns anos. Com relação às compensações pagas, de acordo com a Figura 4.4, destacam-se os anos de 2012, 2015 e 2016, quando os valores foram maiores. Considerando a partir do ano de 2010 não é percebida uma redução dos indicadores apurados.

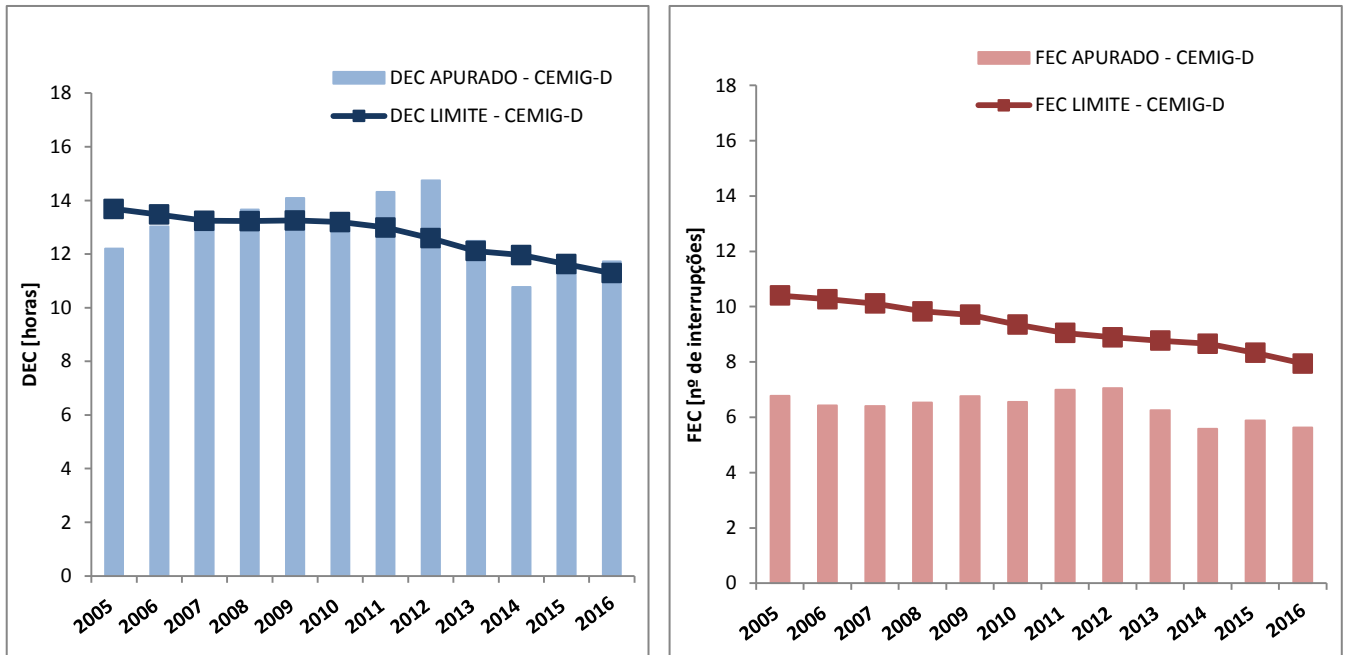


Figura 4.3: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CEMIG-D.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

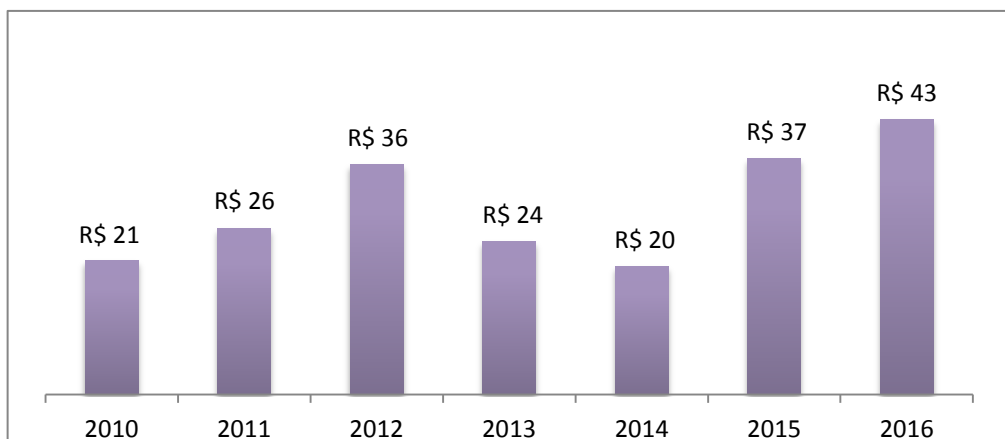


Figura 4.4: Compensações pagas pela CEMIG-D, em milhões de R\$.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

A Figura 4.5 apresenta o perfil de DEC e FEC para a concessionária COPEL – DIS, em que os limites são ultrapassados apenas para o DEC, nos anos de 2006 e 2007 e depois em 2014 e

2015, não havendo também ultrapassagem para o FEC. A Figura 4.6 referente às compensações pagas para o período de 2010 a 2016 apresenta um aumento nos valores pagos nos anos de 2014 e 2015, assim como na Figura 4.5. Do ano de 2010 a 2013 percebe-se uma melhora nos indicadores DEC e FEC apurados, o que pode ser a influência pelo pagamento das compensações.

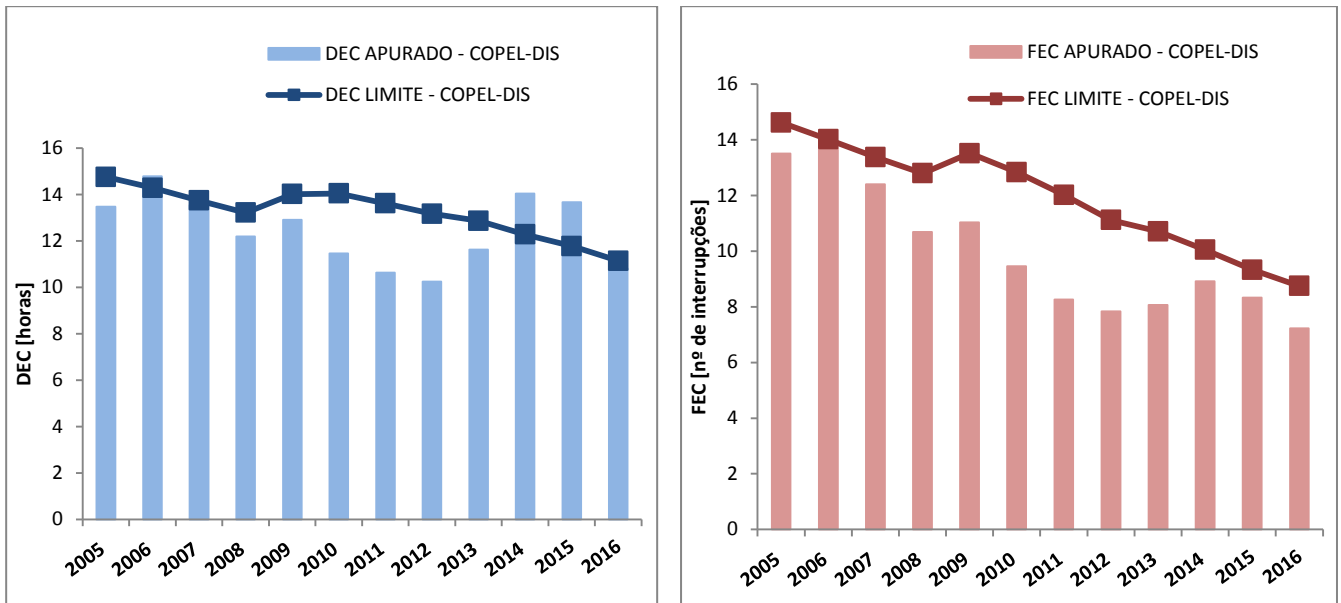


Figura 4.5: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária COPEL-DIS.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

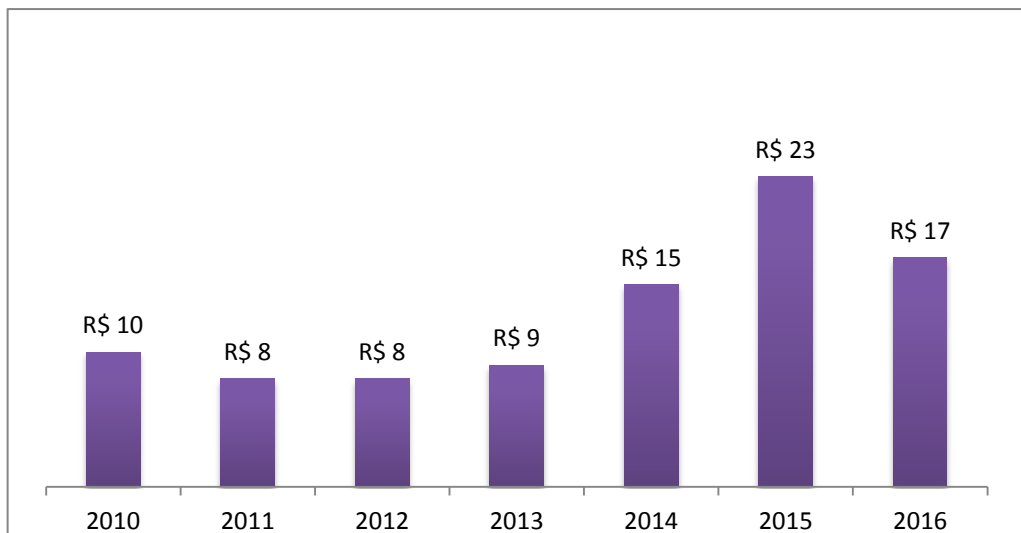


Figura 4.6: Compensações pagas pela COPEL-DIS, em milhões de R\$.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

A Figura 4.7 apresenta os perfis de DEC e FEC da concessionária CELG-D, no período analisado há ultrapassagem do limite em praticamente todos os anos. A partir de 2012 há um aumento no DEC e FEC apurados. Ao. Na Figura 4.8, as compensações foram aumentando ao longo do período, com um máximo em 2015, ano em que o DEC apurado superou os demais. Mesmo com o aumento das compensações não houve influência na redução dos indicadores.

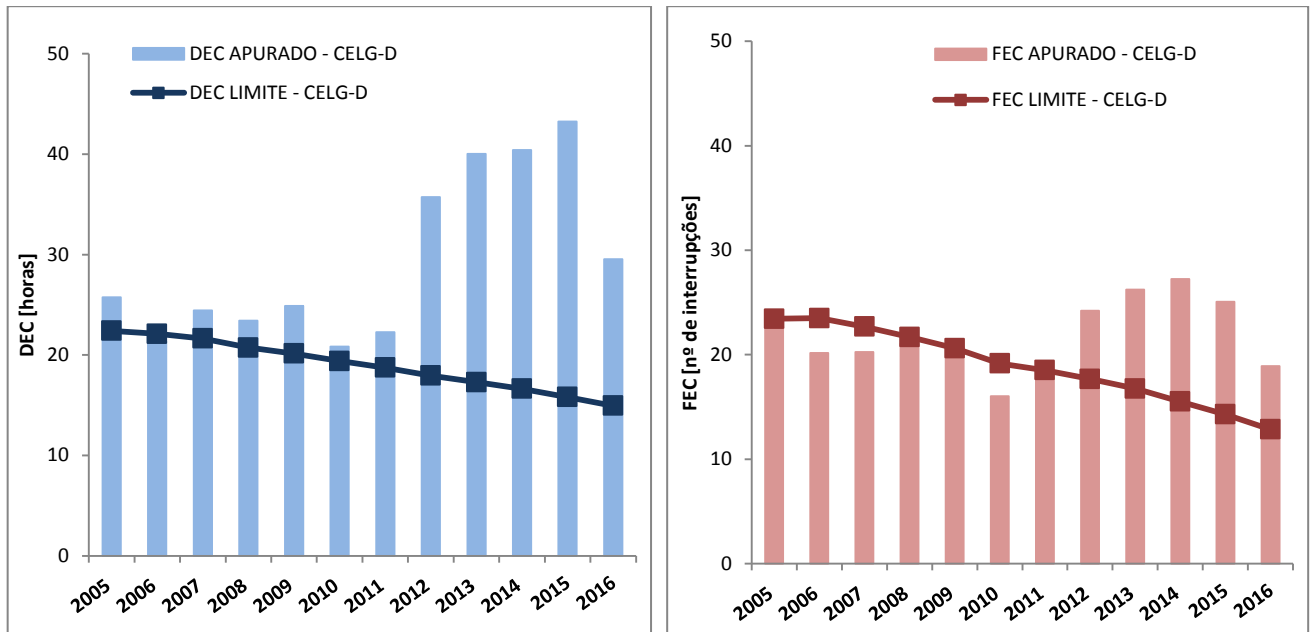


Figura 4.7: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CELG-D.
Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

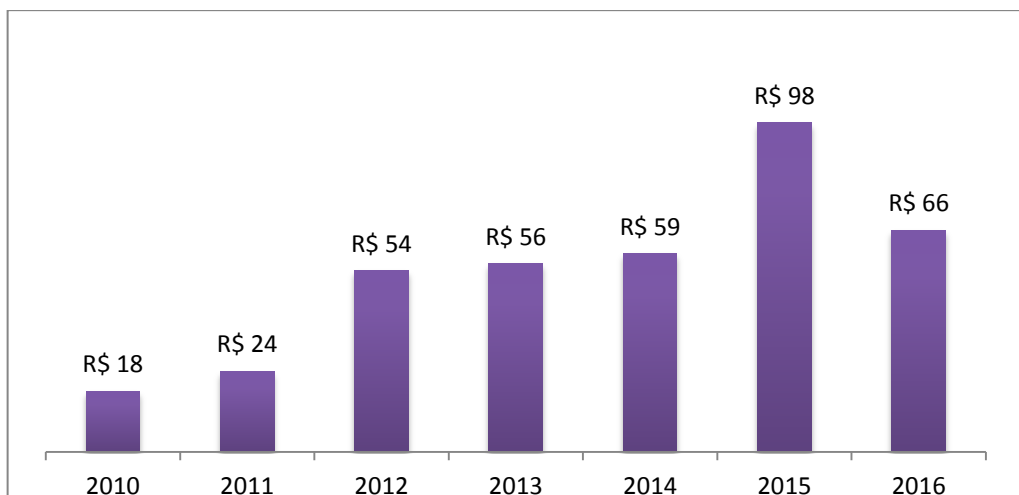


Figura 4.8: Compensações pagas pela CELG-D, em milhões de R\$.
Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

Na Figura 4.9 tem-se o perfil dos indicadores da concessionária CELPA, que comparada as demais concessionárias analisadas nesse trabalho, é a concessionária que apresenta os maiores

valores apurados de DEC e FEC, com a ultrapassagem dos limites ao longo do período. De 2005 a 2010 há um aumento dos indicadores apurados, o que pode ser explicado pelo aumento de unidades consumidoras ou dificuldade de acesso das equipes técnicas especializadas. A partir de 2010, com o pagamento das compensações há uma diminuição desses valores. A CELPA passou por um plano de recuperação, destinando os recursos das compensações, dos anos de 2013 e 2014, a investimentos nas áreas de concessão, de acordo com a [Resolução Autorizativa nº 3.731, de 30 de outubro de 2012](#) (ANEEL, 2016e), assim não houve pagamento de compensação, conforme Figura 4.10. A destinação da compensação para investimentos foi tão importante que reduziu os indicadores DEC e FEC contribuindo para a melhora na disponibilidade de energia elétrica.

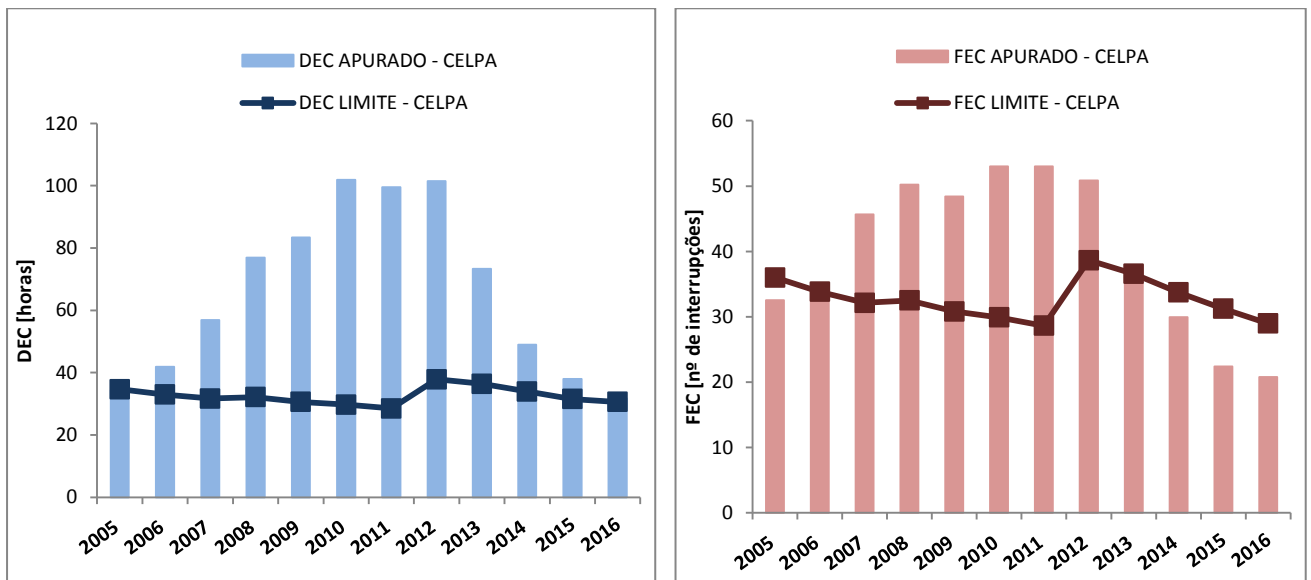


Figura 4.9: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CELPA.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

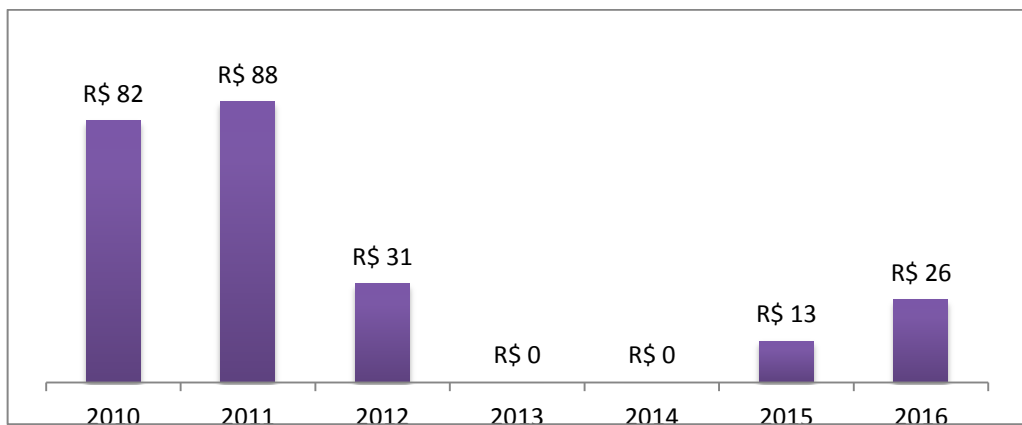


Figura 4.10: Compensações pagas pela CELPA, em milhões de R\$.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

A Figura 4.11, apresenta os perfis de DEC e FEC da concessionária COELBA, em que os limites para o DEC são ultrapassados a partir de 2010, ano em que o DEC apurado passa a ser bem maior comparado aos anos anteriores. Essa diferença pode ser considerada devido ao aumento de consumidores ou dificuldade de acesso das equipes técnicas. O pagamento das compensações aumenta a partir de 2014, conforme a Figura 4.12, porém não influenciou na melhora dos indicadores.

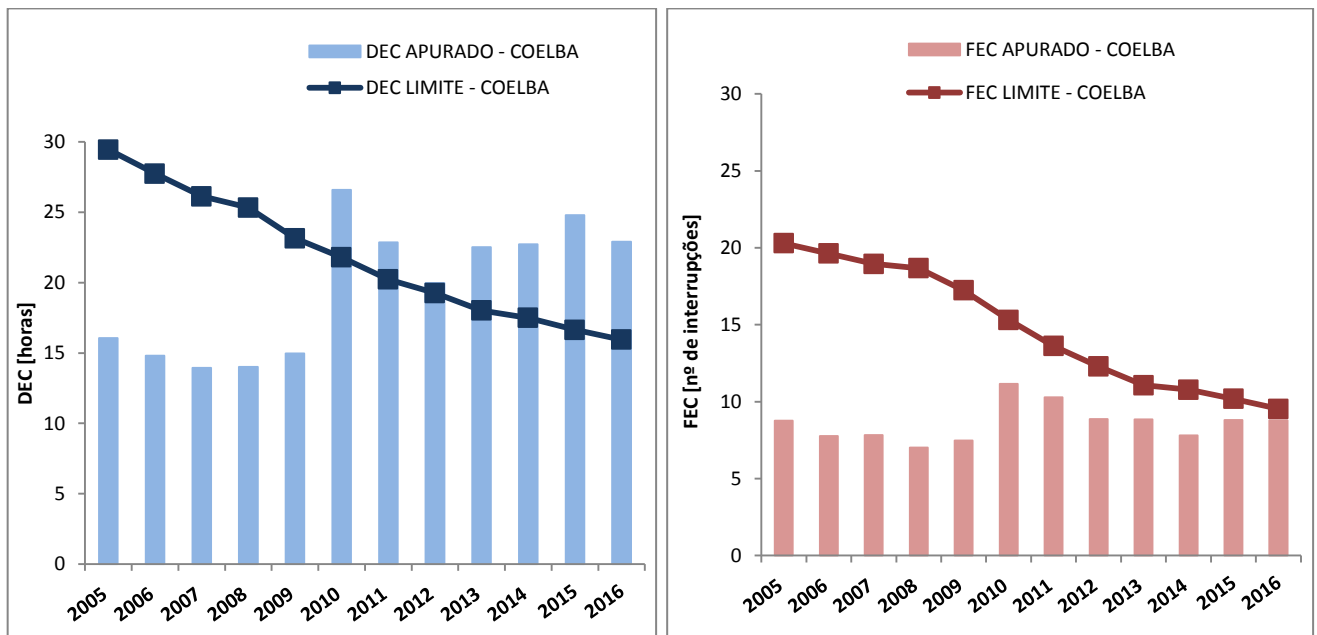


Figura 4.11: Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária COELBA.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017c).

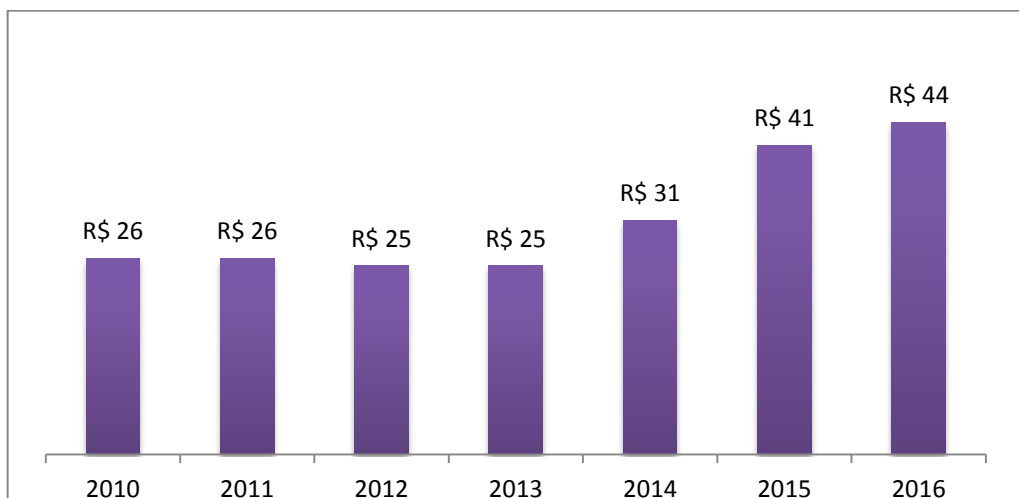


Figura 4.12: Compensações pagas pela COELBA, em milhões de R\$.

Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL (2017a).

De uma forma geral, fazendo uma análise das concessionárias abordadas e o Brasil, observa-se que referente aos indicadores de continuidade DEC e FEC, as concessionárias CEMIG-D, COPEL e COELBA apresentam valores apurados próximos entre si e do Brasil. Quando comparada as demais concessionárias a CELG-D apresentou valores apurados altos, assim como a concessionária CELPA que apresenta um perfil bem acima das demais, o que pode ser explicado, principalmente, devido ao grande crescimento do sistema elétrico na área rural, com a continuação do “Programa Luz Para Todos” e ao processo de incorporação de redes particulares, em cumprimento às metas de universalização fixadas pelo Governo Federal. Nesse contexto, houve um incremento de 45% em redes rurais, localizadas em regiões afastadas dos polos de manutenção, cujas áreas apresentam dificuldades de acesso e exposição às condições climáticas e ambientais adversas, o que compromete o desempenho operacional, bem como os atendimentos emergenciais e de manutenção. A influência de fatores não gerenciáveis tais como: supridora, descargas atmosféricas, vendavais, erosão, vegetação, pipas, vandalismos, animais, abalroamento e queimadas, contribuíram com 58,3% na apuração final dos indicadores, a partir do ano de 2007 (CELPA, 2008). Com relação as compensações pagas, a COPEL-DIS e CELG-D apresentaram melhora em seus indicadores DEC e FEC apurados, o que pode significar que o fator financeiro para a concessionária teve uma influência na qualidade da energia elétrica disponibilizada aos consumidores. No entanto, a utilização dos valores destinados ao pagamento das compensações para investimentos nas áreas de concessão, que foi o caso da CELPA, apresentou melhoras significativas dos indicadores DEC e FEC apurados, levando a entender que investir em melhorias pode contribuir mais com a qualidade no fornecimento de energia elétrica.

4.1.1 A influência da qualidade da energia elétrica no cálculo da tarifa de energia

A qualidade da energia elétrica também tem importância no cálculo da tarifa de energia para cada concessionária. A tarifa de energia, chamada de receita do serviço de distribuição, é dividida em dois grupos: a parcela A e a parcela B, e para cada parcela são considerados os custos, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Componentes da receita do serviço de distribuição

PARCELA A	PARCELA B
Compra de energia	Custos Operacionais
Transmissão	Cota de Depreciação
Encargos Setoriais	Remuneração do Investimento

Fonte: Adaptado CEMIG, 2009.

A parcela A envolve os custos incorridos pela distribuidora relacionados às atividades de geração e transmissão, e escapam à vontade ou gestão da distribuidora. Na parcela B, estão os custos administrados pela própria distribuidora, onde se encontra os custos referentes à manutenção e operação do sistema de distribuição. Durante a Revisão Tarifária Periódica (RTP), que acontece em média a cada quatro ou cinco anos, dependendo da concessionária, com a realização de audiências públicas, são avaliados pela ANEEL, o comportamento das concessionárias diante dos indicadores de continuidade coletivos, DEC e FEC, sendo proposta melhorias no sistema que farão parte dos custos operacionais e o estabelecimento dos valores dos limites anuais dos indicadores de continuidade. Lembrando que a correção das tarifas é essencial para garantir a qualidade e a continuidade do serviço.

4.2 Comparação do custo da interrupção de energia para o consumidor em relação às compensações pagas pelas concessionárias

Através da metodologia desenvolvida para calcular o custo da interrupção de energia elétrica (R\$/kWh) para o consumidor, em particular, para o consumidor industrial foi possível estimar o custo das interrupções de energia, considerando a energia interrompida (kWh). O custo anual das interrupções para a indústria é bem alto, o que pode ser justificado pelo alto valor das perdas em equipamentos e produção, que cada interrupção de energia elétrica pode causar a esse setor. As compensações que são pagas aos consumidores é uma forma de avaliar o custo da interrupção para a concessionária. Visto que, quando analisado de forma isolada, também apresenta altos valores. Porém, quando se compara o custo da interrupção para o

consumidor e o valor pago em compensações tem-se uma discrepância de valores, como pode ser observada nas figuras a seguir.

No Brasil os maiores valores pagos em compensações foram nos anos de 2015 e 2016, ficando acima dos 500 milhões de reais. Em comparação com os custos de interrupção estimados para a indústria, os valores ultrapassam os 1,8 bilhões de reais, como no ano de 2010. As compensações pagas representam de 20% a 53% do custo de interrupção para o consumidor industrial, para o período de 2010 a 2016, conforme a Figura 4.13.

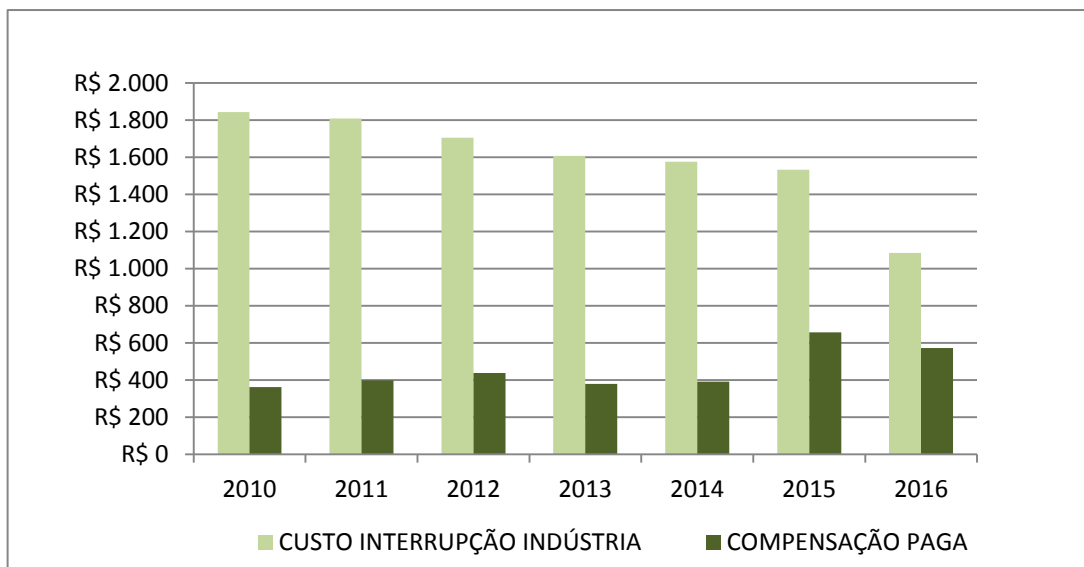


Figura 4.13: Custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria, em Bilhões, e compensações pagas no Brasil, em Milhões, no período de 2010 a 2016.

Fonte: Elaboração própria (2017).

A CEMIG-D apresentou os maiores valores de compensações pagas nos anos de 2012, 2015 e 2016, mantendo esses valores abaixo dos 50 milhões de reais. Os custos de interrupção chegaram a ultrapassar os 175 milhões de reais nos anos de 2011 e 2012, conforme Figura 4.14. Ao longo do período, as compensações pagas representaram de 19% a 66% do custo de interrupção para os consumidores industriais.

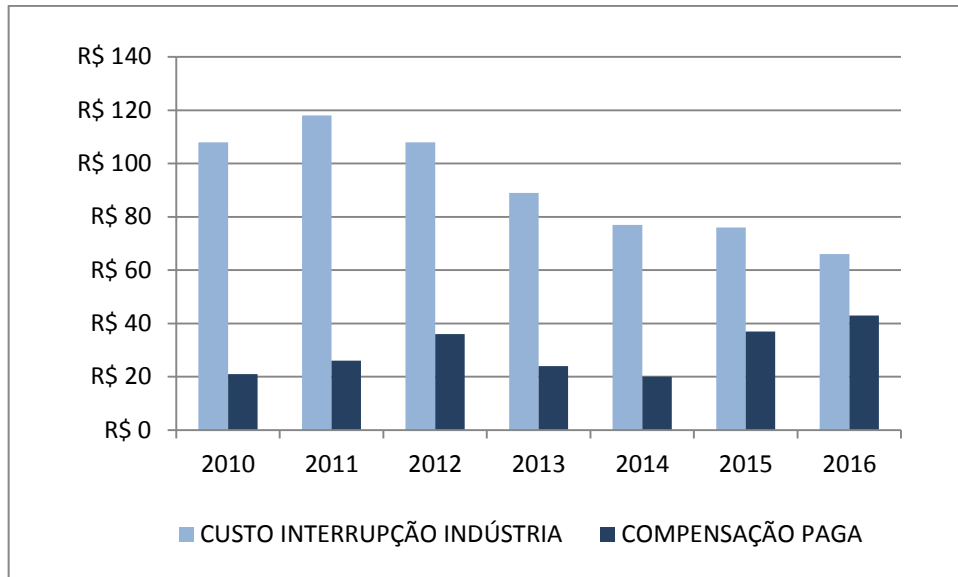


Figura 4.14: Custo da interrupção de energia elétrica estimado para a indústria e compensações pagas para a CEMIG-D, em Milhões, no período de 2010 a 2016.

Fonte: Elaboração própria (2017).

A COPEL-DIS apresenta os menores valores de compensações pagas aos consumidores, quando comparada as demais concessionárias analisadas nesse trabalho. Apenas no ano de 2015 que o valor pago em compensação chegou a ultrapassar os 20 milhões de reais. Já os custos da interrupção chegaram a passar dos 100 milhões, também para o ano de 2015, de acordo com a Figura 4.15. Para o período de 2010 a 2016, as compensações representaram de 15% a 41% dos custos das interrupções aos consumidores industriais.

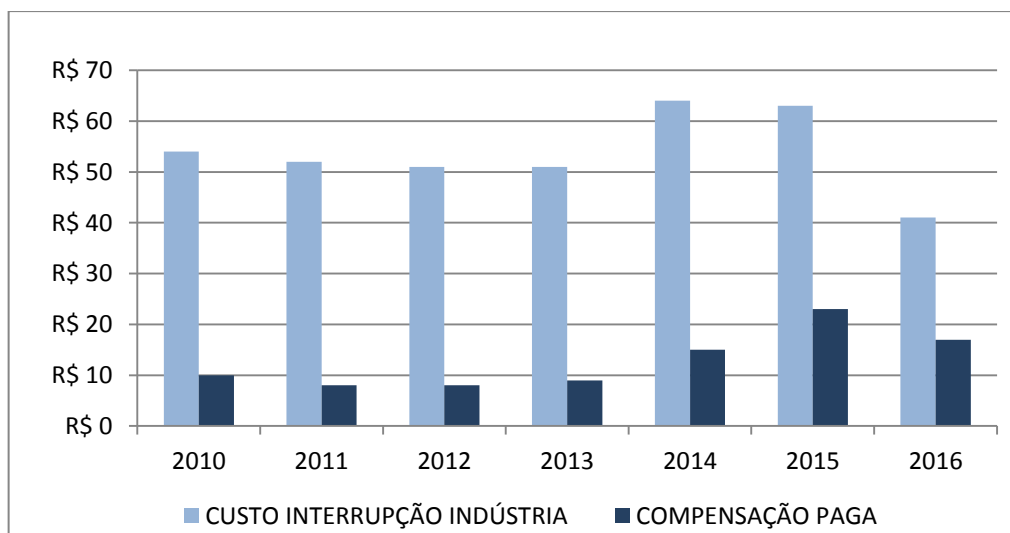


Figura 4.15: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a COPEL-DIS, em Milhões, no período de 2010 a 2016.

Fonte: Elaboração própria (2017).

A CELG-D é uma das concessionárias estudadas que apresenta altos valores de compensações pagas aos consumidores, chegando a valores próximos dos 100 milhões de reais. Com relação aos custos de interrupção, chegaram a ultrapassar os 250 milhões no ano de 2015, conforme Figura 4.16. As compensações pagas, ao longo do período de 2010 a 2016, representam de 30% a 78% em relação aos custos de interrupção para os consumidores industriais.

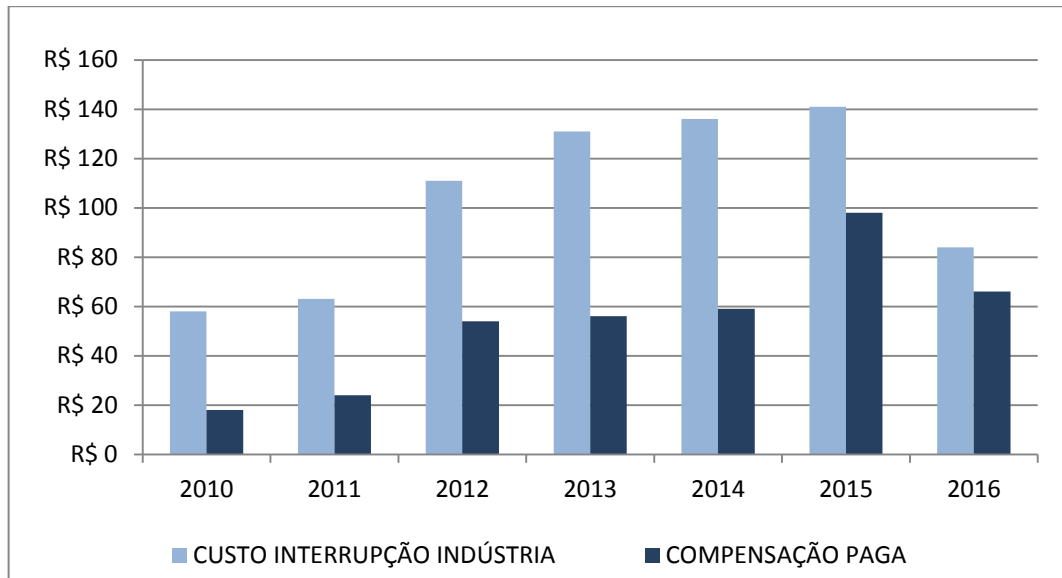


Figura 4.16: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a CELG-D, em Milhões, no período de 2010 a 2016.

Fonte: Elaboração própria (2017).

A CELPA também é uma concessionária com altos valores de compensações pagas, chegando próximo dos 100 milhões de reais. A CELPA tem uma peculiaridade com relação ao pagamento de compensação nos anos de 2013 e 2014, devido à autorização em reverter tal valor em melhorias na área de concessão da concessionária. Nos anos de 2015 e 2016, subsequentes aos investimentos tem-se uma diminuição no valor pago em compensação. Os custos de interrupção para o consumidor industrial são bem altos, em relação às demais concessionárias, com valores próximos dos 500 milhões de reais. Porém, há uma diminuição considerável a partir do ano de 2012, o que pode ser entendido com um resultado positivo aos investimentos feitos pela concessionária, de acordo com a Figura 4.17. Para os anos em que houve pagamento de compensação, esse representou de 11% a 37% do custo da interrupção para a indústria.

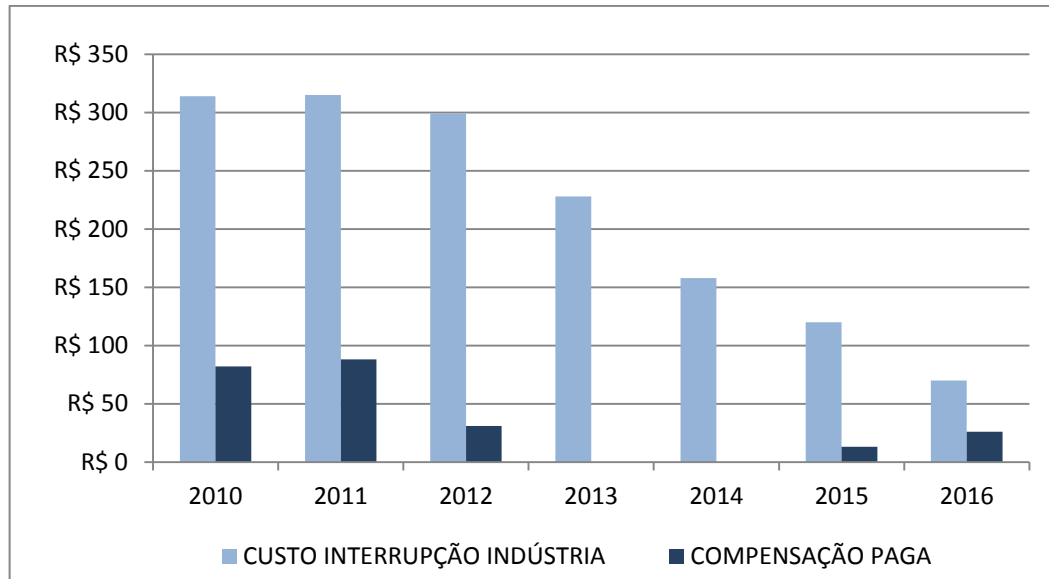


Figura 4.17: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a CELPA, em Milhões, no período de 2010 a 2016.
Fonte: Elaboração própria (2017).

A COELBA apresenta valores de compensações pagas que ultrapassaram um pouco os 40 milhões de reais, nos anos de 2015 e 2016. Com relação aos custos de interrupção, apresenta um valor acima dos 160 milhões de reais, em 2010. Os custos de interrupção diminuem até 2012 e em 2016, conforme a Figura 4.18, mas mantendo-se acima do valor de compensação, que representam de 24% a 66% em relação aos custos de interrupção para os consumidores industriais, no período de 2010 a 2016.

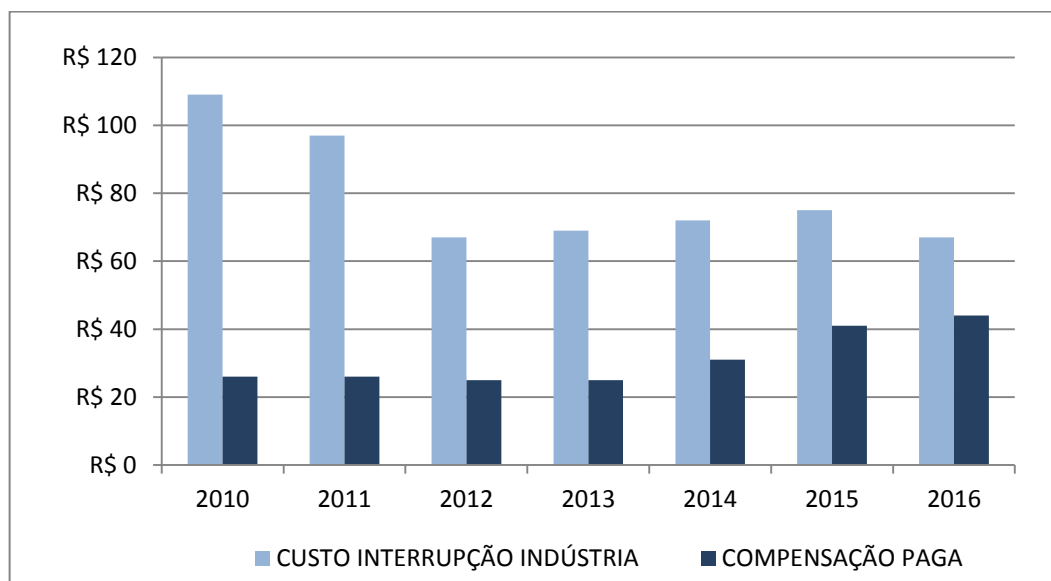


Figura 4.18: Custo da interrupção de energia elétrica para a indústria e compensações pagas para a COELBA, em Milhões, no período de 2010 a 2016.
Fonte: Elaboração própria (2017).

A Figura 4.19 e a Figura 4.20, respectivamente, apresentam o valor das compensações pagas e o custo total da interrupção estimado para cada concessionária. Com essas duas figuras é possível perceber que o maior custo de interrupção ultrapassou os R\$ 300 Mi, enquanto que o maior valor de compensação paga não chegou aos R\$ 100 milhões.

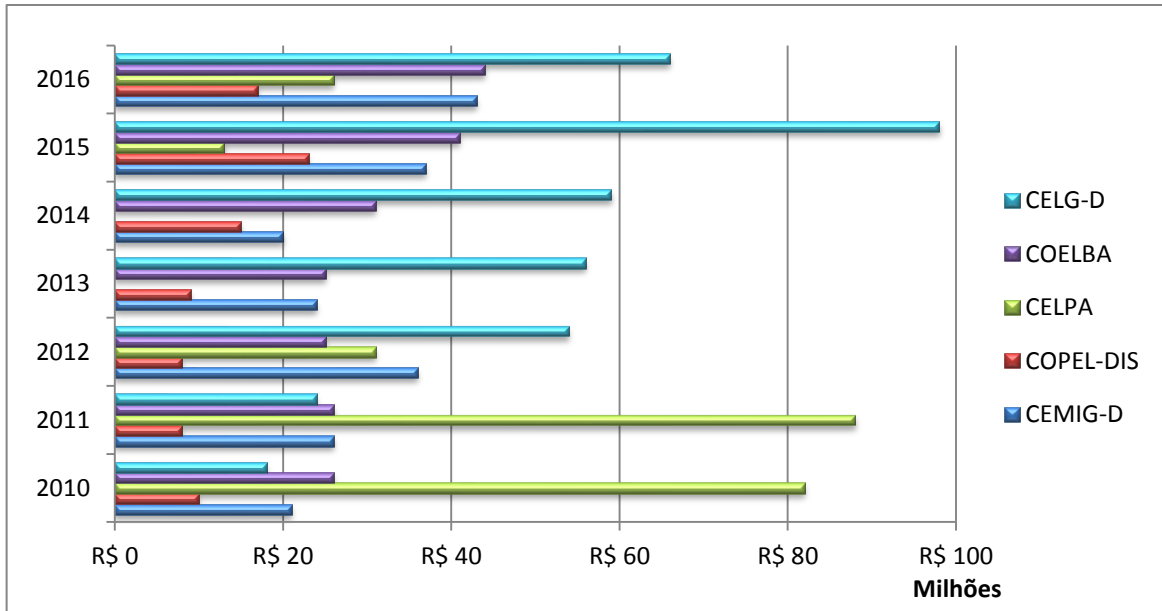


Figura 4.19: Valor das compensações pagas por cada concessionária, em R\$, no período de 2010 a 2016.
Fonte: Elaboração própria (2017).

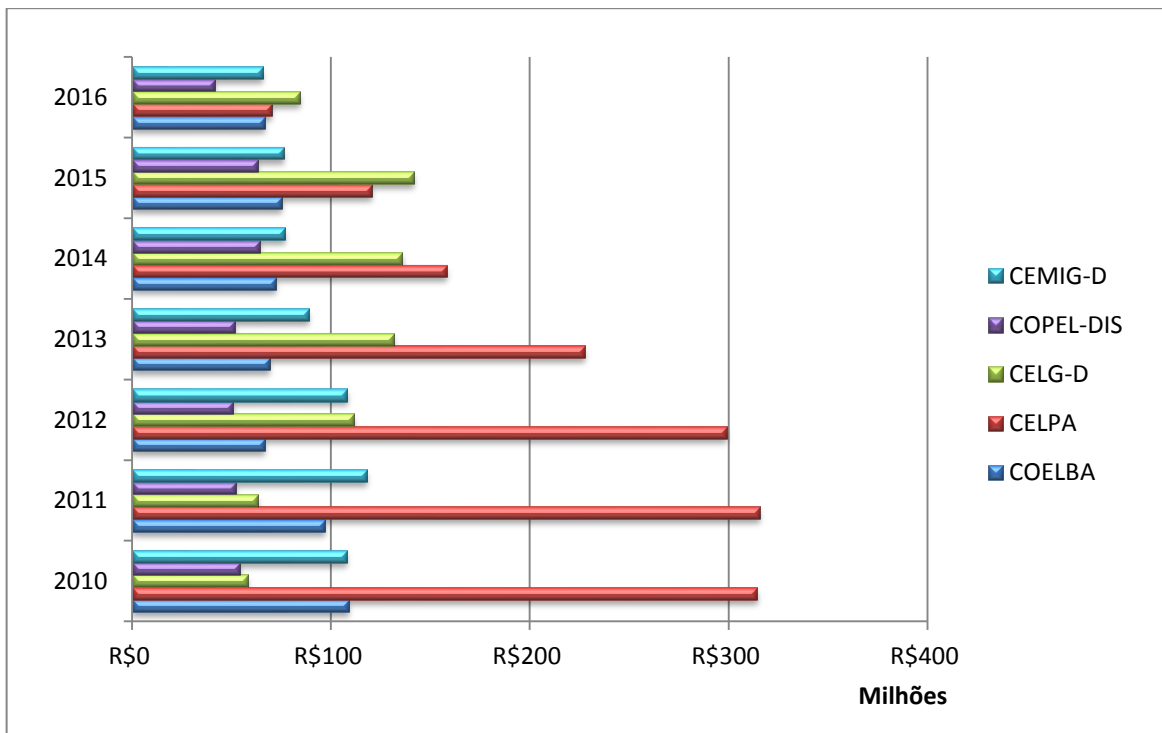


Figura 4.20: Custo total da interrupção estimado por cada concessionária, no período de 2010 a 2016.
Fonte: Elaboração própria (2017).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados foi possível observar que todas as distribuidoras analisadas apresentaram dificuldades no controle da duração das interrupções, com valores do indicador DEC acima do limite estabelecido pela ANEEL, para alguns anos. Para o caso, do indicador FEC apenas as distribuidoras CELG-D e CELPA tiveram registro de ultrapassagem dos limites estabelecidos. De maneira geral, os limites estabelecidos para os indicadores DEC e FEC tiveram diminuição ao longo do período analisado, o que pode ser justificado como uma forma mais rigorosa do órgão regulador ANEEL, conseguir das distribuidoras mais atenção na prestação do serviço. Além disso, foram apresentados os valores dos pagamentos em compensações de cada distribuidora e do Brasil, a partir do ano de 2010, e que apesar de ser um montante razoavelmente alto não foram suficientes para provocar significativa redução do indicador DEC apurado. Porém, analisando a distribuidora CELPA, que teve autorização da ANEEL para destinar o valor da compensação, dos anos de 2013 e 2014, para melhorias nas áreas de concessão, percebe-se uma redução considerável de seus indicadores DEC e FEC, nos anos de 2015 e 2016, concluindo que houve uma melhoria na distribuição da energia elétrica.

Para o custo da interrupção da energia elétrica para o consumidor industrial, a partir das estimativas apresentadas é possível ter e a dimensão do tamanho do prejuízo causado pela duração da interrupção de energia. Quando comparado o custo da interrupção de energia para o consumidor ao custo pelo pagamento das compensações pela distribuidora percebe-se que o valor das compensações pagas não é compensatório para o consumidor. Os valores apresentados do custo da interrupção são estimativas que não fogem da realidade do setor e região analisada, porém não se descarta a possibilidade de mais estudos no assunto, conforme sugerido pela ANEEL.

Sendo assim, conclui-se que o pagamento de compensações pela concessionária aos seus clientes não influencia na redução dos indicadores de continuidade e não supre o custo estimado da interrupção para o consumidor, sugerindo então que os valores destinados ao pagamento das compensações sejam investidos em melhoria do sistema de distribuição, tais como aumento das equipes de manutenção, facilitar o acesso às unidades consumidoras para

reduzir o tempo das interrupções, trazendo mais qualidade na distribuição da energia elétrica, evitando perdas desnecessárias e tornando o sistema mais eficiente.

Assim, semelhante ao trabalho desenvolvido fica como proposta um estudo do levantamento dos custos de interrupção para as indústrias de grande porte. E a sugestão de desenvolver uma calculadora ou outro *software* para estimar os custos de interrupção para no Brasil, conforme as características geográficas de cada região e do histórico de interrupções das distribuidoras, conforme a calculadora para estimar o Custo de Interrupção (*Interruption Cost Estimate – ICE*) projetada nos EUA.

6 REFERÊNCIAS

ABRACE. Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e Consumidores Livres. **Contribuições referentes à audiência pública N° 029/2014 - Obter subsídios para a proposta de aprimoramento da regulamentação sobre a metodologia de definição de limites para os Indicadores de Continuidade Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora - DEC e Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora - FEC das distribuidoras de energia elétrica.** 2014. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/029/contribuicao/abrace_a_p029_2014.pdf>.

ABRACE. Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e Consumidores Livres. Notícias do Setor: **Indústria se prejudica com falhas no fornecimento de energia.** 2016. Disponível em: <<http://abrace.org.br/noticias-do-setor-interna/noticia-do-setor-154-2/#noticia-40ae647ba235f498fb11d9ad1affbe93>>.

ABRADEE. Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica. **Setor Elétrico – Visão geral do setor.** 2016. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>.

AESSUL. Uma Empresa AES BRASIL. **Procedimentos de Distribuição.** São Paulo, SP, 2016. Disponível em: <<https://www.aessul.com.br/site/informacoes/Prodlist.aspx>>.

AFONSO, J. L; MARTINS, J. S. Ciclo de seminários – **As oportunidades das ameaças: Qualidade da energia elétrica na indústria.** Portugal, 2003.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia Elétrica do Brasil.** Parte I – Energia no Brasil e no mundo. Capítulo 2: Consumo. Página 39. 2007. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 395: Aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, e dá outras providências,** de 15 de dezembro de 2009. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2009395.pdf>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Perguntas e Respostas – ANEEL: DIC, FIC e DMIC.** 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/DIC%20FIC%20DMIC.pdf>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Últimas notícias.** Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=7903&id_ar ea=90>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Histórico da ANEEL.** Brasília, DF, 2015a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-de-estagio/-/asset_publisher/foAz2UJO73Xk/content/historico-da-aneel?inheritRedirect=false>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Histórico.** Brasília, DF, 2015b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=8&idPerfil=3>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Indicadores.** Brasília, DF, 2015c. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 0173/2016-SRD/ANEEL: Abertura de Consulta Pública – Análise da regulamentação da continuidade do fornecimento de energia elétrica, com enfoque sobre a avaliação dos custos relacionados à confiabilidade do serviço de distribuição.** Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20Técnica_0173_S RD.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Qualidade na distribuição.** Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/qualidade-na-distribuicao>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **PRODIST: Módulo 1 – Introdução, Revisão 9.** Brasília, DF, 2016c. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Revisao_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **PRODIST: Módulo 1 – Introdução, Revisão 3.** Brasília, DF, 2016d. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo1_revisao_3.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **PRODIST.** Brasília, DF, 2016e. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/prodist>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **PRODIST: Módulo 8: Qualidade da Energia Elétrica, Revisão 8.** Brasília, DF, 2016f. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo8_Revisao_8/9c78cfa-b-a7d7-4066-b6ba-cfbda3058d19>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Audiência Pública nº. 033/2009 – Revisão do Procedimentos de Distribuição (PRODIST).** Brasília, DF, 2016g. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/DIC%20FIC%20DMIC.pdf>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Indicadores de compensação de continuidade.** Brasília, DF, 2017a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores-de-compensacao-de-continuidade>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição.** Brasília, DF, 2017b. Disponível em: <http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPRegiaoEmp.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Indicadores Coletivos de Continuidade (DEC e FEC).** Brasília, DF, 2017c. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>>.

AUSTIN ENERGY. **Austin Energia At-A-Glance.** 2016. Disponível em: <http://austinenergy.com/wps/portal/ae/about/at-a-glance/austin-energy-at-a-glance!/ut/p/a1/jzdltsmweew_pyssxu8dhoadg6oq-givia3eildye0upbtkocl4evxecva3akwyxmnpnai7mumrciw9vca-mfs1-5jfvqch5tibk6skeakmvwq7wpepneic3_0a-yr8gk_kc5dme0is-uh-igjztp11gqnw8mveyw-frpwtw4fj0rvcass1d9ywerwvjvdabueezxsc08e5upznu21kqro29vy8ggl7ak4cbs4vg07yrwoo8amj>

[ahl6bzh-](#)

[7vjvw_5r_xcarza_eucuuwjqmp9ffyrseq0pgsm49cdpiu3stv2dyrf1dpthg8ansl5kz/dl5/d5/l2dbis_evz0fbis9nqseh/](#)>.

BERNARDO, N. **Evolução da Gestão da Qualidade de Serviço de Energia Elétrica no Brasil**. 2013. 65 f. Monografia (Curso de Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro: Escola Politécnica. Rio de Janeiro, RJ.

BRASIL ECONÔMICO. **Interrupções de energia prejudicam indústria**. A produção de petroquímicos, alumínio e cerâmica está em patamar reduzido devido a frequentes quedas de energia, 2013. Disponível em: <http://brasileconomico.ig.com.br/ultimas-noticias/interruptoes-de-energia-prejudicam-industria_136884.html>.

BRASIL. Lei Nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial da República**, Brasília, DF, 13 fev. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8987compilada.htm>.

BRASIL. Lei Nº 9.427, de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. **Diário Oficial da República**, Brasília, DF, 26 dez. 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9427cons.htm>.

CASTRO, R.; FAIAS, S.; ESTEVES, J. *The cost of electricity interruptions in Portugal: Valuing lost load by applying the production-function approach*. **Science Direct**, Volume 40, Pages 48-57, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2016.04.003>>.

CEER. *Council European Energy Regulators*. **4TH BENCHMARKING REPORT ON QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY 2008**. 2008. Disponível em: <http://www.autorita.energia.it/allegati/pubblicazioni/C08-EQS-24-04_4th_Benchmarking_Report_EQS_10-Dec-2008_re.pdf>.

CEER. *Council European Energy Regulators*. **6TH CEER BENCHMARKING REPORT ON THE QUALITY OF ELECTRICITY AND GAS SUPPLY 2016**. Chapter 1 -2. 2016. Disponível em: <file:///C:/Users/Mait%C3%AA%20e%20C%C3%A9lia/Downloads/1-C16-EQS-72-03_CEER-6thBR_Intro-Ch1-2.pdf>.

CELG. Celg Distribuição S.A. Nossa História. 2017. Disponível em: <<http://www.celg.com.br/paginas/institucional/institucional.aspx>>.

CELPA. Centrais Elétricas do Pará S.A. Conheça a CELPA: A CELPA. 2016. Disponível em: <<http://www.celpe.com.br/conheca-a-celpe/a-celpe>>.

CELPA. Centrais Elétricas do Pará S.A. **Relatório da Administração 2008**. 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/Mait%C3%AA%20e%20C%C3%A9lia/Downloads/CELPA_DadosEconFDFC_31032009.pdf>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Por dentro da conta de luz**. Informação de utilidade pública. 2009. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/quem_somos/Gestao/Documents/Por%20dentro%20da%20conta%20de%20luz.pdf>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2015**. 2015. Disponível em: <<http://relatorio2015.cemig.com.br/#/8>>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. **Quem Somos**. 2016. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/quem_somos/Paginas/default.aspx>.

COELBA. Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia. **Quem Somos**. 2013. Disponível em: <<http://www.coelba.com.br/Pages/A%20Coelba/quem-somos.aspx>>.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia. **Perfil Corporativo**. 2016. Disponível em: <<http://ri.copel.com/ptb/perfil-corporativo>>.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **6 Motivos por que a indústria é importante para o desenvolvimento do Brasil, na opinião da população**. 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2016/05/1,88669/6-motivos-por-que-a-industria-e-importante-para-o-desenvolvimento-do-brasil-na-opiniao-da-populacao.html>>.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Dois terços da indústria têm prejuízos com falhas de fornecimento de energia elétrica**. Sondagem Especial: Indústria e energia. Indicadores CNI, Ano 17, Número 1, 2016. Disponível em:

<<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/estatisticas/2016/03/1,84609/sondesp-65-industria-e-energia.html>>.

CONSTANTI, L. P. **Análise comparativa das metodologias de definição de conjuntos para estabelecimento de metas de qualidade (DEC e FEC)**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Regulação e Gestão de Negócios – REGEN), Universidade de Brasília, Brasília, DF. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15875/1/2013_LarissaPinheiroConstanti.pdf>.

DATA.AUSTIN. City of Austin Performance Report 2014-15. **System Average Interruption Frequency Index (Electricity Outage Frequency)**. Disponível em: <<https://data.austintexas.gov/stories/s/System-Average-Interruption-Frequency-Index/n2pw-zgfg>>.

DIBOMA, BS; TATIETSE, T. T. *Power interruption costs to industries in Cameroon*. *Science Direct*, Volume 62, Pages 582-592, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.07.014>>.

EA. Engenheiros Associados. **Soluções em Engenharia Elétrica, Qualidade**. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <<http://www.engenheirosassociados.com.br/qualidade.php>>.

MELO, M. O. C; CAVALCANTI, G. **Avaliação do impacto da qualidade de energia elétrica na produção industrial: Proposta de metodologia**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 14 f, Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2008.

ENTERGY LOUISIANA. Entergy Louisiana, LLC. **Reliability**. 2016. Disponível em: <http://www.entergy-louisiana.com/about_entergy/reliability.aspx>.

EUROPEAN STANDARD. EN 50160: *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*. Pages 15, 16. 2005. Disponível em: <http://www2.schneider-electric.com/library/SCHNEIDER_ELECTRIC/SE_LOCAL/APS/204836_1312/DraftStandard0026rev2-DraftEN501602005-05.pdf>.

FERREIRA JÚNIOR, J. S. **Desenvolvimento e Aplicação de uma Adaptação do Indicador Eficácia Global dos Equipamentos (OEE) para Eficiência Energética.** 2013. 89 p. Dissertação – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá/MG, 12 de março de 2013.

ICE CALCULATOR. *Interruption Cost Estimate Calculator.* 2015. Disponível em: <<http://www.icecalculator.com/about.htm>>.

IEEE. *Institute of Electrical and Electronic Engineers. 1366-2001 - IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.* 2001. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1274921/>>.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. Brasil, O observatório do setor elétrico brasileiro. **Qualidade do fornecimento de energia elétrica: Confiabilidade, conformidade e prestação.** *White Paper*, Ed. Nº 14, São Paulo, SP, 2014. Disponível em: <http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2014_WhitePaperAcendeBrasil_14_Qualidade_Fornecimento_Energia_Rev_0.pdf>.

JANUZZI, Antônio Cezar. **Regulação da qualidade de energia elétrica sob o foco do consumidor.** 2007. 234 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/trabalhos/trabalhos/Dissertacao_Antonio_Cezar_Jannuzi.pdf>.

LINARES, P; REY, L. *The costs of electricity interruptions in Spain. Are we sending the right signals?* *Science Direct*, Volume 61, Pages 751–760, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.083>>.

LOURENÇO, C. G. C. **Qualidade dos serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica no Brasil.** 2011. 41 f. Monografia (Curso de engenharia Elétrica), Universidade São Francisco, Itatiba, São Paulo.

LUSVARGHI, S. A.S. **Impactos Econômicos da descontinuidade do serviço elétrico utilizando um modelo de mercado.** 2010. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

MELO, M. O. C; CAVALCANTI, G. **A avaliação do impacto da qualidade de energia elétrica na produção industrial: proposta de metodologia.** In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro.

MOTOKI, E. M. **Procedimentos para mitigação do impacto de qualidade de energia na indústria têxtil.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica de São Paulo – USP, São Paulo, SP.

REICHL, J.; Schmidthale, M.; Schneide, F. *The value of supply security: The costs of power outages to Austrian households, firms and the public sector.* *Science Direct*, Volume 36, Pages 256–261, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2012.08.044>>.

SILVA, M. P. C; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, E. **A influência da metodologia de regulação nos indicadores DEC e FEC.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 2014, Foz do Iguaçu. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2014.

VALOR ECONÔMICO. **Firjan: Qualidade no fornecimento de energia piorou nos últimos 3 anos,** 2014. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/brasil/3554960/firjan-qualidade-no-fornecimento-de-energia-piorou-nos-ultimos-3-anos>>.

ANEXO A



Oferta e Demanda de Energia – o papel da tecnologia da informação na integração dos recursos

26 a 28 de setembro de 2016

Gramado – RS

A influência da qualidade da energia elétrica para o consumo de eletricidade pela indústria através da avaliação dos indicadores de continuidade (DEC e FEC)

RESUMO

A energia elétrica é um insumo importante para a indústria, em que 79% das empresas industriais a utilizam como principal fonte de energia (CNI, 2016). De acordo com a ANEEL (2015), a qualidade do serviço está relacionada com a continuidade da energia e é avaliada através dos indicadores de continuidade coletivos que são o DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), medido em horas (h) e o FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora), medido em número de ocorrências. Contudo, as interrupções no fornecimento são frequentes e quase 70% das empresas têm prejuízos com essas falhas, conforme estudo apresentado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016). Assim, buscou-se através desses indicadores associar a influência da qualidade no valor final da tarifa de energia e no consumo de energia elétrica pela indústria, de acordo com a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG-D.

Palavras-chave: Indicadores de continuidade, Interrupções, Energia Elétrica, Qualidade, Indústria.

ABSTRACT

Electricity is an important input for the industry, where 79% of the industrial companies to use it as the main source of energy (CNI, 2016). According to ANEEL (2015). The quality of service is related to the continuity of the energy and is assessed by the collective continuity indicators that are DEC (Equivalent Duration of Interruption per Consumer Unit), measured in hours (h) and FEC (Frequency Equivalent of Interruption per Consumer Unit), measured in number of occurrences. However, supply interruptions are frequent and almost 70% of companies have losses from these failures, according to a study presented by the National Confederation of Industry (CNI, 2016). Thus, it sought through these indicators associate the influence of the quality of the final value of the energy rate and electricity consumption by industry, according to the Energy Utility of Minas Gerais - CEMIG-D.

KEYWORDS: CONTINUITY INDICATORS, INTERRUPTIONS, ELECTRIC POWER, QUALITY, INDUSTRY

1. INTRODUÇÃO

O objetivo geral desse trabalho é enfatizar a importância da qualidade da energia elétrica – QEE para o setor industrial, com base nos indicadores de continuidade. O objetivo específico é avaliar o histórico de consumo de energia elétrica pela indústria e da tarifa aplicada pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG-D relacionados ao comportamento da concessionária através dos indicadores DEC e FEC anuais. A escolha da CEMIG-D se deve ao fato de ser a maior concessionária da região sudeste, respondendo por aproximadamente 96% do estado de Minas Gerais (CEMIG, 2016), e por estar na região sudeste a maior parcela referente ao consumo de energia elétrica pelo setor industrial (EPE, 2014). O consumidor industrial mantém um perfil de destaque no cenário energético nacional, o que reforça a importância da qualidade da energia oferecida a esse setor. No período de 2005 a 2015, do consumo de energia elétrica pela indústria no Brasil, em média, 47% veio da região sudeste, sendo que só a CEMIG-D contribuiu, em média, com 15% desse consumo, conforme dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (ANEEL, 2016). Assim, qualidade da energia elétrica, do ponto de vista de seu fornecimento, é um assunto pertinente tanto para as distribuidoras, quanto para os consumidores.

2. IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA E OS INDICADORES DE CONTINUIDADE

Devido à necessidade de um melhor controle na qualidade do fornecimento de energia elétrica, foram criadas as primeiras regulamentações das condições técnicas e da qualidade do serviço de energia elétrica (BERNARDO, 2013). O início se dá com a Portaria do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE nº 046, de 17 de abril de 1978, estabelecendo os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica a serem observados pelas concessionárias de serviços públicos (BERNARDO, 2013). Por meio da Lei Nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, é criada a ANEEL, que é um órgão regulador, responsável em estabelecer regras e padrões mínimos de qualidade para o fornecimento de energia elétrica. E através da Resolução Normativa Nº 395, de 15 de dezembro de 2009, aprova os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - Prodist (ANEEL, 2016), onde o Módulo 08 do Prodist trata da qualidade da energia elétrica – QEE, abordando a qualidade do produto e do serviço prestado.

2.1 Indicadores de confiabilidade do fornecimento de energia elétrica

No Brasil, a qualidade da energia é avaliada conforme a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, com base nos indicadores de continuidade que são divididos em dois grupos, os que mensuram a frequência de interrupções durante um determinado intervalo de tempo; e os que mensuram a duração cumulativa das interrupções ocorridas durante um determinado intervalo de tempo (INSTITUTO ACENDE BRASIL, 2014). E são representados pelos Indicadores de Continuidade Coletivos - DEC e FEC, utilizados para avaliar o desempenho das concessionárias com valores definidos durante os ciclos de revisão tarifária (BERNARDO, 2013), e os Indicadores de Continuidade Individuais – DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão), FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão) e DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas), que apresentam, ao consumidor, o desempenho da concessionária com relação à adequação do serviço prestado. Esses parâmetros são baseados nos indicadores internacionais, retirados da norma do IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), SAIDI – *System Average Interruption Duration Index* e SAIFI – *System Average Interruption Frequency Index*, para os indicadores coletivos e CAIDI – *Customer Average Interruption Duration Index* e CAIFI – *Customer Average Frequency*

Index, para o indicadores individuais (IEEE Std 1366-2003 apud SILVA, M. P. C; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, 2014).

2.1.1 Indicadores de continuidade coletivos – DEC e FEC

O indicador coletivo de continuidade DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) é o intervalo de tempo que, em média, cada unidade consumidora do conjunto ficou sem energia elétrica, já o indicador coletivo de continuidade FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) é o número de interrupções ocorridas, em média, no período de observação, em cada unidade consumidora do conjunto considerado (BERNARDO, 2013).

2.1.2 – INDICADORES INDIVIDUAIS DE CONTINUIDADE – DIC, FIC, DMIC E DICRI

Os indicadores de continuidade por consumidor ou indicadores de continuidade individuais foram definidos para estabelecer penalidades no caso de descumprimento dos limites estabelecidos.

O indicador individual de continuidade DIC (Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão) é o intervalo de tempo, contínuo ou não, em que um determinado consumidor ficou privado do fornecimento de energia elétrica, no período de apuração (BERNARDO, 2013). O indicador individual de continuidade FIC (Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão) é o número de interrupções que um determinado consumidor sofreu no período de apuração. O indicador DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou por ponto de conexão, expressa em horas), é o tempo máximo de interrupção contínua, da distribuição de energia elétrica, para uma unidade consumidora qualquer. E por fim, o indicador de continuidade DICRI (Duração da Interrupção Individual ocorrida em Dia Crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão, expresso em horas), que é um indicador recente criado em 2012.

2.1.3 - Compensações pelas transgressões dos limites de continuidade

A ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade do serviço, conforme os limites estabelecidos para os indicadores de continuidade, estabelecidos pelo Prodist – Módulo 8. Os limites dos indicadores DIC, DMIC e FIC são vinculados aos indicadores DEC e FEC (ANEEL, 2016). Quando os indicadores individuais de continuidade são transgredidos, a distribuidora deve compensar financeiramente o consumidor. A

compensação é automática, e deve ser paga em até 2 meses após o mês de apuração do indicador (mês em que houve a interrupção (ANEEL, 2016).

2.2 Influência da qualidade da energia elétrica na tarifa de energia

A qualidade da energia elétrica também tem importância no cálculo da tarifa de energia para cada concessionária. A tarifa de energia, chamada de receita do serviço de distribuição, é dividida em dois grupos: a parcela A e a parcela B, e para cada parcela são considerados os custos, conforme a Figura 1.

Receita do Serviço de Distribuição	
PARCELA A	PARCELA B
Compra de energia	Custos Operacionais
Transmissão	Cota de Depreciação
Encargos Setoriais	Remuneração do Investimento

Figura 1 – Componentes da Receita do Serviço de Distribuição. (Fonte: CEMIG, 2016).

Na parcela B, estão os custos administrados pela própria distribuidora, onde se encontra os custos referentes à manutenção e operação do sistema de distribuição. Durante a Revisão Tarifária Periódica (RTP), que acontece em média a cada quatro anos, no caso da CEMIG-D ocorre a cada cinco anos (CEMIG, 2016), são avaliados pela ANEEL, o comportamento das concessionárias diante dos indicadores de continuidade coletivos – DEC e FEC, sendo proposto melhorias no sistema que farão parte dos custos operacionais e o estabelecimentos dos valores dos limites anuais dos indicadores de continuidade.

3. METODOLOGIA

Para uma melhor análise dos resultados foi feito um levantamento dos valores dos indicadores DEF e FEC da concessionária CEMIG-D, para o período entre 2005 a 2015. Também foram levantados os valores das compensações pagas pela concessionária, no período de 2010 a 2015, aos consumidores devido às transgressões dos indicadores de continuidade individual. A título de comparação foram também levantados os dados de consumo de energia elétrica anual pela indústria, em MWh (Megawatt-hora), e a soma da tarifa média com tributos, em R\$ (reais), para o período de 2005 a 2015. Todos os dados foram consultados na página da ANEEL. Com a reunião desses dados foi feita uma análise da influência dos indicadores DEC e FEC, ainda que pequena, na variação do valor da tarifa de

energia e no consumo de energia elétrica pela indústria atendida pela concessionária CEMIG-D.

3.1 Apresentação dos dados e discussão

Ter uma energia elétrica de qualidade é o que todo consumidor de energia espera, e isso é uma condição necessária para a competitividade da indústria brasileira, em que 79% das empresas industriais a utilizam como principal fonte de energia (CNI, 2016), sendo um insumo importante. Sendo assim, as interrupções de energia podem causar grandes danos e prejuízos para as empresas. Pensando nisso, através dos dados levantados em consulta a página da ANEEL foi possível a elaboração de gráficos que possibilitassem uma melhor visualização dos valores disponibilizados. A Figura 2 apresenta a evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e os limites estabelecidos para a concessionária CEMIG-D, no período de 2005 a 2015. Ao longo dos anos os limites estabelecidos diminuíram, o que pode ser entendido como um aumento na exigência por parte do órgão regulador. Percebe-se que a dificuldade da concessionária se encontra em controlar a duração das interrupções, pois para o período os limites de frequência foram respeitados.

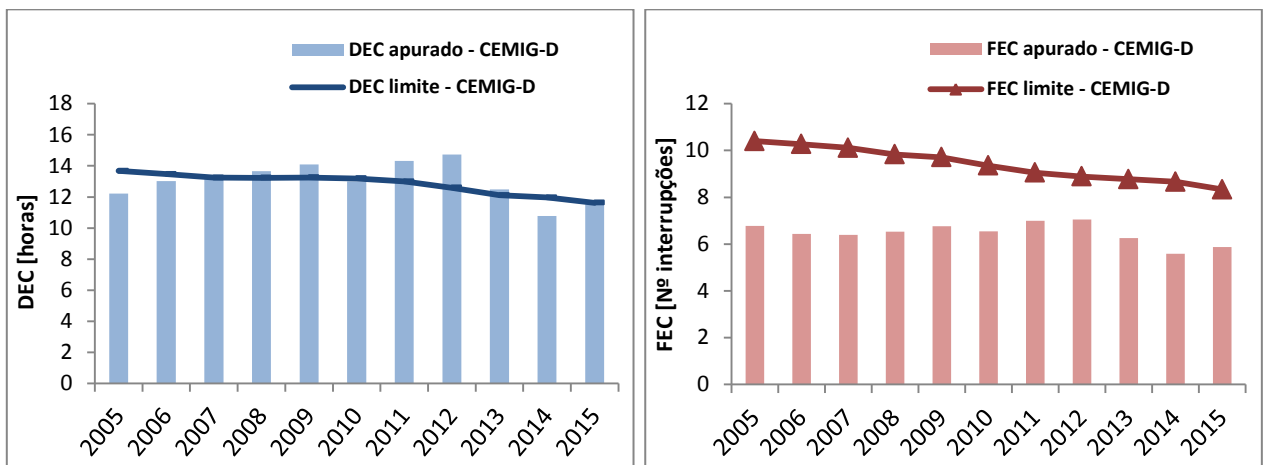


Figura 2 – Evolução dos indicadores DEC e FEC apurados e seus limites anuais para a concessionária CEMIG-D (Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL, 2016).

A partir do ano de 2010, após aprovação da ANEEL, as concessionárias passam a compensar seus consumidores quando ultrapassam os limites estabelecidos para os indicadores individuais. Essa é uma forma de se ter um controle maior sobre o desempenho das concessionárias, além de uma visão geral da qualidade do serviço prestado pelas distribuidoras aos clientes. Pela Figura 3 pode-se ter a dimensão do quanto a concessionária CEMIG-D desembolsou para compensar seus consumidores.

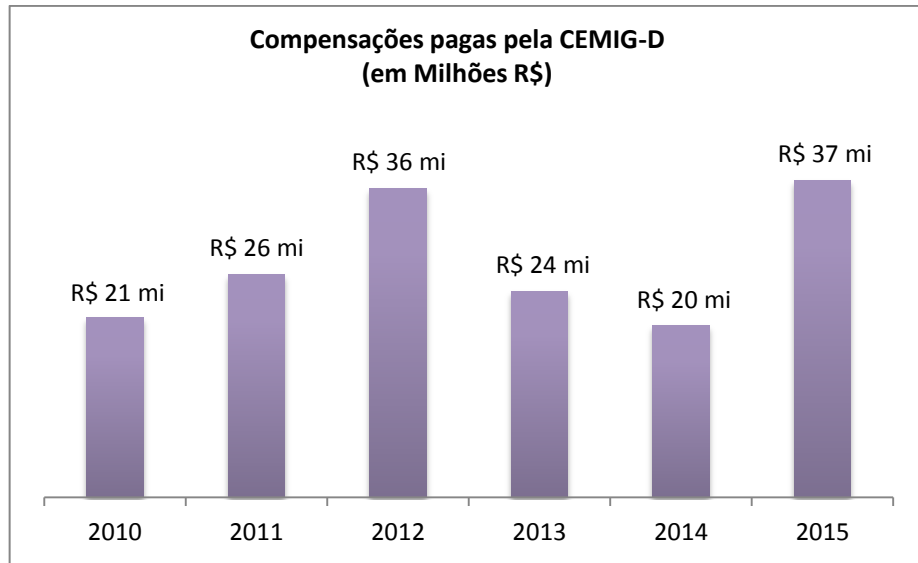


Figura 3 – Compensações pagas em decorrência das transgressões dos limites de continuidade individuais, pela CEMIG-D, em milhões de reais (R\$). (Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL, 2016).

Comparando a Figura 3 com a Figura 2 nota-se a semelhança em seus perfis. As compensações são pagas pela transgressão dos limites dos indicadores de continuidade individuais – DIC, FIC, DMIC e DICRI, mas como são baseados nos indicadores coletivos – DEC e FEC, pode-se considerar uma proporcionalidade. Assim, conforme os limites são ultrapassados, maiores os valores de compensações pagas.

O pagamento das compensações aos consumidores atingidos com as interrupções mostra que as concessionárias estão cumprindo a exigência estabelecida pela ANEEL, porém coloca em evidência uma falta de qualidade da energia, mostrando uma deficiência na prestação do serviço de distribuição.

A qualidade da energia elétrica entregue pelas empresas distribuidoras aos consumidores industriais sempre foi objeto de interesse (AFONSO, J. L; MARTINS, J. S., 2003), por ser a indústria um grande consumidor de energia elétrica. Porém, a tarifa de energia é um fator que pode influenciar o consumo de energia elétrica desse setor. A Figura 4 mostra uma leve diminuição do consumo de energia elétrica pela indústria, em MWh, ao longo do período de 2005 a 2015, exceto no ano de 2005 e 2008, onde houve elevação do consumo. Em comparação com a Figura 5, em que está apresentada a soma tarifária média com tributos, em R\$, para o mesmo período de observação, tem-se uma oscilação nos valores, mas ainda apresentando um perfil contrário ao do consumo de energia pela indústria. Pois, conforme a tarifa de energia aumenta, há uma tendência à redução no consumo de energia.

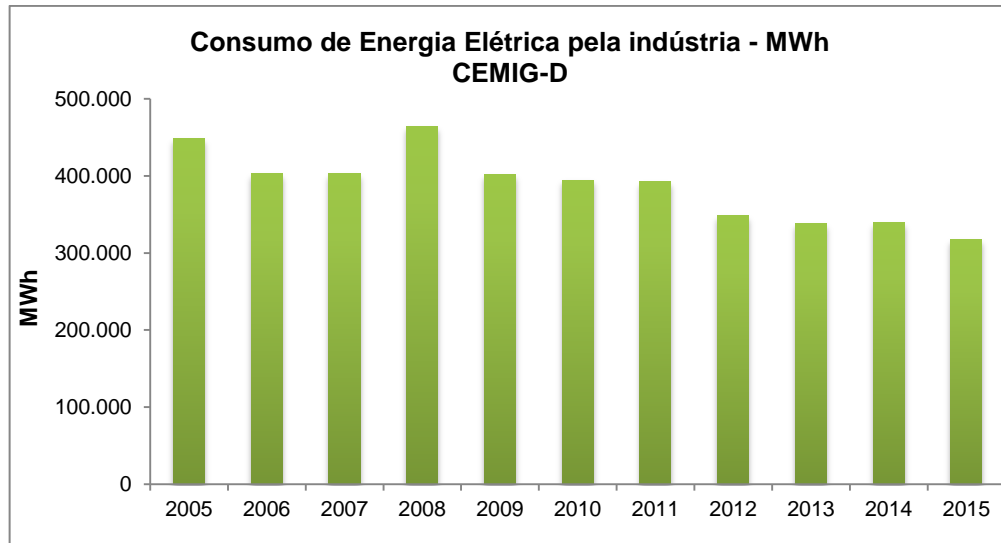


Figura 4 – Consumo de energia elétrica pela indústria em MWh anual da CEMIG-D.
(Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL, 2016).

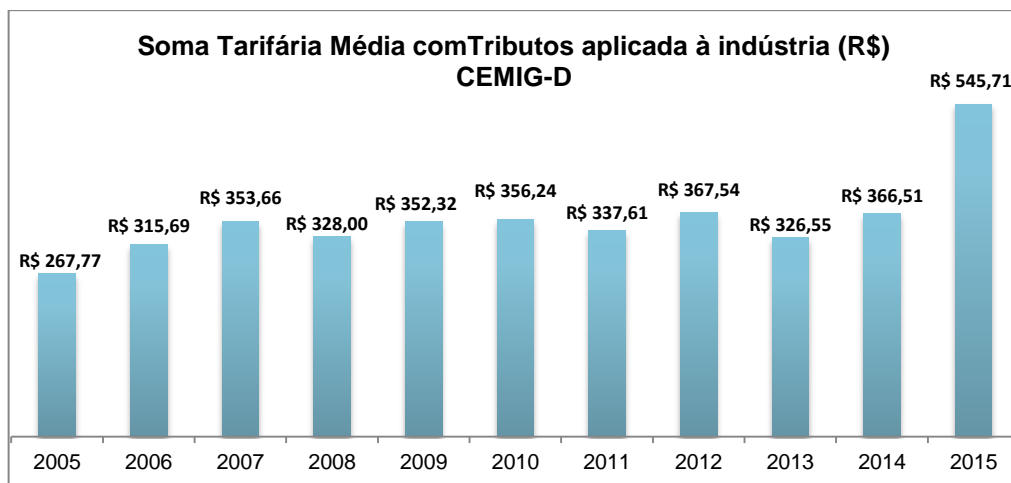


Figura 5 – Soma tarifária média com tributos aplicados à indústria pela CEMIG-D.
(Fonte: Elaboração própria com dados da ANEEL, 2016).

Durante as Revisões Tarifárias a ANEEL avalia o comportamento das concessionárias. Com relação à qualidade, a Agência analisa os indicadores de continuidade coletivos – DEC e FEC e qual foi o comportamento diante dos limites estabelecidos, para cada concessionária. A ultrapassagem dos limites resulta em penalidade para a concessionária através do pagamento das compensações aos consumidores, em sua conta de energia. Mas também significa que não foi oferecido um serviço de qualidade ao consumidor. Então, durante a Revisão Tarifária, o órgão regulador entende que a concessionária precisa melhorar a prestação de seu serviço através de investimentos em manutenções e operações. Porém, a

concessionária agrega os valores que serão gastos para a melhoria da qualidade da energia, aos custos operacionais repassando aos consumidores através da tarifa de energia. De acordo com o relatório da Cemig (2016), a elevação dos indicadores DEC e FEC em 2015 contribuiu para a elevação dos valores pagos em compensações aos consumidores, porém, o impacto majoritário foi provocado pelo aumento médio de 40% nos valores das tarifas de energia elétrica.

Portanto, independente do peso que os custos operacionais possam ter, qualquer valor que possa encarecer a tarifa de energia torna-se um fator limitante ao consumo de energia, principalmente aos setores de grande consumo, como é o caso do setor industrial.

4. CONCLUSÃO

Dentre os setores de consumo de energia elétrica, o industrial é o responsável pelo maior consumo. Porém, pode-se observar que ao longo do período de análise o setor industrial de Minas Gerais apresentou um leve declínio em seu consumo de energia, e que ainda assim continua sendo o setor de grande expressão. A média tarifária aplicada pela CEMIG-D, para o mesmo período, apresentou oscilações em seus valores, porém tendendo ao crescimento. Esse aumento na tarifa pode ser um dos motivos para a redução do consumo de energia pelo setor.

Através dos indicadores de continuidade coletivos – DEC e FEC pode-se observar que a concessionária CEMIG-D se manteve próxima aos limites estabelecidos. Porém, ainda assim, foram contabilizadas compensações referentes às ultrapassagens dos limites. Indicando que ainda são necessárias melhorias para uma prestação de serviço com mínimas interrupções. E que a grande dificuldade da concessionária é no controle da duração das interrupções, e não na frequência com que ocorrem.

A qualidade influencia, mesmo com uma pequena parcela, no fechamento da tarifa de energia. Pois, uma concessionária que não consegue se manter dentro dos limites de continuidade, apresenta um serviço deficiente de distribuição de energia, levando a investimentos em melhorias que serão embutidos nos custos operacionais, durante as revisões tarifárias de cada concessionária.

A avaliação da qualidade do serviço de energia elétrica através dos indicadores de continuidade mostra o desempenho da concessionária, aos consumidores e ao órgão regulador. E um serviço de qualidade traz benefícios para os consumidores e para as concessionárias. Se há uma redução das interrupções de energia, as indústrias perdem menos em sua produção e de certa forma deixam de repassar os prejuízos aos consumidores finais.

Por outro lado, uma energia de qualidade atrai investimentos para o setor, e a concessionária passa a ter mais credibilidade frente ao mercado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, J. L; MARTINS, J. S. Ciclo de seminários – As Oportunidades das ameaças: *Qualidade da energia eléctrica na indústria*. Portugal, 2003. Disponível em:<
http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/1499/1/Seminario_EUVEO.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Documentos*. Brasília, DF, 2016a. Disponível em: <
http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota%20Técnica_0173_SRD.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Qualidade na distribuição*. Brasília, DF, 2016b. Disponível em: <
<http://www.aneel.gov.br/qualidade-na-distribuicao>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Documentos*. Brasília, DF, 2016c. Disponível em: <
http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Revisao_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Prodist –Módulo1*. Brasília, DF, 2016d. Disponível em: <
http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo1_revisao_3.pdf>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Prodist*. Brasília, DF, 2016e. Disponível em: <
<http://www.aneel.gov.br/prodist>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Prodist –Módulo8*. Brasília, DF, 2016f. Disponível em: <
http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo8_Revisao_8/9c78cfab-a7d7-4066-b6ba-cfbda3058d19>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Arquivos*. Brasília, DF, 2016g. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/DIC%20FIC%20DMIC.pdf>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Indicadores de compensação de continuidade*. Brasília, DF, 2016h. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores-de-compensacao-de-continuidade>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Indicadores de compensação de continuidade*. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores-de-compensacao-de-continuidade>>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Relatórios*. Brasília, DF, 2016.

Disponível em: <http://relatorios.aneel.gov.br/_layouts/xlviewer.aspx?id=/RelatoriosSAS/RelSAMPRegiaoEmp.xlsx&Source=http%3A%2F%2Frelatorios%2Eaneel%2Egov%2Ebr%2FRelatoriosSAS%2FForms%2FAllItems%2Easpx&DefaultItemOpen=1>.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Indicadores*. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/indicadores>>.

BERNARDO, N. *Evolução da Gestão da Qualidade de Serviço de Energia Elétrica no Brasil*. 2013. 65 f. Monografia (Curso de Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio de Janeiro: Escola Politécnica. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006255.pdf>>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. *Relatório Anual e de Sustentabilidade 2015*. Disponível em: <<http://relatorio2015.cemig.com.br/#/8>>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Nossos Negócios: *Distribuição*. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/nossos_negocios/Paginas/distribuicao.aspx>.

CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. *Por dentro da conta de luz*. Informação de utilidade pública. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/quem_somos/Gestao/Documents/Por%20dentro%20da%20conta%20de%20luz.pdf>.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. *Dois terços da indústria têm prejuízos com falhas de fornecimento de energia elétrica*. Sondagem Especial: Indústria e energia. Indicadores CNI, Ano 17, Número 1, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/estatisticas/2016/03/1,84609/sondesp-65-industria-e-energia.html>>.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Economia e Mercado Energético: *Consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) – 2004-2015*. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse\(regi%C3%B5esesubistemas\)%E2%80%932011-2012.aspx](http://www.epe.gov.br/mercado/Paginas/Consumomensaldeenergiael%C3%A9tricaporclasse(regi%C3%B5esesubistemas)%E2%80%932011-2012.aspx)>.

INSTITUTO ACENDE BRASIL. Brasil, O observatório do setor elétrico brasileiro. *Qualidade do fornecimento de energia elétrica: Confiabilidade, conformidade e prestação*. White Paper, Ed. N° 14, São Paulo, SP, 2014. Disponível em: <[http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2014_WhitePaperAcendeBrasil_14_Qualidade de Fornecimento Energia Rev 0.pdf](http://www.acendebrasil.com.br/media/estudos/2014_WhitePaperAcendeBrasil_14_Qualidade%20de%20Fornecimento%20Energia%20Rev%200.pdf)>.

SILVA, M. P. C; LEBORGNE, R. C.; ROSSINI, E. *A influência da metodologia de regulação nos indicadores DEC e FEC*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 6 f, 2014, Foz do Iguaçu. Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2014. Disponível em: <<http://www.sbse.org.br/anais/PDF/SBSE2014-0007.pdf>>.

ANEXO B – Indicadores de continuidade coletivos DEC e FEC e os limites estabelecidos para cada distribuidora e para o Brasil, no período de 2005 a 2016.

BRASIL				
	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI
2005	16,8	21,0	12,5	18,2
2006	16,0	20,1	11,5	17,6
2007	16,1	19,3	11,8	17,0
2008	16,7	18,7	11,4	16,4
2009	18,8	17,9	11,7	15,6
2010	18,4	17,0	11,3	14,5
2011	18,6	16,2	11,2	13,6
2012	18,8	15,9	11,2	13,2
2013	18,5	15,2	10,6	12,5
2014	18,0	14,6	10,1	11,8
2015	18,6	13,9	9,9	11,0
2016	15,8	13,3	8,9	10,3

	CEMIG-D				COPEL-DIS				CELG-D				CELPA				COELBA			
	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI	DEC AP(h)	DEC LI (h)	FEC AP	FEC LI
2005	12,2	13,7	6,8	10,4	13,5	14,8	13,5	14,6	25,8	22,4	22,7	23,4	34,4	34,7	32,5	36,0	16,1	29,5	8,8	20,3
2006	13,0	13,5	6,4	10,3	14,8	14,3	13,7	14,0	21,4	22,1	20,2	23,5	41,9	33,0	35,1	33,8	14,8	27,8	7,8	19,6
2007	13,1	13,2	6,4	10,1	13,5	13,7	12,4	13,4	24,4	21,6	20,3	22,7	56,9	31,7	45,7	32,1	14,0	26,1	7,8	19,0
2008	13,7	13,2	6,5	9,8	12,2	13,2	10,7	12,8	23,4	20,7	21,1	21,7	76,9	32,1	50,2	32,5	14,0	25,3	7,0	18,7
2009	14,1	13,3	6,8	9,7	12,9	14,0	11,0	13,5	24,9	20,2	20,7	20,6	83,4	30,6	48,4	30,8	15,0	23,2	7,5	17,2
2010	13,0	13,2	6,6	9,4	11,5	14,1	9,5	12,8	20,8	19,4	16,0	19,2	101,9	29,7	53,0	29,9	26,6	21,8	11,2	15,3
2011	14,3	13,0	7,0	9,1	10,6	13,6	8,3	12,0	22,3	18,7	18,5	18,5	99,6	28,5	53,0	28,6	22,9	20,2	10,3	13,6
2012	14,7	12,6	7,1	8,9	10,3	13,2	7,8	11,1	35,7	17,9	24,2	17,6	101,5	37,9	50,8	38,7	20,0	19,3	8,9	12,3
2013	12,5	12,1	6,3	8,8	11,6	12,9	8,1	10,7	40,0	17,3	26,2	16,8	73,3	36,4	37,9	36,6	22,5	18,0	8,9	11,1
2014	10,8	12,0	5,6	8,7	14,0	12,3	8,9	10,1	40,4	16,6	27,2	15,5	48,9	34,0	30,0	33,7	22,7	17,5	7,8	10,8
2015	11,5	11,6	5,9	8,3	13,7	11,8	8,3	9,3	43,2	15,8	25,1	14,3	37,9	31,5	22,4	31,2	24,8	16,7	8,8	10,2
2016	11,7	11,3	5,6	7,9	10,8	11,1	7,2	8,8	29,6	14,9	18,9	12,8	31,7	30,6	20,8	29,0	22,9	16,0	8,8	9,5