

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA
ÊNFASE EM QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

**NORMAS E REGULAMENTAÇÕES EM QUALIDADE DA
ENERGIA ELÉTRICA SOB A ÓTICA DO FORNECEDOR**

Por

Isabela Michel e Silva

Monografia de Final de Curso

Prof. Eduardo Nohme Cardoso
(Orientador)

Belo Horizonte, Março/2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Engenharia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Curso de Especialização em Sistemas de Energia Elétrica:

Ênfase em Qualidade da Energia Elétrica

NORMAS E REGULAMENTAÇÕES EM QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA SOB A ÓTICA DO FORNECEDOR

Isabela Michel e Silva

Orientador: Prof. Eduardo Nohme Cardoso

Monografia submetida à Banca Examinadora designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas de Energia Elétrica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do *Certificado de Especialista em Sistemas de Energia Elétrica com Ênfase em Qualidade da Energia Elétrica*.

Belo Horizonte, Março/2012

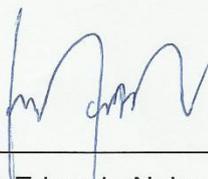
**NORMAS E REGULAMENTAÇÕES EM QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA
SOB A ÓTICA DO FORNECEDOR**

Isabela Michel e Silva

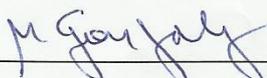
Monografia submetida à Banca Examinadora designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas de Energia Elétrica, como parte dos requisitos necessários à obtenção do *Certificado de Especialista em Sistemas de Energia Elétrica com ênfase em Qualidade da Energia Elétrica*.

Aprovada em 27 de março de 2012

Por:



Prof. Eduardo Nohme
(Orientador)



Prof. Manuel Lousada y Gonzalez
(Relator)

Dedico esse trabalho aos meus pais, José Artur e Solange, e à Zeni, uma pessoa especial.

Resumo

O objetivo deste trabalho é realizar o levantamento das normas e regulamentações contidas no Procedimento de Distribuição e mostrar como esta questão tem sido tratada pelos fornecedores, atuando conjuntamente com instituições de pesquisa, monitorando o maior número de dados possíveis a partir da entrega à rede pela subestação, na perspectiva da prestação de um serviço de melhor qualidade aos consumidores.

Lista de Gráficos, Figuras e Tabelas

Figura 1 – As principais instituições do modelo do setor elétrico no Brasil – P.8

Tabela 1 – Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração – P.12

Figura 2 – Interrupção de tensão – P.13

Figura 3 – Afundamento de tensão de curta duração – P.13

Figura 4 – Elevação de tensão – P.14

Figura 5 – Tensões desequilibradas em magnitude e fase – P.15

Figura 6 – Flutuação de tensão – P.16

Tabela 2 – Valores de referência globais das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental) – P.17

Tabela 3 – Valores de referência para distorções harmônicas individuais de tensão (em porcentagem da tensão fundamental) – P.18

Tabela 4 – Classificação da Tensão de Atendimento – P.22

Tabela 5 – Classificação da Tensão de Atendimento – P.23

Tabela 6 – Tabela da Dimensão da Amostra Trimestral – P.24

Tabela 7 – Limites dos indicadores de continuidade anuais, trimestrais e mensais por ponto de conexão e tensão contratada – P.29

Tabela 8 – Multas das empresas de energia elétrica por descumprirem metas de interrupção de energia – P.31

Siglas

AMFORP – American and Foreign Power Company

AMT – Afundamentos Momentâneos de Tensão

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais S.A.

CHESF – Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

CIQ – Central Integrada de Qualidade

CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNAEE – Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica

CONESP – Comissão de Nacionalização de Empresas Concessionárias de Serviços Públicos

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

DEC – Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

DIC – Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão

DMIC – Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão

DRC – Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica

DRCE – Duração Relativa de Transgressão de Tensão Crítica Equivalente

DRP – Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária

DRPE – Duração Relativa de Transgressão de Tensão Precária Equivalente

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.

FEC – Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora

FIC – Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão

GCE – Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica

IA – Inteligência Artificial

ICC – Índice de Unidades Consumidoras com tensão Crítica

IED's – Dispositivos Eletrônicos Inteligentes

MAE – Mercado Atacadista de Energia

MME – Ministério de Minas e Energia

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas

PND – Programa Nacional de Desestatização

PNIE – Percentual do Número de Ocorrências Emergenciais com Interrupção de Energia

PRODIST – Procedimentos de Distribuição

PUCMINAS – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

QEE – Qualidade da Energia Elétrica

RE-ESB – Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro

RIQEE – Registrador de Indicadores

SFE – Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade

SGQEE – Sistema de Gerenciamento da Qualidade da Energia Elétrica

SIN – Sistema Interligado Nacional

SMQEE – Sistema de Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica

TAC – Termos de Ajustamento de Conduta

TMAE – Tempo Médio de Atendimento de Emergência

TMD – Tempo Médio de Deslocamento

TME – Tempo Médio de Execução

TMP – Tempo Médio de Preparação

UNICAMP – Universidade Federal de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

VTCD – Variação de Tensão de Curta Duração

Sumário

Capítulo 1: Introdução	1
1.1 Objetivo	1
1.2 Relevância	1
1.3 Organização do texto	2
Capítulo 2: Setor Elétrico Brasileiro	3
2.1 Histórico do Setor Elétrico Brasileiro	3
2.2 Principais Entidades do Setor Elétrico Brasileiro.....	8
Capítulo 3: Qualidade da Energia Elétrica	11
3.1 Variação de Tensão de Curta Duração	12
3.1.1 Interrupção de Tensão	12
3.1.2 Afundamento de Tensão.....	13
3.1.3 Elevação de Tensão.....	14
3.2 Desequilíbrio de Tensão.....	14
3.3 Flutuação de Tensão	15
3.4 Harmônicos	16
Capítulo 4: Normas e Regulamentações	19
4.1 Procedimentos de Distribuição	19
4.1.1 Regulamentação da Qualidade da Energia elétrica	20
4.1.2 Indicadores.....	21
4.1.2.1 Indicadores do Nível de Tensão	21
4.1.2.2 Indicadores de Atendimento às Ocorrências Emergenciais.....	25
4.1.2.3 Indicadores de Continuidade	27
4.1.2.4 Indicadores de Continuidade para Transmissoras Detentoras de DIT e Distribuidoras Acessadas por outras Distribuidoras.....	28
4.1.2.5 Indicadores de Qualidade do Produto Energia Elétrica ainda não Definidos	29
4.2 Penalizações	30
4.3 Monitoração.....	32
Capítulo 5: Conclusões	37
Bibliografia	38

Capítulo 1

Introdução

1.1 Objetivo

Realizar o levantamento das normas e regulamentações existentes e de sistemas de monitoramento da qualidade da energia elétrica fornecida aos clientes feitos pela concessionária. Pretende-se, ainda, mostrar como esta questão tem sido tratada pelos fornecedores, atuando conjuntamente com instituições de pesquisa, monitorando o maior número de dados possíveis a partir da entrega à rede pela subestação, na perspectiva da prestação de um serviço de melhor qualidade aos consumidores.

1.2 Relevância

A presença da eletrônica, em parte expressiva dos equipamentos modernos, se, por um lado, torna essa natureza de carga mais sensível à qualidade da energia elétrica consumida, por outro, seja esta, talvez, a principal responsável pelo comprometimento da tensão disponibilizada pelas concessionárias aos clientes. Esta realidade tem promovido diversos problemas, tanto para os consumidores, nos danos causados aos equipamentos ou interrupções nos processos produtivos, quanto para os fornecedores, em razão das falhas ou desligamentos de curta ou longa duração.

Os consumidores, em resposta aos supostos transtornos causados, promovem o crescimento dos pedidos de ressarcimento dos eventuais prejuízos decorrentes da má qualidade da energia elétrica disponibilizada. Paralelamente, os fornecedores de energia elétrica registram cotidianamente o comprometimento de

sua imagem perante o público, fruto do desgaste das relações com seus clientes, gerado na equivocada interpretação e compreensão dos fatos ocorridos.

Esta realidade conflituosa, na maioria das vezes, tem origem nos aspectos relacionados aos direitos e deveres das partes, sejam pelas ainda incipientes regulamentações do setor, seja por mero desconhecimento do assunto. Na busca de uma disciplina clara, objetiva e de consenso, os esforços despendidos pelos diversos agentes envolvidos vêm proporcionando, vez por outra, uma nova leitura e compreensão desta questão.

Neste contexto, a investigação do estado atual desta arte e sua disponibilização como uma eventual fonte de consulta, torna-se bem oportuna.

1.3 Organização do texto

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos. Neste capítulo apresenta-se o objetivo, a relevância e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se o histórico da eletricidade no Brasil, a estruturação do setor elétrico brasileiro e os principais órgãos de atuação.

No capítulo 3 mostra-se os distúrbios relacionados à qualidade da energia elétrica.

No capítulo 4 apresentam-se os indicadores de qualidade de energia elétrica contidos no módulo 8 da publicação Procedimentos de Distribuição (PRODIST), exemplo de penalização sofrido pelas concessionárias de energia elétrica pelo descumprimento desses indicadores e os sistemas de monitoramento da qualidade da energia elétrica.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho realizado.

Capítulo 2

Setor Elétrico Brasileiro

Com o objetivo de se ter um conhecimento da evolução da prestação do serviço de energia elétrica e verificar como esta se encontra atualmente, neste capítulo será apresentado um breve resumo do histórico da eletricidade e das leis sobre energia elétrica no Brasil, e as principais entidades do setor elétrico brasileiro.

2.1 Histórico do Setor Elétrico Brasileiro

As primeiras iniciativas do uso da energia elétrica no país ocorreram no final do século XIX, quase simultaneamente com os países da Europa e com os Estados Unidos.

O marco inicial do emprego da energia elétrica no Brasil foi em 1879 quando D. Pedro II inaugurou a iluminação elétrica da estação central da Estrada de Ferro D. Pedro II, atual Central do Brasil, na cidade do Rio de Janeiro. Seis lâmpadas de arco, do tipo Jablokhov, acionadas a partir da energia gerada por dois dínamos, substituíram os 46 bicos de gás existentes. Dois anos mais tarde, a Diretoria Geral dos Correios instalou lâmpadas em um trecho do Jardim do Campo da Aclamação, atual Praça da República. Ainda em 1881, a energia elétrica foi utilizada para iluminar o recinto do edifício do Ministério da Aviação na cerimônia de inauguração da Exposição Industrial, também no Rio de Janeiro.

A primeira Usina Hidrelétrica do Brasil entrou em operação no ano de 1883. Foi instalada no Ribeirão do Inferno, afluente do Rio Jequitinhonha, em Diamantina-MG, com a finalidade de movimentar duas bombas de desmonte hidráulico que, com os jatos d'água, revolviam o terreno, rico em diamantes.

Entre os anos de 1880 e 1900, foram construídas pequenas usinas geradoras devido à necessidade de fornecimento da energia elétrica para serviços públicos de iluminação, bondes elétricos e para atividades econômicas. Os primeiros concessionários dos serviços de eletricidade constituíam-se de pequenos produtores e distribuidores, organizados como empresas de âmbito municipal por fazendeiros, empresários e comerciantes locais, vinculados à agricultura de exportação, aos serviços urbanos, principalmente iluminação e transportes, e à indústria. [6].

Em 1899 o grupo Light cria a São Paulo Railway, Light and Power Company Limited, por iniciativa de um grupo de capitalistas canadenses, que no mesmo ano passaria à denominação de São Paulo Tramway, Light and Power Company Ltd. Em 1904, investidores canadenses e americanos criam a Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Company Limited. O objetivo ia além da produção, da utilização e da venda de eletricidade, abrangendo implantação de linhas férreas, telefônicas e distribuição de gás canalizado.

Em 1903 foi aprovado, pelo Congresso Nacional, o primeiro texto de lei que disciplinava o uso de energia elétrica no país – a Lei nº 1.145, de 31 de dezembro de 1903. O governo foi autorizado a promover, por via administrativa ou mediante concessão, o aproveitamento da força hidráulica para transformação em energia elétrica, para os serviços federais, facultando o emprego do excedente na lavoura, na indústria ou em outros fins. Essa determinação foi regulamentada pelo Decreto nº 5.407, de 27 de dezembro de 1904, que estabeleceu regras básicas para os contratos de concessão de aproveitamento aplicado aos serviços federais. [5].

Nos anos 1920, parte das empresas de capital nacional foram transferidas para o controle das empresas estrangeiras, o que determinou a considerável monopolização e desnacionalização do setor. Nessa mesma década, foi criado o primeiro órgão oficial relacionado à política setorial – a Comissão Federal de Forças Hidráulicas, do Ministério da Agricultura – no bojo de um processo que culminaria com a promulgação do Código de Águas, em 1934. [6].

Em 1930, as atividades ligadas à energia elétrica estavam dominadas pelo Grupo Light, no Rio de Janeiro e em São Paulo, e pela American and Foreign Power Company (AMFORP), em diversas capitais estaduais, situação que viria a perdurar até meados dos anos 1960. [6].

Na década de 1930 o Governo Federal assume seu papel intervencionista na gestão do setor de águas e energia elétrica com a formalização do Código de Águas (Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934). De autoria do jurista Alfredo Valadão, o código sofreu acréscimos à versão original de 1907. Nele foram definidos a caracterização jurídica das águas e o regime de concessões. Foi atribuída à União o poder de autorizar ou conceder o aproveitamento da energia hidráulica, procedeu-se à distinção entre a propriedade do solo e das quedas d'água e outras fontes de energia hidráulica para efeito de exploração ou aproveitamento industrial, definindo-as como bens imóveis. Os pedidos de concessão e autorização para utilização de energia hidráulica e para geração, transmissão, transformação e distribuição de energia elétrica passaram a ser encaminhadas à União, por intermédio do Serviço de águas do Ministério da Agricultura. O código também previu a organização de um Conselho Federal de Forças Hidráulicas, o que só ocorreria em 1939, com a criação do Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica (CNAEE). O Código de Águas estabeleceu a estrutura tarifária sob a forma de serviço pelo custo, limitando em 10% o lucro sobre o capital investido e instituindo o princípio do custo histórico na avaliação do capital para o cômputo dos lucros permissíveis e, por fim, assegurou ao poder público a possibilidade de controlar rigorosamente as concessionárias de energia elétrica. Os principais dispositivos do Código de Águas foram reafirmados pelo Decreto-Lei nº 852, de 1938. [5] e [7].

Ao longo dos anos 40, seguindo a tendência de outros setores estratégicos, o Estado amplia seu papel e passa a atuar diretamente na produção. O primeiro investimento nesse sentido foi em 1945, pelo Decreto nº 8.031, de 3 de outubro daquele ano, para organização, pelo Ministério da Agricultura, da primeira empresa de eletricidade pública, de âmbito federal, do Brasil – a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF). [5] e [7]

Posteriormente, em 25 de abril de 1961, por meio da Lei nº 3.890-A, foi criada a ELETROBRÁS para coordenar técnica, financeira e administrativamente o setor de energia elétrica brasileira. Na qualidade de holding federal, congregava quatro subsidiárias além de um conjunto de empresas associadas. A ELETROBRÁS integrou a Comissão de Nacionalização de Empresas Concessionárias de Serviços Públicos (CONESP), participando do processo de compra das empresas do Grupo AMFORP, em 1964. A partir do Decreto nº 60.824, de junho de 1967, foi oficializado

o Sistema Nacional de Eletrificação e a atuação da ELETROBRÁS foi consolidada, com a definição de seu papel executor da política federal de energia elétrica. [5].

Na década de 1970 o governo promoveu importantes mudanças na legislação tarifária brasileira, com a publicação, em 1971, da lei 5.655/71, que estabelecia a garantia de 10% a 12% de retorno sobre o capital investido, a ser computado na tarifa. A medida visava dar sustentação financeira ao setor e serviu também para financiar sua expansão. Havia ainda a facilidade de obtenção de recursos junto à ELETROBRÁS e a entrada de empréstimos externos. Foi um período em que o setor desenvolveu sólidas bases financeiras. Entretanto, enormes diferenças no custo de geração e distribuição entre as diversas regiões eram registrados. Na tentativa de amenizar esta disparidade, o governo instituiu, em 1974, a equalização tarifária mantida por um sistema no qual as empresas superavitárias transferiam recursos para as deficitárias. [7]

Em 1978 foram estabelecidas as disposições relativas à continuidade do serviço no fornecimento de energia elétrica, quando foram determinados critérios quanto às tensões de fornecimento, por meio da publicação da Portaria DNAEE nº 046 e 047, de 17 de abril de 1978. [1]

Já na década de 1990, o setor elétrico brasileiro inicia um período de mudanças mais radicais. O primeiro passo foi a aprovação da Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993, conhecida como Lei Elizeu Resende, que, dentre as modificações instituídas, extingue a equalização tarifária, passando as geradoras e as distribuidoras a fixar suas tarifas em função de custos de serviço e a promoção de medidas visando o equacionamento da inadimplência no setor. [5]. Depois vieram as licitações para novos empreendimentos de geração; a criação da figura do Produtor Independente de Energia; a determinação do livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição e a liberdade para os grandes consumidores escolherem onde adquirir seus suprimentos de energia. [7].

Em 1995 ocorre a privatização da primeira concessionária pública de energia elétrica do país, a Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. (ESCELSA), inaugurando assim uma nova fase do setor, em consonância com a política de privatização enfatizada pelo Programa Nacional de Desestatização (PND). Em 1996, o Ministério das Minas e Energia implanta o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico

Brasileiro (RE-ESB), implicando em mudanças na estrutura vigente, como a desverticalização das atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização.

Diante desse novo formato institucional do setor de energia elétrica brasileiro, o Governo Federal cria pela Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), tendo por finalidade a regulação e a fiscalização da produção, transmissão e comercialização de energia elétrica no país. Outras mudanças foram implantadas com o objetivo de organizar o mercado e a estrutura da matriz energética brasileira, com destaque para a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em 1997, do Mercado Atacadista de Energia (MAE) e do Operador Nacional do Sistema (ONS), em 1998. [7]

Ao atravessar um período de chuvas escassas que baixou consideravelmente os reservatórios das usinas, o Brasil se viu em situação de emergência em razão de um modelo de geração essencialmente hidrelétrico. Por decorrência, em 2001, por meio da Medida Provisória nº 2.147, de 15 de maio, foi criada a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), tendo por finalidade a proposição e implementação de medidas emergenciais para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções no suprimento. O consequente período do racionamento que se seguiu atrasou o crescimento do setor. [5] e [7]

A crise alertou para a necessidade de introduzir novas formas de geração na matriz energética nacional. Ganham destaque as termelétricas que operam com combustíveis como o bagaço de cana (biomassa) e o gás natural, cuja participação na oferta de energia do país saltou de 2,2% em 1985 para 6,6% em 2001. O Governo adotou também medidas para apoiar o desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), fontes não convencionais e conservação de energia. [7]

Entre 2003 e 2004 o Governo Federal deu mais alguns importantes passos no sentido de tornar menos vulnerável o setor elétrico nacional. Foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de subsidiar o planejamento técnico, econômico e socioambiental dos empreendimentos de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, bem como de fontes energéticas renováveis. No âmbito desta nova legislação foram criados o Comitê de Monitoramento do Setor

Elétrico (CMSE), responsável por avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica do país, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), no lugar do antigo Mercado Atacadista de Energia (MAE), para organizar as atividades de comercialização de energia no sistema interligado. [5] e [7].

2.2 Principais Entidades do Setor Elétrico Brasileiro

A figura 1 ilustra o relacionamento das principais instituições do atual modelo do setor elétrico no Brasil neste novo contexto. [8]

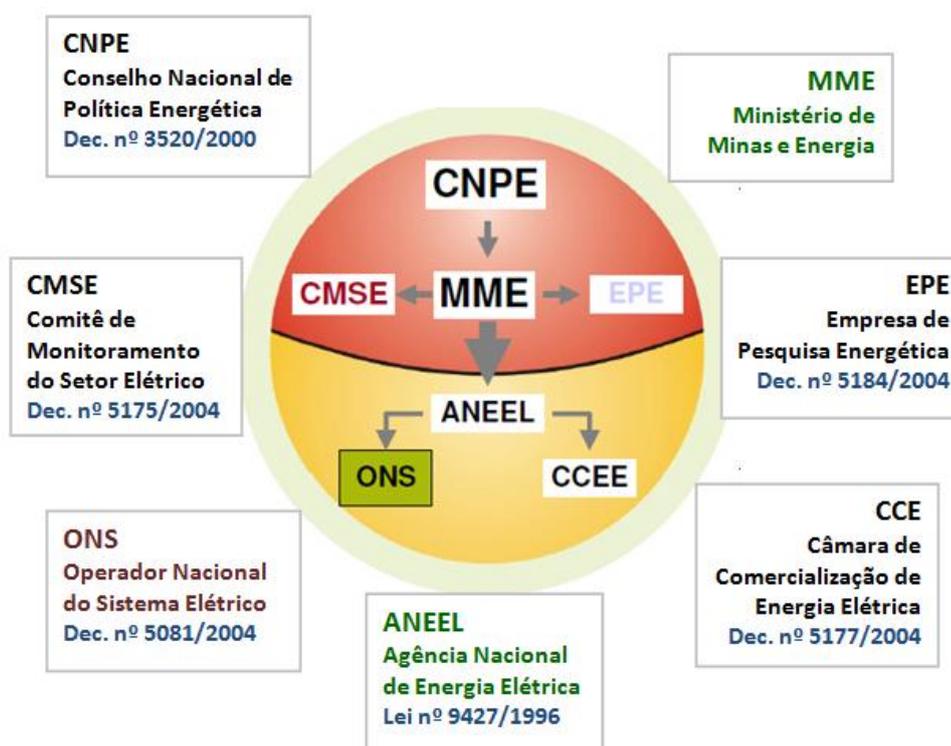


Figura 1 – As principais instituições do modelo do setor elétrico no Brasil [8]

- Ministério de Minas e Energia – MME

O MME encarrega-se da formulação, do planejamento e da implementação de ações do governo federal no âmbito da política energética nacional.

- Conselho Nacional de Política Energética – CNPE

Órgão interministerial presidido pelo Ministro de Minas e Energia – MME, de assessoramento do Presidente da República para formulação de políticas nacionais e diretrizes de energia, que visa, dentre outros, o aproveitamento racional dos recursos energéticos do país, a revisão periódica da matriz energética e o estabelecimento de diretrizes para programas específicos.

- Empresa de Pesquisa Energética – EPE (Dec. nº. 5184/2004)

Empresa pública federal dotada de personalidade jurídica de direito privado e vinculada ao MME. Tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético. Elabora os planos de expansão da geração e transmissão da energia elétrica.

- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE

Constituído no âmbito do MME e sob sua coordenação direta, tem a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletroenergético em todo o território nacional.

- Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS

O Operador Nacional do Sistema Elétrico é uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil, sem fins lucrativos, criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/04 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/04.

O ONS é responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) começou a operar em 10 de novembro de 2004 - regulamentada pelo Decreto nº 5.177,

de 12 de agosto de 2004, sucedendo ao Mercado Atacadista de Energia (MAE).

Constitui-se numa associação civil integrada pelos agentes das categorias de Geração, de Distribuição e de Comercialização, desempenhando papel estratégico para viabilizar as operações de compra e venda de energia elétrica, incumbindo-se do registro e administração dos contratos firmados entre geradores, comercializadores, distribuidores e consumidores livres.

A CCEE tem por finalidade viabilizar a comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional nos Ambientes de Contratação Regulada e Contratação Livre, além de efetuar a contabilização e a liquidação financeira das operações realizadas no mercado de curto prazo, que são auditadas externamente, nos termos da Resolução Normativa ANEEL nº 109, de 26 de outubro de 2004 (Convenção de Comercialização de Energia Elétrica). As Regras e os Procedimentos de Comercialização que regulam as atividades realizadas na CCEE são aprovados pela ANEEL.

- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia em regime especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia - MME, foi criada pela Lei 9.427 de 26 de Dezembro de 1996. Tem como atribuições: regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica, atendendo reclamações de agentes e consumidores com equilíbrio entre as partes e em benefício da sociedade; mediar os conflitos de interesses entre os agentes do setor elétrico e entre estes e os consumidores; conceder, permitir e autorizar instalações e serviços de energia; garantir tarifas justas; zelar pela qualidade do serviço; exigir investimentos; estimular a competição entre os operadores e assegurar a universalização dos serviços.

Capítulo 3

Qualidade da Energia Elétrica

Pode-se dizer que um sistema elétrico com qualidade é aquele que possui a tensão com a sua amplitude e forma de onda o mais próximo possível de um parâmetro ideal e adequado, sem alterações em amplitude, frequência ou fase [17].

O sistema de energia elétrica está sujeito a distúrbios que afetam a sua qualidade, sendo os principais:

- Variações de tensão de curta duração;
- Variação de tensão de longa duração;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Distorções de forma de onda;
- Interferências;
- Variações de frequência.

Esses distúrbios são originados de operações nas concessionárias de energia, instalações industriais, comerciais, fenômenos naturais e gerados por causas aleatórias, podendo causar falha ou defeito em discos rígidos de computadores, desligamento de equipamentos, interrupção de processos, sobreaquecimento de motores, abertura de disjuntores, imprecisão nas medições de energia, redução da vida útil de equipamentos dos sistemas elétricos, entre outros.

Neste capítulo apresentaremos alguns distúrbios que afetam a QEE, destacando as possíveis causas e consequências.

3.1 Variação de Tensão de Curta Duração

Variações de tensão de curta duração são desvios significativos no valor eficaz da tensão em curtos intervalos de tempo, sendo classificadas conforme a tabela a seguir [9].

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u.
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u.
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior a três segundos	Superior a 1,1 p.u.
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u.
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u.
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u.

Tabela 1 – Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração [9].

3.1.1 Interrupção de Tensão

Este tipo de distúrbio é caracterizado pela descontinuidade do neutro ou da tensão disponível em qualquer uma das fases de um circuito elétrico que atende a unidade consumidora ou ponto de conexão [10]. As interrupções em geral são causadas por falha no sistema elétrico (raio, curto-circuito, defeito de equipamento), abertura de disjuntores, falha no fornecimento alternativo de energia e falha ou defeito na fiação ou conexões.

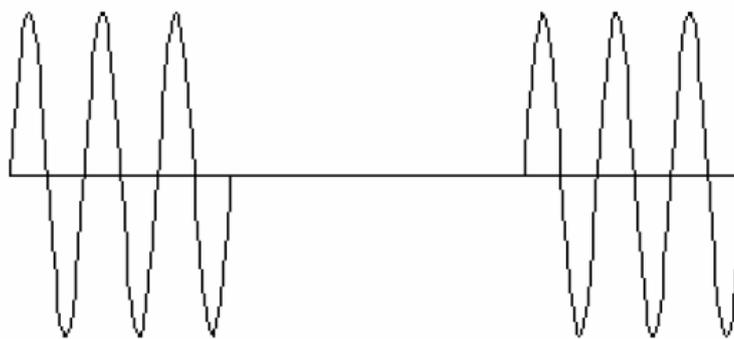


Figura 2 – Interrupção de tensão [19]

3.1.2 Afundamento de Tensão

Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se reduz, momentaneamente, para valores compreendidos entre 10% e 90% da tensão nominal de operação, cuja duração seja igual ou superior a um ciclo e inferior ou igual a três segundos, para afundamentos momentâneos, ou superior a três segundos e inferior a três minutos, para afundamentos temporário [10]. Em geral são causados por partida de motores, UPS instável, falha ou defeito em disjuntores, fiação ou conexões, e sistemas elétricos. Os afundamentos de tensão geralmente não provocam danos ao equipamento, mas ocasionam reinicializações de operação, interrupção de processos, operação errática do equipamento, atuação de proteção e abertura de disjuntores.

De acordo com [11], “os AMT’s (Afundamentos Momentâneos de Tensão) são a principal causa de distúrbios (68% dos eventos) e grandes responsáveis por perdas na produção”.

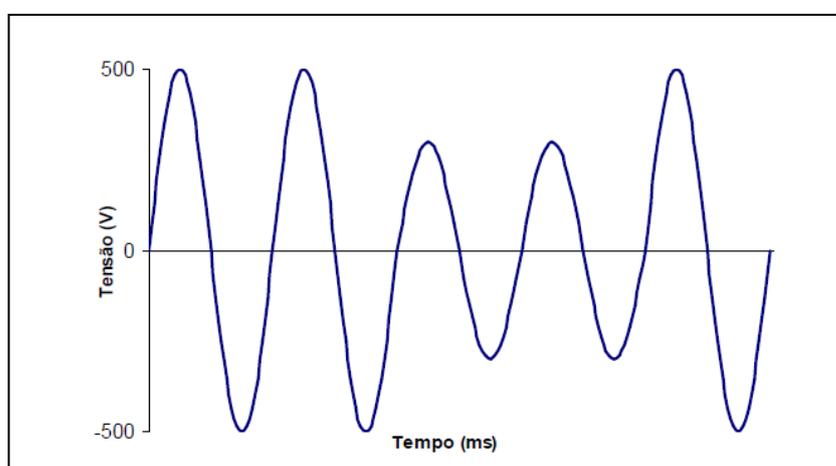


Figura 3 – Afundamento de tensão de curta duração [13]

3.1.3 Elevação de Tensão

Evento em que o valor eficaz da tensão do sistema se eleva, momentaneamente, para valores acima de 110% da tensão nominal de operação, durante intervalo superior ou igual a um ciclo e inferior a três segundos, para elevação momentânea, ou superior a três segundos e inferior a três minutos para elevação temporária [10]. As elevações de tensão geralmente são causadas devido à energização de grandes blocos de capacitores, saídas de grandes blocos de cargas e a falta fase-terra.

A elevação de tensão de curta duração pode danificar os componentes internos de equipamentos eletrônicos, gerando problemas de má operação ou comprometimento do equipamento [13].

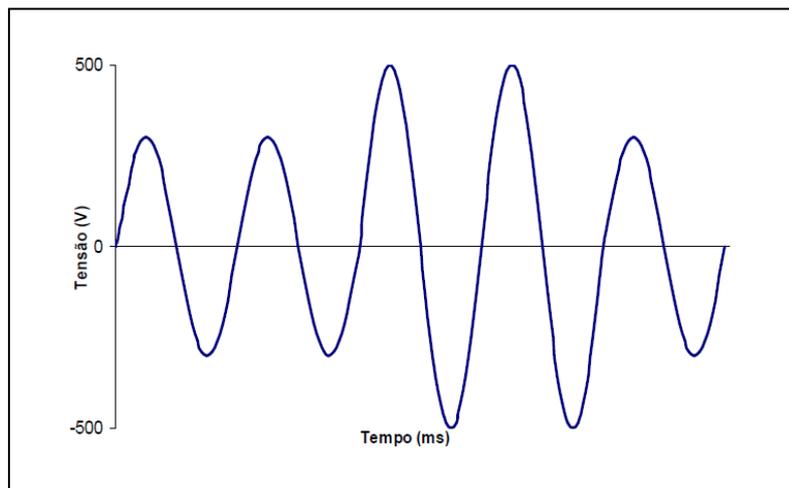


Figura 4 – Elevação de tensão [13]

3.2 Desequilíbrio de Tensão

O desequilíbrio de tensão é o fenômeno associado a alterações dos padrões trifásicos do sistema de distribuição, sendo calculado por [9]:

$$FD\% = \frac{V_-}{V_+} 100$$

Alternativamente, pode-se utilizar a expressão a seguir, que conduz a resultados em consonância com a formulação anterior [9]:

$$FD\% = 100 \frac{\sqrt{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}}{\sqrt{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}}$$

sendo:

$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2}$$

onde:

FD: Fator de desequilíbrio;

V-: Magnitude da tensão de sequencia negativa (RMS);

V+: Magnitude da tensão de sequencia positiva (RMS);

V_{ab} , V_{bc} e V_{ca} : Magnitudes das tensões trifásicas de linha (RMS).

Os desequilíbrios de tensão geralmente são causados devido à má distribuição de cargas monofásicas ou bifásicas em sistemas trifásicos, sendo os motores elétricos e as cargas não lineares os equipamentos mais sensíveis a esse distúrbio. As consequências desse evento nos motores elétricos são a redução de sua eficiência, a geração de ruído e o sobreaquecimento gerando redução da vida útil.

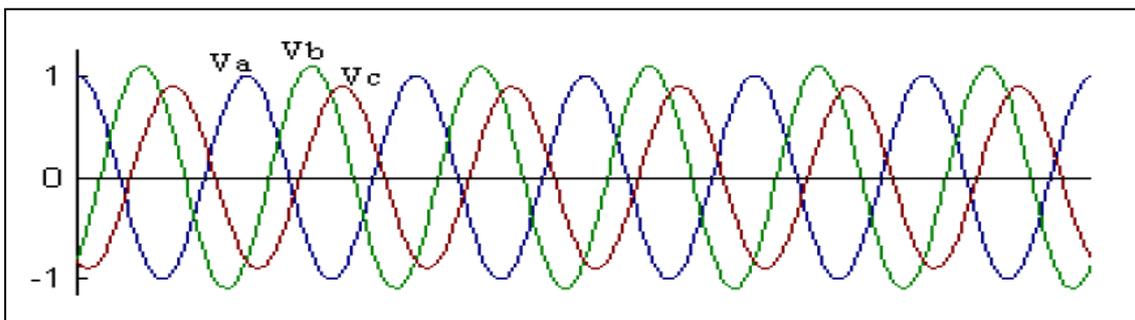


Figura 5 – Tensões desequilibradas em magnitude e fase [14]

3.3 Flutuação de Tensão

A flutuação de tensão é uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão [9]. Geralmente são causadas por laminadores de grande porte, fornos a arco, turbinas eólicas, e partidas simultâneas de vários motores elétricos. As flutuações provocam variação de tensão fora da faixa de tolerância

aceitável, perda de rendimento de equipamentos e efeito de cintilação luminosa ou *flicker*.

A cintilação luminosa é a impressão resultante das variações do fluxo luminoso nas lâmpadas, principalmente nas lâmpadas incandescentes, provocando incômodo ao consumidor [10]. Testes com observadores demonstraram que a sensibilidade do olho humano às variações luminosas se restringe a uma faixa de frequência entre 0 e 30 Hz [14].

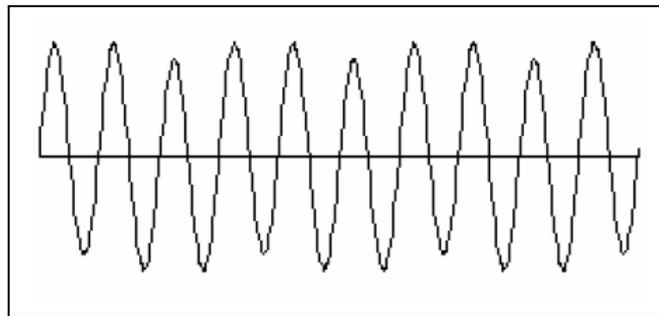


Figura 6 – Flutuação de tensão [19]

3.4 Harmônicos

As distorções harmônicas são fenômenos associados com deformações nas formas de onda das tensões e correntes em relação à onda senoidal da frequência fundamental [9]. Em geral, são causados por cargas com características não lineares, como por exemplo, transformadores, motores, pontes retificadoras, compensadores estáticos, computadores e lâmpadas com reatores nucleares. Os harmônicos geralmente ocasionam erro de controle de conversores, erro de medição de grandezas elétricas, sobreaquecimento de núcleos ferromagnéticos e interferências nas telecomunicações.

As expressões para o cálculo dos valores de referência para as distorções harmônicas são [9]:

$$DIT_h \% = \frac{V_h}{V_1} \times 100$$

$$DTT = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{\max}} V_h^2}}{V_1} \times 100$$

Sendo:

$DT_{h\%}$ - Distorção harmônica individual de tensão de ordem h;

$DTT\%$ - Distorção harmônica total de tensão;

V_h - Tensão harmônica de ordem h;

H - Ordem harmônica;

H_{\max} - Ordem harmônica máxima;

H_{\min} - Ordem harmônica mínima;

V_1 - Tensão fundamental medida.

Os valores de referência para as distorções harmônicas totais e individuais estão indicados nas tabelas 2 e 3 respectivamente. Estes valores servem para referência do planejamento elétrico em termos de QEE e que, regulatoriamente, são estabelecidos em resolução específica, após período experimental de coleta de dados [9].

Tensão nominal do Barramento	Distorção Harmônica Total de Tensão (DTT) [%]
$V_N \leq 1kV$	10
$1kV < V_N \leq 13,8kV$	8
$13,8kV < V_N \leq 69kV$	6
$69kV < V_N < 230kV$	3

Tabela 2 – Valores de referência globais das distorções harmônicas totais (em porcentagem da tensão fundamental) [9].

Ordem Harmônica	Distorção Harmônica Individual de Tensão [%]				
	$V_n \leq 1 \text{ kV}$	$1 \text{ kV} < V_n \leq 13,8 \text{ kV}$	$13,8 \text{ kV} < V_n \leq 69 \text{ kV}$	$69 \text{ kV} < V_n < 230 \text{ kV}$	
Ímpares não múltiplas de 3	5	7,5	6	4,5	2,5
	7	6,5	5	4	2
	11	4,5	3,5	3	1,5
	13	4	3	2,5	1,5
	17	2,5	2	1,5	1
	19	2	1,5	1,5	1
	23	2	1,5	1,5	1
	25	2	1,5	1,5	1
	>25	1,5	1	1	0,5
Ímpares múltiplas de 3	3	6,5	5	4	2
	9	2	1,5	1,5	1
	15	1	0,5	0,5	0,5
	21	1	0,5	0,5	0,5
	>21	1	0,5	0,5	0,5
Pares	2	2,5	2	1,5	1
	4	1,5	1	1	0,5
	6	1	0,5	0,5	0,5
	8	1	0,5	0,5	0,5
	10	1	0,5	0,5	0,5
	12	1	0,5	0,5	0,5
	>12	1	0,5	0,5	0,5

Tabela 3 – Valores de referência para distorções harmônicas individuais de tensão (em porcentagem da tensão fundamental) [9].

Capítulo 4

Normas e Regulamentações

As principais normas e regulamentações utilizadas como referência para o desenvolvimento deste trabalho estão contidas no módulo 8 do Procedimentos de Distribuição (PRODIST) publicado pela ANEEL.

4.1 Procedimentos de Distribuição [9] e [10]

Os Procedimentos de Distribuição (PRODIST) são documentos elaborados pela ANEEL, com a participação dos agentes de distribuição e de outras entidades do setor elétrico nacional, que normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica, sendo os principais objetivos:

- Garantir que os sistemas de distribuição operem com segurança, eficiência, qualidade e confiabilidade;
- Propiciar o acesso aos sistemas de distribuição, assegurando tratamento não discriminatório entre agentes;
- Disciplinar os procedimentos técnicos para as atividades relacionadas ao planejamento da expansão, à operação dos sistemas de distribuição, à medição e à qualidade da energia elétrica;
- Estabelecer requisitos para os intercâmbios de informações entre os agentes setoriais;
- Assegurar o fluxo de informações adequadas à ANEEL;
- Disciplinar os requisitos técnicos na interface com a Rede Básica, complementando de forma harmônica os Procedimentos de Rede.

O PRODIST é composto de seis módulos técnicos (módulos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), que abrangem as macro-áreas de ações técnicas dos agentes de distribuição, e dois módulos integradores (módulos 1 e 6).

Para a elaboração dos módulos técnicos foram consideradas as normas legais e regulamentares pertinentes, devidamente consolidadas, que dispõem sobre os direitos e obrigações dos agentes setoriais e consumidores com relação aos sistemas de distribuição. As relações entre a legislação aplicável e o módulo 8 do PRODIST são: Lei nº 8.987/95; Lei nº 9.427/96; Decreto nº 2.335/97; Resolução ANEEL nº 281/99; Resolução ANEEL nº 63/04; Resolução ANEEL nº 67/04; Resolução ANEEL nº 68/04; Resolução ANEEL nº 83/04; Resolução ANEEL nº 234/06; Resolução ANEEL nº 363/09; Resolução ANEEL nº 395/09; Resolução ANEEL nº 414/10.

4.1.1 Regulamentação da Qualidade da Energia Elétrica (QEE)

O módulo 8 do PRODIST estabelece os procedimentos relativos à QEE, abordando a qualidade do produto e a qualidade do serviço prestado, devendo ser observados por:

- Unidades consumidoras com instalações conectadas em qualquer classe de tensão de distribuição;
- Produtores de energia;
- Distribuidoras;
- Agentes importadores ou exportadores de energia elétrica;
- Transmissoras detentoras de Demais Instalações de Transmissão – DIT;
- Operador Nacional do Sistema – ONS.

Para a qualidade do produto, são caracterizados os fenômenos, parâmetros e valores de referência relativos à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão, estabelecendo mecanismos que possibilitem à ANEEL fixar padrões para os indicadores de QEE.

Os aspectos considerados da qualidade do produto em regime permanente ou transitório são:

- Tensão em regime permanente;
- Fator de potência
- Harmônicos;

- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;
- Variações de tensão de curta duração;
- Variação de frequência.

Para a qualidade dos serviços prestados é estabelecida uma metodologia para apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades, de forma a fornecer mecanismos para acompanhamento e controle de desempenho das distribuidoras, subsídios para os planos de reforma, melhoramento e expansão da infra-estrutura das distribuidoras e oferecer aos consumidores parâmetros para avaliação do serviço.

4.1.2 Indicadores

Nesta seção serão apresentados os indicadores de qualidade do produto e de serviço contidos no módulo 8 do PRODIST.

4.1.2.1 Indicadores do Nível de Tensão

Estes indicadores compreendem os limites adequados, precários e críticos para os níveis de tensão em regime permanente, os indicadores individuais e coletivos de conformidade de tensão elétrica.

Para uma melhor compreensão dos valores de referência, mostraremos a seguir alguns conceitos contidos no PRODIST.

- Tensão contratada: valor eficaz de tensão que deverá ser informado ao consumidor por escrito, ou estabelecido em contrato;
- Tensão de atendimento (TA) ou Tensão de conexão: valor eficaz de tensão no ponto de conexão, obtido por meio de medição, podendo ser classificada em adequada, precária ou crítica, de acordo com a leitura efetuada;
- Tensão de leitura (TL): valor eficaz de tensão, integralizado a cada dez minutos, obtido de medição por meio de equipamentos apropriados;
- Tensão de referência (TR): valor de tensão utilizado como referência para comparação com os valores de tensão de leitura, devendo ser

equivalente à tensão nominal ou contratada pelas unidades consumidoras;

- Tensão não padronizada (TNP): valor de tensão nominal, expresso em volts ou quilovolts, não referenciado no art. 47 do Decreto nº.41.019, de 1957, com a redação dada pelo Decreto nº.97.280, de 1988;
- Tensão nominal (V_N): valor eficaz de tensão pelo qual o sistema é projetado;
- Tensão nominal de operação (V_{NO}): valor eficaz pelo qual o sistema é designado.

As tabelas a seguir mostram as faixas de classificação da tensão de atendimento.

	Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 230 kV	Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
	Precária	$0,93TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
	Crítica	$TL < 0,93TR$ ou $TL > 1,07TR$
Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV	Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
	Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
	Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$
Pontos de conexão em Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV	Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
	Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
	Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Tabela 4 – Classificação da Tensão de Atendimento

Tensão Nominal (T_N)	Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
220/127	Adequada	$(201 \leq TL \leq 231) / (116 \leq TL \leq 133)$
	Precária	$(189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233) / (109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140)$
	Crítica	$(TL < 189$ ou $TL > 233) / (TL < 109$ ou $TL > 140)$
380/220	Adequada	$(348 \leq TL \leq 396) / (201 \leq TL \leq 231)$
	Precária	$(327 \leq TL < 348$ ou $396 < TL \leq 403) / (189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233)$
	Crítica	$(TL < 327$ ou $TL > 403) / (TL < 189$ ou $TL > 233)$

254/127	Adequada	(232≤TL≤264)/(116≤TL≤132)
	Precária	(220≤TL<232 ou 264<TL≤269)/ (109≤TL<116 ou 132<TL≤140)
	Crítica	(TL<220 ou TL>269)/(TL<109 ou TL>140)
440/220	Adequada	(402≤TL≤458)/(201≤TL≤229)
	Precária	(380≤TL<402 ou 458<TL≤466)/ (189≤TL<201 ou 229<TL≤233)
	Crítica	(TL<380 ou TL>466)/(TL<189 ou TL>233)
208/120	Adequada	(196≤TL≤229)/(113≤TL≤132)
	Precária	(189≤TL<196 ou 229<TL≤233)/ (109≤TL<113 ou 132<TL≤135)
	Crítica	(TL<189 ou TL>233)/(TL<109 ou TL>135)
230/115	Adequada	(216≤TL≤241)/(108≤TL≤127)
	Precária	(212≤TL<216 ou 241<TL≤253)/ (105≤TL<108 ou 127<TL≤129)
	Crítica	(TL<212 ou TL>253)/(TL<105 ou TL>129)
240/120	Adequada	(216≤TL≤254)/(108≤TL≤127)
	Precária	(212≤TL<216 ou 254<TL≤260)/ (106≤TL<108 ou 127<TL≤130)
	Crítica	(TL<212 ou TL>260)/(TL<106 ou TL>130)
220/110	Adequada	(201≤TL≤229)/(101≤TL≤115)
	Precária	(189≤TL<201 ou 229<TL≤233)/ (95≤TL<101 ou 115<TL≤117)
	Crítica	(TL<189 ou TL>233)/(TL<95 ou TL>117)

Tabela 5 – Classificação da Tensão de Atendimento

Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP) é um indicador individual referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão precárias, no período de observação definido, expresso em percentual.

$$DRP = \frac{nlp}{1008} .100 [\%]$$

Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC) é um indicador individual referente à duração relativa das leituras de tensão, nas faixas de tensão críticas, no período de observação definido, expresso em percentual.

$$DRC = \frac{nlc}{1008} .100 [\%]$$

Índice de Unidades Consumidoras com tensão Crítica (ICC) é um indicador coletivo calculado trimestralmente a partir de amostras efetuadas em um determinado trimestre, é calculado utilizando a seguinte expressão:

$$ICC = \frac{N_C}{N_L} .100 [\%]$$

Onde:

N_C = total de unidades consumidoras com DRC não nulo;

N_L = total trimestral de unidades consumidoras objeto de medição.

Número total de unidades consumidoras da distribuidora	Dimensão da amostra (unidades consumidoras)	Dimensão da amostra com a margem de segurança (unidades consumidoras)
$N \leq 10.000$	26	30
$10.001 \leq N \leq 30.000$	36	42
$30.001 \leq N \leq 100.000$	60	66
$100.001 \leq N \leq 300.000$	84	93
$300.001 \leq N \leq 600.000$	120	132
$600.001 \leq N \leq 1.200.000$	156	172
$1.200.001 \leq N \leq 2.000.000$	210	231
$2.000.001 \leq N \leq 3.000.000$	270	297
$N \geq 3.000.001$	300	330

Tabela 6 – Tabela da Dimensão da Amostra Trimestral

Duração Relativa de Transgressão de Tensão Precária Equivalente (DRP_E) é um indicador coletivo referente ao percentual de leitura nas faixas de tensão precária para as unidades consumidoras da amostra, sendo calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$DRP_E = \sum \frac{DRP_i}{N_L} [\%]$$

Onde:

DRP_i = duração relativa de transgressão de tensão precária individual da unidade consumidora (i);

N_L = número total de unidades consumidoras da amostra.

Duração Relativa de Transgressão de Tensão Crítica Equivalente (DRC_E) é um indicador coletivo referente ao percentual de leitura nas faixas de tensão crítica para as unidades consumidoras da amostra, sendo calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$DRC_E = \sum \frac{DRC_i}{N_L} [\%]$$

Onde:

DRC_i = duração relativa de transgressão de tensão crítica individual da unidade consumidora (i).

4.1.2.2 Indicadores de Atendimento às Ocorrências Emergenciais

Ocorrência emergencial é o atendimento de emergência provocado por um único evento que gere deslocamento de equipes, inclusive aquela considerada improcedente. Seu atendimento deverá ser supervisionado, avaliado e controlado por meio de indicadores que expressem os valores vinculados a conjuntos de unidades consumidoras.

Para se obter o tempo médio de atendimento, a distribuidora deverá apurar os seguintes indicadores:

Tempo Médio de Preparação (TMP) é o indicador que mede a eficiência dos meios de comunicação, dimensionamento das equipes e dos fluxos de informação dos Centros de Operação, sendo calculado utilizando a seguinte expressão:

$$TMP = \frac{\sum_i^n TP(i)}{n}$$

Onde:

TMP = tempo médio de preparação da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TP = tempo de preparação da equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos;

n = número de ocorrências emergenciais verificadas no conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado.

Tempo Médio de Deslocamento (TMD) é o indicador que mede a eficiência da localização geográfica das equipes de manutenção e operação, sendo calculado utilizando a seguinte expressão:

$$TMD = \frac{\sum_i^n TD(i)}{n}$$

Onde:

TMD = tempo médio de deslocamento da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TD = tempo de deslocamento da equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos.

Tempo Médio de Execução (TME) é o indicador que mede a eficiência do restabelecimento do sistema de distribuição pelas equipes de manutenção e operação, sendo calculado utilizando a seguinte expressão:

$$TME = \frac{\sum_i^n TE(i)}{n}$$

Onde:

TME = tempo médio de execução do serviço até seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência, expresso em minutos;

TE = tempo de execução do serviço até seu restabelecimento pela equipe de atendimento de emergência para cada ocorrência emergencial, expresso em minutos.

Tempo Médio de Atendimento de Emergência (TMAE) é o indicador que mede o valor médio correspondente aos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais (TAE) das equipes de emergência, para o atendimento às ocorrências verificadas em um determinado conjunto de unidades consumidoras, no período de apuração considerado, sendo calculado utilizando a seguinte expressão:

$$TMAE = TMP + TMD + TME.$$

Percentual do Número de Ocorrências Emergenciais com Interrupção de Energia (PNIE): é o quociente percentual do número de ocorrências emergenciais registradas com interrupção de energia elétrica, pelo número total de ocorrências verificadas no conjunto de unidades consumidoras no período de apuração considerado.

$$PNIE = \frac{NIE}{n} \times 100$$

Onde:

PNIE = percentual do número de ocorrências emergenciais com interrupção de energia elétrica, expresso em %;

NIE = número de ocorrências emergenciais com interrupção de energia elétrica.

4.1.2.3 Indicadores de Continuidade

Indicador de continuidade é a representação quantificável do desempenho de um sistema elétrico, utilizada para a mensuração da continuidade apurada e análise comparativa com os padrões estabelecidos. Por meio do controle das interrupções, do cálculo e da divulgação desses indicadores, as distribuidoras, os consumidores e a ANEEL podem avaliar a qualidade do serviço prestado e o desempenho do sistema elétrico.

Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DIC) é o intervalo de tempo que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

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

Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (FIC) é o número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão.

$$FIC = n$$

Duração Máxima de Interrupção Contínua por Unidade Consumidora ou por Ponto de Conexão (DMIC) é o tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica, em uma unidade consumidora ou ponto de conexão.

$$DMIC = t(i)max$$

Onde:

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

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

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

$t(i)_{\max}$ = valor correspondente ao tempo da máxima duração de interrupção contínua (i), no período de apuração, verificada na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas.

Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) é o intervalo de tempo que, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica.

$$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c}$$

Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC) é o número de interrupções ocorridas, em média, no período de apuração, em cada unidade consumidora do conjunto considerado.

$$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c}$$

Onde:

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

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

4.1.2.4 Indicadores de Continuidade para Transmissoras Detentoras de DIT e Distribuidoras Acessadas por outras Distribuidoras

A qualidade do serviço prestado pelas DIT ou por distribuidoras acessadas por outras distribuidoras é avaliada por meio de procedimento para controle, registro, apuração e publicação dos indicadores de continuidade.

Os limites dos indicadores de continuidade dos pontos de conexão estão definidos na tabela, conforme a tensão contratada.

	DIC (horas)			FIC (interrupções)			DMIC (horas)
	A	T	M	A	T	M	M
Categoria 1 TC≥230 kV	1,30	0,98	0,65	2,00	1,50	1,00	0,49
Categoria 2 230 kV>TC≥138 kV	2,62	1,97	1,31	2,66	2,00	1,33	1,08
Categoria 3 138 kV>TC≥69 kV	3,94	2,96	1,97	3,34	2,51	1,67	1,50
Categoria 4 69>TC≥1 kV	5,24	3,93	2,62	4,00	3,00	2,00	2,28

Tabela 7 – Limites dos indicadores de continuidade anuais, trimestrais e mensais por ponto de conexão e tensão contratada.

TC – Tensão contratada do ponto de conexão;

A – Limites anuais;

T – Limites trimestrais;

M – Limites mensais.

4.1.2.5 Indicadores de Qualidade do Produto Energia Elétrica ainda não Definidos

No que se refere a qualidade do produto, alguns fenômenos considerados em regime permanente ou transitório ainda não possuem indicadores definidos. Estes possuem valores que servem para referência do planejamento elétrico em termos de QEE e que, regulatoriamente, serão estabelecidos em resolução específica, após período experimental de coleta de dados.

Os fenômenos em processo de implantação dos indicadores de qualidade da energia elétrica são:

- Harmônicos;
- Desequilíbrio de tensão;
- Flutuação de tensão;

- Variações de tensão de curta duração.

4.2 Penalizações

As penalidades e respectivo processo punitivo decorrentes do descumprimento das obrigações estabelecidas nos módulos técnicos, pelas distribuidoras de energia elétrica, estão previstas na Resolução da ANEEL nº 63/2004 e são graduadas em função da gravidade e tipo de infração cometida, estando previstas as seguintes modalidades:

- Advertência;
- Multas;
- Embargo de obras;
- Suspensão temporária de participação em licitações para obtenção de novas concessões, permissões e autorizações, bem como de impedimento de contratar com a ANEEL e de receber autorização para serviços e instalações de energia elétrica;
- Revogação de autorização;
- Intervenção administrativa;
- Caducidade da concessão ou da autorização.

Em 2010, as distribuidoras de energia elétrica pagaram mais de R\$ 360,2 milhões em compensações para os consumidores por interrupções no fornecimento de energia elétrica. Foram pagas R\$ 94,89 milhões de compensações pelo descumprimento dos indicadores individuais DIC, FIC e DMIC. [32].

No primeiro semestre de 2011, as distribuidoras de energia elétrica pagaram R\$ 163,77 milhões em compensações para os consumidores por interrupções no fornecimento de energia, superior ao pago no mesmo período de 2010, de R\$ 152,44 milhões. O número de compensações pelo descumprimento dos indicadores individuais DIC, FIC e DMIC foi de R\$ 41 milhões. [31].

Em 2009, registra-se a ocorrência de uma das maiores multas já lavradas, calculada em R\$ 16 milhões, devido ao descumprimento de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC), firmado em 2004, entre a agência e as empresas. O documento previa a elevação de investimentos na rede para melhorar os indicadores

de qualidade. Passado o período de expansão, se os indicadores não melhorassem, as empresas pagavam multas. [30].

A tabela a seguir ilustra as penalidades sofridas pelas empresas de energia elétrica pelo descumprimento das metas estabelecidas pela Agência para os indicadores que medem a duração e a frequência das interrupções de energia elétrica.

Empresa	Infração	Valor da multa	Decisão da ANEEL
Empresa X	Descumprimento dos indicadores individuais e coletivos de continuidade do fornecimento (DEC/FEC, DIC e FIC) no ano de 2005	R\$ 905.398,79	A Agência decidiu conhecer e negar provimento ao recurso interposto. Foi mantida a penalidade aplicada pela Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Estado A
Empresa Y	Descumprimento dos indicadores individuais e coletivos de continuidade do fornecimento no ano de 2008	R\$ 1.476.905,15	A Agência decidiu conhecer e negar provimento ao recurso interposto. Foi mantida a penalidade aplicada pela Agência de Regulação do Estado B
Empresa Z	Descumprimento dos indicadores individuais e coletivos de continuidade do fornecimento (DEC/FEC) no ano de 2008	R\$ 4.316.886,43	A Agência decidiu conhecer e negar provimento ao recurso interposto. Foi mantida a penalidade aplicada pela Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade (SFE)
Empresa W	Descumprimento dos indicadores individuais e coletivos de continuidade do fornecimento (DEC/FEC) no ano de 2008	R\$ 138.889,68	A Agência decidiu conhecer e negar provimento ao recurso interposto. Foi mantida a penalidade aplicada pela Superintendência de Fiscalização dos Serviços de Eletricidade (SFE)

Tabela 8 – Multas das empresas de energia elétrica por descumprirem metas de interrupção de energia.

4.3 Monitoração

Não necessariamente a perda da qualidade da energia elétrica tem origem no fornecedor. Como registrado em [14] uma concessionária foi interpelada por uma indústria siderúrgica com a reclamação de que suas novas e modernas máquinas de laminação não estavam funcionando adequadamente, ocorrendo muitas falhas do sistema de controle do processo de laminação. O fabricante das máquinas foi chamado e diagnosticou que se tratava de um problema com a baixa qualidade da tensão de alimentação, cuja forma de onda interferia na operação dos sistemas digitais de controle.

Foram feitas medições no local pela concessionária e se constatou que de fato os níveis de harmônicas e de *flicker* estavam acima dos limites permitidos. Encaminhado o relatório da concessionária sobre essas medições, a diretoria da indústria solicitou que a concessionária tomasse providências urgentes para sanar o problema observado na tensão de alimentação.

Claro que só restou à concessionária explicar que os problemas com os laminadores eram causados pelo forno a arco instalado na própria indústria e que, portanto, era ela quem causava as perturbações da tensão de alimentação em toda a região circunvizinha. Neste caso o consumidor foi a causa e vítima na perda de QEE.

Para não incorrer em penalizações desta natureza, a monitoração da energia elétrica representa um importante procedimento para avaliação e garantia em padrões mínimos de sua qualidade, resultando num esforço conjunto de fornecedores, institutos de pesquisa, fabricantes de equipamentos e indústrias no seu aprimoramento.

Os registros de projetos, pesquisas e programas destacados a seguir reforçam esta afirmação e a preocupação presente destes agentes nas ações empreendidas:

- A CPFL em parceria com a UNICAMP e a Expertise e Reason Tecnologia [23] no desenvolvimento de um Registrador de Indicadores - RIQEE e a implementação da Central Integrada de Qualidade - CIQ, demonstrando a

importância da seleção das informações para a gestão da QEE, além de apresentar uma proposta metodológica para análise das perturbações. Como as análises diretas dos dados diários históricos as conclusões não são evidentes. Portanto usou-se técnica de extração de amostras, análises e reclassificação em função de sua identidade estatística. A análise histórica com extração demonstrou ser a ferramenta indicada para avaliação correta e sistemática de Qualidade de Energia Elétrica e deve orientar as providências de medidas corretivas e preventivas.

- A Escola Politécnica da USP indicando a possibilidade de se adicionar novas funções aos medidores eletrônicos de faturamento, que permitem a detecção e registro de eventos que afetam a qualidade de energia. Estes medidores estão conectados permanentemente à rede elétrica, possuem canais de comunicação remota e estão distribuídos por toda a rede. O artigo compara a detecção utilizando a decomposição de sinais com a detecção com o uso da transformada wavelet. Foram consideradas as limitações de memória e processamento dos medidores e selecionados algoritmos de detecção de modo a não provocar impacto no funcionamento do medidor [24].
- A USP e Grupo Rede na alocação ótima de medidores de QEE, permitindo a máxima área de observabilidade da rede frente à fenômenos de variação de tensão de curta duração (VTCD). Além disso, apresenta uma especificação para apuração e uma sugestão para apresentação de indicadores de QEE referentes às medições de fenômenos relacionados à VTCD e fenômenos considerados de longa duração ou regime permanente, tais como: nível de tensão, desequilíbrio de tensão, distorção harmônica total de tensão, harmônicas individuais e *flicker* [25].
- A AES Eletropaulo na maximização de aquisição de dados possíveis sobre as condições da energia elétrica disponibilizada no ponto de saída da subestação. As dificuldades na obtenção de dados de QEE exigiram a busca de novas alternativas, tanto no âmbito dos medidores utilizados quanto na solução de concentração local dos dados e comunicação com o centro de medição. Como resultado, a disponibilização dos dados da subestação tornou-se automática e com atualizações diárias [26].
- A AES Eletropaulo em parceria com a USP/ENERQ e ATECH na proposição de um sistema de monitoramento de qualidade do fornecimento de energia

- implantado na AES Eletropaulo, desenvolvido num caráter integrador de diferentes soluções de medição, de forma a obter-se flexibilidade operativa e transparência para os usuários finais através da aplicação de resultados das pesquisas realizadas na AES Eletropaulo em parceria com a USP/Enerq e mais recentemente com a ATECH, relacionadas à gestão de indicadores de qualidade de energia elétrica dentro dos programas P&Ds ciclos 98/99, 99/00, 00/01 e 01/02 [27].
- A Universidade Federal de Itajubá no desenvolvimento de dissertação de mestrado com foco em um programa de monitoração e análise da qualidade da energia elétrica na área de concessão de uma Distribuidora com o objetivo de determinar indicadores que expressem a QEE nos pontos de conexão com a transmissora e em alguns pontos de entrega, de formas qualitativa e quantitativa, permitindo estabelecer relações de causa-efeito que venham subsidiar ações de caráter preventivo ou corretivo para operação de um sistema elétrico ou mesmo no planejamento da operação e expansão do sistema e expansão do sistema elétrico de distribuição. Propõe ainda, uma metodologia para implantação de um programa de monitoração da QEE em um sistema de distribuição [19].
 - A Schweitzer Engineering Labs, Inc. na concepção de equipamento de Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica - SMQEE. De acordo com o artigo, o equipamento é um novo conceito em monitoramento da qualidade da energia elétrica, através da aplicação de multimedidores digitais especialmente projetados para aplicação em circuitos com cargas não-lineares, combinados com outros dispositivos eletrônicos inteligentes (IED's), que complementam um sistema que possibilita às indústrias petroquímicas realizarem uma “inspeção” da energia elétrica adquirida da Concessionária. Os equipamentos podem ser interligados em uma rede de comunicação de alta velocidade fornecendo condição básica para a elaboração de um sistema de monitoramento da qualidade de energia elétrica. Este sistema é uma poderosa ferramenta para avaliar e otimizar custos de consumo, interrupção, manutenção e impactos de poluição em instalações elétrica [21].
 - A PUC Minas na condução do projeto GERQUALI focado no desenvolvimento de uma metodologia para a monitoração da QEE em sistemas de energia elétrica e de técnicas para o tratamento e disponibilização das informações

necessárias para que a concessionária e a indústria possam planejar, projetar e operar seus sistemas, de forma a minimizar os impactos provocados por problemas de QEE nos processos industriais, e os prejuízos daí decorrentes. O Sistema de Gerenciamento da Qualidade da Energia Elétrica – SGQEE, consiste, basicamente, de um sistema de monitoramento e transmissão remota de informações sobre QEE, associado a um banco de dados relacional, apoiado por um conjunto de programas complementares, que permitem o pré e pós-processamento de dados, bem como o cálculo estocástico de afundamentos de tensão e a análise da informação com base em técnicas de Inteligência artificial – IA.

- A CEMIG/LIGHT na implantação de um programa compreendendo vários P&Ds cujo objetivo é o desenvolvimento de tecnologias em redes elétricas inteligentes, ou smart grid. Esse programa tem duração prevista de três anos e completará os estudos em andamento coordenados pela ANEEL e pelo MEE, com o objetivo de automatizar e integrar todas as redes elétricas do Brasil. Para os consumidores, a aplicação dessa nova tecnologia no Brasil vai permitir a prestação de novos serviços e agilizar os que já existem, principalmente através da manutenção e atendimento remotos, possibilitando o acompanhamento dos níveis de qualidade da energia recebida. O programa de P&D também amplia o número de canais de comunicação da concessionária com o consumidor, como, por exemplo, a utilização de televisores, telefones celulares, aplicativos web e mostradores avançados, que farão com que o cliente acompanhe seu consumo por meio de interfaces amigáveis, tais como gráficos e estimativas de consumo em R\$. Outro grande benefício para a sociedade será a maior eficácia na realização de programas de uso racional e eficiente de energia, junto com análises em tempo real das necessidades do sistema elétrico. O programa de P&D da Light e da CEMIG inicialmente prevê a implantação de dois projetos pilotos. No Rio de Janeiro, aproximadamente mil clientes da área de concessão da Light deverão participar, dos quais 300 deverão testar a automatização total da rede elétrica interna, com o uso de tomadas e eletrodomésticos inteligentes e canais de comunicação inovadores. Em Minas Gerais a implantação será na cidade de Sete Lagoas e contemplará aproximadamente dois mil consumidores. Além da Light e CEMIG, outros parceiros uniram-se ao projeto, como institutos

tecnológicos especializados (Lactec, CPqD), a empresa CAS Tecnologia e universidades, como a UFMG.

Capítulo 5

Conclusões

Neste trabalho foram apresentados os aspectos relacionados à regulamentação da QEE, os indicadores monitorados e os níveis aceitáveis contidos no Procedimento de Distribuição (PRODIST) e como esta questão tem sido tratada pelos fornecedores de energia elétrica. Buscou-se com esta compilação disponibilizar uma eventual fonte de consulta aos aspectos básicos pertinentes à qualidade da energia elétrica.

Pode-se perceber que a grande preocupação dos fornecedores deixou de ser exclusivamente com a interrupção no fornecimento a partir dos elevados investimentos feitos na rede elétrica para melhorar os indicadores de qualidade. Mostrou-se também que os fornecedores, juntamente com instituições de pesquisa, fabricantes de equipamentos e indústrias, têm investido fortemente no desenvolvimento de ferramentas de melhoria e de monitoração da qualidade da energia elétrica.

Bibliografia

- [1] Antonio Cezar Jannuzzi, “Regulação da Qualidade de Energia Elétrica Sob o Foco do Consumidor”, dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, 2007.
- [2] CENTRO DA MEMORIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. A Eletrobrás e a História do Setor de Energia Elétrica no Brasil: Ciclo de Palestras. Rio de Janeiro: O Centro, 1995. 297p ISBN 8585147334 (broch.)
- [3] DIAS, RENATO FELICIANO; CENTRO DA MEMORIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. Panorama do Setor de Energia Elétrica no Brasil. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 1988. 333p. ISBN 8585147032 (broch.)
- [4] A ENERGIA Elétrica no Brasil: Da Primeira Lâmpada a Eletrobrás. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1977. 244p.
- [5] Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS (2011). “Memória da Eletricidade”. Disponível em <http://www.memoria.eletrabras.com/main.asp>. Acesso em AGO/2011.
- [6] Fundação Universidade de São Paulo. “A História da Eletricidade no Brasil”. Disponível em <http://www.sel.eesc.sc.usp.br/protECAo/conteudodehistoricoBRASIL.htm>. Acesso em SET/2011.
- [7] NEOENERGIA. Disponível em <http://www.neoenergia.com/section/historico-setor-eletrico.asp>. Acesso em AGO/2011.
- [8] ONS, “Procedimentos de Rede”. Disponível em <http://www.ons.org.br/procedimentos/index.aspx>. Acessado em AGO/2011.
- [9] ANEEL, “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica” Janeiro de 2011.
- [10] ANEEL, “Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 1 – Introdução” Janeiro de 2011.
- [11] Prof. Selênio Rocha Silva, Notas de aula (UFMG), 2011.
- [12] BOLLEN, Math H. J. IEEE INDUSTRY APPLICATIONS SOCIETY; IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY. “Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions”. New York: IEEE Press, 1999. xvii, 543 p. (IEEE Press series on power engineering) ISBN 0780347137.
- [13] Oswaldo Hideo Ando Junior, “Desenvolvimento de uma Metodologia para Identificar e Quantificar Distúrbios da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

- [14] Sigmar Maurer Deckmann e José Antenor Pomilio, “Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica”. Disponível em: <http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/qualidade/>. Acessado em AGO/2011.
- [15] Ewaldo L. M. Mehl, “Qualidade da Energia Elétrica”. Disponível em <http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>. Acessado em ABR/2011.
- [16] ALDABÓ, Ricardo. “Qualidade na Energia Elétrica”. Artliber Editora Ltda. 2001, 252p.
- [17] Helder Lara Ferreira, “A Qualidade da Energia Elétrica na Relação Fornecedor e Consumidor”, Monografia de final de curso de especialização na UFMG 2006.
- [18] Antonio Carlos dos Santos Baltazar, “Qualidade da Energia no Contexto da Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro”, dissertação de mestrado, USP, 2007.
- [19] Marcos Oriano Barbosa de Medeiros, “Monitoração da Qualidade da Energia Elétrica em Sistemas de Distribuição”, dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, 2003.
- [20] Délio Eduardo Barroso Fernandes, “Uma Metodologia de Gerenciamento da Qualidade da Energia Elétrica”, dissertação de mestrado, PUC-MG, 1999.
- [21] Renan Bernardes e Fernando Ayello, “SMQEE – Sistema de Monitoramento da Qualidade de Energia Elétrica”. Disponível em http://www.selinc.com.br/art_tecnicos/SMQEE_SISTEMA_DE_MONITORAMENTO_DA_QUALIDADE_DE_ENERGIA.pdf. Acessado em OUT/2011.
- [22] F.C. Santos, M.E.L Tostes, G.A.B. Conde, A.L. Santana, R.D.S. Silva, S.C.P. Sousa, C.R.L. Francês, E. Muller, “Nova Técnica de Automatização da Formação de Conjuntos no Estabelecimento de Metas de DEC e FEC”. Disponível em http://www.labplan.ufsc.br/congressos/CBQEE_VIII_2009/web/docs/101.pdf. Acessado em OUT/2011.
- [23] Se Un Ahn, Eduardo F. Nunes e Vitor H. Pereira, “Análise Histórica dos Indicadores de QEE com Técnica de Extração de Amostras”. Disponível em http://www.s bqee.com.br/cbqee_2009_pdfs/018.pdf. Acessado em OUT/2011.
- [24] Francisco Pereira Júnior e Nelson Kagan, “Utilização de medidores eletrônicos de faturamento para detecção e registro de transitórios oscilatórios”. Disponível em http://www.s bqee.com.br/cbqee_2009_pdfs/056.pdf. Acessado em OUT/2011.
- [25] Nelson Kagan, Tiago P. Souza, Silvio X. Duarte, Juan C. C. Amasifen, e Nelson M. Matsuo. “Metodologia para Alocação Ótima de Medidores e Gestão de Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica”. Disponível em http://www.s bqee.com.br/cbqee_2009_pdfs/072.pdf. Acessado em OUT/2011.

- [26] Leandro Rodrigues de Souza, Marcel Martinelli e Alexandre Barros, “Sistema de Monitoramento de Qualidade de Energia e Tratamento Estatístico AES Eletropaulo”. Disponível em <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/SBQEE/Anaispdf/7668.pdf>. Acessado em ABR/2011.
- [27] Alexander Tenório, Charles Capdeville, Nelson Kagan, Gil Vasconcelos, Tibor Beles e Ricardo Hayashi, “Sistema de Monitoramento de Qualidade de Energia e Tratamento Estatístico AES Eletropaulo”. Disponível em <http://www.labplan.ufsc.br/congressos/SBQEE/Anaispdf/7661.pdf>. Acessado em ABR/2011.
- [28] <http://www.ppggee.pucminas.br/gerquali/projeto.html>. Acessado em OUT/2011.
- [29] Light e Cemig investem R\$ 65 milhões em Smart Grid. <http://www.cpqd.com.br/imprensa-e-eventos/press-releases/5102-light-e-cemig-investem-r-65-milhoes-em-smart-grid-.html>. Acessado em OUT/2011.
- [30] Multas a empresas elétricas crescem 131%. http://ambienteja.info/ver_cliente.asp?id=159233. Acessado em OU/2011.
- [31] Aneel: distribuidoras pagam R\$ 163,7 mi por falta de luz. http://www.istoedinheiro.com.br/noticias/69599_ANEEL+DISTRIBUIDORAS+PAGAM+R+1637+MI+POR+FALTA+DE+LUZ. Acessado em OUT/2011.
- [32] Compensação só começou no ano passado. <http://paraibahoje.wordpress.com/2011/05/29/compensacao-so-comecou-no-ano-passado/>. Acessado em OUT/2011.