

INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E
TECNOLOGIA
ENGENHARIA ELÉTRICA

**ESTUDO DE CASO: EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA
MELHORIA DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BRENO SIQUEIRA COSTA
MARCO ANTÔNIO GOMES DA SILVA

CARATINGA

2011

INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E
TECNOLOGIA
ENGENHARIA ELÉTRICA

BRENO SIQUEIRA COSTA
MARCO ANTÔNIO GOMES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO: EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA
MELHORIA DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel / Licenciado em Engenharia Elétrica orientada pela Prof. Fabrícia Pires.

CARATINGA

2011

BRENO SIQUEIRA COSTA
MARCO ANTÔNIO GOMES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO: CHAVE FUSÍVEL REPETIDORA PARA
MELHORIA DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA
ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto DOCTUM de Educação e Tecnologia, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel / Licenciado em Engenharia Elétrica orientada pela Prof. Fabrícia Pires.

Prof. Fabrícia Pires
Instituto Doctum de Educação e
Tecnologia Ltda

Prof. Hudson de Matos Batista
Instituto Doctum de Educação e
Tecnologia Ltda

Prof. Robson Silva
Instituto Doctum de Educação e
Tecnologia Ltda

Caratinga, 22/ 12/ 2011

*Dedicamos este trabalho a todos os nossos
amigos, familiares e professores.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pois é ele que nos dá força. Agradecemos também a nossas famílias que nos apoiaram e nos incentivaram. Aos nossos professores, e a todos que compartilharam das nossas dificuldades, mas mesmo assim acreditaram em nós.

RESUMO

Apresenta-se um estudo realizado sobre proteção de redes de distribuição de energia elétrica, como tema principal a utilização do equipamento denominado “chave fusível repetidora” e o impacto para os resultados obtidos após sua implantação no sistema elétrico da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, relacionando os dados obtidos com os índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

Com a reestruturação do setor elétrico brasileiro, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL exerce papel importante na fiscalização das companhias de energia elétrica quanto à melhoria da qualidade do fornecimento, buscando intermediar de forma justa a relação entre as concessionárias e os consumidores deste segmento.

A continuidade do fornecimento está diretamente ligada à proteção do sistema elétrico, e alguns equipamentos tornaram-se obsoletos na relação entre proteção do sistema e adequação aos índices de continuidade do fornecimento exigidos pela ANEEL. As redes de distribuição de energia elétrica apresentam características de elevação do número de consumidores e de carga instalada, requerendo do sistema equipamentos de proteção mais eficientes.

O sistema de proteção de redes de distribuição até alguns anos apresentava religadores e seccionadores com dispositivos de religamentos automáticos, porém com valores financeiros elevados para sua aplicação em grande quantidade nos circuitos, ou apresentava chaves fusíveis convencionais, que não apresentam a alternativa do religamento automático, sendo que neste caso o sistema tem seu fornecimento interrompido na ocorrência de um defeito temporário qualquer.

Este trabalho apresenta resultados sobre um equipamento instalado em redes de distribuição de energia elétrica, com enfoque na melhoria dos índices de continuidade.

ABSTRACT

Describes a study on the protection of distribution networks of electricity, presenting as its main theme, the use of equipment called "key repeater fuse" and the impact on the results after its implementation in the electrical system of Companhia Energetica de Minas Gerais - CEMIG, relating the data obtained with the rates of continuity of supply of electricity.

With the restructuring of the Brazilian electric sector, the National Electric Energy Agency - ANEEL important role in the supervision of the electricity companies as to the improvement of quality of supply, seeking to fairly mediate the relationship between utilities and consumers in this segment.

The continuity of supply is directly related to protection of the electrical system, and some equipment became obsolete in the relationship between protection system and adequacy indices of continuity of supply required by ANEEL. The distribution networks of electricity exhibit characteristics of increased numbers of consumers and load installed, requiring protective gear system more efficient.

The protection system of distribution networks until a few years had sectionalisers with reclosers and automatic reclosing devices, but with high financial value for its application in large quantities in circuits, or had conventional fuses that do not have the option of automatic restart in which case the system has its supply interrupted in the event of any temporary defect.

This paper presents results on an equipment installed in distribution networks of electricity, with a focus on improving the levels of continuity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: rede de distribuição primária.....	18
Figura 2: subestação abaixadora primária.....	19
Figura 3: rede de distribuição secundária na cidade de Pedro Gomes/MS	20
Figura 4: sistema elétrico de potência	27
Figura 5: religador trifásico.....	28
Figura 6: chave fusível convencional.....	32
Figura 7: chave fusível repetidora.....	46
Figura 8: chave repetidora com 2 elos operados.....	48
Figura 9 : chave fusível repetidora com 3 elos fusíveis operados.....	48
Figura 10: sistema de inserções da chave fusível repetidora.....	50
Figura 11: Interface de pesquisa CONINT.....	59
Figura 12: Interface de pesquisa CONINT.....	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: balanço de consumidores de energia elétrica no ano de 2009	21
Gráfico 2: compensações financeiras pelas concessionárias em 2010.....	37
Gráfico 3: número de compensações pagas em 2010	37
Gráfico 4: concessionárias no Brasil que pagaram mais multas em 2010	38
Gráfico 5: concessionárias no Sudeste que pagaram mais multas em 2010	39
Gráfico 6: Interrupções acidentais em chaves fusíveis em 2009.....	56
Gráfico 7: Interrupções acidentais em chaves fusíveis em 2009.....	57
Gráfico 8: Número de chaves fusíveis repetidoras no Leste de Minas.....	58
Gráfico 9: Interrupções acidentais no Leste de Minas entre 2007 e 2010	59
Gráfico 10: Análise dos dados do FEC - dispositivo 31419.....	64
Gráfico 11: Análise dos dados do FEC - dispositivo 30426.....	65
Gráfico 12: Análise dos dados do FEC - dispositivo 28388.....	66
Gráfico 13: Análise dos dados do FEC - dispositivo 30480.....	67
Gráfico 14: Análise dos dados do FEC - dispositivo 31038.....	69
Gráfico 15: Análise dos dados do FEC - dispositivo 43229.....	70
Gráfico 16: Análise dos dados do FEC - dispositivo 48768.....	71
Gráfico 17: Análise dos dados do FEC - dispositivo 29113.....	72
Gráfico 18: Análise dos dados do FEC - dispositivo 28389.....	73
Gráfico 19: Análise dos dados do FEC - dispositivo 31018.....	74
Gráfico 20: Análise dos dados do FEC - dispositivo 30983.....	75
Gráfico 21: Análise dos dados do FEC - dispositivo 29971.....	76
Gráfico 22: Análise dos dados do DEC - dispositivo 31419.....	78
Gráfico 23: Análise dos dados do DEC - dispositivo 30426.....	79
Gráfico 24: Análise dos dados do DEC - dispositivo 28388.....	80
Gráfico 25: Análise dos dados do DEC - dispositivo 30480.....	81
Gráfico 26: Análise dos dados do DEC - dispositivo 31038.....	82
Gráfico 27: Análise dos dados do DEC - dispositivo 43239.....	83
Gráfico 28: Análise dos dados do DEC - dispositivo 48768.....	84
Gráfico 29: Análise dos dados do DEC - dispositivo 29113.....	85
Gráfico 30: Análise dos dados do DEC - dispositivo 28389.....	86

Gráfico 31: Análise dos dados do DEC - dispositivo 31018.....	87
Gráfico 32: Análise dos dados do DEC - dispositivo 30983.....	88
Gráfico 33: Análise dos dados do DEC - dispositivo 29971.....	89
Gráfico 34: melhoria de desempenho dos dispositivos – parte 1	90
Gráfico 35: melhoria de desempenho dos dispositivos – parte 2	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índices de continuidade do conjunto elétrico Caratinga em 2010	40
Tabela 2: Índices de continuidade do conjunto elétrico Caratinga em 2011.....	41
Tabela 3: Índices de continuidade do conjunto elétrico Caratinga em 2012.....	42
Tabela 4: Índices de continuidade do conjunto elétrico Caratinga em 2013.....	43
Tabela 5: DEC e FEC do conjunto elétrico de Caratinga em 2010.....	44
Tabela 6: Dispositivos selecionados para pesquisa	61
Tabela 7: dispositivos selecionados para pesquisa	62

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

CEMIG – COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS

INPD – SUBESTAÇÃO ABAIXADORA DE 34,5 KV LOCALIZADA EM INHAPIM-MG

DEC – DURAÇÃO EQUIVALENTE DE INTERRUPÇÃO POR UNIDADE CONSUMIDORA

FEC – FREQUÊNCIA EQUIVALENTE DE INTERRUPÇÃO POR UNIDADE CONSUMIDORA

DIC – DURAÇÃO DE INTERRUPÇÃO INDIVIDUAL POR UNIDADE CONSUMIDORA

FIC – FREQUÊNCIA DE INTERRUPÇÃO INDIVIDUAL POR UNIDADE CONSUMIDORA

DMIC – DURAÇÃO MÁXIMA DE INTERRUPÇÃO CONTÍNUA POR UNIDADE CONSUMIDORA

IASC – ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DO CONSUMIDOR

PRODIST – PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO

RA – RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

SE – SUBESTAÇÃO

EFAP – ESCOLA DE FORMAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO PROFISSIONAL

CONINT – CONTROLE DE INTERRUPÇÕES

CONDIS – CONTROLE DA DISTRIBUIÇÃO

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Energia Elétrica.....	17
2.2	Redes de distribuição de energia elétrica.....	18
2.3	Agência Nacional de Energia Elétrica.....	21
2.4	Tipos e componentes das redes de distribuição de energia elétrica.....	22
2.4.1	Linha tronco de um alimentador.....	23
2.4.2	Derivações.....	24
2.4.3	Circuitos Secundários.....	24
2.5	Estrutura de proteção das redes de distribuição de energia elétrica.....	24
2.5.1	Subestações.....	25
2.5.2	Alimentadores da rede de Distribuição.....	26
2.5.3	Religadores.....	28
2.5.3.1	Tipos de religadores.....	29
2.5.4	Seccionalizadores.....	30
2.5.5	Chave fusíveis ou chave corta-circuito.....	31
2.5.6	Elos Fusíveis.....	34
2.6	Índice de continuidade do fornecimento de energia elétrica.....	34
2.7	Chave fusível repetidora.....	34
2.7.1	Características.....	44
2.7.2	Funcionamento da Chave Repetidora.....	45
2.7.3	Procedimentos Operacionais.....	47
2.7.3.1	Entrada em serviço.....	49
2.7.3.2	Substituição dos eles queimados.....	49
2.7.3.3	Retirada de serviço.....	51
2.7.3.4	Aplicação nas redes de distribuição de energia elétrica.....	51
2.7.3.5	Instalação experimental.....	52
2.7.3.6	Análise após a aplicação do projeto chave fusível repetidora nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG.....	53
3	METODOLOGIA	56

4	Análise de dados e Resultados.....	63
4.1	Análise dos dados por dispositivo quanto ao FEC.....	63
4.1.1	Dispositivo 31439.....	63
4.1.2	Dispositivo 30426.....	65
4.1.3	Dispositivo 28388.....	66
4.1.4	Dispositivo 30480.....	67
4.1.5	Dispositivo 31038.....	68
4.1.6	Dispositivo 43229.....	69
4.1.7	Dispositivo 48768.....	70
4.1.8	Dispositivo 29113.....	71
4.1.9	Dispositivo 28389.....	72
4.1.10	Dispositivo 31018.....	73
4.1.11	Dispositivo 30983.....	75
4.1.12	Dispositivo 29971.....	76
4.2	Análise dos dados por dispositivos quanto ao DEC.....	77
4.2.1	Dispositivo 31419.....	77
4.2.2	Dispositivo 30426.....	78
4.2.3	Dispositivo 28388.....	79
4.2.4	Dispositivo 30480.....	80
4.2.5	Dispositivo 31038.....	81
4.2.6	Dispositivo 43229.....	82
4.2.7	Dispositivo 48768.....	83
4.2.8	Dispositivo 29113.....	84
4.2.9	Dispositivo 28389.....	85
4.2.10	Dispositivo 31018.....	86
4.2.11	Dispositivo 30983.....	87
4.2.12	Dispositivo 29971.....	88
4.3	Análise dos dados quanto ao índice de continuidade do fornecimento de energia elétrica.....	89
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	92
	REFERENCIAS.....	93

1- INTRODUÇÃO

Em um mundo altamente competitivo e submetido á globalização dos mercados, a energia elétrica tem um papel importante e estratégico no desenvolvimento nos setores da indústria e da economia. A continuidade do fornecimento de energia elétrica torna-se uma variável fundamental para o desenvolvimento dos países, indicando investimentos em adequações á qualidade do produto.

O crescente interesse pela qualidade do fornecimento da energia elétrica deve-se á evolução tecnológica alcançada nos setores industrial, comercial e residencial, nas quais as interrupções no fornecimento vem causando transtornos e prejuízos para os diversos consumidores de energia elétrica (BRONZEADO et al., 1997).

Segundo HASSIN, “Na prática diz-se que um serviço de fornecimento de energia elétrica é de boa qualidade quando o mesmo garante a custos viáveis, o perfeito funcionamento, com segurança e confiabilidade de equipamentos e processos, sem afetar o meio ambiente e bem estar das pessoas”.

A desverticalização do setor elétrico propicia, em se tratando de qualidade de energia elétrica, maior competitividade e eficiência no setor, pois determina a divisão, em empresas distintas, dos setores de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, estabelece ás concessionárias de energia elétrica, diretrizes para o fornecimento, sob pena de aplicação de multas aos serviços prestados fora do padrão de qualidade determinado.

A prestação de serviços, dentro de padrões de qualidade aceitáveis pelas concessionárias de energia elétrica passa pelo investimento em meios para reduzir as interrupções no sistema, com ênfase na duração e freqüência das interrupções. Nenhum setor de prestação de serviços no setor elétrico, em um mercado crescentemente competitivo pode sobreviver a bloqueios constantes do fornecimento de seu insumo principal.

As concessionárias de energia devem buscar métodos de forma a reduzir as interrupções acidentais no sistema, através de investimentos em modernização das redes de distribuição e introdução de equipamentos no sistema de forma a reduzir a duração de interrupções e a quantidade de vezes que os clientes tem o fornecimento interrompido, visando sempre à aplicação das diretrizes pactuadas em relação aos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

Sendo assim, este trabalho objetiva abordar em seu tema principal uma aplicação desenvolvida em redes de distribuição de energia elétrica quanto à proteção do sistema, relacionando a evolução dos índices de continuidade do fornecimento à aplicação de um dispositivo de proteção equipado com religamentos automáticos mecânicos. Além de seu tema fundamental, aborda também outros aspectos: Redes de distribuição de energia elétrica e seus equipamentos e componentes principais; estrutura de proteção das redes de distribuição de energia elétrica; aspectos sobre os índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica e fiscalização da ANEEL; aspectos de operação e implantação da chave fusível repetidora.

Destina desenvolver como objetivo geral um estudo sobre os impactos da aplicação das chaves fusíveis repetidoras como equipamento de proteção das redes de distribuição de energia elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, apresentado os resultados obtidos. Apresenta como objetivos específicos os seguintes tópicos:

1º. Estudar a estrutura de proteção aplicada nas redes de distribuição de energia elétrica, de acordo com dados fornecidos pelos manuais de distribuição da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG;

2º Estudar os equipamentos de proteção aplicados na proteção das redes de distribuição de energia elétrica, de acordo com dados fornecidos pelos manuais de distribuição da Companhia Energética de Minas Gerais;

3º Estudar sobre os índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica, conforme dados retirados dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL;

4º Estudar sobre a chave fusível repetidora e suas aplicações, conforme dados retirados da instrução 02.111 – EM/PE – 2004, ano 2001, do Setor de Engenharia da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG;

5º Analisar os dados anteriores à aplicação da chave fusível repetidora, quanto às interrupções no sistema elétrico e aos indicadores do fornecimento de energia elétrica, conforme dados das interfaces CONINT, CONDIS e GEMINI, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG;

6º Analisar os dados posteriores à aplicação da chave fusível repetidora, quanto às interrupções no sistema elétrico e aos indicadores do fornecimento de energia elétrica, conforme dados das interfaces CONINT, CONDIS e GEMINI, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG;

7º Apresentar resultados conclusivos quanto à utilização da chave repetidora nas redes de distribuição de energia elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais.

As concessionárias de energia elétrica tem buscado formas de reduzir o número e a frequência de interrupções nas redes de distribuição de energia elétrica, tendo em vista a fiscalização da ANEEL quanto ao cumprimento das metas acordadas dos índices de continuidade do fornecimento, que impõe o pagamento de multas com valores elevados, caso estas metas não sejam alcançadas, e quanto às despesas operacionais, que englobam o atendimento à emergências e interrupções no fornecimento da energia elétrica pelas concessionárias do setor, porém apenas uma parte dos gastos despendidos nestes atendimentos é repassada à tarifa de energia elétrica, sendo o restante arcado pela própria concessionária. (PRODIST ANEEL, 2010)

No capítulo 2, são apresentados conceitos e propriedades quanto às redes de distribuição de energia elétrica e equipamentos de proteção do sistema, sobre os índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica e as considerações sobre suas aplicações em relação às concessionárias de energia elétrica e ainda sobre as características e aplicações da chave fusível repetidora nas redes de distribuição de energia elétrica.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho, desde a pesquisa de campo até a confecção final dos dados e resultados.

No capítulo 4 apresentam-se os dados e resultados obtidos após a aplicação da chave fusível repetidora, comparando-os com dados anteriores.

No capítulo 5 conclui-se o trabalho desenvolvido e apresentam sugestões para trabalhos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. ENERGIA ELÉTRICA

Energia é a capacidade de produzir trabalho. Uma das mais importantes características da energia é a capacidade de sua transformação em outra forma de energia. Por exemplo, a energia térmica pode ser convertida em energia mecânica, através dos motores de combustão interna, e a energia química pode ser convertida em energia elétrica, através das pilhas. Entretanto, na maioria das formas que a energia se apresenta, ela não pode ser transportada, sendo que sua utilização deve ocorrer no mesmo local onde é produzida. (CEMIG, 2003)

Ainda de acordo com a CEMIG (2003), a energia elétrica é uma forma de energia que pode ser transportada com facilidade. Para chegar até os consumidores finais, nas cidades, na área rural, nas indústrias, ela percorre um longo caminho através do sistema elétrico, que se divide em:

- Geração, onde a energia elétrica é transformada a partir da energia mecânica de rotação do eixo de uma turbina que movimenta um gerador;
- Transmissão, que são extensas redes que transportam a energia das usinas geradoras até os locais de consumo, tendo em vista que na maioria das situações as usinas são construídas em locais distantes dos pontos de consumo final da energia elétrica. Para realizar este transporte, são utilizadas as linhas de transmissão, que aliadas às subestações elevadoras, fazem com que a energia chegue até a distribuição em níveis elevados, sem perdas de tensão;
- Distribuição, que recebe a energia das linhas de transmissão nas subestações abaixadoras, reduzindo os níveis de tensão muito elevados para os níveis utilizados na distribuição. Os níveis de tensão de saída das subestações abaixadoras ainda devem ser transformados para utilização dos clientes finais através dos transformadores, que reduzem ainda mais a tensão a níveis adequados ao consumo.

2.2. REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As redes de distribuição de energia elétrica apresentam-se como uma parte do sistema elétrico, composto por redes primárias e secundárias de distribuição de energia, sendo que sua construção, manutenção e operação são responsabilidade das companhias de energia elétrica. (CEMIG, 2003)

A FIG. 1 apresenta a rede de distribuição primária, que tem como características um conjunto de estruturas montadas de acordo com a topografia de cada região, transportando a energia elétrica das subestações até os consumidores situados nos centros urbanos ou em áreas rurais, apresentando ao longo deste percurso, um conjunto de equipamentos imprescindíveis ao sistema para coordenação, proteção, regulação e transformação da energia, de acordo com os níveis de tensão adequados ao atendimento dos consumidores finais.



Figura1: Rede de distribuição primária

Fonte: UOL

As redes de distribuição primárias derivam das subestações de distribuição, normalmente construídas nas classes de tensão 15 KV, 23 KV, ou 34,5 KV. Nestas classes de tensão, as tensões nominais de operação poderão ser de:

- 11 KV;
- 12,6 KV;
- 13,2 KV;
- 13,8 KV;

- 21 KV;
- 23 KV;
- 33 KV;
- 34,5 KV. (CEMIG, 2003)

A FIG. 2 que se segue demonstrará uma subestação abaixadora primaria, que recebe a energia elétrica das linhas de transmissão, em níveis muitos elevados. Através de seus transformadores, a subestação abaixa os níveis de tensão recebidos da transmissão, adequando-os á utilização nas redes de distribuição.



Figura 2: Subestação primária abaixadora

Fonte:FEUP

Os níveis de tensão 13.8 KV e 34.5 KV são padronizados pela legislação vigente, sendo que os demais níveis continuam operando normalmente nas redes de distribuição de diversas concessionárias. Nas redes de distribuição primárias, estão instalados os transformadores de distribuição, que tem a função de abaixar a tensão recebida das redes primárias aos níveis de tensão das redes de distribuição secundárias, que são circuitos elétricos trifásicos a quatro fios, três fases e um condutor neutro, normalmente operando nas tensões fase/fase e fase/neutro nos níveis de:

- 230/115 volts;
- 220/127 volts;
- 380/220 volts. (CEMIG, 2003)

As redes de distribuição primárias são responsáveis por alimentar os transformadores instalados nas redes de distribuição secundárias, além de fornecerem energia diretamente nos níveis de tensão primários a clientes industriais que a partir deste atendimento, são responsáveis pela rede de distribuição secundária de suas dependências, como por exemplo a Usiminas e a Cenibra, ambas instaladas no parque industrial da cidade de Ipatinga.

As redes de distribuição secundárias são responsáveis pelo atendimento de 99% dos consumidores de energia elétrica do país, atendendo principalmente consumidores residenciais, comerciais, industriais e rurais (ANEEL, 2011). A figura 3 apresenta uma rede de distribuição secundária de energia elétrica de baixa tensão, utilizada no município de Pedro Gomes, no estado do Mato Grosso, com níveis de fornecimento de tensão a 127 / 220 volts:



Figura 3: Rede de distribuição secundária situada na cidade de Pedro Gomes/ MS

FONTE: UOL

Nota-se que a grande concentração de consumidores nesse tipo de distribuição de energia elétrica, representado a maioria do mercado consumidor desse serviço em nosso país.

O GRAF.1 apresenta dados quanto aos consumidores de energia elétrica apurados no mês janeiro 2010, referente ao ano base de 2009:

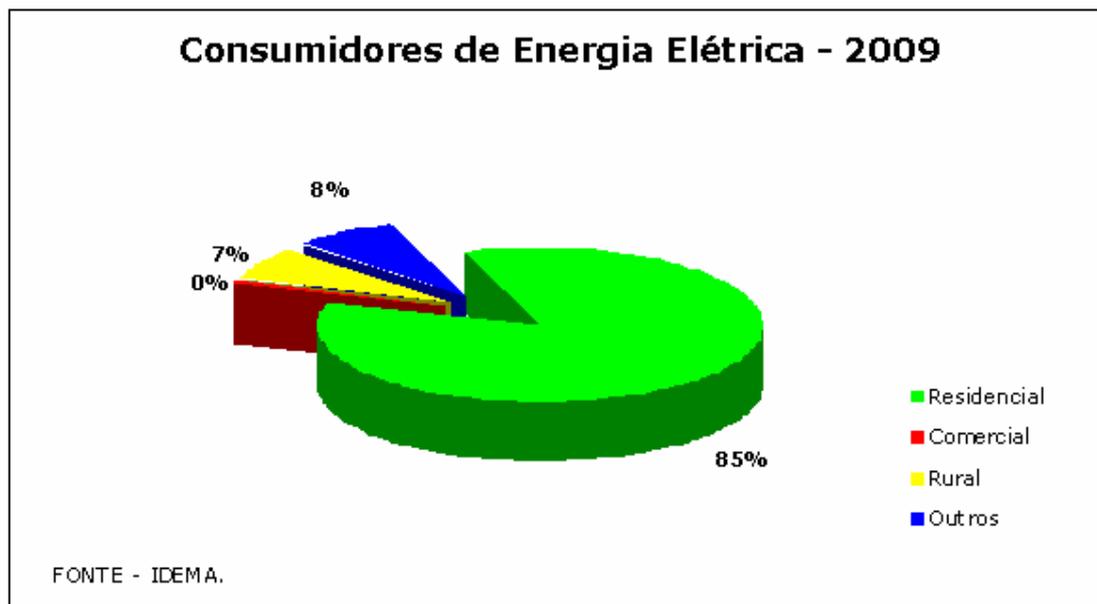


Grafico 1: Balanço de consumidores de energia elétrica ao final do ano de 2009.

Fonte:IDEMA

O gráfico 1 mostra que 85% dos consumidores de energia atendidos pelas concessionárias de energia elétrica no Brasil em 2009 eram da classe residencial, predominantemente atendida pelas redes de distribuição em baixa tensão, ou seja, com níveis até 1 KV de tensão de atendimento.

As concessionárias de energia elétrica são controladas pela ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, que regulamenta as normas do setor elétrico.

2.3. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

Segundo a CEMIG (2003), a ANEEL é uma autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia – MME, criada pela lei 9427 de 26/12/1996. Suas principais atribuições são:

- Regular e fiscalizar a geração, transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, defendendo o interesse do consumidor;
- Mediar os conflitos de interesse entre os agentes do setor elétrico e os consumidores;
- Conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia;

- Garantir tarifas justas;
- Zelar pela qualidade dos serviços no setor de energia elétrica;
- Exigir investimentos das concessionárias no setor elétrico;
- Estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

A missão da ANEEL é proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (CEMIG, 2003).

2.4. TIPOS E COMPONENTES DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

As redes de distribuição derivam das subestações abaixadoras através de alimentadores de média tensão, sendo que uma subestação pode abastecer vários alimentadores, definidos de acordo com sua capacidade e a quantidade de transformadores de alta tensão, que irão abaixar a tensão aos níveis adequados às redes de distribuição.

Por exemplo, na área de concessão da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, a subestação abaixadora INPD, situada em na malha Leste do Estado de Minas Gerais, próximo ao município de Inhapim, tem apenas um transformador que realiza o trabalho de receber a tensão da linha de transmissão e abaixa-la a níveis adequados às redes de distribuição. A partir deste transformador, derivam quatro alimentadores :

- Alimentador 212f4, que conduz a energia elétrica às cidades de Entre Folhas e Vargem Alegre, atendendo também os consumidores rurais e povoados situados próximos destas cidades, sendo portanto um alimentador de característica mista, pois atende tanto consumidores urbanos quanto consumidores rurais. (CONDIS CEMIG, 2011).

- Alimentador 213f4, que conduz a energia elétrica às cidades de Imbé de Minas, São Domingos das Dores e São Sebastião do Anta, atendendo também os consumidores rurais e povoados situados próximos destas cidades, sendo

portanto um alimentador de característica mista, pois atende tanto consumidores urbanos quanto consumidores rurais. (CONDIS CEMIG, 2011)

- Alimentador 215f4, que conduz a energia elétrica á cidade de Inhapim, atendendo também os consumidores rurais e povoados situados próximos desta cidade, sendo portanto um alimentador de característica mista, pois atende tanto consumidores urbanos quanto consumidores rurais. (CONDIS CEMIG, 2011)

- Alimentador 216f4, que conduz a energia elétrica ás cidades de Dom Cavati, Iapú e São João do Oriente, atendendo também os consumidores rurais e povoados situados próximos destas cidades, sendo portanto um alimentador de característica mista, pois atende tanto consumidores urbanos quanto consumidores rurais. (CONDIS CEMIG, 2011)

Os alimentadores de média tensão, derivados a partir de uma subestação abaixadora para atender os clientes finais nos centros urbanos e áreas rurais, apresentam subdivisões de acordo com suas características de atendimento, sendo;

- Linhas Tronco;
- Derivações;
- Circuito Secundário

2.4.1 Linha tronco de um alimentador

A linha tronco de um alimentador compreende todo o conjunto de estruturas entre a subestação e os equipamentos de derivação para outras redes, podendo haver uma proteção deste tronco, geralmente um religador eletrônico, instalado na saída da subestação abaixadora, ou mais de uma proteção, instaladas em série e coordenadas entre si para que, caso ocorra um defeito, apenas um trecho menor da linha tronco seja interrompido. (CEMIG,1998)

2.4.2 Derivações.

As derivações são ramificações a partir de um determinado alimentador, para atendimento de um determinado número de clientes ou cliente isolado, sendo sua configuração e proteção determinadas pela concessionária de acordo com suas características de extensão, número de consumidores e carga instalada. As derivações são protegidas por religadores, seccionalizadores ou chaves fusíveis, de acordo com suas características. (CEMIG,1998)

2.4.3 Circuitos secundários.

Os circuitos secundários são um conjunto de estruturas de baixa tensão, que fornecem energia elétrica a vários consumidores, sendo que são derivados de um transformador de baixa tensão, geralmente fornecendo energia aos níveis fase-neutro de 127 volts, e fase-fase de 220 volts, sendo este transformador protegido por chaves fusíveis corta-circuito. (CEMIG, 1998)

2.5 ESTRUTURA DE PROTEÇÃO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO.

As redes de distribuição de energia elétrica podem ser predominantemente caracterizadas por serem urbanas ou rurais, com parte de sua rede subdividida em linha tronco, derivações e circuitos secundários. E em ambos os circuitos, estas subdivisões são protegidas por equipamentos que visam interromper apenas um trecho menor e pré-determinado, caso ocorra algum defeito temporário ou permanente, de forma que não ocorra o bloqueio total do alimentador.

Durante um curto-circuito, surge uma corrente de elevada intensidade que pode trazer efeitos mecânicos e térmicos aos equipamentos ligados ao circuito sob

falha. Os efeitos mecânicos, cujas forças são proporcionais ao quadrado da corrente instantânea, podem deformar condutores e romper materiais isolantes. Já os efeitos térmicos, estão ligados ao tempo de permanência da falha ao valor eficaz da corrente, e podem produzir um aquecimento excessivo dos materiais condutores e isolantes, com sua conseqüente deterioração. Estas correntes percorrem as redes de distribuição de energia, denominados alimentadores, e também os circuitos internos das subestações, necessitando assim de uma proteção. (CEMIG, 1999)

Com efeitos impactantes na ocorrência de um curto circuito, torna-se fundamental a proteção das redes de distribuição, de forma eficiente e coordenada, evitando o rompimento de condutores ou bloqueio de total de um alimentador ou derivação, de acordo com a configuração de cada rede, reduzindo danos materiais, prejuízos financeiros, risco á população e tempo de interrupção.

Para minimizar os efeitos produzidos pelas correntes de falhas, é comum a utilização nas redes de distribuição de energia elétrica os seguintes equipamentos:

- Chaves fusíveis ou chaves corta-circuito;
- Religadores automáticos;
- Seccionalizadores automáticos; (CEMIG, 1999)

2.5.1 Subestações.

Uma Subestação é uma instalação elétrica de alta potência, contendo equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia elétrica. Funciona como ponto de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão. O equipamento de vital utilização em uma subestação é o transformador. (FONSECA, 2009).

Durante o percurso entre as usinas e as cidades, a eletricidade passa por diversas subestações, onde aparelhos chamados transformadores aumentam ou diminuem a sua tensão.

Ao elevar a tensão elétrica no início da transmissão, os transformadores evitam a perda excessiva de energia ao longo do caminho. Já ao rebaixarem a

tensão elétrica perto dos centros urbanos, permitem a distribuição da energia por toda a cidade.

Das subestações que abaixam a tensão adequadamente para fornecimento aos transformadores de baixa tensão, derivam os alimentadores de distribuição, que são redes com grandes extensões, equipadas com cabos, postes, isoladores, cruzetas e outros equipamentos, que transportam a energia até os transformadores de baixa tensão, próprios para fornecimento de energia à maioria dos consumidores finais.

2.5.2. Alimentadores da rede de distribuição

Nas subestações abaixadoras, o transformador abaixa a tensão a níveis adequados à utilização nas redes de distribuição, originando de acordo com sua capacidade e configuração, a derivação de algumas redes chamadas de alimentadores de distribuição, assim chamados por alimentar as redes de distribuição e seus equipamentos, que levam energia aos consumidores finais de energia elétrica. (CEMIG, 2003)

A FIG. 4 apresenta a exemplificação de um sistema elétrico de potência no qual poderá ser verificado todas as etapas desde a geração da energia elétrica até a chegada para os consumidores finais.

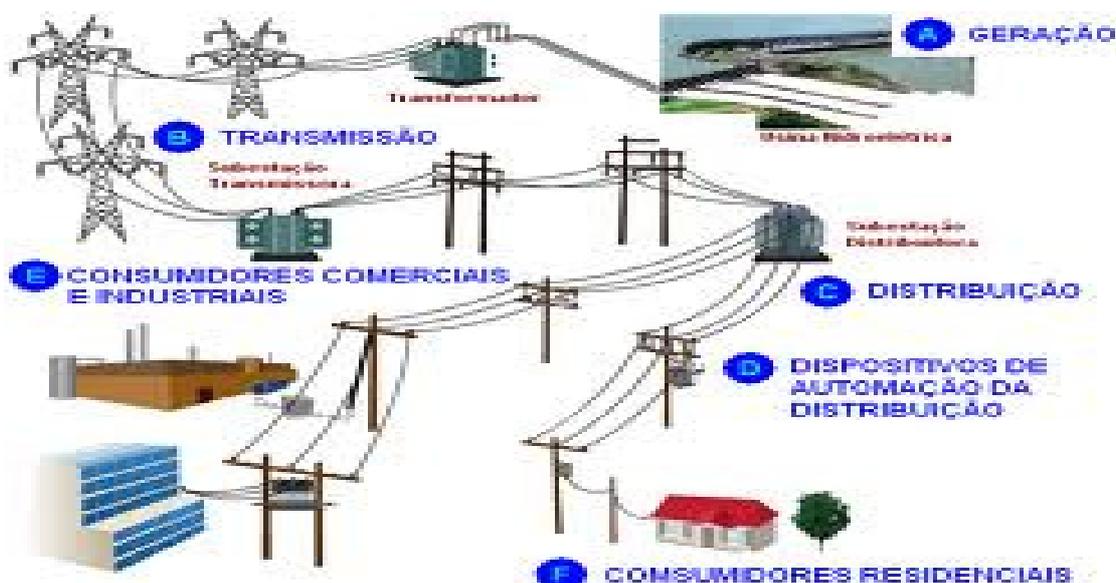


Figura 4: Sistema elétrico de potência

Fonte: www.redeinteligente.com

Dessa forma, cada transformador de uma subestação abaixadora fornece ao sistema elétrico os alimentadores de média tensão, protegidos já no barramento da subestação por um equipamento chamado religador, geralmente eletrônico e altamente sensível à variação de corrente, bloqueando o circuito caso identifique a elevação brusca da corrente em uma ou mais fases do alimentador.

Alguns alimentadores são predominantemente urbanos, próximos da subestação. Outros são predominantemente rurais, geralmente extensos, e temos ainda os alimentadores mistos, com trechos urbanos e rurais, atendendo ambos os tipos de consumidores. Porém ambos apresentam como características várias derivações, seja para um cliente isolado atendido por um transformador, seja para vários clientes atendidos por um mesmo transformador ou para um grupo de vários consumidores atendidos por vários transformadores, de acordo com a configuração de cada rede. Estas derivações podem ser protegidas por religadores ou seccionadores, coordenados com os equipamentos de proteção da retaguarda, ou por chaves fusíveis do tipo corta circuito, equipadas com fusíveis que bloqueiam o fornecimento de energia no caso de curto circuito na rede que esteja protegendo. (CEMIG, 1998).

2.5.3. Religadores

Religador é um dispositivo interruptor automático, que abre e fecha seus contatos repetidas vezes na eventualidade de uma falha por ele protegido. (FIG. 5)



Figura 5: Religador trifásico a óleo.

Fonte: NDS Engenharia

Os religadores são equipamentos utilizados basicamente na saída de alimentadores das subestações, em troncos de alimentadores, coordenados com outro religador da retaguarda, em derivações com grande número de consumidores em área rural e na derivação para bairros em grandes centros ou para povoados.

O religador é um equipamento de proteção a sobre correntes utilizado em circuitos aéreos de distribuição, que opera quando detecta correntes de curto circuito, desligando e religando automaticamente os circuitos um número pré-determinado de vezes. Quando um religador sente uma condição de sobrecorrente, a circulação dessa corrente é interrompida, pela abertura de seus contatos internos. Os contatos são mantidos abertos durante um determinado tempo, chamado de tempo de religamento, após o qual se fecham automaticamente para reenergização da linha. Se no momento do fechamento dos contatos, a corrente persistir, a seqüência abertura / fechamento é repetida três vezes consecutivas, e após a quarta abertura, os contatos ficam abertos e travados. O novo fechamento só poderá ocorrer manualmente ou através de comando á distância por operador do sistema. (CEMIG, 1999)

2.5.3.1 Tipos de religadores.

Os religadores podem ser classificados pelo número de fases como:

- Monofásicos, utilizados para proteção de linhas monofásicas ou em ramais de alimentadores trifásicos, sendo instalado um para cada fase, onde as cargas são predominantemente monofásicas, pois na eventualidade de ocorrer uma falha permanente para a terra, será bloqueada somente a fase com falha, enquanto é mantido o serviço aos consumidores ligados às outras fases sem defeito. Há de se analisar, antes da instalação deste equipamento nessas condições, se o desequilíbrio causado no alimentador será suficiente para abrir um dispositivo de retaguarda.
- Trifásicos, que bloqueiam as três fases simultaneamente, para qualquer tipo de falha em uma das três fases, a fim de evitar que cargas trifásicas sejam alimentadas apenas com duas fases. Podem ser trifásicos com operações monofásicas, onde o religamento de cada fase ocorre independentemente, abrindo as três fases caso o defeito em uma das fases persista, ou com operação geral nas três fases, independente em qual fase ocorra o defeito.

Quanto ao tipo de controle podem ser:

- Controle_Hidráulico, onde as correntes são detectadas pelas bobinas de disparo que estão ligadas em série com a linha. Quando flui uma corrente igual ou superior à corrente mínima de disparo do religador através da bobina, o núcleo da bobina é atraído para seu interior, provocando a abertura dos contatos principais do religador.
- Controle Eletrônico, onde o religamento apresenta maior flexibilidade e facilidade para ajustes. Este modelo também é mais preciso, comparado ao hidráulico. O controle eletrônico é abrigado em uma caixa separada do religador, e permite modificações de ajuste, como características de tempo x corrente, níveis de corrente de disparo e seqüência de operação, não sendo preciso desligar o religador nem retirar seu mecanismo de controle do local.

Quanto ao meio de interrupção podem se classificar como:

- Religadores com interrupção a óleo;
- Religadores com interrupção a vácuo, sendo que este modelo apresenta um período de trabalho cerca de quatro vezes maior que os com interrupção a óleo. Contudo, os religadores a vácuo apresentam um custo bem superior aos religadores a óleo, devido às garrafas de vácuo de seu interior apresentar um alto custo. (CEMIG, 1999, p.41)

Os religadores são equipamentos de extrema importância para o sistema elétrico nas redes de distribuição, devido à sua capacidade de interromper e restabelecer em poucos segundos a energia elétrica em casos de defeitos temporários, evitando que o fornecimento seja interrompido definitivamente, como nos casos onde a proteção dos circuitos das redes de distribuição é realizada por chaves fusíveis corta-circuito monopolares, onde a queima do elo fusível ocasiona a interrupção do fornecimento de energia elétrica.

Porém, os religadores são equipamentos com custo elevado, chegando a R\$ 49.725,00 nos casos de religadores trifásicos eletrônicos e R\$ 15.902,81 nos casos de religadores monofásicos, enquanto as chaves fusíveis monopolares são adquiridas ao preço de R\$ 126,00 a unidade, e a chave fusível repetidora a R\$ 520,00 a unidade. (CEMIG, 2008)

Outro ponto a observar é a suscetibilidade dos religadores a defeitos causados por descargas atmosféricas, variações de tensão, sobrecorrente, tendo em vista que muitos equipamentos são controlados por dispositivos eletrônicos, e a manutenção do equipamento é realizada em laboratório situada em local distantes dos pontos de instalação, tendo em vista que muitos equipamentos são instalados em pontos de difícil acesso, e combinados com seu peso de até 200 Kg, torna-se inviável a retirada e instalação do equipamento sem desenergização da rede de distribuição.

2.5.4 Seccionalizadores

Equipamento utilizado para interrupção automática de circuitos, que abre seus contatos quando o circuito é desenergizado por um equipamento de proteção situado á sua retaguarda e equipado com dispositivo para religamento automático.

Os seccionalizadores são instalados basicamente em derivações de clientes importantes ou com grande número de consumidores, sempre em coordenada com um religador da retaguarda. (CEMIG, 1999)

É constituído de um elemento sensor de sobrecorrentes e de um mecanismo para contagem de desligamentos do equipamento de retaguarda, além de contatos e de dispositivos para travamento na posição “aberto”. Quando ocorre uma sobrecorrente no circuito, passando através do seccionalizador, cujo valor seja maior ou igual á corrente de acionamento, o equipamento é armado e preparado para a contagem. A contagem se inicia quando corrente que circula por ele é interrompida pelo equipamento de retaguarda ou cai abaixo de determinado valor. Após certo número dessas ocorrências, que corresponde ao ajuste do equipamento, ele abre os

contatos e permanece travado na posição “aberto”, isolando o trecho com falha. (CEMIG, 1999)

De acordo com a CEMIG (1999), os seccionalizadores são classificados quanto ao número de fases:

- Monofásicos, utilizados exclusivamente para seccionamento automático de sistemas monofásicos primários de distribuição;
- Trifásicos, utilizados exclusivamente para seccionamento automático de sistemas trifásicos primários de distribuição;

Os seccionalizadores são quanto ao tipo de controle:

- Hidráulico, composto de bobina-série e de um êmbolo, um pistão de disparo, uma mola e duas válvulas de retenção. Opera quando sua bobina-série é percorrida por um fluxo de corrente que excede 160% de sua corrente nominal. A operação de contagem de um seccionizador típico se faz quando o religador de retaguarda interrompe uma sobrecorrente. O equipamento pode ser ajustado para mais de uma contagem e caso o número programado seja completado dentro do período de memória, o dispositivo abrirá seus contatos e só poderá ser fechado manualmente; (CEMIG, 1999)

- Eletrônico, sendo que este modelo prepara-se para contar quando ocorre uma sobrecorrente e completa a contagem quando o circuito for desenergizado. A diferença está no fato de que os seccionalizadores com controle eletrônico tem suas operações supervisionadas por circuitos de estado sólido. Ocorrendo uma falta permanente, o seccionizador irá disparar após o número prefixado de contagens. Caso a falta seja interrompida, o circuito armazena a contagem em uma memória eletrônica até o tempo pré-estabelecido, para depois, gradativamente esquecê-la. (CEMIG, 1999)

2.5.5 Chaves fusíveis ou chaves corta-circuito

A chave fusível convencional é um dispositivo de proteção em redes de distribuição de média tensão, destinada á proteção de derivações com quantidade reduzida de consumidores, clientes isolados em área rural, e para proteção de

circuito secundário de um transformador que atenda um ou mais clientes, sempre de acordo com sua capacidade de corrente de curto circuito, tendo em vista o elo fusível adaptado em sua porta fusível. (CEMIG, 1999)

É um dispositivo constituído de um porta-fusível e demais partes destinadas a receber o elo fusível. Fabricada em porcelana, apresenta em sua composição encaixes nas partes inferior e superior para o porta-fusível, oferecendo durante seu funcionamento normal, caminho para a corrente apenas através do elo fusível, que fica alojado dentro do referido porta-fusível. (CEMIG, 1999)

Objetivando ilustrar como é uma chave fusível convencional tem-se a FIG. 6, já equipada com o porta fusível e elo fusível.



Figura 6: Chave fusível convencional

Fonte: CEMIG

O elo fusível é uma peça facilmente substituível, composta de um elemento sensível à circulação de correntes elevadas, e de outra parte composta de metais e uma cordoalha de aço, de forma que seu tamanho liga as extremidades do porta fusível. (CEMIG, 1999)

A corrente nominal do fusível, é o valor de corrente que o fusível pode suportar continuamente sem deteriorar-se ou exceder os limites de temperatura especificados, satisfazendo as características de tempo / corrente desta especificação. (MIRANDA, 2010)

A chave fusível monopolar apresenta vantagens em relação aos demais equipamentos de derivação em redes de distribuição no ponto de vista da aquisição do equipamento, já que seu custo gira em torno de R\$ 126, 00, ou seja, cerca de

125 vezes menor que o preço de um seccionizador e 100 vezes o preço de um religador. Outro ponto a citar, é que sua substituição, por se tratar de um equipamento mais leve, cerca de 20 Kg, e também mais barato, torna-se bem mais viável, sendo substituída sem o auxílio de caminhão munck. (CEMIG, 2008)

Porém, do ponto de vista operacional, a chave fusível monopolar apresenta desvantagens flagrantes no sistema elétrico, se comparada aos demais equipamentos citados, pois não apresenta dispositivos para religamentos no caso de interrupção na rede. Portanto os defeitos temporários cercados pelos religamentos automáticos, nos casos de utilização do religador e do seccionizador, não são disponibilizados quando da utilização da chave fusível monopolar.

Além disso, a redução de custos realizada com a utilização da chave fusível em detrimento aos religadores e seccionizadores, é posta á prova quando se analisa os custos operacionais das concessionárias para restabelecimento dos clientes equipados com chaves fusíveis monopolares, tendo em vista que há no sistema uma quantidade de chaves fusíveis monopolares infinitamente maior que os equipamentos que possuem religamentos automáticos. Logo, os custos para restabelecimento destes clientes será bem maior. (GEMINI CEMIG, 2011)

Outro ponto seria a apuração dos índices de continuidade em relação aos clientes protegidos com chaves fusíveis monopolares. Índices como DEC, FEC, DIC e FIC em redes de distribuição protegidas por chaves fusíveis monopolares, apresentam-se bem maiores que os índices apurados em redes protegidas por religadores e/ou seccionizadores (CONINT CEMIG), devido á incapacidade deste equipamento de realizar religamentos automáticos quando da ocorrência de defeitos temporários. Logo todo curto circuito, inclusive os que seriam eliminados do sistema através de bloqueios temporários, causaria a interrupção do fornecimento de energia total, necessitando da visita de técnicos da concessionária para proceder ao restabelecimento do circuito, gerando ainda pagamento de multas aos consumidores que tivessem os índices de continuidade pré-estabelecidos pela ANEEL ultrapassados. (CEMIG, 2001)

Outro índice importante apurado pela agência reguladora do setor é o IASC – Índice de satisfação do consumidor, apurado anualmente pela ABRADDEE através de pesquisas. O IASC, apura a satisfação dos consumidores de energia elétrica de um determinado conjunto elétrico, quanto á satisfação com a qualidade de prestação dos serviços da concessionária, em um determinado período de apuração. Um

consumidor cujo fornecimento de energia apresente várias interrupções ao longo do ano e participasse da pesquisa sobre este índice de apuração, com certeza estaria expressando toda sua insatisfação na referida pesquisa. (CEMIG, 2001)

2.5.6 Elos fusíveis.

Os elos fusíveis são dispositivos instalados em porta-fusíveis de chaves corta-circuito de redes de distribuição em média tensão, destinados a bloquear o fornecimento de energia quando a corrente que circula por sua extensão superar o limite de sua especificação. Estes dispositivos devem possibilitar a intercambialidade elétrica e mecânica, sem alterar as características de proteção contra sobrecorrentes e também permitir uma montagem correta em chaves fusíveis de fabricantes diferentes. (CEMIG, 1998)

Os elos fusíveis são peças fundamentais na composição das proteções das redes de distribuição do sistema elétrico protegidas por chaves fusíveis, por se tratar do elemento que de fato executa ou não a abertura do circuito, de acordo com o nível de corrente ao qual esteja dimensionado e ao nível de corrente do circuito ao qual esteja protegendo. (CEMIG, 1998)

A norma ETD-00.016, “Especificação de distribuição”, de 29/06/06, determina as condições gerais para os elos fusíveis utilizados em redes de distribuição de média tensão.

2.6 ÍNDICES DE CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

O desempenho das distribuidoras quanto à continuidade do serviço prestado de energia elétrica é avaliado pela ANEEL com base em indicadores coletivos e

individuais. O assunto está regulamentado no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. (PRODIST ANEEL, 2010).

O PRODIST um conjunto de regras com vistas a subsidiar os agentes e consumidores do sistema de distribuição do sistema elétrico nacional na identificação e classificação de suas necessidades para o acesso ao sistema de distribuição, disciplinando formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas a conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica, sistematizando a troca de informações entre as partes, além de estabelecer critérios e indicadores de qualidade. (PRODIST ANEEL, 2010).

O PRODIST determina os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica coletivos DEC, FEC, DIC, FIC e DMIC acompanhados pela ANEEL através de subdivisões das distribuidoras, denominadas Conjuntos Elétricos. Ressalta-se que o conjunto elétrico pode ter abrangência variada. Conjuntos grandes podem abranger mais de um município, ao mesmo tempo que alguns municípios podem possuir mais de um conjunto. (PRODIST ANEEL, 2010)

A continuidade do fornecimento é avaliada através destes indicadores que mensuram a frequência e a duração das interrupções ocorridas nos consumidores. Ressalta-se que, similarmente a outros indicadores no mundo, são apurados para as interrupções maiores que 3 minutos, sendo admitidos alguns expurgos na sua apuração. Os indicadores de continuidade são os seguintes:

- Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora (DEC): Intervalo de tempo que, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica;
- Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora (FEC): Número de interrupções ocorridas, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado;
- Duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC): Intervalo de tempo que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica;
- Frequência de interrupção individual por unidade consumidora (FIC): Número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão;

- Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão (DMIC): Tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão. (ANEEL, 2011)

A ANEEL estabelece limites para os indicadores de continuidade individuais, DIC, FIC e DMIC. Quando há transgressão desses limites, a distribuidora deve compensar financeiramente a unidade consumidora. A compensação é automática, e deve ser paga em até dois meses após o mês de apuração do indicador, ou seja, mês em que houve a interrupção. (PRODIST ANEEL, 2010)

Os indicadores de continuidade coletivos do fornecimento de energia elétrica, DEC e FEC também são acompanhados pela ANEEL, visando verificar como as concessionárias de energia estão trabalhando a duração e a frequência de interrupções de energia em seus conjuntos elétricos. Já os indicadores DIC e FIC indicam por quanto tempo e o número de vezes, respectivamente, que uma unidade consumidora ficou sem energia elétrica durante um período considerado. O DMIC é um indicador que limita o tempo máximo de cada interrupção, impedindo que a concessionária deixe o consumidor sem energia elétrica durante um período muito longo. (PRODIST ANEEL, 2010)

A ANEEL determina, através do PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, de 02-01-2010, em seu módulo 8, regras quanto à qualidade do serviço de energia elétrica para as concessionárias do setor. As informações referentes aos indicadores de continuidade podem ser verificadas nas faturas de energia elétrica, sendo obrigação da concessionária apresentar aos consumidores os índices de continuidade praticados na sua região

Importante destacar que o objetivo da compensação financeira regulamentada pelo PRODIST é estimular a distribuidora a melhorar seus serviços e pequenas compensações são parte de um somatório que garante o estímulo financeiro, não devendo confundir compensação financeira ao consumidor com um ressarcimento pelo custo de Falta de Energia. (ANEEL, 2011)

Em 2009, a ANEEL alterou o regulamento, definindo a partir de 2010, limites mais rigorosos para os indicadores. O GRAF. 2 mostra os valores pagos pelas distribuidoras em 2010, referente ao descumprimento das metas estabelecidas pela ANEEL, quanto aos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

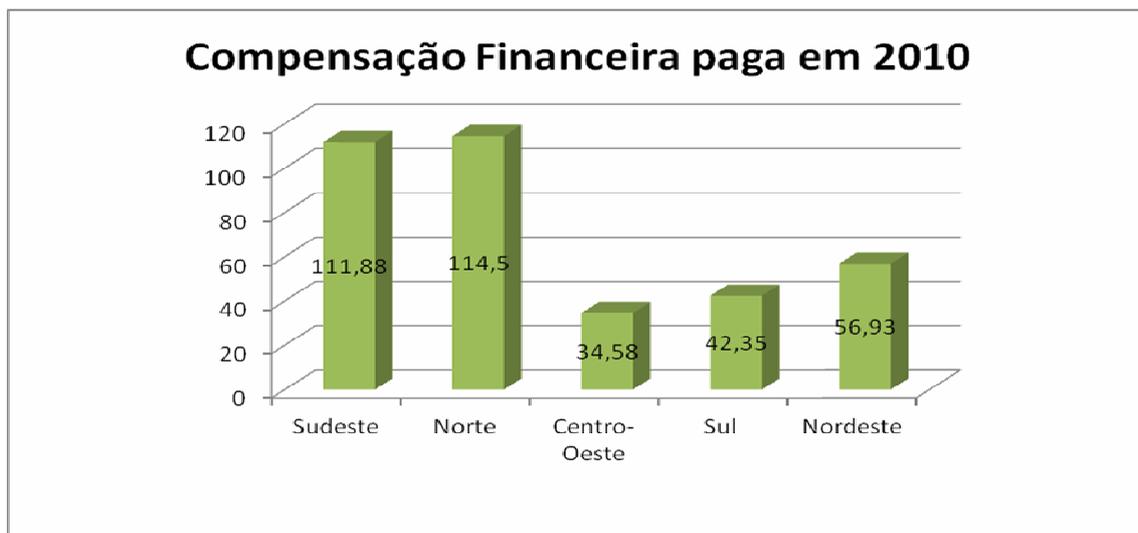


Gráfico 2: Compensações financeiras pagas pelas concessionárias em 2010. Valores expressos em milhões de reais

Fonte: ANEEL

Observa-se pelo gráfico 2 que as concessionárias de energia elétrica da região Norte e da região Sudeste do país são as que devolvem maiores valores em multas aos consumidores, devido ao descumprimento das metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

O GRAF. 3 abaixo mostra o número de compensações financeiras pagas pelas concessionárias de energia elétrica aos consumidores, referente ao descumprimento das metas estabelecidas pela ANEEL, quanto aos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica:

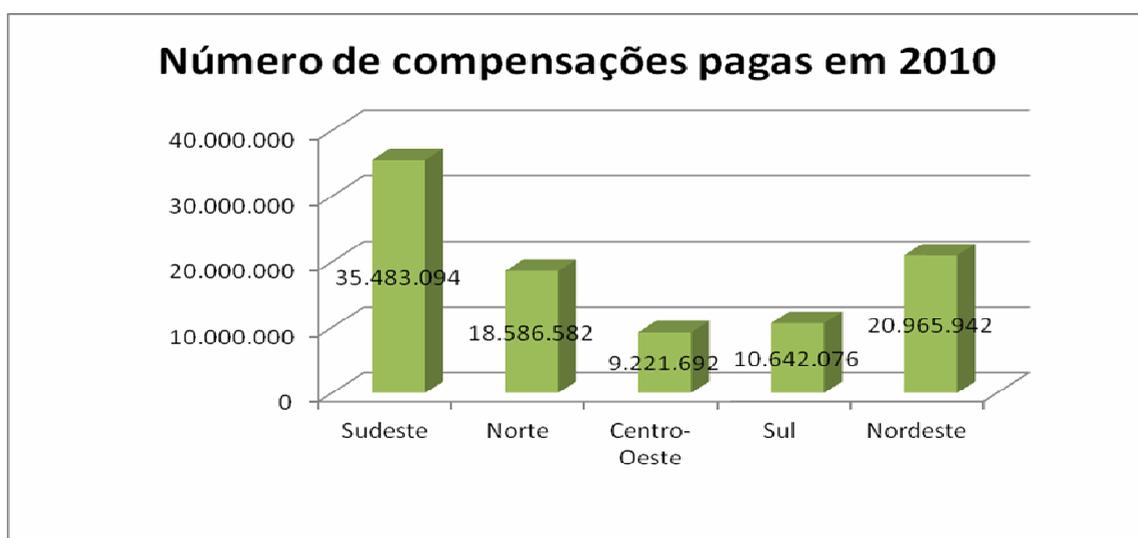


Gráfico 3: Número de compensações pagas pelas concessionárias

Fonte: ANEEL

O Gráfico 3 mostra que as concessionárias de energia elétrica da região Sudeste devolvem aos clientes maior número de compensações financeiras devido ao descumprimento das metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica. Importante citar que os valores das compensações financeiras e da quantidade de pagamentos efetuados são variáveis, já que um mesmo consumidor pode ser compensado mais de uma vez ao ano.

O GRAF.4 mostra as oito concessionárias de energia elétrica no Brasil que realizaram os maiores pagamentos de multas aos consumidores em 2010, referente ao descumprimento dos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

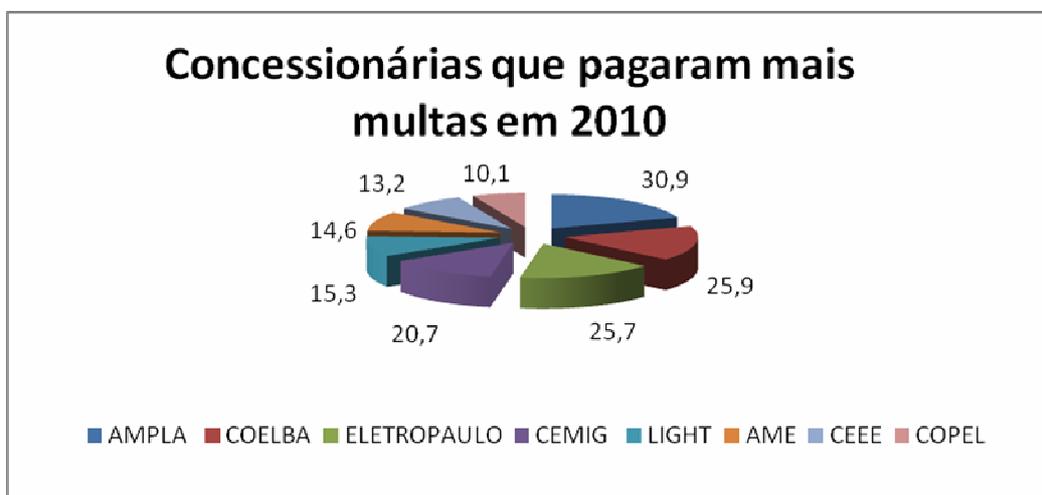


Gráfico 4: Concessionárias de energia elétrica do Brasil que pagaram mais multas em 2010.

Fonte: ANEEL

O Gráfico 4 apresenta a concessionária AMPLA, do São Paulo, com 30,9 milhões de reais, e COELBA, do Estado da Bahia, com 25,9 milhões de reais, como as companhias de energia elétrica que desprenderam maiores valores para pagamentos aos clientes no ano de 2010, quanto aos descumprimento das metas de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

O GRAF. 5 mostra as oito concessionárias de energia elétrica no Sudeste que realizaram os maiores pagamentos de multas aos consumidores em 2010, referente ao descumprimento dos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica.

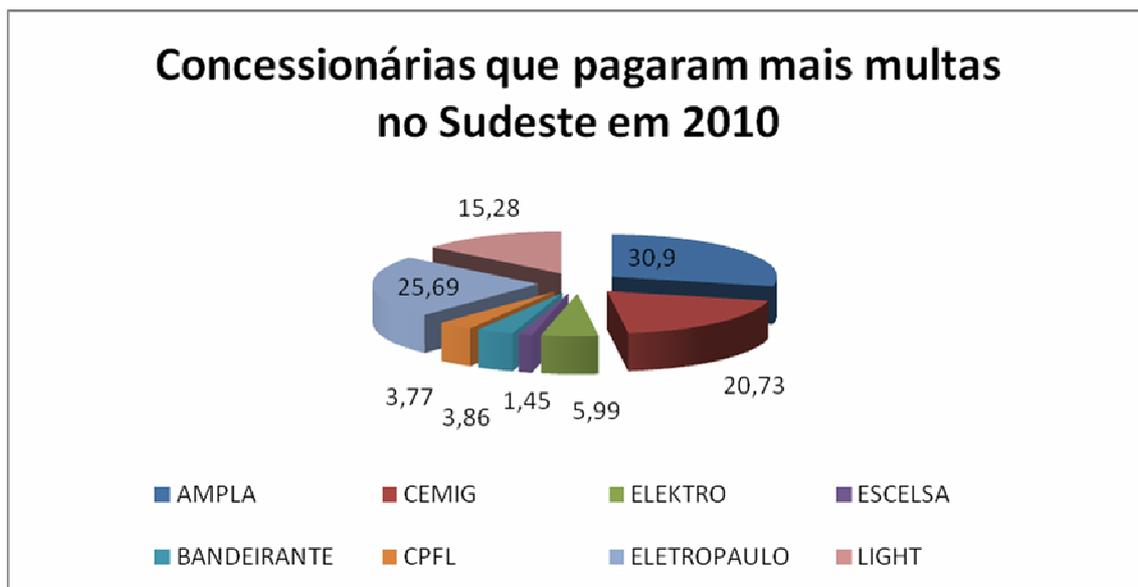


Gráfico 5: Concessionárias que mais pagaram multas no sudeste em 2010.

Fonte: ANEEL

O gráfico 5 apresenta a AMPLA, do estado de São Paulo, como a concessionária de energia elétrica da região Sudeste que devolveu aos clientes maior valor referente ao descumprimento das metas referentes aos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica no ano de 2010.

Segundo O Jornal Estado de São Paulo, em 22/07/11, “a deterioração da qualidade dos serviços de eletricidade obrigou a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a rever o processo de fiscalização sobre as empresas do setor.”

Em entrevista ao jornal O Estado de S. Paulo, em 22/07/11, o diretor-geral do órgão regulador, Nelson Hubner, afirmou que está repensando as formas de fiscalização para dar mais inteligência ao processo. “Neste momento, estamos estruturando as regras.” O executivo explica que a intenção é criar relatórios com informações mais detalhadas sobre a atuação das distribuidoras, por exemplo. “Queremos que elas nos passem um conjunto de dados sobre seus processos, que apontem quais são suas áreas críticas e o que estão fazendo para solucionar o problema”, diz Hubner, destacando que o repasse de informações incorretas pode resultar até na cassação da concessão.

Conforme diz a mídia, a agência vai cruzar essas informações com os indicadores de qualidade e, então, definir quais as áreas precisam ser fiscalizadas com mais urgência. Hoje os técnicos das ANEEL elegem os locais de visita de forma aleatória. “Em alguns casos, é possível detectar o problema rapidamente. Mas, em

outros, a aparência das instalações engana em relação ao seu real estado. Parecem estar em ordem, mas não estão."

O objetivo da ANEEL é antecipar os problemas antes que eles atinjam a sociedade. Hubner diz que "nos últimos quatro anos os indicadores, que vinham em queda constante até 2006, inverteram o movimento e pioraram. Várias medidas foram adotadas para reverter o quadro, mas até agora os efeitos têm sido tímidos. Primeiro decidimos conversar com as distribuidoras e exigimos que elas resolvessem o problema", diz o executivo. O puxão de orelhas, no entanto, não surtiu resultado.

A ANEEL, por meio de seu endereço eletrônico www.aneel.gov.br, oferece aos usuários um portal de consultas dos índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica. As TAB. 1, 2, 3 e 4 apresentam os índices de continuidade do conjunto elétrico de Caratinga, estabelecidos para o ano de 2010, 2011, 2012 e 2013.

Tabela 1: Índices de continuidade – conjunto elétrico Caratinga – 2010

URBANO		2010										
CEMIG Distribuição S/A			DIC			FIC			DMIC			
			(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)			
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL			
Região Distribuição Caratinga	18	10	24,12	12,06	6,03	13,45	6,72	3,36	3,54			
NÃO URBANO		2010										
CEMIG Distribuição S/A			DIC			FIC			DMIC			
			(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)			
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL			
Região Distribuição Caratinga	18	10	45,8	22,9	11,45	30,69	15,34	7,67	6,29			

Fonte: ANEEL

A tabela 1 apresenta as metas para os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica para o conjunto elétrico de Caratinga, referente ao ano de 2010, para os consumidores urbanos e não urbanos, sendo estas as metas anuais determinadas:

- DEC = 18 horas / ano;
- FEC = 10 interrupções / ano;
- DIC = 24,12 horas / ano para consumidores urbanos e 45,8 horas / ano para consumidores não urbanos;
- FIC = 13,45 interrupções / ano para consumidores urbanos e 30,69 interrupções / ano para consumidores não urbanos;
- DMIC = 3,54 horas / interrupção contínua para consumidores urbanos e 6,29 horas / interrupção contínua para consumidores não urbanos.

Tabela 2: Índices de continuidade – conjunto elétrico Caratinga – 2011

Urbano	2011									
CEMIG Distribuição S/A			DIC			FIC			DMIC	
			(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)	
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	15	9	22,69	11,34	5,67	13,2	6,6	3,3	3,29	
Não urbano		2011								
CEMIG Distribuição S/A			DIC			FIC			DMIC	
			(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)	
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	15	9	44,07	22,03	11,01	30,39	15,19	7,59	5,98	

Fonte: ANEEL

A tabela 2 apresenta as metas para os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica para o conjunto elétrico de Caratinga, referente ao ano de 2011, para os consumidores urbanos e não urbanos, sendo estas as metas anuais determinadas:

- DEC = 15 horas / ano;
- FEC = 9 interrupções / ano;
- DIC = 22,69 horas / ano para consumidores urbanos e 44,07 horas / ano para consumidores não urbanos;
- FIC = 13,20 interrupções / ano para consumidores urbanos e 30,39 interrupções / ano para consumidores não urbanos;
- DMIC = 3,29 horas / interrupção contínua para consumidores urbanos e 5,98 horas / interrupção contínua para consumidores não urbanos.

Tabela 3: Índices de continuidade – conjunto elétrico Caratinga – 2012

Urbano		2012								
CEMIG Distribuição S/A				DIC			FIC			DMIC
				(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	15	9	22,69	11,34	5,67	13,2	6,6	3,3	3,29	
Não urbano		2012								
CEMIG Distribuição S/A				DIC			FIC			DMIC
				(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	15	9	44,07	22,03	11,01	30,39	15,19	7,59	5,98	

Fonte ANEEL

A tabela 3 apresenta as metas para os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica para o conjunto elétrico de Caratinga, referente ao ano de 2012, para os consumidores urbanos e não urbanos, sendo estas as metas anuais determinadas:

- DEC = 15 horas / ano;
- FEC = 9 interrupções / ano;
- DIC = 22,60 horas / ano para consumidores urbanos e 44,7 horas / ano para consumidores não urbanos;
- FIC = 13,20 interrupções / ano para consumidores urbanos e 30,39 interrupções / ano para consumidores não urbanos;
- DMIC = 3,29 horas / interrupção contínua para consumidores urbanos e 5,98 horas / interrupção contínua para consumidores não urbanos

Tabela 4: Índices de continuidade – conjunto elétrico Caratinga – 2013

Urbano		2013								
CEMIG Distribuição S/A				DIC			FIC			DMIC
				(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	13	8	21,73	10,86	5,43	12,95	6,47	3,23	3,11	
Não urbano		2013								
CEMIG Distribuição S/A				DIC			FIC			DMIC
				(em horas)			(número de interrupções)			(em horas)
Conjunto	DEC	FEC	ANUAL	TRIM.	MENSAL	ANUAL	TRIM.	MENSAL	MENSAL	
Caratinga 1	13	8	42,92	21,46	10,73	30,09	15,04	7,52	5,78	

Fonte ANEEL

A tabela 4 apresenta as metas para os indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica para o conjunto elétrico de Caratinga, referente ao ano de 2013, para os consumidores urbanos e não urbanos, sendo estas as metas anuais determinadas:

- DEC = 13 horas / ano;
- FEC = 8 interrupções / ano;
- DIC = 21,73 horas / ano para consumidores urbanos e 42,92 horas / ano para consumidores não urbanos;
- FIC = 12,95 interrupções / ano para consumidores urbanos e 30,09 interrupções / ano para consumidores não urbanos;
- DMIC = 3,11 horas / interrupção contínua para consumidores urbanos e 5,78 horas / interrupção contínua para consumidores não urbanos.

Analisando as tabelas, referentes ao quadriênio 2010-2013, identifica-se que as metas dos índices de continuidade do conjunto elétrico de Caratinga, vão diminuindo ano após ano. Comparativamente, a meta proposta para o DEC, por exemplo, foi pactuada para 18 horas de duração média de interrupções para o ano de 2010, e para 2013, está limitada a 13 horas de interrupção anual para o conjunto elétrico de Caratinga.

A ANEEL também oferece em seu endereço eletrônico, um portal onde o usuário pode identificar os índices de continuidade dos conjuntos elétricos das

concessionárias de energia elétrica de todo país, através do site www.aneel.gov.br. A TAB. 5 apresenta os dados referentes ao DEC e FEC do conjunto elétrico de Caratinga, no ano de 2010:

Tabela 5: DEC / FEC – Ano referência 2010

MÊS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
DEC	1,17	1,07	1,3	0,85	0,84	0,79	0,81	0,83	1,1	1,28	1,34	1,59
FEC	0,54	0,56	0,65	0,44	0,46	0,43	0,42	0,41	0,6	0,66	0,61	0,75

Fonte: ANEEL

De acordo do a tabela 1, as metas do DEC e FEC para o conjunto elétrico de Caratinga para o ano de 2010 eram respectivamente, 18 horas / ano e 10 interrupções / ano. A tabela 5 apresenta os dados do DEC e FEC do conjunto elétrico de Caratinga alcançados em 2010, sendo que o indicador referente ao DEC fechou o ano com 12,97 horas / ano, e o FEC finalizou o ano com 5,86. Ambos os indicadores alcançaram as metas estabelecidas pela ANEEL para o conjunto elétrico de Caratinga no ano de 2010.

2.7. CHAVE FUSÍVEL REPETIDORA

Diante do controle dos índices de continuidade do fornecimento impostos pela ANEEL, as concessionárias de energia elétrica buscavam formas de reduzir as interrupções nos sistema elétrico.

A chave fusível repetidora apresentou-se como uma alternativa eficiente e economicamente viável para instalação em redes de distribuição trifásicas e monofásicas, em substituição às chaves fusíveis monopolares e aos religadores e seccionadores, devido á presença de seu dispositivo de religamento automático.

A chave fusível repetidora foi testada e implementada nas situações:

- Proteção de derivações com elos fusíveis de capacidade de até 100 A, para conjunto de consumidores rurais; Agência Nacional de Energia Elétrica, e da

necessidade de buscar meios de melhor atender os clientes e reduzir despesas operacionais, as concessionárias

- Proteção de derivações com elos fusíveis de capacidade até 100 A, para bairros em grandes centros, centros urbanos e povoados.
- By-pass de equipamentos como religadores e seccionadores;
- Proteção em linhas troncas cuja capacidade dos elos fusíveis instalados não supere 100 A. (CEMIG, 2001)

2.7.1 Características

A chave fusível repetidora é um dispositivo de proteção contra sobrecorrente, monofásica, com três operações de abertura, portanto com dois religamentos automáticos, composta de três chaves fusíveis com base tipo C, chave fusível para alimentador que, por sua vez, são equipadas com porta-fusíveis com capacidade nominal de 100 A. As três chaves fusíveis são montadas lado a lado em cruzeta numa mesma estrutura, sendo interligadas mecânica e eletricamente. Em função dessa proximidade entre polos e de outros aspectos que são relevantes para a interrupção dos arcos elétricos no momento da operação, o conjunto das três chaves está sujeito aos seguintes limites, verificados por meios de ensaios de laboratório apropriados:

- Capacidade máxima de interrupção: 2 kA assimétricos e 1,4 kA simétricos);
- Elo fusível máximo a ser empregado: 40 T.
- Outras características elétricas das chaves repetidoras:
- Tensão nominal: 13,8 kV;
- Tensão suportável de impulso atmosférico: 110 kV;
- Tensão suportável de 60 Hz, 1 min: 38 kV. (CEMIG, 2001)

A chave repetidora é equipada com um dispositivo de transferência de carga provido de olhal semelhante ao do porta-fusível e que permite rearmar manualmente

o mecanismo, utilizando-se vara de manobra, após a sua operação automática (FIG. 7).



Figura 7: chave fusível repetidora.

Fonte: CEMIG

Dentre os benefícios com a aplicação da chave repetidora em lugar de chaves fusíveis convencionais, destaca-se:

- melhoria da qualidade do fornecimento, especialmente no que se refere à continuidade;
- redução no número de deslocamentos para atendimento e restabelecimento do sistema, com conseqüente redução nos custos operacionais e com pessoal especializado;
- maior satisfação dos consumidores, com expectativas de redução do número de reclamações referentes a interrupções prolongadas do fornecimento de energia.
- o baixo valor de aquisição da chave fusível repetidora, comparado ao de outros equipamentos que garantiriam também essas vantagens, tais como os religadores e seccionadores monofásicos. (CEMIG, 2001)

2.7.2. Funcionamento da Chave Repetidora

O lado de fonte da rede deve ser ligado ao barramento de cobre eletrolítico da chave fusível repetidora, instalado na parte superior do conjunto e que interliga as três unidades ou chaves fusíveis eletricamente. Por sua vez, o lado de carga deve ser ligado à parte inferior da primeira chave fusível, o qual é automaticamente conectado às demais chaves ou estágios que permanecem, em condições normais, como reserva do primeiro. (CEMIG, 2001)

Os três elos fusíveis, de mesma capacidade, são instalados em cada um dos porta-fusíveis que são, posteriormente, montados nas bases das chaves do conjunto. (CEMIG, 2001)

Na ocorrência de um defeito na rede protegida pela chave repetidora, o elo fusível da primeira chave é rompido e, automaticamente, o próprio movimento do porta-fusível ao abrir e com um impacto que é função do seu peso no final do percurso de abertura e, eventualmente, de outros esforços dinâmicos envolvidos na operação da chave, aciona o dispositivo de contato móvel que insere o segundo estágio no circuito, mantendo a continuidade do fornecimento de energia e as condições de proteção. (CEMIG, 2001)

Caso o defeito na rede seja eliminado, por se tratar de uma falta temporária, a segunda chave permanece fechada. De outra forma, se o defeito permanecer, é rompido o elo fusível da segunda chave, e o terceiro estágio é inserido automaticamente no circuito. Permanecendo o defeito, essa chave também é aberta e interrompe definitivamente o ramal defeituoso. Nesse caso, será necessária a intervenção do electricista de forma a verificar o ocorrido na rede, eliminar a causa do problema se for o caso, substituir os elos queimados e recolocar a chave fusível repetidora em serviço. (CEMIG, 2001)

A FIG. 11 apresenta uma vista lateral de uma chave repetidora com 2 elos fusíveis queimados.

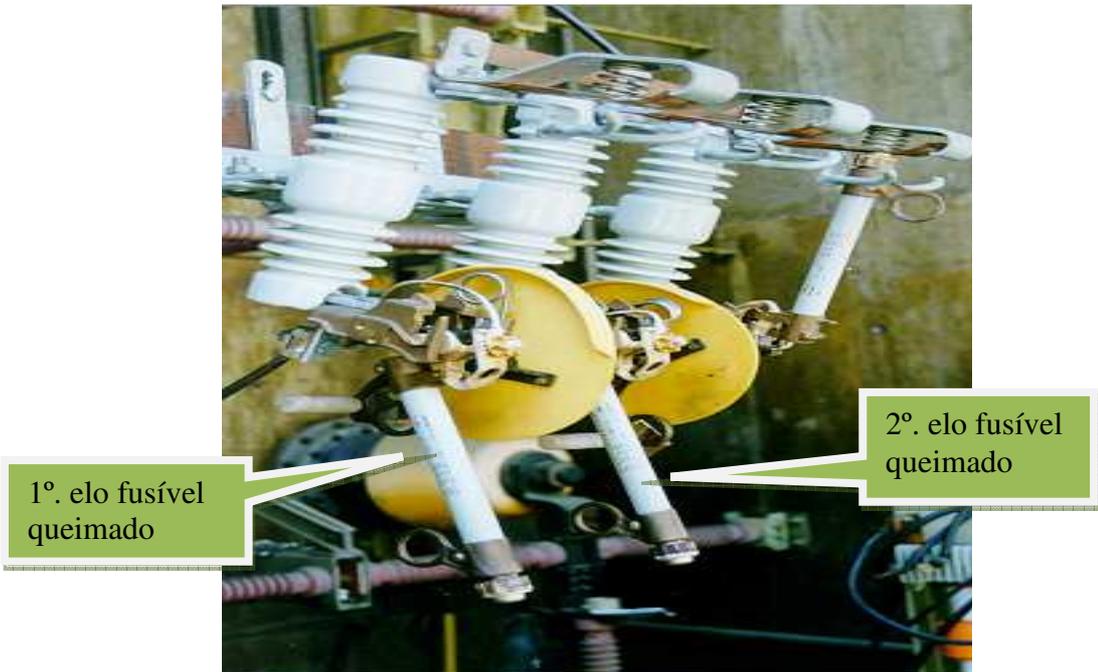


Figura 8: Chave repetidora com dois elos operados

Fonte: CEMIG

A FIG. 12 apresenta uma vista frontal de uma chave repetidora com 3 elos fusíveis queimados.

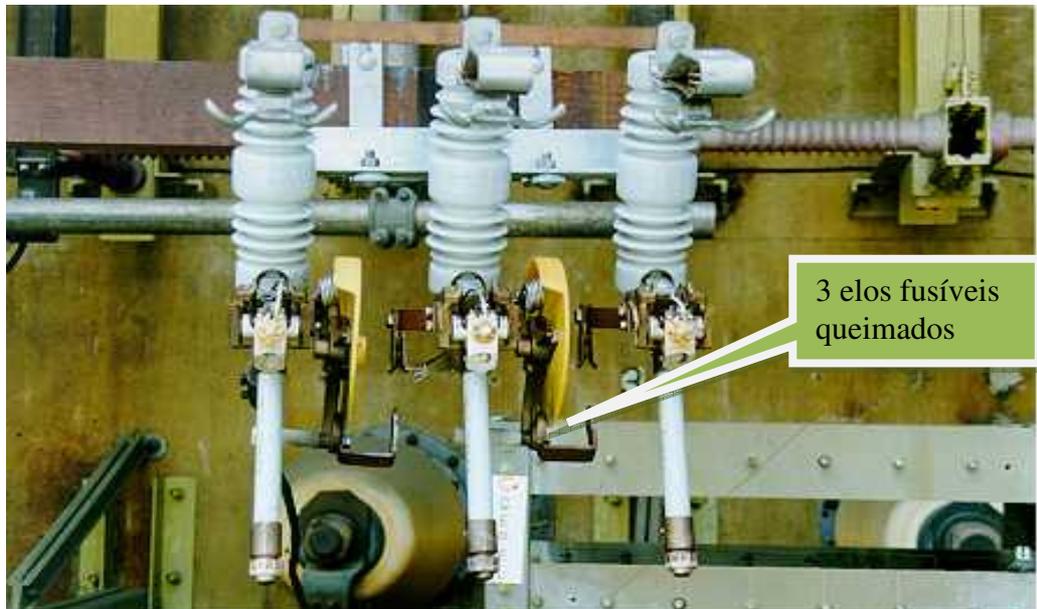


Figura 9: Chave fusível repetidora com três elos fusíveis operados

Fonte: CEMIG

2.7.3. Procedimentos Operacionais

Os procedimentos operacionais se subdividem em: entrada em Serviço; Retirada de serviço; Proteção; Aplicação nas redes de distribuição de energia elétrica; Instalação Experimental para avaliação do projeto nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG; Ponto de vista após a aplicação do Projeto Chave Fusível Repetidora nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG. (CEMIG, 2001)

2.7.3.1. Entrada em Serviço

A chave deve ser instalada no poste com o mecanismo de inserção automática na posição em que os contatos ficam abertos, logo as partes inferiores da chave fusível repetidora não estarão inicialmente interligados. Após a instalação da chave na estrutura, devem ser tomados os passos seguintes:

- a) verificar se o mecanismo de inserção automática da chave repetidora está na posição não inserida. Caso contrário, abrir os dois contatos por meio de vara de manobra;
- b) instalar os elos fusíveis apropriados nos três porta-fusíveis;
- c) fechar as chaves fusíveis, pólo a pólo, adotando-se os procedimentos padronizados para fechamento de chaves fusíveis convencionais. As chaves devem ser fechadas a partir do pólo mais à direita (*). Apenas após o fechamento da chave mais interna, à esquerda, fecha-se efetivamente o circuito, ficando apenas esse último pólo inserido no circuito, nessa situação, pois o mecanismo de inserção automática devem permanecer com os contatos abertos. (CEMIG, 2001)

Importante lembrar que as orientações que aparecem no texto, do tipo “à direita” ou “à esquerda” são, sempre, do ponto de vista do eletricista que faz a manobra.(FIG. 13)



Figura 10: Sistema de inserções da chave fusível repetidora

Fonte: CEMIG

A figura 13 mostra 2 porta-fusíveis desarmados na chave fusível repetidora, e os respectivos dispositivos de inserção para os religamentos automáticos, situados na parte inferior do equipamento.

2.7.3.2. Substituição dos elos Fusíveis Queimados

Em caso de defeito no circuito protegido pela chave repetidora, os elos fusíveis vão rompendo sequencialmente. De forma a manter a continuidade do circuito, o dispositivo de inserção automática de estágios é acionado após o rompimento do primeiro elo, com o movimento de abertura do porta-fusível e, se o defeito persistir, novamente após o rompimento do segundo elo. Em seguida, para uma falta permanente, o terceiro elo rompe, abrindo definitivamente o circuito e exigindo a substituição dos elos fusíveis para restabelecimento da alimentação. (CEMIG, 2001)

A troca do(s) elo(s) fusível(eis) pode ser feita mesmo quando apenas um ou dois elos estiverem rompidos. Apresenta-se, a seguir, os procedimentos para a troca de um dos porta-fusíveis:

- a) retirar o porta-fusível atuado, usando vara de manobra;
- b) substituir o elo por outro de mesma capacidade dos demais;
- c) fechar a chave que teve seu elo substituído;
- d) estando as três chaves fechadas, rearmar o dispositivo de inserção automática, abrindo os contatos do primeiro pólo por meio de vara de manobra.

Feita essa operação, o “ramo” da chave ou o porta-fusível que estava inserido no circuito é automaticamente retirado de operação e a corrente passa a fluir pelo porta-fusível que teve o elo substituído (os dois outros porta-fusíveis permanecem fechados, mas não estão inseridos no circuito). (CEMIG, 2001)

Para a substituição de dois elos queimados, a sequência de operações é a mesma, exceto que será necessário abrir os contatos dos dois pólos do mecanismo de inserção automática de estágios, após a substituição dos dois elos e o fechamento dos dois pólos da chave. (CEMIG, 2001)

2.7.3.3. Retirada de serviço

Para desligamento do circuito, os três porta-fusíveis, ou os porta-fusíveis que ainda estiverem fechados, devem ser abertos, adotando-se os procedimentos padronizados de abertura de chaves fusíveis convencionais, utilizando vara de manobra e dispositivo de abertura sob carga, chamado “loadbuster”. A sequência de abertura deve ser do pólo mais à direita para o polo mais à esquerda, por questões de segurança. O circuito é efetivamente desligado, quando o porta fusível mais à esquerda for aberto. (CEMIG, 2001)

2.7.3.4. Aplicação nas redes de distribuição de energia elétrica

As chaves fusíveis repetidoras foram adquiridas e testadas de acordo com as exigências técnicas especificadas para as chaves fusíveis convencionais, sendo constituída por chaves que individualmente atendem, na íntegra, à especificação técnica e aos métodos de ensaios das chaves fusíveis de 10 kA. (CEMIG, 2001)

Assim, as chaves repetidoras devem ser aplicadas na rede elétrica levando-se em conta as limitações especificadas, permanecendo válidas as demais condições de aplicação previstas nas normas de projetos de redes aéreas, para as chaves fusíveis convencionais. Portanto, as chaves fusíveis repetidoras podem ser aplicadas nas seguintes condições:

- proteção de ramal (alimentador secundário) com nível de curto-circuito no ponto de instalação inferior a 2 kA e com elo fusível limitado ao elo 40 T, como alternativa de baixo custo ao uso de religadores monofásicos;
- a chave repetidora não pode ser usada para a proteção de transformadores com chave deslocada ou não, pois na ocorrência de um defeito no transformador, as sucessivas energizações podem aumentar a extensão dos danos a ele causados, além do risco de acidentes com terceiros. (CEMIG, 2001)

De forma a melhor utilizar os recursos de religamento da chave repetidora, esse equipamento deve ser preferencialmente aplicado na proteção de ramais com histórico de frequência elevada de desligamentos e que demandem normalmente tempo e deslocamento muito grandes para o restabelecimento do serviço. (CEMIG, 2001)

De forma a expandir os benefícios garantidos pela chave, recomenda-se ainda a programação de visitas/inspeções periódicas aos pontos de instalação para substituição de elos eventualmente queimados antes do desligamento definitivo e o rompimento dos três elos. (CEMIG, 2001)

2.7.3.5. Instalação Experimental

De forma a obter amostras para avaliação de campo, foi finalizado no primeiro semestre de 2002 o processo de aquisição e inspeção de 100 peças da chave

fusível repetidora fabricadas pela LORENZETTI, tradicional fornecedor de chaves fusíveis para a CEMIG.

Em setembro de 2002, essas chaves foram distribuídas para as Superintendências Regionais de Distribuição, com a finalidade de realizar teste de campo, sendo instaladas em condições controladas de forma a permitir a obtenção de informações relacionadas a quaisquer ocorrências que envolvessem as chaves, para avaliação do desempenho do equipamento.

Os usuários das chaves foram orientados para selecionar os pontos de instalação de acordo com os limites de utilização e critérios de aplicação.

Foi elaborado e distribuído um documento resumido incluindo informações como as características técnicas da chave, detalhes de funcionamento e operação, além de instruções para o acompanhamento de seu desempenho, prevendo-se um período mínimo de 6 meses para a conclusão da avaliação de campo ou o tempo necessário para possibilitar a ocorrência e observação de um número significativo de eventos que validassem ou não o desempenho da chave. A padronização desse equipamento para uso regular nas redes da CEMIG dependeria dos resultados levantados durante esse período de instalação experimental. (CEMIG, 2001)

Dentre os principais ganhos esperados com a aplicação da chave repetidora em lugar de chaves fusíveis convencionais, foram destacadas a redução no número de intervenções na rede e a redução do DEC para os consumidores instalados nos alimentadores protegidos por esse equipamento. (CEMIG, 2001)

2.7.3.6. Análise após a aplicação do projeto chave fusível repetidora nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG

Do ponto de vista dos usuários, a chave teve o seu desempenho aprovado por unanimidade, deduzido a partir de um grande volume de comunicações repassadas ao setor de Engenharia da CEMIG, representadas em sua maior parte por impressões do usuário que nos foram manifestadas em diversas formas e ocasiões, através de relatórios de acompanhamento de interrupções após a instalação da chave fusível repetidora. (CEMIG, 2001)

Acreditam-se também que os ganhos imediatos obtidos com a aplicação da chave fusível repetidora em lugar da chave fusível convencional, aliados ao custo relativamente baixo daquela chave em comparação ao custo de religadores e seccionadores, pode ter contribuído para uma impressão geral muito positiva acerca da chave. (CEMIG, 2001)

Ainda que a dilatação do prazo de experimentação da chave fosse desejável, criando condições para que eventuais deficiências se manifestassem e fossem corrigidas, aprimorando-se o projeto do equipamento e aumentando seu tempo de vida ou reduzindo as manutenções, o desempenho do equipamento verificado foi bom o bastante para justificar a aquisição de um número maior de peças. (CEMIG, 2001)

Os elos de uma chave fusível repetidora não tem um prazo específico para queima total, provocando a interrupção total do fornecimento de energia elétrica. Depende das características e da extensão da rede de distribuição, e do tipo de ocorrência naquela rede. A CEMIG não tem um plano específico e periódico para substituição dos elos fusíveis queimados que não ocasionarem a interrupção total do fornecimento de energia elétrica, ou seja, dos 1º. e do 2º. elos fusíveis queimados na chave fusível repetidora. Estes elos são substituídos à medida que as equipes operacionais da empresa passam próximo dos dispositivos que encontram-se com os mesmos queimados, e procedem a troca.

Do ponto de vista econômico, a chave fusível repetidora apresenta um ganho elevado em relação aos religadores, pois de acordo com a tabela de orçamentos de materiais da CEMIG, o preço da chave é de R\$ 520,00, enquanto um religador eletrônico trifásico custa em média R\$ 50.000,00. Em relação à chave fusível convencional, a chave fusível repetidora apresenta custo mais elevado, sendo que a chave fusível convencional custa em média R\$ 126,00. Portanto com o custo despendido para a aquisição de uma chave fusível repetidora, pode-se adquirir 4 chaves fusíveis convencionais. (CEMIG, 2008)

Porém ao analisar-se do ponto de vista operacional, o valor economizado com a redução de atendimentos para restabelecimento de energia elétrica compensa o valor destinado para aquisição da chave fusível repetidora. De acordo com a interface CONDIS(2011), da CEMIG, os serviços prestados pelas equipes de campo terceirizadas são medidos por uma unidade chamada US, que determina o valor a ser pago por cada serviço prestado. Um restabelecimento de energia elétrica onde a

equipe apenas opere uma chave fusível, custa para a concessionária de energia elétrica o valor de 0,17 US,s. Tomando como exemplo, as contratadas que prestam serviços no conjunto elétrico de Caratinga, recebem em média R\$ 900,00 por US, sendo que no caso de um restabelecimento de um serviço de falta de energia onde apenas opere a chave fusível, receberia R\$ 153,00. Como a chave fusível repetidora tem por característica reduzir de forma exponencial o número de interrupções nas redes de distribuição que protege, os valores economizados com sua instalação, pela redução de viagens para restabelecimento de falta de energia, sobretudo de consumidores não urbanos, são bem superiores aos valores destinados para aquisição do equipamento.

3. METODOLOGIA

O objetivo principal deste trabalho de foi levantar dados e informações sobre dispositivos equipados com chave fusível convencional nas redes de distribuição de energia elétrica da CEMIG, localizados na região Leste do Estado, e compará-los a outros dados e informações levantados após a instalação das chaves fusíveis repetidoras nos dispositivos pesquisados.

A pesquisa quanto á viabilidade do projeto iniciou-se em janeiro de 2011, quando foi identificado nas redes de distribuição da CEMIG, no período determinado entre 2007 e 2009, alguns dispositivos com excesso de operações acidentais, enquanto outros não operavam e outros operavam em quantidades menores, sobretudo quando da exposição a defeitos temporários, como descargas atmosféricas e pássaros na rede. Os GRAF. 6 e 7 mostram a predominância dos defeitos temporários no sistema elétrico do Leste do Estado nos anos de 2009 e 2010.

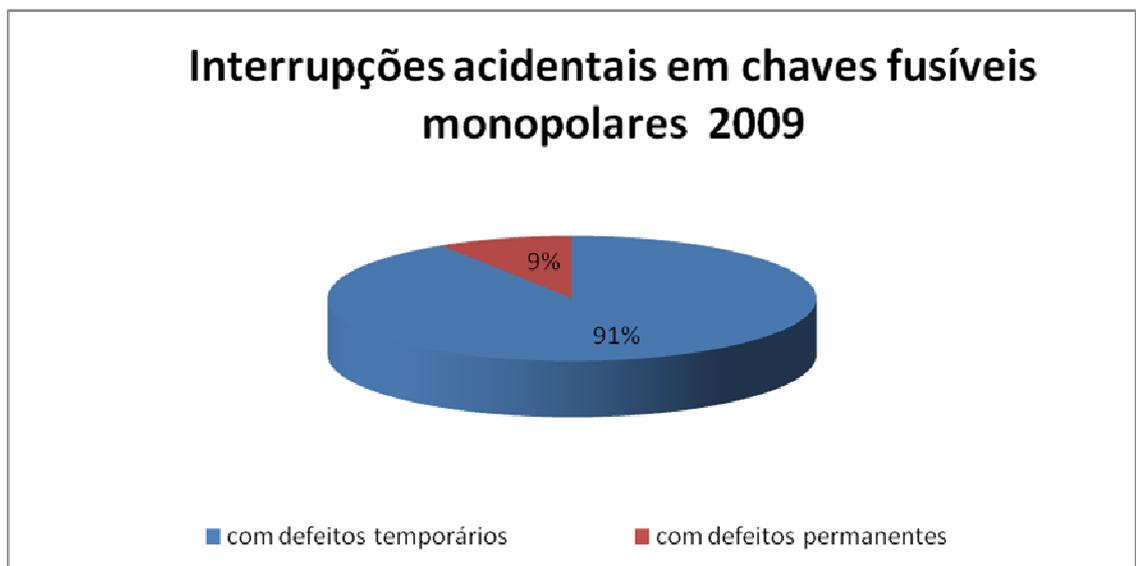


Gráfico 6: Defeitos temporários e permanentes em 2009.

Fonte: CONINT CEMIG

O gráfico 6 mostra que 91% dos defeitos ocorridos nas de distribuição do Leste de Minas Gerais em 2009 foram de caracterísitcas temporárias, como

descargas atmosféricas, pássaros ou árvores tocando a rede, ou seja, são defeitos que interferem por alguns segundos no sistema, mas não permanecem na rede, podendo então o sistema elétrico ser religado em seguida.

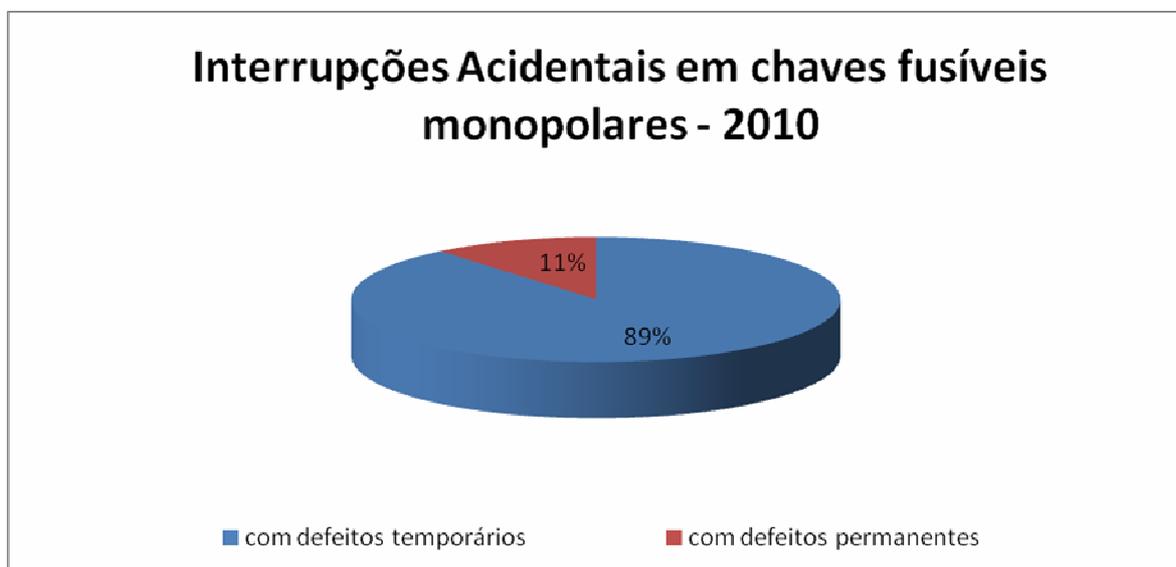


Gráfico 7: Defeitos temporários e permanentes em 2010

Fonte: CONINT CEMIG

O gráfico 7 mostra que 89% dos defeitos ocorridos nas de distribuição do Leste de Minas Gerais em 2010 foram de características temporárias, como descargas atmosféricas, pássaros ou árvores tocando a rede, ou seja, são defeitos que interferem por alguns segundos no sistema, mas não permanecem na rede, podendo então ser religado em seguida.

Objetivou-se estudar uma forma de reduzir as interrupções nestes dispositivos que apareciam no topo das estatísticas dos relatórios de interrupções e reincidências no sistema elétrico do Leste. A opção escolhida foi analisar a utilização um equipamento desenvolvido inicialmente no ano de 2001 por uma fábrica de equipamentos de proteção do sistema elétrico, chamado chave fusível repetidora.

Este equipamento foi adquirido em 2002 pela CEMIG, que instalou em seu sistema elétrico 100 peças de forma experimental e a observar a eficiência do equipamento. Os resultados foram expressos pelos técnicos da empresa, que passou utilizá-la no sistema elétrico.

Definido o procedimento a ser utilizado, passamos a segunda fase do projeto que seria identificar como estava a utilização da chave fusível repetidora na

empresa, tendo em vista a intensificação de seu uso. O GRAF. 8 mostra a evolução da instalação da chave fusível na concessionária de energia elétrica desde sua implementação:

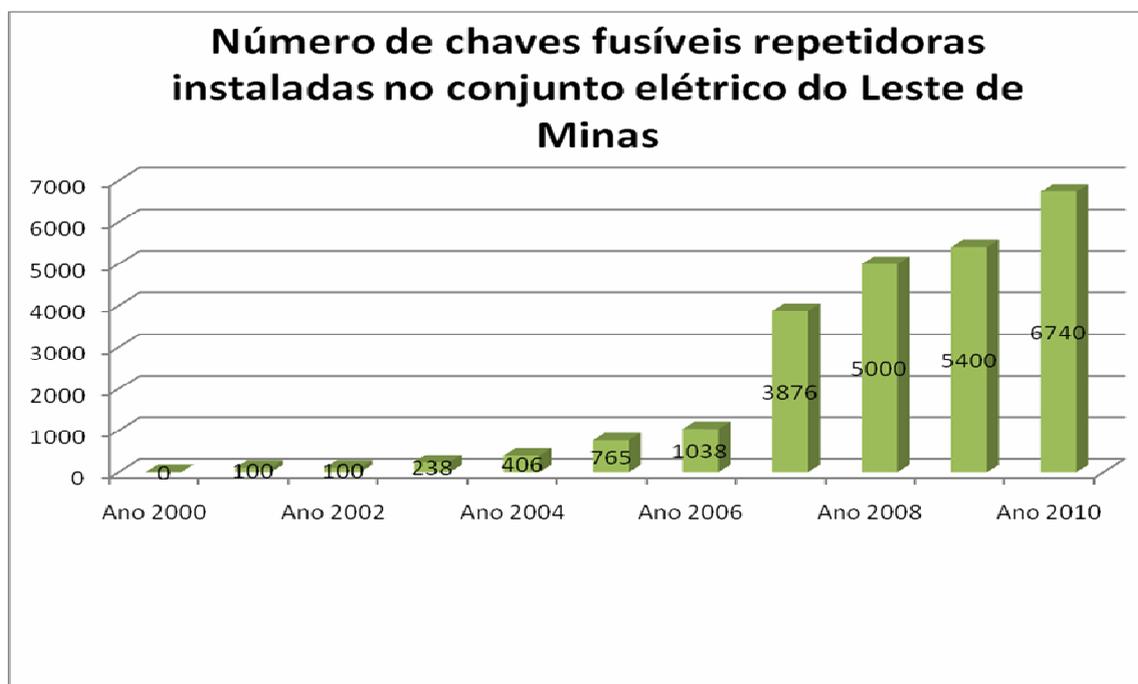


GRÁFICO 8: Chaves fusíveis repetidoras instaladas no sistema elétrico da Cemig, no leste do estado, entre 2001 e 2010.

Fonte: GEMINI CEMIG

A empresa intensificou o uso da referida chave a partir de 2007, quando passou a incorporar em seus novos projetos de construção e obras e de reforma de circuitos de média tensão, a chave fusível repetidora em detrimento à chave fusível convencional, conforme informações do setor de obras de Governador Valadares.

Em tendência contrária à elevação do número de chaves fusíveis repetidoras no sistema elétrica da CEMIG, o número de interrupções no sistema elétrico diminuía na mesma proporção. O GRAF. 9 mostra a redução do número de interrupções entre os anos de 2007 e 2010:

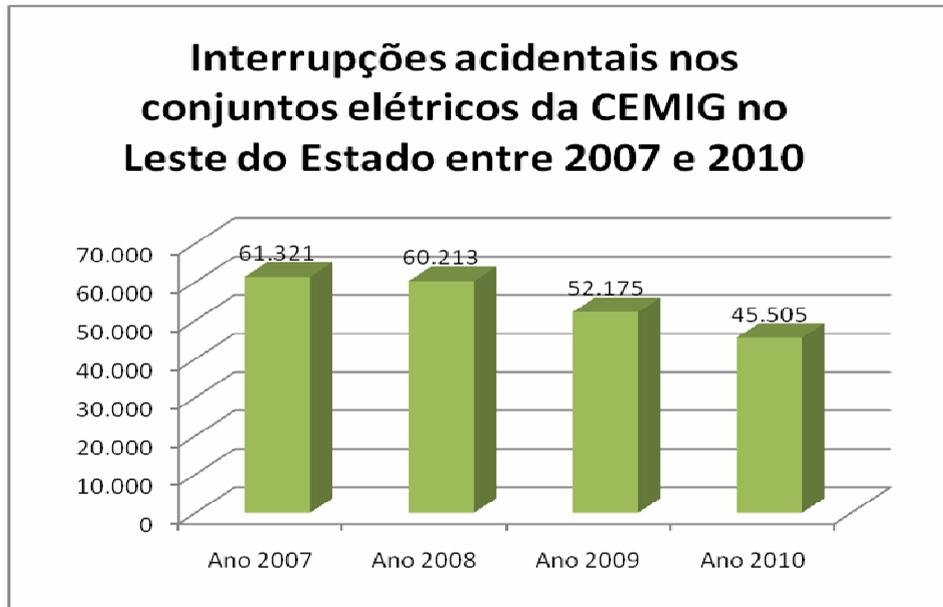


Gráfico 9: Interrupções acidentais entre 2007 e 2010

Fonte: CONINT CEMIG

Os dados referentes às interrupções foram retirados de um programa incorporado ao sistema interligado da CEMIG, chamado CONINT, que recebe os dados referente às interrupções acidentais e programadas, analisando os dados, e propondo ações para correção em redes de distribuição que apresentem maior número de operações de acordo com as causas informadas. As FIG. 14 e 15 apresentam a tela inicial e de informações do CONINT:

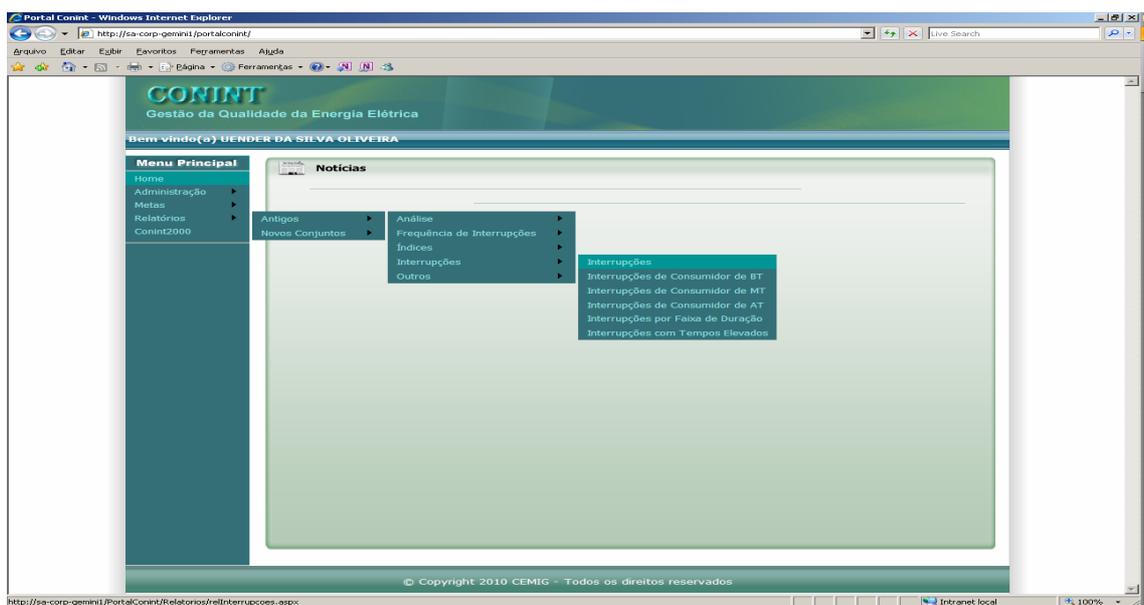


Figura 11: Interface de pesquisa do CONINT

Fonte: CONINT CEMIG

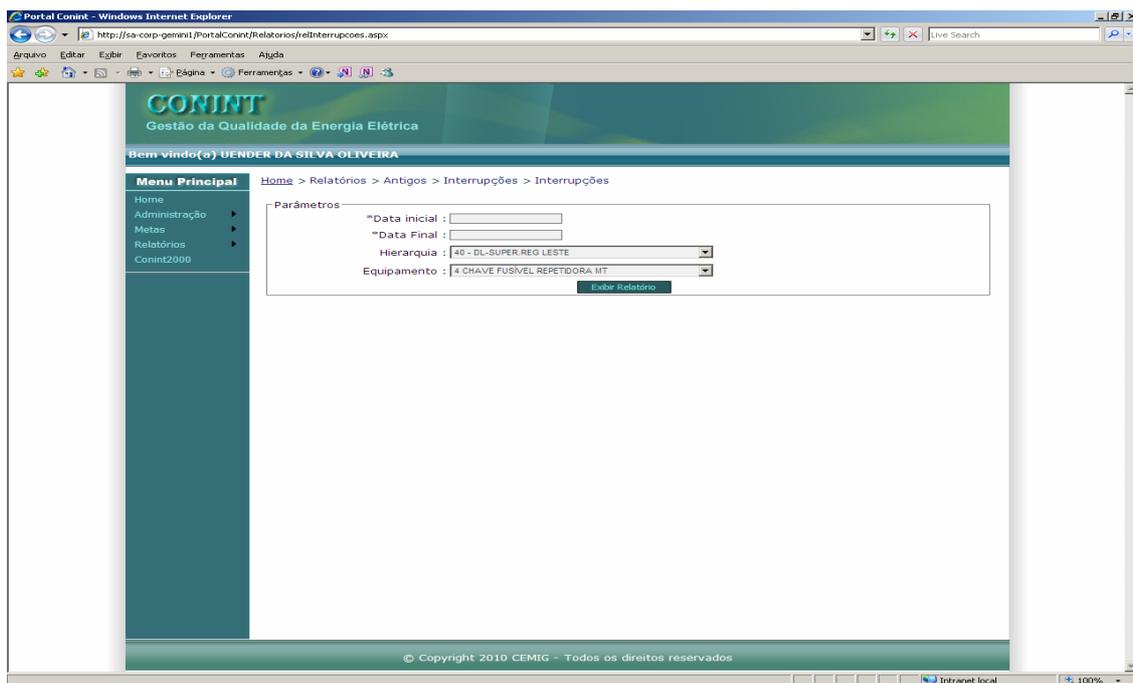


Figura 12: Interface de busca de dados do CONINT

Fonte: CONINT CEMIG

O CONINT é um programa que acompanha as interrupções ocorridas no sistema elétrico da CEMIG, registrando causas, duração e frequência das interrupções, apresentando subsídios estatísticos para que a concessionária avalie seu sistema elétrico e os setores de suas redes primárias e secundárias que necessitam de manutenções. Funciona interligado a outro programa de acompanhamento e controle do sistema elétrico da CEMIG, chamado CONDIS, que fornece os dados ao CONINT para registrar as interrupções do sistema elétrico.

Com autorização da gerência da CEMIG de Governador Valadares, foi acessado entre 01/11 e 30/11/11, o sistema CONINT através da intranet daquela empresa, através do link <http://sa-corp-gemini1/portalconint>, identificando os dispositivos que apresentavam maior número de interrupções no período entre 2007 e 2009.

Após a pesquisa no CONINT, selecionou-se 12 dispositivos que apresentavam uma quantidade elevada de interrupções acidentais no período do triênio analisado. Os dispositivos localizam-se no conjunto elétrico de Caratinga, sendo ambos dispositivos situados em áreas rurais e caracterizados por serem derivações monofásicas.

As TAB. 6 e 7 mostram os 12 dispositivos selecionados:

Tabela 6: Dispositivos selecionados para pesquisa

Dispositivo	Município
31419	Inhapim
30426	Dom Cavati
28388	São João do Oriente
30480	Piedade de Caratinga
43229	Tarumirim
48768	Caratinga
29113	Caratinga
28389	Inhapim
31018	Ubaporanga
30983	Tarumirim
29971	Espera Feliz

Fonte: CONINT CEMIG

Os dispositivos listados na TAB. 6 foram selecionados para acompanhamento quanto á melhoria dos indicadores de continuidade do fornecimento de energia elétrica, sendo que ambos eram equipados com chaves fusíveis convencionais e tiveram seus dispositivos substituídos para chaves fusíveis repetidoras no 2º semestre de 2010.

Tabela 7: Interrupções acidentais entre os anos de 2007 a 2009

CHAVES	2007	2008	2009	MEDIA INTERR P/ ANO
31419	14	16	10	13,33
30426	7	8	8	7,67
28388	15	13	20	16,00
30480	8	5	8	7,00
31038	12	6	8	8,67
43229	12	4	10	8,67
48768	11	7	11	9,67
29113	5	23	6	11,33
28389	18	10	10	12,67
31018	25	20	18	21,00
30983	14	16	10	13,33
29971	16	8	12	12,00

Fonte: CONINT CEMIG

Os dispositivos escolhidos para análise e acompanhamento das interrupções tinham uma característica em comum: ambos apresentavam muitas interrupções nos anos de 2007, 2008 e 2009, quando ainda eram equipados com chaves fusíveis convencionais. Outra característica determinante para escolha foi que ambos os dispositivos tinham sido substituídos até outubro de 2010, com a instalação da chave fusível repetidora para proteção dos circuitos que coordenavam.

Dessa forma, foram obtidas 12 situações que comprovadamente pelo sistema da CEMIG, e seus programas de controle do sistema de coordenação do sistema elétrico, CONDIS, CONINT e GEMINI, tratavam-se de derivações reincidentes para o sistema elétrico, e os dados obtidos poderiam ser analisados a partir da substituição da chave pelo período de um ano.

De posse dos dispositivos a serem analisados, a partir de janeiro de 2011 começou-se a registrar as informações, mês a mês, quanto às interrupções de cada dispositivo. A pesquisa foi finalizada ao final do mês de outubro de 2011, quando tinha-se pelo ao menos um ano de informações quanto às interrupções acidentais ocorridas nestes dispositivos.

4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS.

A análise dos dados e os resultados obtidos no trabalho ocorreram de três modos diferentes:

1º Análise do índice de continuidade FEC em cada dispositivo. Esta análise visa observar se houve redução do número de interrupções de cada dispositivo nos dois períodos pesquisados, ou seja, anterior e posteriormente à instalação da chave fusível repetidora.

2º Análise do índice de continuidade DEC em cada dispositivo. Esta análise visa observar se houve redução na quantidade de horas de interrupções em cada dispositivo nos dois períodos pesquisados, ou seja, anterior e posteriormente à instalação da chave repetidora.

3º Análise de melhoria do desempenho de cada dispositivo. Esta análise visa observar qual foi a melhora percentual de cada dispositivo em seu desempenho, após a instalação da chave fusível repetidora.

4.1 ANÁLISE DOS DADOS POR DISPOSITIVO QUANTO AO FEC

A análise de dados que segue refere-se à frequência de interrupções ocorridas nos 12 dispositivos selecionados para acompanhamento, comparando o número de interrupções no período entre 2007 e 2010, ao qual o dispositivo era equipado com chave fusível convencional, com o número de interrupções até o mês de outubro de 2011, período que o dispositivo já era equipado com a chave fusível repetidora.

4.1.1. Dispositivo 31419

O GRAF. 10 apresenta o número de interrupções na chave 31419, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

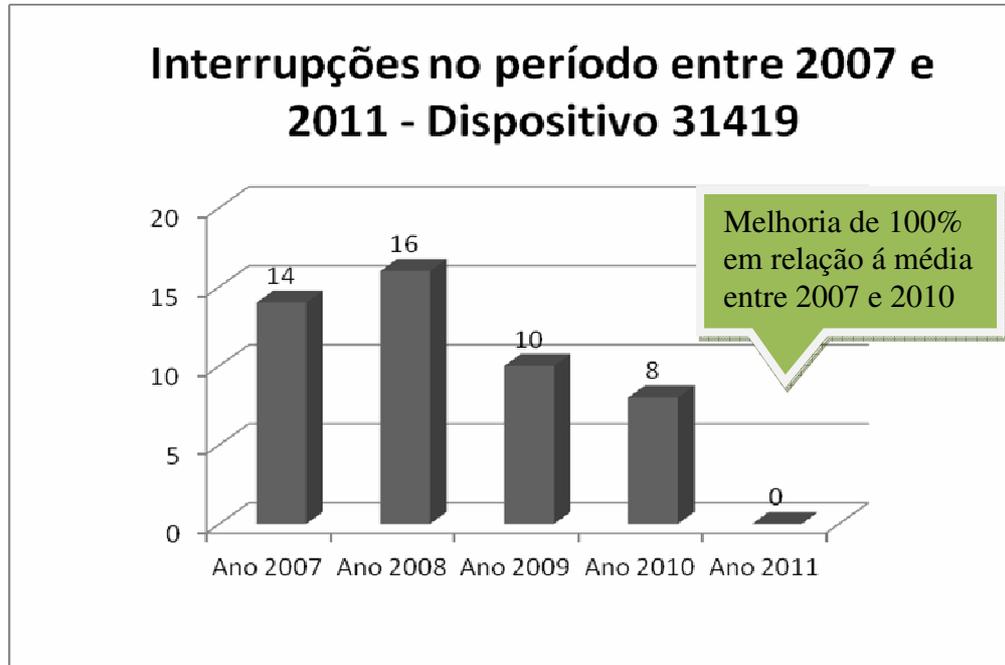


Gráfico 10: Interrupções entre 2007 e 2011 na chave 31419

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31419:

No período entre 2007 e 2009, o dispositivo apresentou uma média de 13,33 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 8 bloqueios, sendo 7 bloqueios anteriores a agosto/10, e apenas 1 após agosto de 2010, data da instalação da chave fusível repetidora. No ano de 2011, não ocorreram bloqueios na chave 31419. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 31419 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado no período 2007-2010 para zero em 2011.

4.1.2 Dispositivo 30426

O GRAF. 11 apresenta o número de interrupções na chave 30426, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

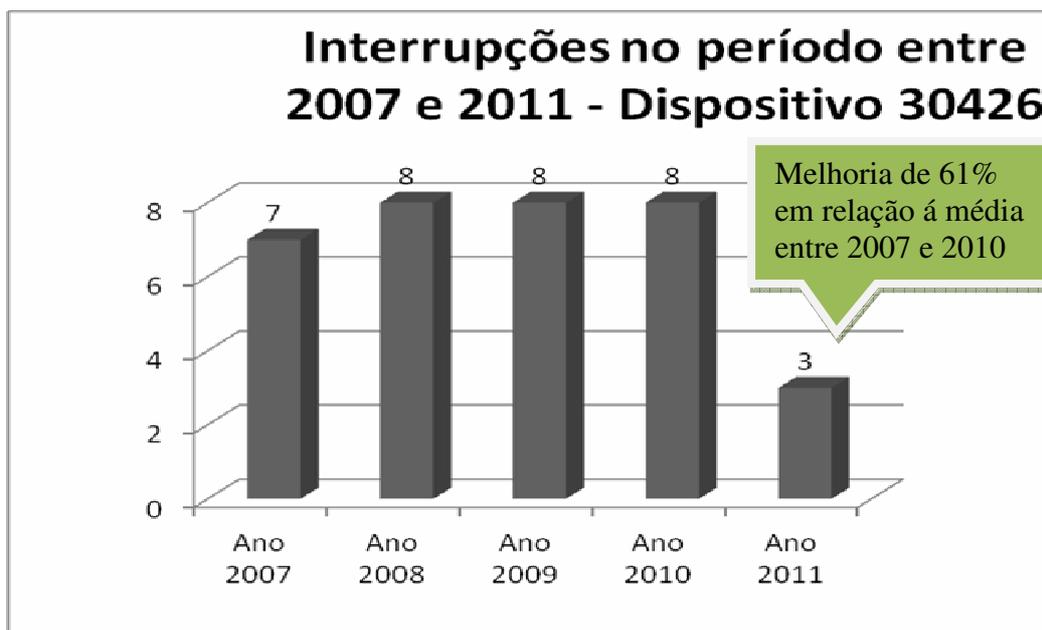


Gráfico 11: Interrupções na chave 30426 entre 2007 e 2010

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 30426:

No período entre 2007 e 2009, o dispositivo apresentou uma média de 7,67 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 8 bloqueios, sendo 6 bloqueios anteriores a outubro/10, e apenas 2 após setembro de 2010, data da instalação da chave fusível repetidora.

No ano de 2011, ocorreram 3 bloqueios na chave 30426. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 30426 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas 3

interrupções no ano de 2011, com melhoria de 61% no desempenho deste dispositivo em relação á média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.3 Dispositivo 28388

O GRAF. 12 apresenta o número de interrupções na chave 28388, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em julho/ 10:

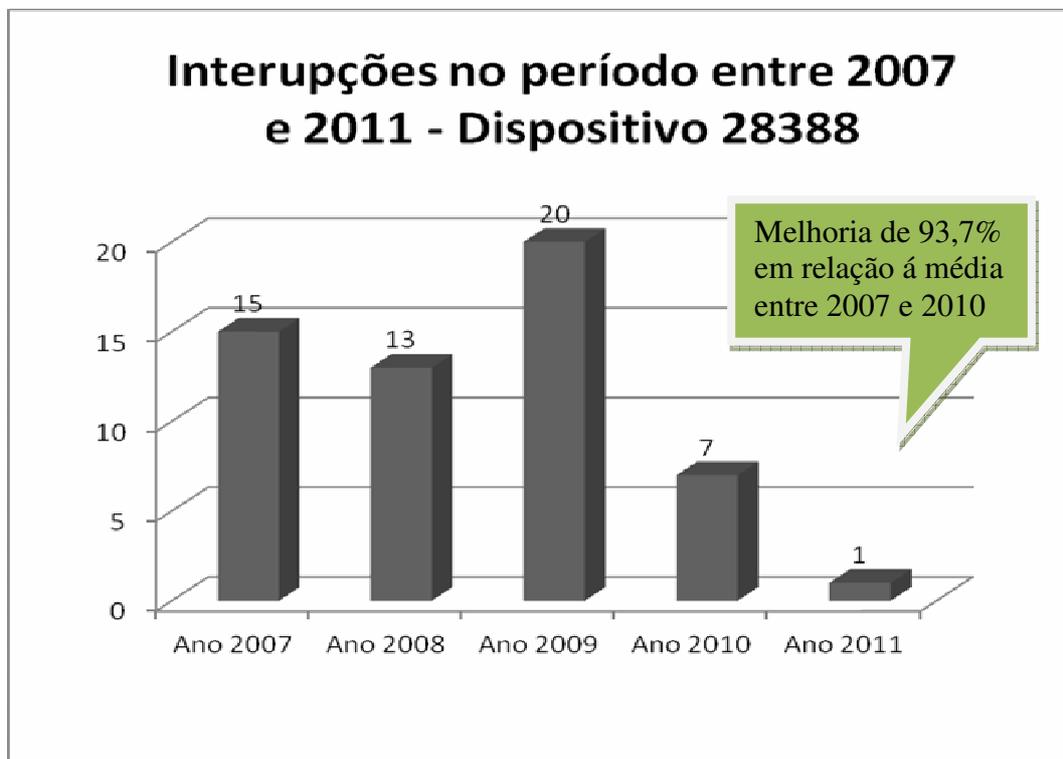


Gráfico 12: Interrupções na chave 28388 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 28388:

No período entre 2007 e 2009, o dispositivo apresentou uma média de 16 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 7 bloqueios, sendo 6 bloqueios anteriores a julho/10, e apenas 1 após julho de 2010, data da instalação da chave fusível

repetidora. No ano de 2011, ocorreu apenas um bloqueio na chave 28388. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 28388 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas uma interrupção no ano de 2011, com melhoria de 93,75% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.4 Dispositivo 30480

O GRAF. 13 apresenta o número de interrupções na chave 30480, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

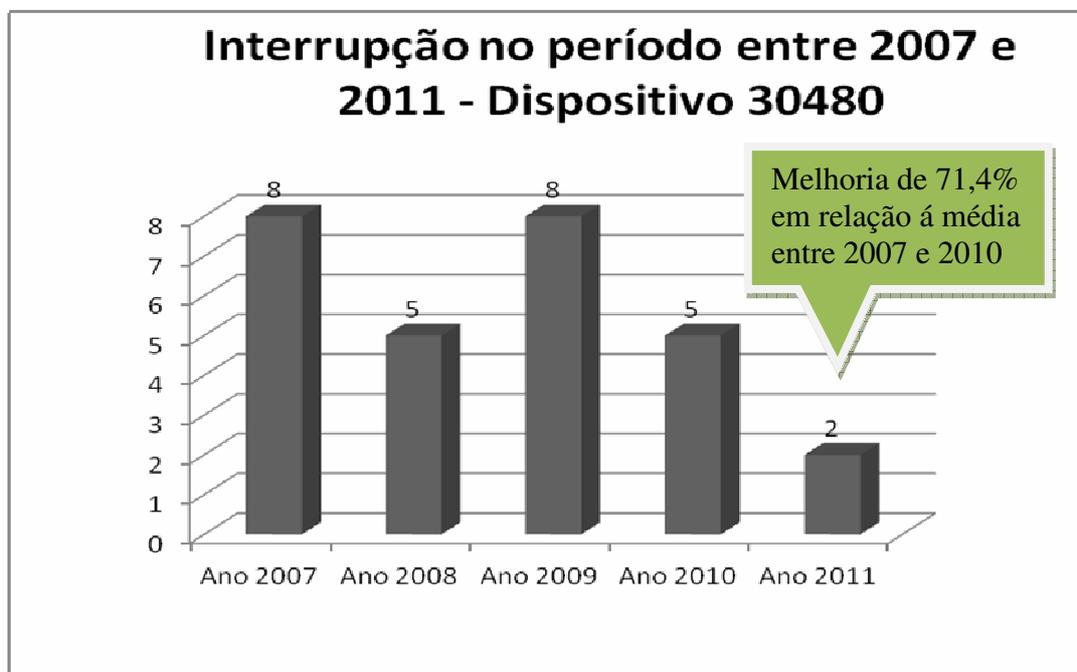


Gráfico 13: Interrupções na chave 30480 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 30480:

No período entre 2007 e 2009, o dispositivo apresentou uma média de 7 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 5 bloqueios, sendo 4 bloqueios anteriores a agosto/10, e apenas 1 após julho de 2010, data da instalação da chave fusível repetidora. No ano de 2011, ocorreram apenas 2 bloqueios na chave 30480. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 30480 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas 2 interrupções no ano de 2011, com melhoria de 71,43% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.5. Dispositivo 31038

O GRAF. 14 apresenta o número de interrupções na chave 31038, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro/ 10:

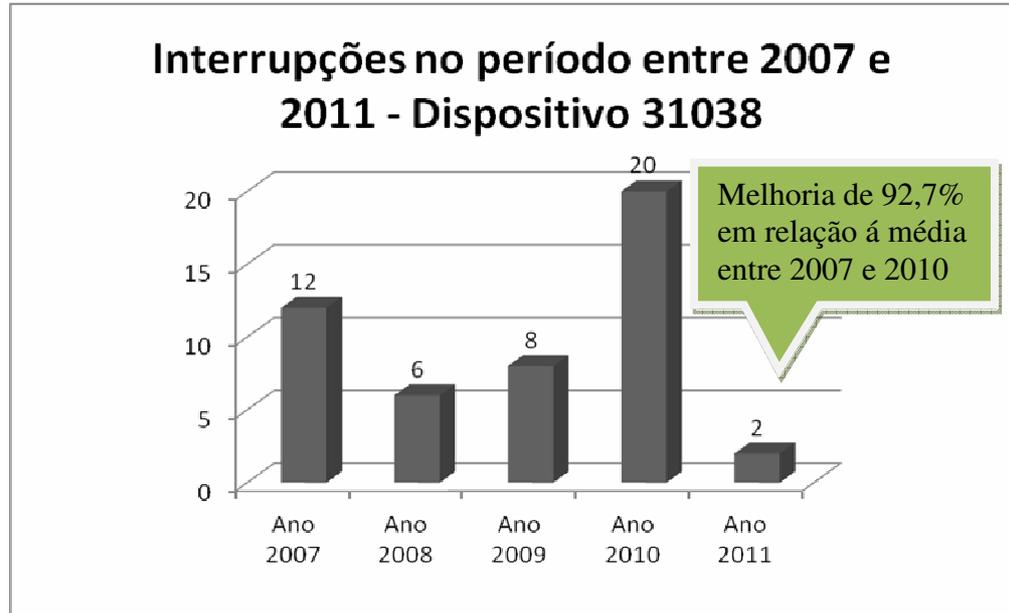


Gráfico 14: Interrupções na chave 31038 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31038:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 11,5 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

Foi substituído ao final de 2010 para chave fusível repetidora. No ano de 2011, ocorreram apenas 2 bloqueios na chave 31038. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 31038 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas 2 interrupções no ano de 2011, com melhoria de 92,71% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.6 Dispositivo 43229

O GRAF. 15 apresenta o número de interrupções na chave 43229, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em julho / 10:

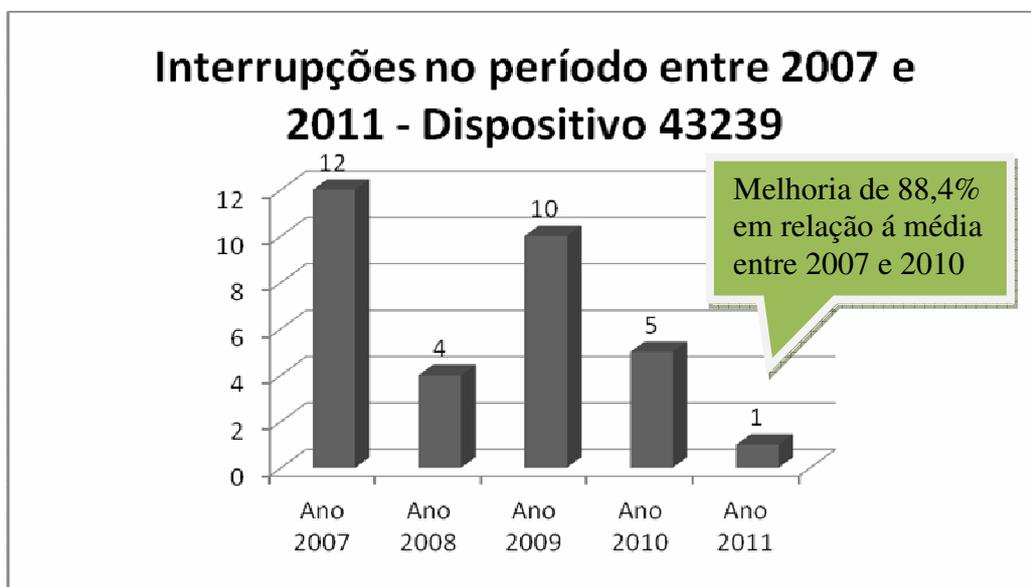


Gráfico 15: Interrupções na chave 43229 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 43239:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 8,67 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 5 bloqueios, sendo os bloqueios anteriores a julho/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 43239 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas uma interrupção no ano de 2011, com melhoria de 88,47% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.7. Dispositivo 48768

O GRAF. 16 apresenta o número de interrupções na chave 48768, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em março / 10:

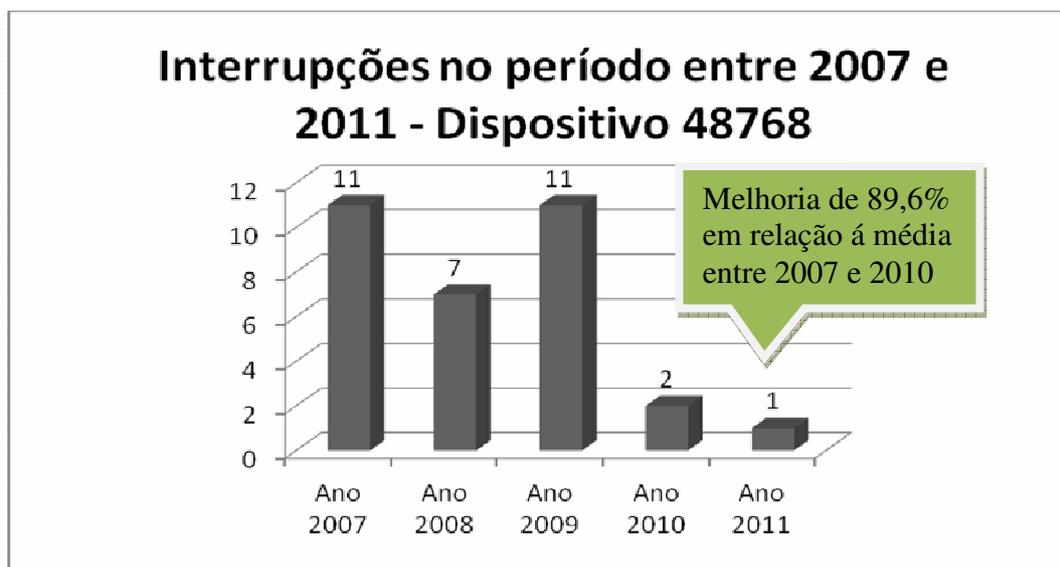


Gráfico 16: Interrupções na chave 48768 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 48768:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 9,67 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 2 bloqueios, sendo os bloqueios anteriores a março/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 48768 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas uma interrupção no ano de 2011, com melhoria de 89,66% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.8 Dispositivo 29113

O GRAF. 17 apresenta o número de interrupções na chave 29113, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

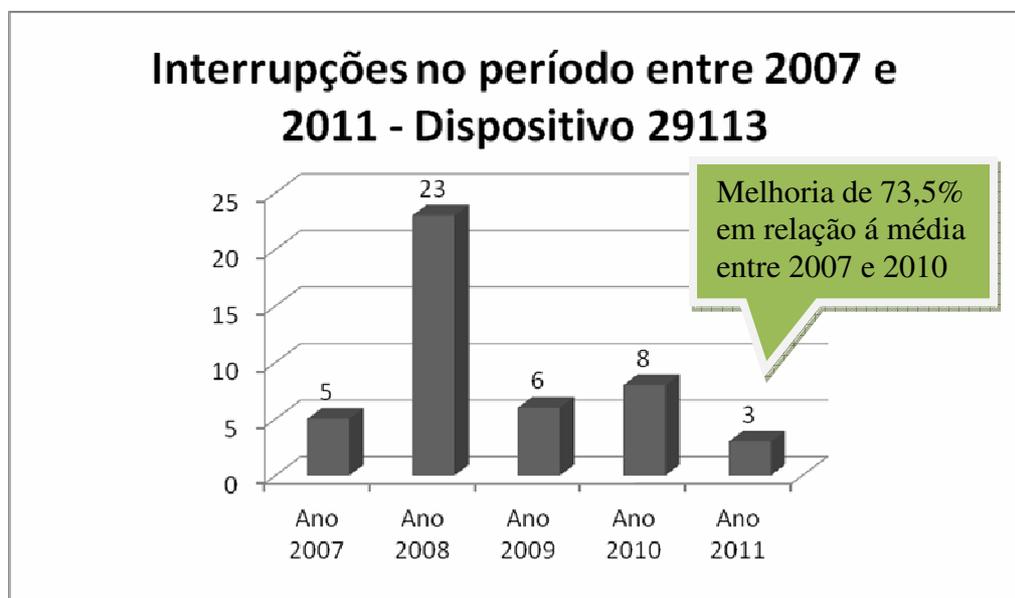


Gráfico 17: Interrupções na chave 29113 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 29113:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 11,33 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 8 bloqueios, sendo 7 bloqueios anteriores a outubro/10, e 1 bloqueio após outubro/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 29113 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas 3 interrupção no ano de 2011, com melhoria de 73,53% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.9 Dispositivo 28389

O GRAF. 18 apresenta o número de interrupções na chave 28389, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

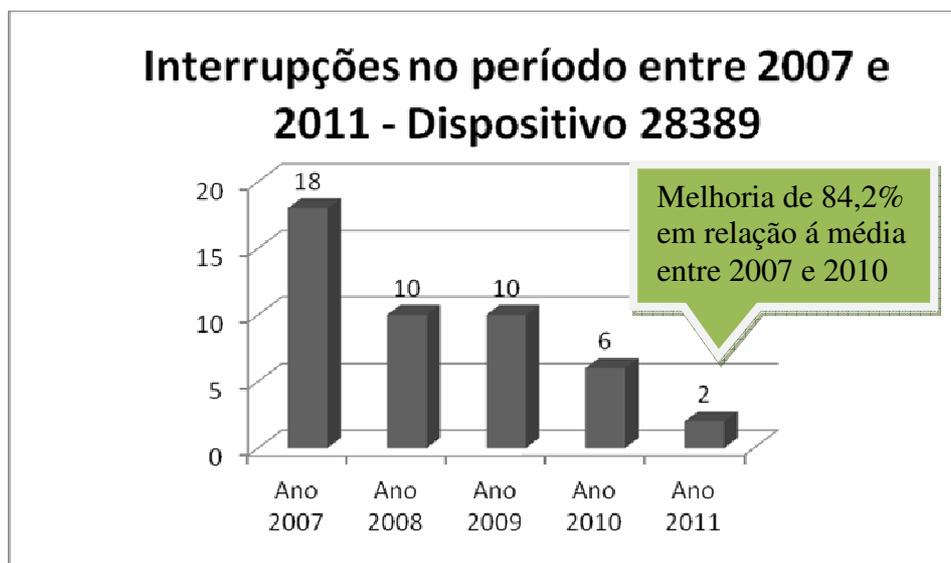


Gráfico 18: Interrupções na chave 28389 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 28389:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 12,67 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve seis bloqueios, sendo ambos os bloqueios anteriores a agosto/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 28389 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para apenas 2 interrupção no ano de 2011, com melhoria de 84,22% no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010

4.1.10 Dispositivo 31018

O GRAF. 19 apresenta o número de interrupções na chave 31018, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em março / 10:

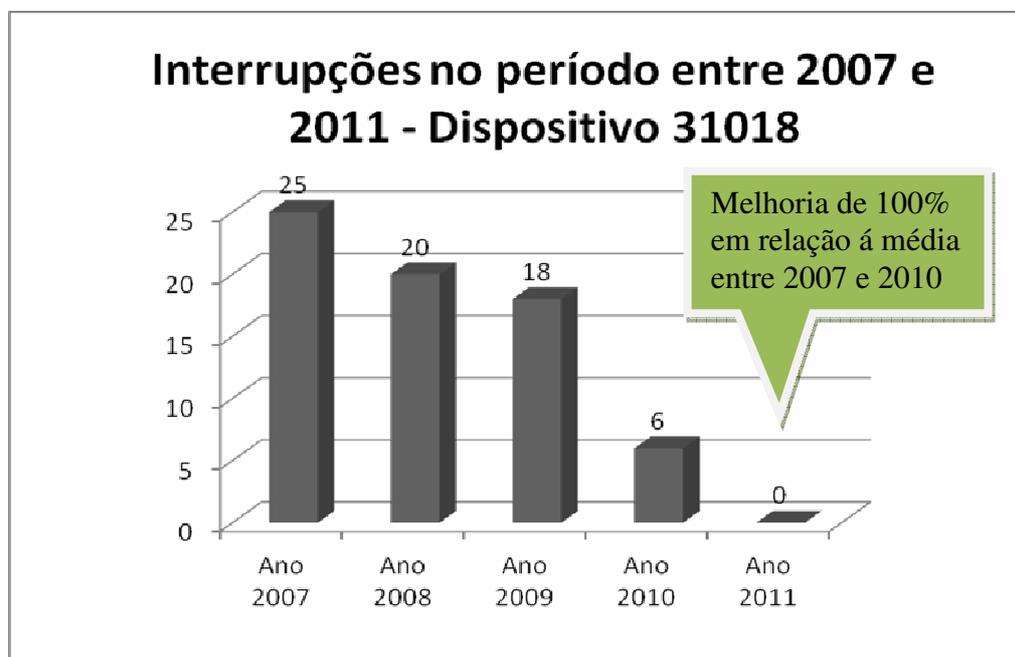


Gráfico 19: Interrupções na chave 31018 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31018:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 21 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 6 bloqueios, sendo ambos os bloqueios anteriores a março/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 31018 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para nenhuma interrupção no ano de 2011, com melhoria de 100 % no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.11 Dispositivo 30983

O GRAF. 20 apresenta o número de interrupções na chave 30983, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro/ 10:

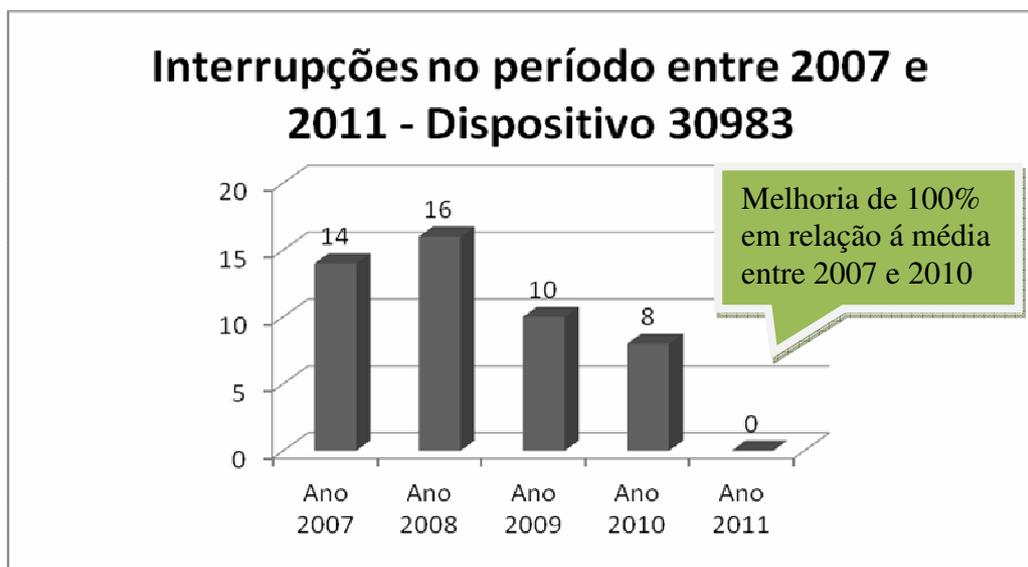


Gráfico 20: Interrupções na chave 30983 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 30983:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 13,33 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

No ano de 2010, o dispositivo teve 8 bloqueios, sendo ambos os bloqueios anteriores a outubro/10, data da instalação da chave fusível repetidora. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 30983 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado para nenhuma interrupção no ano de 2011, com melhoria de 100 % no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

4.1.12 Dispositivo 29971

O GRAF. 21 apresenta o número de interrupções na chave 29971, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

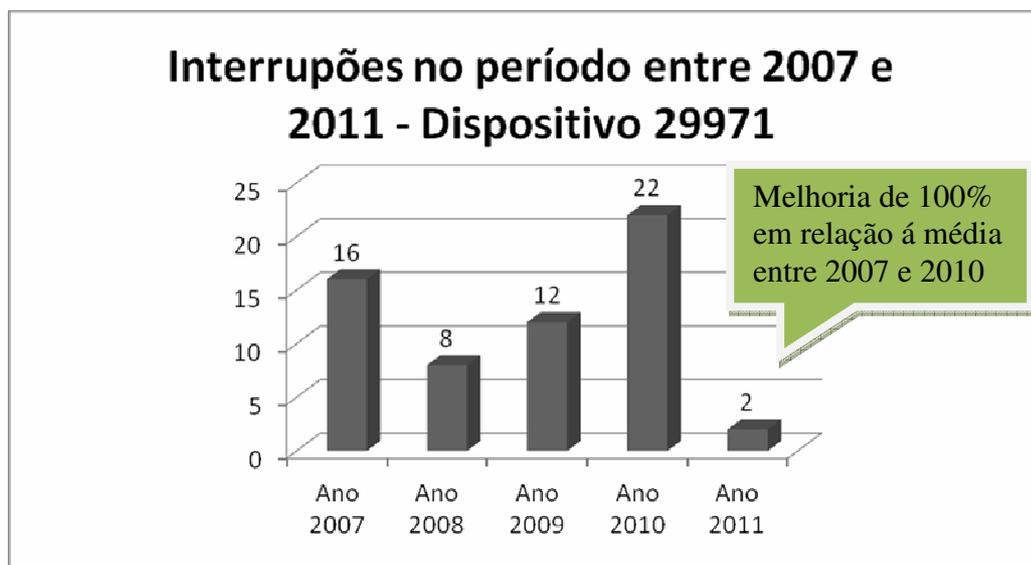


Gráfico 21: Interrupções na chave 29971 entre 2007 e 2011

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 29971:

No período entre 2007 e 2010, o dispositivo apresentou uma média de 14,5 interrupções por ano, quando ainda era equipado com chave fusível convencional.

Foi substituído ao final de 2010 para chave fusível repetidora. No ano de 2011, ocorreram apenas 2 bloqueios na chave 29971. Dessa forma, a substituição da chave fusível convencional por chave fusível repetidora na derivação 29971 mostrou-se eficiente quanto ao controle do número excessivo de interrupções na rede de distribuição a qual este dispositivo protege, fato comprovado pela redução do número de interrupções historicamente levantado no período para apenas 2 interrupções no ano de 2011, com melhoria de 86,21 % no desempenho deste dispositivo em relação a média de interrupções entre 2007 e 2010.

O conjunto elétrico de Caratinga apresentava em 31/10/11, um total de 298 chaves fusíveis repetidoras instaladas, conforme dados informados pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, através de seu programa de acompanhamento do sistema elétrico chamado CONDIS, ao qual obtivemos acesso através do link <http://condiscs/condis>, sendo que com esta pesquisa abrange 4% dos dispositivos instalados.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS POR DISPOSITIVO QUANTO AO DEC

A análise de dados que segue refere-se a duração das interrupções ocorridas nos 12 dispositivos selecionados para acompanhamento, comparando a duração em horas das interrupções no período entre 2007 e 2010, ao qual o dispositivo era equipado com chave fusível convencional, com a duração em horas das interrupções até o mês de outubro de 2011, período que o dispositivo já era equipado com a chave fusível repetidora.

4.2.1 Dispositivo 31419

O GRAF. 22 apresenta a duração das interrupções de energia elétrica em horas na chave 31419, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

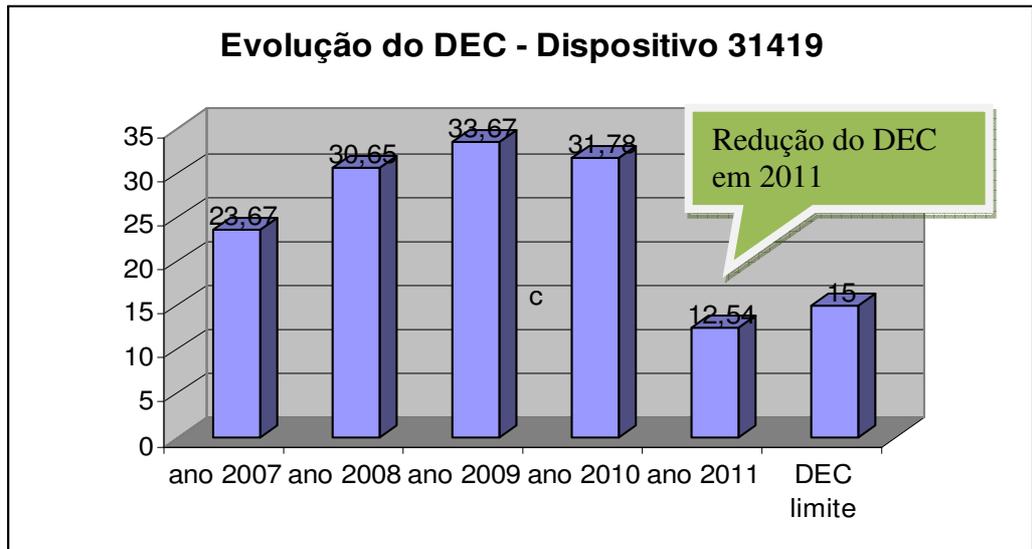


Gráfico 22: Duração em horas das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 31419

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31419:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 29,94 pontos, para 12,54 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 31419 em relação á média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.2 Dispositivo 30426

O GRAF. 23 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 30426, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

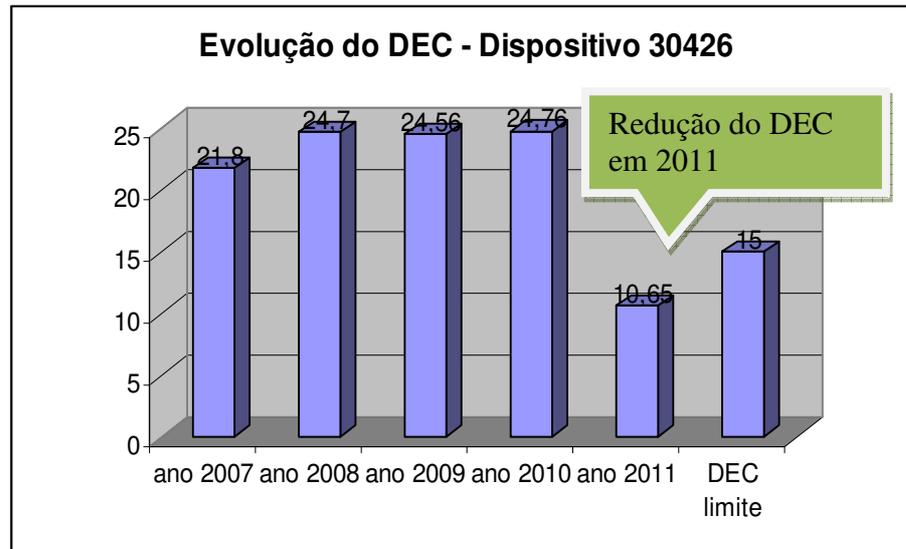


Gráfico 23: Duração em horas das interrupções entre 2007 e 2010, na chave 30426

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 30426:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 23,96 pontos, para 10,65 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 30426 em relação á média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.3 Dispositivo 28388

O GRAF. 24 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 28388, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

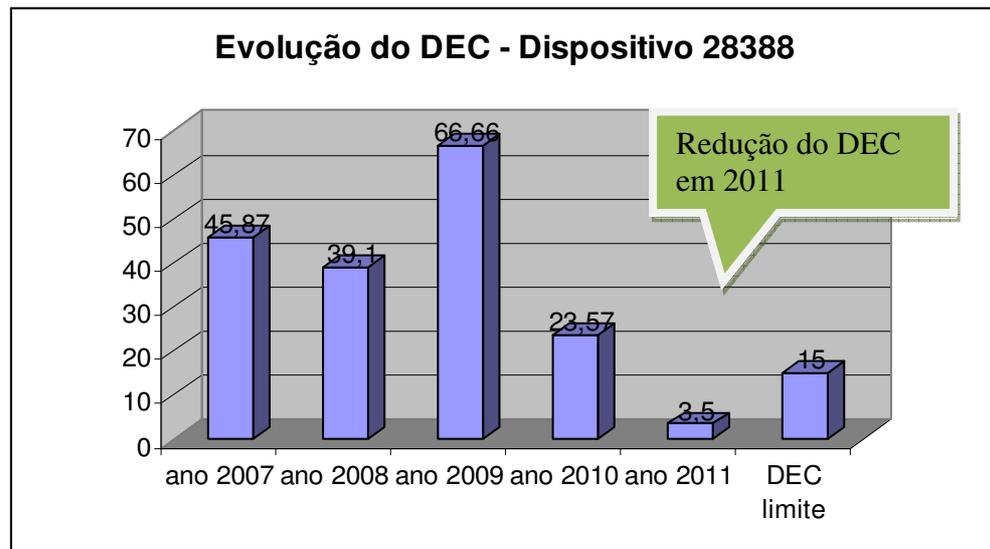


Gráfico 24: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 28388.

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 28388:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 43,80 pontos, para 3,5 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 28388 em relação á média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.4 Dispositivo 30480

O GRAF. 25 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 30480, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

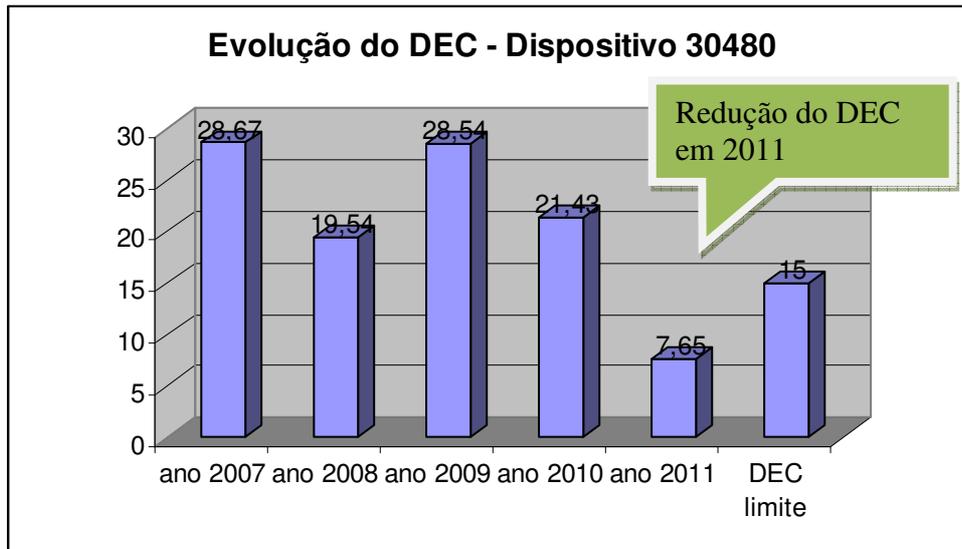


Gráfico 25: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 30480

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 30480:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 24,55 pontos, para 7,65 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 30480 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.5 Dispositivo 31038

O GRAF. 26 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 31038, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

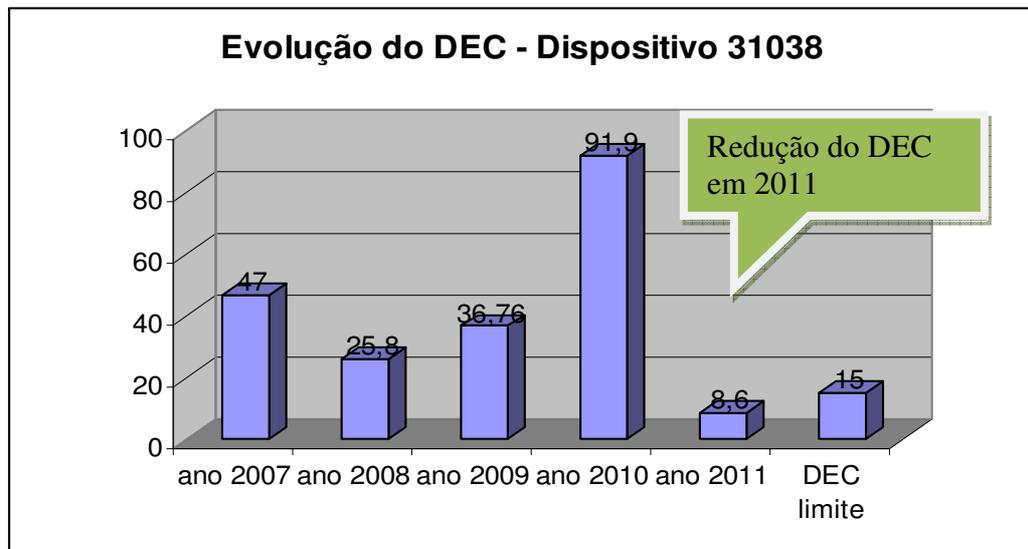


Gráfico 26: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 31038

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31038:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 50,37 pontos, para 8,6 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 31038 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.6 Dispositivo 43239

O GRAF. 27 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 43239, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em julho / 10:

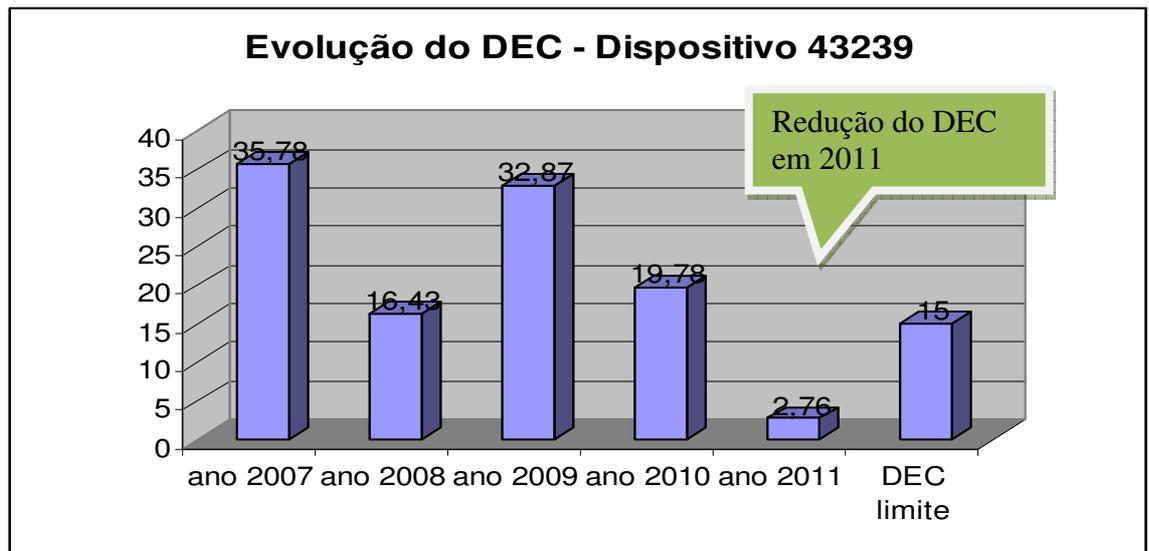


Gráfico 27: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 43239

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 43239:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 26,17 pontos, para 2,76 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 43239 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.7 Dispositivo 48768

O GRAF. 28 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 48768, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em março / 10:

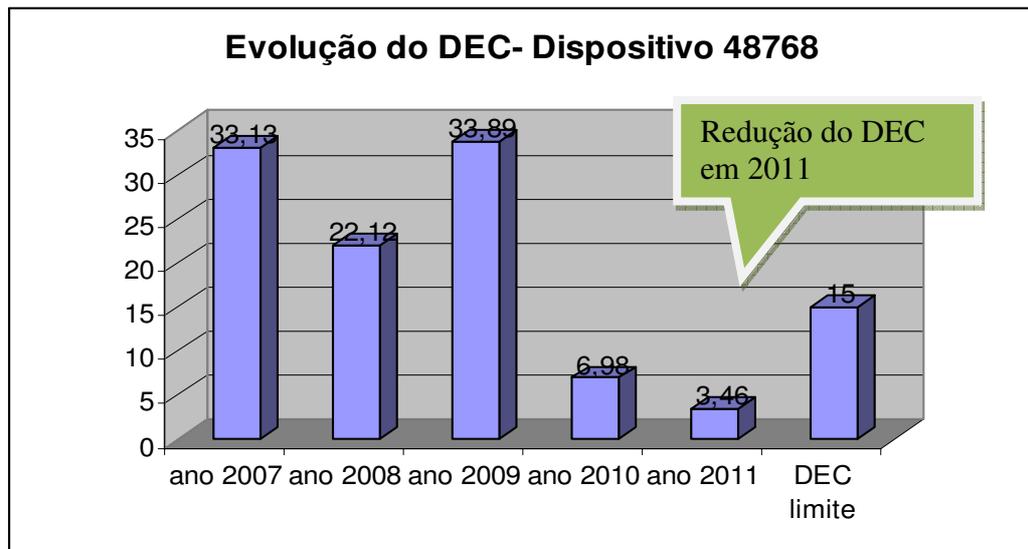


Gráfico 28: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 48768

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 48768:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 24,03 pontos, para 3,46 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 48768 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.8 Dispositivo 29113

O GRAF. 29 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 29113, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

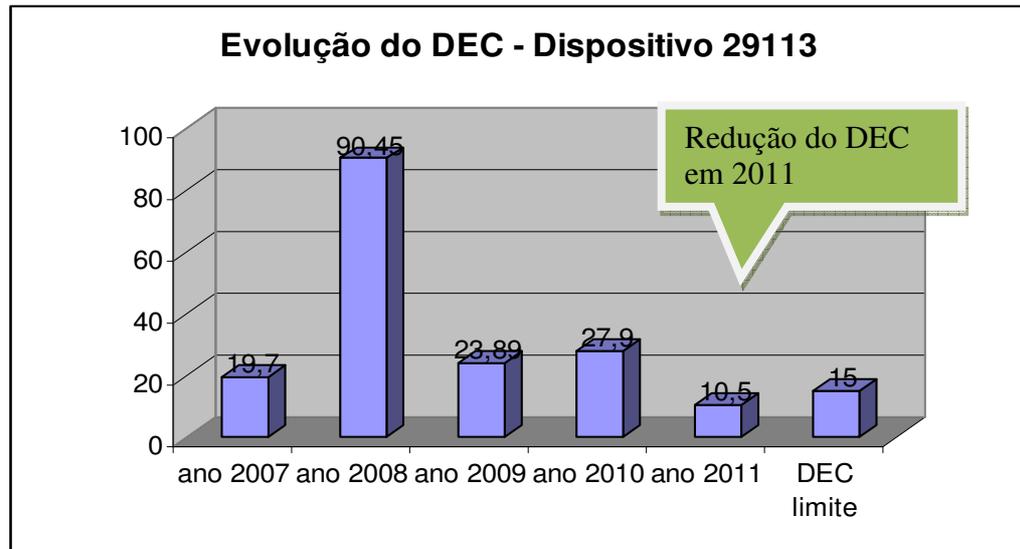


Gráfico 29: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 29113

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 29113:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 40,49 pontos, para 10,5 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 29113 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.9 Dispositivo 28389

O GRAF. 30 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 28389, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em agosto / 10:

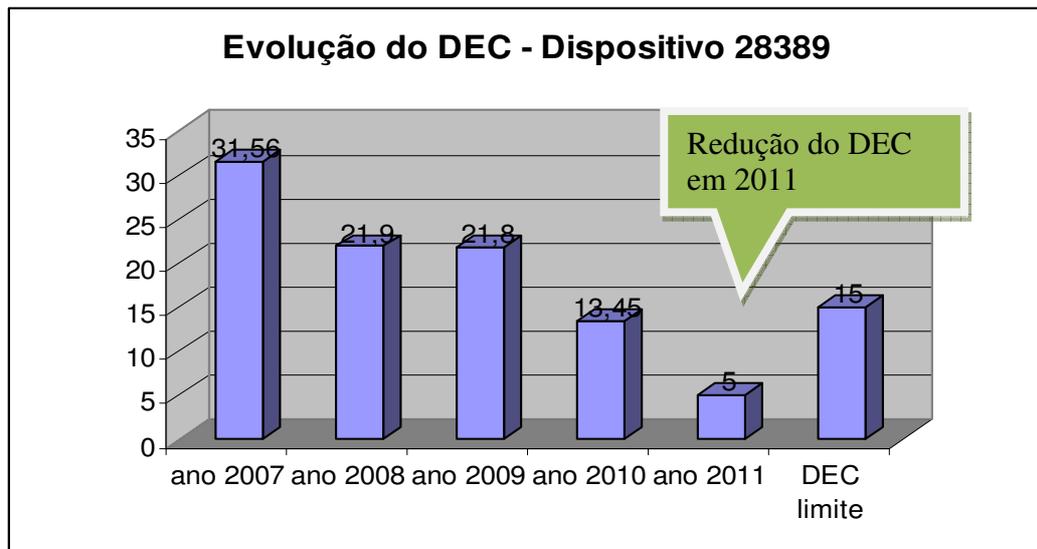


Gráfico 30: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 28389

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 28389:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 22,18 pontos, para 5 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 28389 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.10 Dispositivo 31018

O GRAF. 31 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 31018, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em março / 10:

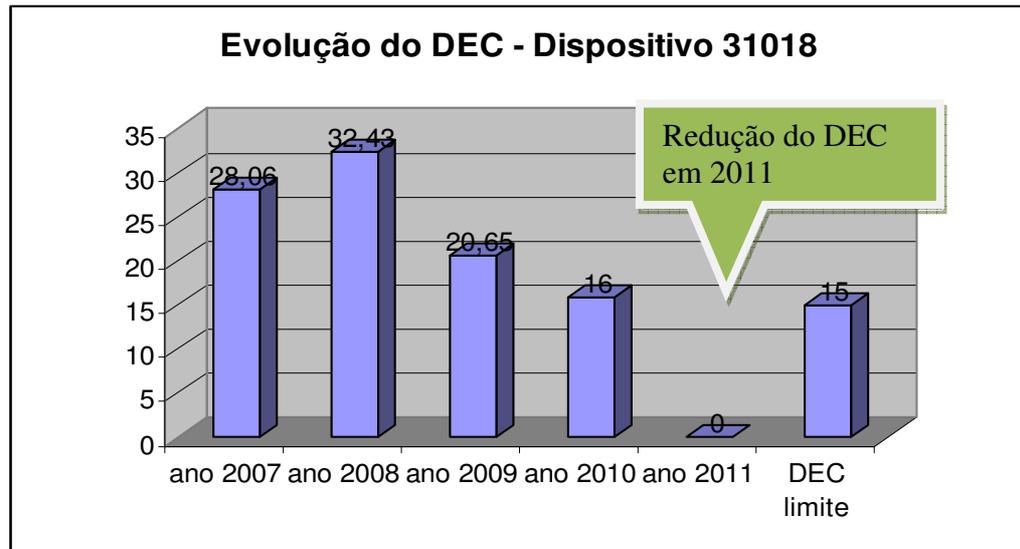


Gráfico 31: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 31018

Fonte: CONINT CEMIG

Análise dos Resultados da chave 31018:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 24,29 pontos, para zero pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 31018 em relação á média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.11 Dispositivo 30983

O GRAF. 32 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 30983, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

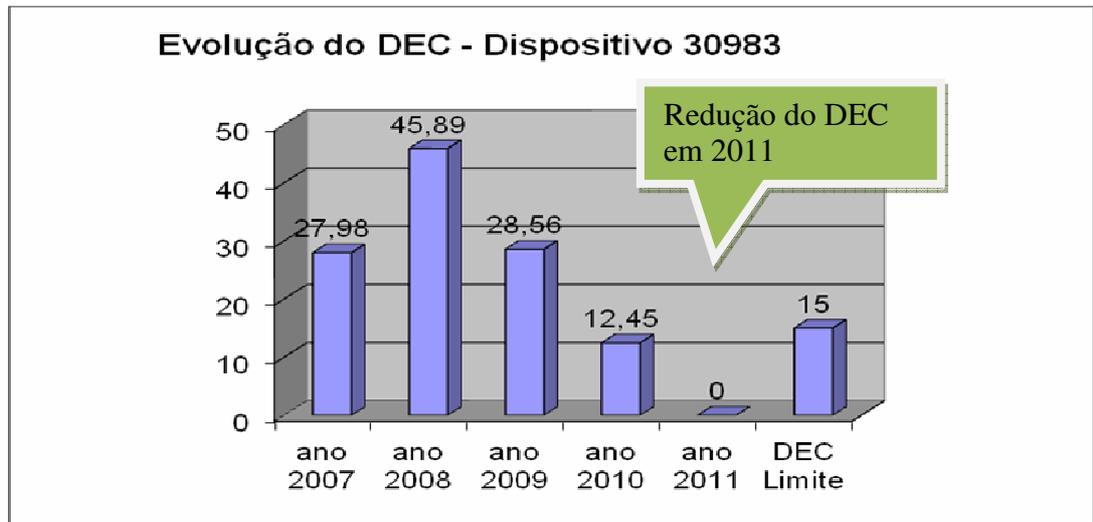


Gráfico 32: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 30983.

Fonte: CONINT CEMIG

Análise do Resultado:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 28,72 pontos, para zero pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 30983 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.2.12 Dispositivo 29971

O GRAF. 33 apresenta a duração das interrupções em horas na chave 29971, no período entre 2007 e 2011. A chave fusível repetidora foi instalada neste dispositivo em outubro / 10:

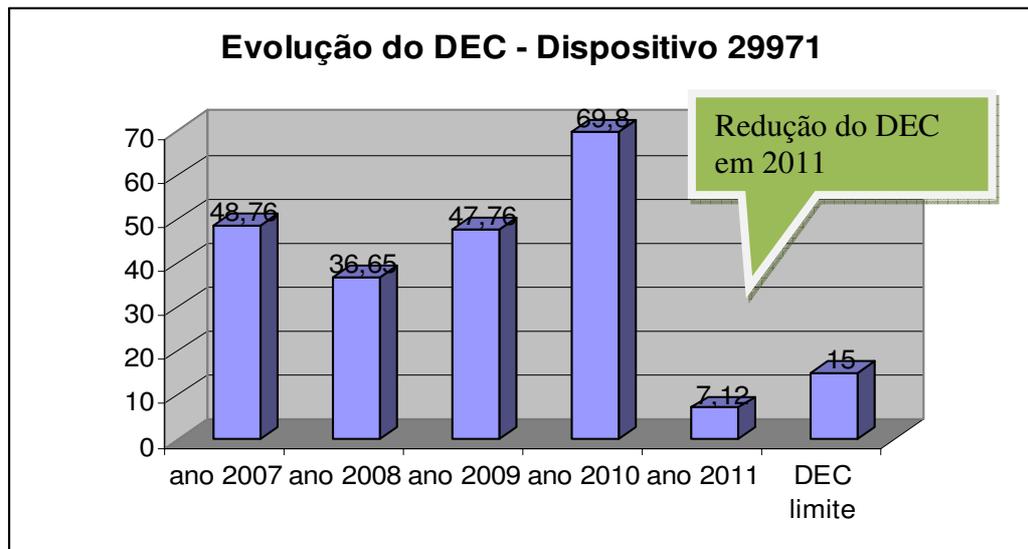


Gráfico 33: Duração das interrupções entre 2007 e 2011 na chave 29971

Fonte: CONINT CEMIG

Análise do Resultado:

Redução do DEC anual médio entre 2007 e 2010 de 50,74 pontos, para 7,12 pontos em 2011. A meta considerada para análise foi a determinada pela ANEEL para o ano de 2011 para o conjunto elétrico de Caratinga, ou seja, 15 horas de interrupção anual. Houve redução do DEC na derivação protegida pelo dispositivo 29971 em relação à média de duração das interrupções no período entre 2007 e 2010.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS QUANTO AOS ÍNDICES DE CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.

Todos os dispositivos apresentaram redução do número de interrupções, após a substituição do equipamento para chave fusível repetidora.

Os GRAF. 34 e 35 apresentam a melhoria de desempenho dos 12 dispositivos analisados, referindo-se à porcentagem de melhoria nos equipamentos quanto à redução do número de interrupções acidentais, após a instalação do

equipamento, segundo dados retirados do sistema CONINT, da Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG:

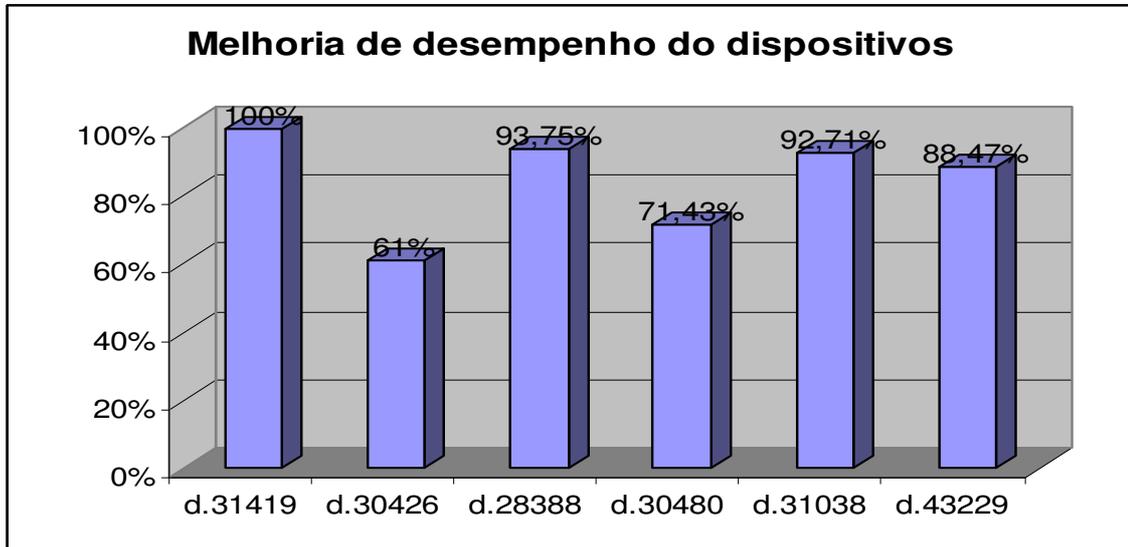


Gráfico 34: Melhoria de desempenho dos dispositivos no sistema elétrico

Fonte: CONINT CEMIG

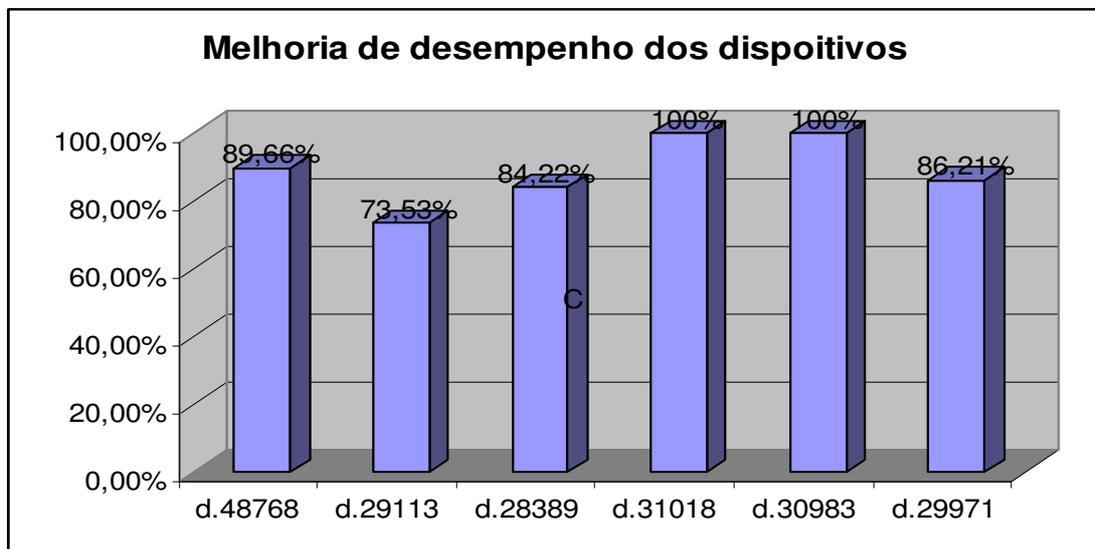


Gráfico 35: Melhoria de desempenho dos dispositivos no sistema elétrico

Fonte: CONINT CEMIG

Os gráficos 34 e 35 apresentam quanto, percentualmente, cada dispositivo evoluiu, em relação à média de interrupções do período entre 2007 e 2010. Alguns dispositivos tiveram uma evolução de 100% em relação ao histórico anterior de

interrupções, como os dispositivos 31419, 31018 e 30983, que após a instalação da chave fusível repetidora não tiveram nenhuma interrupção.

5. CONCLUSÃO

O equipamento mostrou-se bastante eficiente quanto á proteção das redes de distribuição em relação á chave fusível convencional, sobretudo na redução da freqüência de interrupções e atuação nos casos de defeitos temporários em redes de distribuição, oferecendo ao consumidor uma melhoria considerável na prestação do serviço, além de reduzir os custos operacionais das concessionárias de energia elétrica quanto a restabelecimentos emergenciais.

Conclui-se também que há um ganho exponencial das concessionárias de energia elétrica quanto a investimentos nos equipamentos de proteção equipados com dispositivos de religamentos automáticos, pois podem deixar de investir em religadores e seccionalizadores, que apresentam custo muito elevado, para investir em chaves fusíveis repetidoras a um custo bem menor.

Desta forma, sumarizam-se, a seguir alguns pontos a serem estudados futuramente e que provavelmente apontarão para outros, quais sejam:

- Estudo de um programa periódico de substituição dos elos fusíveis rompidos das chaves fusíveis repetidoras, sem interrupção do fornecimento de energia, visando não deixar chegar á condição de o último elo fusível romper-se, interrompendo o fornecimento;
- Estudo para implantação de um sistema de comunicação junto á chave fusível repetidora, de forma que o centro de comando da concessionária tome conhecimento quando um dos elos fusíveis da chave romper-se;
- Estudo para adaptação na chave fusível repetidora de um sistema de recomposição da alavanca de acionamento do religamento automático eletroeletrônico.

REFERÊNCIAS

BRONZEADO H. S. – CHESF,Á. J.P. Ramos – CHESF, J.G. de Oliveira – UFU, J.P.G. de Abreu – EFEI, A.A.C.Arruda – ELETROPAULO, A.C. Brandão – CEMIG – **“Uma Proposta de Nomenclatura Nacional de Termos e Definições”** – II SBQEE Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica, 1997.

CEMIG. **Manual de instalações elétricas**. Belo Horizonte, 2003, pág. 07 a 15 e pag. 34 a 41.

CEMIG. **Manual redes de distribuição aéreas**. Belo Horizonte, 1998.

CEMIG. **Equipamentos de Rede de proteção**. Belo horizonte, 1999, pag 20 a 65.

CEMIG. **Tabela de orçamentos de materiais da distribuição**. Belo Horizonte, 2008, pag 17 a 20

CEMIG. **Interface CONDIS**. Disponível em <http://condisccs.condis>, intranet CEMIG, 2011. Acesso entre 21 e 30/11/11.

CEMIG. **Interface GEMINI**. Disponível em <http://gemini-remoto>, intranet CEMIG, 2011. Acesso entre 21 e 30/11/11.

CEMIG. **Interface CONINT**. Disponível em <http://conint.conintcemig>, intranet CEMIG, 2011. Acesso entre 21 e 30/11/11.

FONSECA, Caá M. **Dimensionamento de Barramento em subestações**. Disponível em <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/24300/000736247.pdf?sequence=1>. Acesso em 10 nov. 2011.

FONSECA, Celso Sucow da, **Subestações: Tipos, Equipamentos e proteção**. Disponível em <http://www.uff.br/lev/downloads/apostilas/SE.pdf>. Acesso em 10 nov. 2011.

HASSIN, Eduardo Sormanti. “**Continuidade dos serviços de Distribuição de Energia Elétrica: Análise Regulatória, correlação dos indicadores emetodologia de compensação ao consumidor**”, Itajubá, 2008,pag. 1 a 3.

CEMIG. **Instrução 02.111- EM/PE – 2044: Chaves fusíveis repetidoras**. Setor de Engenharia CEMIG, 2001.

MIRANDA, Nicolas R; **Proteção dos Sistemas de Distribuição**. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAenr4AF/protecao-sistemas-eletricos-distribuicao>. Acesso em 05 nov. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional**. Módulo 8 - Qualidade de Energia. Brasília, p. 38 a 60, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Índices de continuidade do fornecimento de energia elétrica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>, acesso em 26/11/11.

HUBNER, Nelson. “ANEEL irá intensificar a fiscalização nas concessionárias de energia elétrica”. **O Estado de São Paulo**. São Paulo, 22/07/11. Página 13.

