

# Formas de Apuração de Indicadores da Central de Análise da Gestão e Qualidade da Energia Elétrica da LIGHT

R.P.Gomes; M. Frade (LIGHT); J. Camargo; E.F.Nunes; V.H. Pereira; R.Frandsen; F.P.Marafão ; H.K. M.Paredes; E.K. Luna; O.C.Branquinho (Expertise Engenharia)

**Resumo** - Este trabalho apresenta Formas de Apuração de Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica e o Sistema de Gestão denominado de CAG\_Q Central de Análise e Gestão da Qualidade, da LIGHT. Também apresenta os resultados do estudo para apuração dos Indicadores, considerando informações advindas de diferentes tipos de Monitores de QEE instalados nas redes da concessionária e nas cabines de clientes. Tais informações são convertidas automaticamente num formato padrão, de forma a permitir a apuração automática dos indicadores. Para o controle e emissão automática de relatórios gerenciais e operacionais, foi estabelecida a relação: parâmetros regulados x necessidades reais de processos industriais sensíveis. Visando manter sob controle a QEE no Sistema da LIGHT, para se manter nas faixas estabelecidas pelo Órgão Regulador. Tomando por base os trabalhos iniciais do PRODIST e os resultados de monitoramentos efetuados em oito indústrias, sendo duas têxteis, duas alimentícias, duas químicas e duas metalúrgicas.

**Palavras chaves** - Sistema de Gestão da Qualidade da Energia Elétrica, Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica.

## I. INTRODUÇÃO

A QEE - Qualidade da Energia Elétrica tem se tornado uma preocupação crescente para concessionárias e consumidores de modo geral. O progressivo interesse pela QEE deve-se, principalmente, à evolução tecnológica dos equipamentos eletro-eletrônicos, hoje amplamente utilizados nos segmentos industrial, comercial e também residencial. Com o crescimento e a vasta aplicação da eletrônica, de um modo geral, em equipamentos desde eletrodomésticos até em linhas de processos industriais automatizados, vem aumentando expressivamente a sensibilidade dos equipamentos em relação à QEE [1-3].

Desta forma a energia elétrica tem deixado de ser vista apenas como um bem gerido e fornecido, para ser tratado como um "bem comum" ou "produto de comercialização" entre geradoras, transmissoras, distribuidoras e consumidores de energia [4].

Estes aspectos motivaram as concessionárias a investirem em pesquisa e desenvolvimento, visando melhorar a eficácia de controle e supervisão dos seus sistemas, promovendo a

automação dos procedimentos de coleta e análise das informações necessária para controlar a qualidade do produto energia elétrica.

Neste sentido, visando padronizar todo tipo de informação de QEE, no que concerne a conformidade da potência, advinda de qualquer tipo de monitor, foi idealizada, desenvolvida e implementada, dentro do PD-48, a figura da EAQ – Estação Avançada de Qualidade. A EAQ, que deveria ser instalada numa subestação chave, mas nada impede de ser instalada em qualquer ponto, como por exemplo, um escritório administrativo, recebe informações, sob qualquer tipo de mídia, inclusive redes sem fio, de monitores de outras subestações ou da cabine de medições dos clientes, desde que estes tenham monitores de QEE, cadastrados no sistema. A EAQ é composta por Micro Computador, Ferramenta Conversora de Dados, Multiplexador e o Visualizador Local.

Com isto o papel da EAQ é centralizar as informações advindas dos monitores instalados numa região ao redor do local da sua instalação, fazer a apuração dos indicadores e transmitir os resultados para a CAG\_Q.

A metodologia desenvolvida, a qual considera as regras estabelecidas pelo PRODIST [5] e os parâmetros definidos no controle da CAG\_Q, define que a apuração dos indicadores deve considerar critérios estatísticos relacionados com a totalidade das medidas e o número máximo de violações permitidas. A maioria dos indicadores se obtém através do cálculo de percentis matemáticos dos dados coletados, utilizando a função acumulativa de probabilidades. Neste contexto foi utilizada a técnica de histograma de observações, para apuração e consolidação dos indicadores de QEE, para avaliação frente aos limites estabelecidos.

A aplicação deste sistema é baseada na extração das informações possíveis e passíveis de análise tendo como objetivo:

- Confrontar os indicadores apurados com os valores de referência tanto do PRODIST, como da LIGHT, destacando os pontos do Sistema da LIGHT que precisam ser avaliados.

A técnica de histogramas de observações também deu condições para se implementar rotinas de análises contínuas e automáticas, dentro do Sistema de Gestão da QEE desde a integração de pré-processamento nas EAQ's, ampliando a capacidade de análise, que deu uma caracterização mais ampla do Sistema da Concessionária no âmbito da problemática da QEE, permitindo que os indicadores de Distorção Harmônica,

Desequilíbrio, Flicker, VTCD's e níveis de tensão em regime permanente sejam analisados

Assim a técnica de histogramas de observações permite a:

- Análise e apuração dos indicadores de QEE frente ao PRODIST;
- Caracterização do Sistema Gestão da QEE da LIGHT com uma ferramenta de análise;
- Ferramenta auxiliar para determinação de indicadores e limites para LIGHT.

## II. HISTOGRAMA DE OBSERVAÇÕES

Um dos problemas típicos com variáveis elétricas é verificar se uma determinada grandeza violou um limite pré-fixado durante o tempo de observação. Para isso utiliza-se uma técnica especialmente adequada para implementação em computador, trata-se do histograma de observações, que divide o intervalo total dos valores da serie de dados (do valor mínimo ao máximo) em subintervalos de igual amplitude, denominados de classes (níveis). O número de classes dependerá da magnitude do intervalo total e do número de classes que se deseja analisar.

As características de alta capacidade de compactação de informação e a facilidade de automatização do processamento, de histogramas de observação, são essenciais para a elaboração de programas de monitoramento da qualidade da energia, a partir dos índices extraídos das grandezas elétricas.

De modo geral, existem normas que prevêm limites de variação para as grandezas elétricas, como: "flicker", tensão de regime permanente, variação de frequência, entre outros. Como podemos observar nas normas internacionais IEEE [7], IEC [8], etc. e no Brasil, no Sub-Módulo 2.2 dos Procedimentos de Rede [6]. Nos trabalhos iniciais do PRODIST [5] não é diferente, pois a metodologia utilizada para apuração dos indicadores prevê uma análise ao longo do tempo, para que se permita verificar se um determinado indicador ficou acima ou abaixo, durante um determinado tempo de apuração violando ou não as referências.

Essa metodologia de apuração baseia-se na ponderação de uma grandeza num intervalo de apuração, verificando se a grandeza ficou fora de determinados limites  $ta\%$  de um período de apuração.

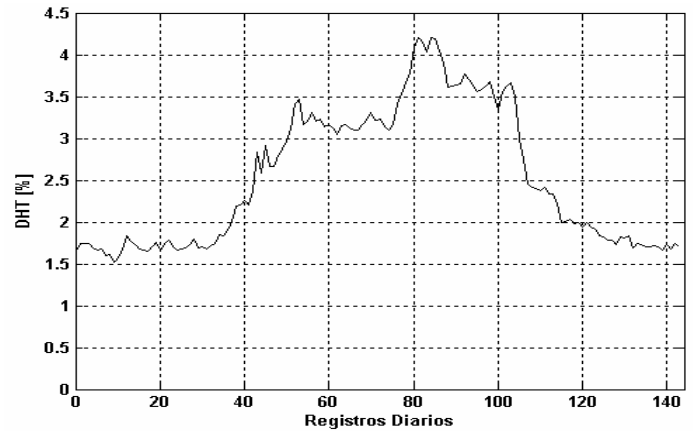
$$ta\% = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^n tv_i \cdot 100 < Lim\% \quad (1)$$

Onde:

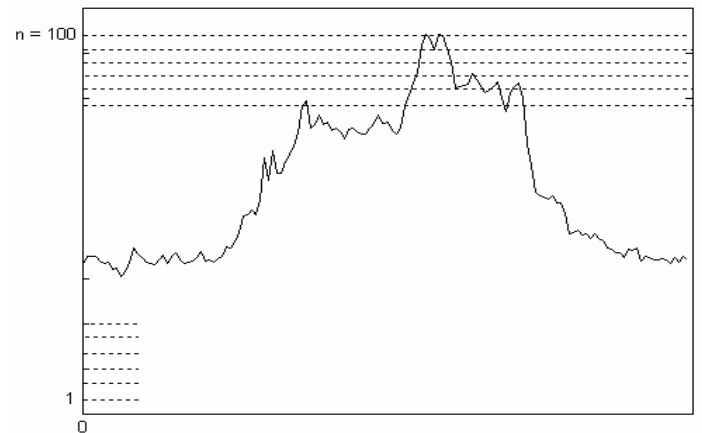
- $ta\%$  é a Porcentagem do tempo fora do limite  
 $tv_i$  o Tempo de violação  
 $Lim\%$  é o Limite estabelecido

A técnica de histogramas de observações passa por um processo de classificação de amostragem baseado no número de classes que se deseja ter na caracterização da grandeza em análise, A Figura 1-a mostra os registros diários de Distorsão

harmônica total, e a Figura 1-b mostra como o processo de discretização por níveis é feito.



a) Registro de Distorsão Harmônica Total (DHT).



b) Discretização dos registros por níveis

Fig. 1 – Processo de discretização.

A Figura 2 mostra o procedimento de amostragem do sinal da Figura 1, a escolha do intervalo de tempo que se deseja amostrar ( $\Delta t$ ) se baseia em dois princípios:

1. Frequência máxima que se deseja discriminar tem um suporte no principio da máxima frequência observável:

$$f_{\max} = \frac{1}{2\Delta t} \quad (2)$$

2. Número máximo de amostras que se deseja obter, é o número máximo de amostras resultantes, em que se deseja limitar o numero de amostras no período de observação:

$$N = \frac{T_0}{\Delta t} \quad (3)$$



Fig. 2 – Discretização temporal (Amostragem)

O que foi apresentado anteriormente corresponde a técnica de conversão de sinal de uma grandeza observada no tempo em um histograma de observações, mostrado na Figura 3, o que equivale a contar o número de vezes em que cada nível é observado, dando como resultado o “histograma de ocorrências”.

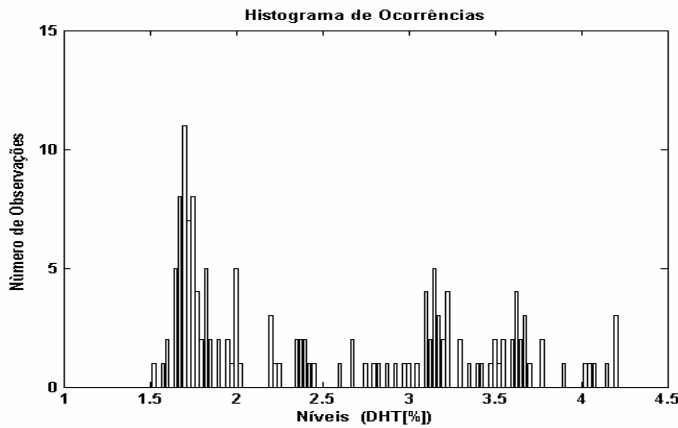


Fig. 3 – Histograma de observações por nível dos registros.

A Figura 3 mostra qual a distribuição das observações sobre os diferentes níveis de discretização. Notar que se perdeu o vínculo temporal das amostras, ou seja, não se sabe mais quando cada amostra foi observada.

Uma vez tendo o histograma de ocorrências é preciso normalizar o histograma, para obter a curva de distribuição de frequências, ou seja, as durações estatísticas dos níveis da grandeza discretizada. Como a soma do conteúdo da todas as classes deve ser igual ao número total de observações:

$$\sum_{i=1}^n n_i = N \quad (4)$$

A normalização do histograma consiste em dividir todos os valores por N, resultando:

$$\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N} = 1 \quad (5)$$

A Figura 4 apresenta o histograma normalizado da Figura 3, observe que o perfil do histograma não muda, o que já era esperado, somente houve alteração na escala.

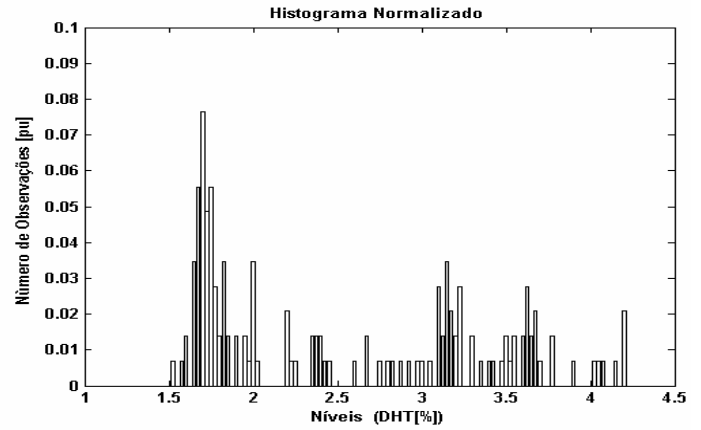


Fig. 4 – Histograma normalizado dos registros.

Finalmente é preciso a extração dos limites de uma determinada grandeza observada, para isto utilizará a curva das frequências acumulada e complementar, como mostrado nas Figuras 5 e 6.

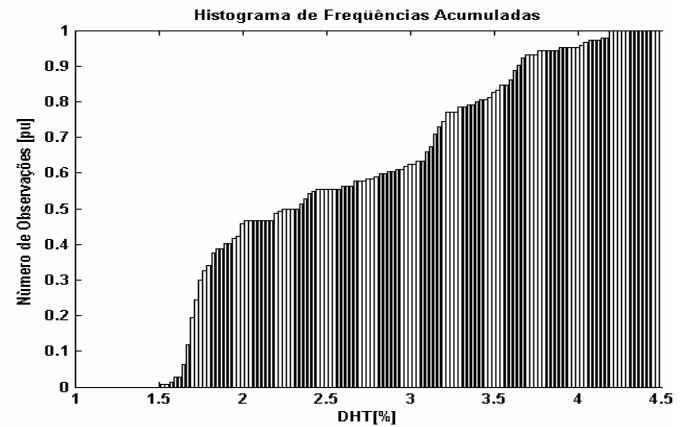


Fig. 5 – Função acumulativa de probabilidades dos registros.

A Figura 5 permite verificar e determinar a soma acumulada das frequências normalizadas que produz a curva de probabilidade de estar abaixo de um nível dado  $i$ ,

$$FA_i = \sum_{1}^i \frac{n_i}{N} \quad (6)$$

A interpretação de estar abaixo decorre do fato de que qualquer valor de  $FA_i$  expressa a probabilidade de uma amostra estar abaixo do nível  $i$ , e, portanto é uma curva de violações de limites mínimos.

No entanto, a Figura 6 é interpretada como probabilidade de estar acima, e por isso é uma curva de violações de limites máximos.

$$FAC_i = 1 - FA_i \quad (7)$$

O valor de  $FAC_i$  expressa a probabilidade de uma amostra estar acima do nível  $i$ , ou de ultrapassar o limite  $i$ .

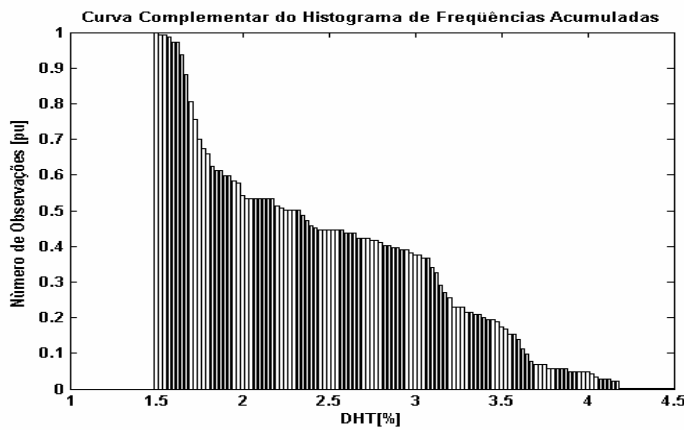


Fig. 6 – Curva acumulativa complementar dos registros

O uso da técnica de histograma de observações apresenta as seguintes vantagens:

- Automação do processamento direto dos sinais;
- Compactação dos dados armazenados para cada evento;
- Padronização das grandezas extraídas para análise;
- Flexibilidade na escolha do período de análise;
- Facilidade para fazer comparações estatísticas entre eventos;
- Facilidade de interpretação dos resultados;
- Verificação direta dos limites mínimos e máximos.

Uma outra vantagem importante dessa abordagem é ser independente de normas e limites existentes ou que venham a ser definidos.

### III. FORMA DE OBTENÇÃO DOS INDICADORES

Para efeito de classificação dos parâmetros de controle do CAG\_Q serão utilizados três estados operativos referente a QEE, sendo eles:

**Qualidade Ótima (QO):** Receberá esta classificação quando o indicador apurado estiver dentro dos limites estabelecidos pelo PRODIST, com uma folga maior que uma margem pré-definida pela LIGHT. Podendo ser avaliada através de duas condições:

- Caso o Indicador seja avaliado através do P95% - Percentil 95%, a QFE – Qualidade do Fornecimento de Energia será classificada como QO quando o Indicador P97,5% - Percentil 97,5% estiver dentro da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.
- Caso o Indicador seja avaliado pelo valor máximo dos registros do período amostrados, a QFE será classificada como QO quando o máximo valor registrado estiver no máximo 20% abaixo do limite superior e no mínimo 20% acima do limite inferior da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.

**Qualidade Adequada (QA):** Receberá esta classificação quando o indicador apurado estiver dentro dos limites estabelecidos pelo PRODIST, com uma folga até uma margem

pré-definida pela LIGHT. Podendo esta avaliação ter duas condições:

- Caso o Indicador seja avaliado através do P95%, a QFE será classificada como QA quando o Indicador P95% estiver dentro e o Indicador P97,5% estiver fora da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.
- Caso o Indicador seja avaliado pelo valor máximo dos registros do período amostrado, a QFE será classificada como QA quando o máximo valor registrado estiver dentro da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.

**Qualidade Inadequada (QI):** Receberá esta classificação quando o indicador apurado estiver fora dos limites estabelecidos pelo PRODIST. Podendo esta avaliação ter duas condições:

- Caso o Indicador seja avaliado através do P95%, a QFE será classificada como QI quando o Indicador P 95% estiver fora da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.
- Caso o Indicador seja avaliado pelo valor máximo dos registros do período amostrados, a QFE será classificada como QI quando o máximo valor registrado estiver fora da faixa dos limites estabelecidos pelo PRODIST.

## IV. INDICADORES DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA - VALORES DE REFERÊNCIA

**Distorção Harmônica:** A tabela 4.1 seguir sintetiza os valores de referência PRODIST para a DHTT – Distorção Harmônica Total de Tensão que são definidos em função da tensão nominal do barramento.

Tensão nominal do barramento	DHTT em [%]
	Distorção Harmônica Total de Tensão
$V_n \leq 1kV$	10,0
$1kV < V_n \leq 13,8 kV$	8,0
$13,8 kV < V_n \leq 69 kV$	6,0
$69kV < V_n \leq 138 kV$	3,0

Os valores de referência PRODIST para a DHIT – Distorção Harmônica Individual de Tensão também são definidos em função da tensão nominal do barramento e estão expressos na Tabela 4.2.

Ordem Harmônica	$V_n \leq 1kV$	$V_n > 1kV$ e $V_n \leq 13,8kV$	$V_n > 13,8 kV$ e $V_n \leq 69 kV$	$V_n > 69 kV$ e $V_n \leq 230 kV$
Impares não múltiplas de 3	5	7,5	6,0	4,5
	7	6,5	5,0	4,0
	11	4,5	3,5	3,0
	13	4,0	3,0	2,5
	17	2,5	2,0	1,5
	19	2,0	1,5	1,5
	23	2,0	1,5	1,5
	25	2,0	1,5	1,5
>25	1,5	1,0	1,0	0,5
Impares múltiplas de 3	3	6,5	5,0	4,0
	9	2,0	1,5	1,5
	15	1,0	0,5	0,5
	21	1,0	0,5	0,5
>21	1,0	0,5	0,5	0,5
Pares	2	2,5	2,0	0,5
	4	1,5	1,0	1,0
	6	1,0	0,5	0,5
	8	1,0	0,5	0,5
	10	1,0	0,5	0,5
	12	1,0	0,5	0,5
	>12	1,0	0,5	0,5

**Desequilíbrio de Tensão (DT):** O PRODIST definiu como valor de referência 2 % para o fator de desequilíbrio (FD), para todos o sistema de distribuição, com exceção da BT.

**Flutuação de Tensão (FT):** O PRODIST definiu como valores de referências para Flutuação de Tensão nos barramentos do Sistema de Distribuição, os valores apontados na Tabela 4.3.

Classificação	PstD95%	PltD95%
Adequado	< 1 [pu] / FT	< 0,8 [pu] / FT
Precário	1 a 2 [pu] / FT	0,8 a 1,6 [pu] / FT
Crítico	> 2 [pu] / FT	> 1,6 [pu] / FT

**Varição de Tensão de Curta Duração – VTCD: O** PRODIST classifica o fenômeno VTCD por tipo de duração e amplitude, conforme consta na Tabela 4.4.

Tipo	Sigla	Classificação	Duração (D)	Tensão Residual (Tr)
Variação Momentânea de Tensão	IMT	Interrupção Momentânea de Tensão	$D \leq 3 s$	$Tr < 0,1 pu$
	AMT	Afundamento Momentâneo de Tensão	$1 ciclo \leq D \leq 3 s$	$0,1 pu \leq Tr < 0,9 pu$
	EMT	Elevação Momentânea de Tensão	$1 ciclo \leq D \leq 3 s$	$Tr > 1,1 pu$
Variação Temporária de Tensão	ITT	Interrupção Temporária de Tensão	$3 s < D \leq 3 min$	$Tr < 0,1 pu$
	ATT	Afundamento Temporário de Tensão	$3 s < D \leq 3 min$	$0,1 pu \leq Tr < 0,9 pu$
	ETT	Elevação Temporária de Tensão	$3 s < D \leq 3 min$	$Tr > 1,1 pu$

**Tensão em regime permanente:** Os valores mostrados na Tabelas 4.5 apresentam as faixas que devem ser considerados

para definição dos níveis de tensão especificados como adequados, precários e críticos, em função da tensão nominal no ponto de entrega.

Classificação da Tensão de Atendimento	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão Contratada (TC)
Adequada	$0,93 TC < TL < 1,05 TC$
Precária	$0,90 TC < TL < 0,93 TC$ ou $1,05 TC < TL < 1,07 TC$
Crítica	$TL < 0,90 TC$ ou $TL > 1,07 TC$

## V. EXEMPLOS DE RESULTADOS OBTIDOS

Diariamente, a partir dos dados obtidos dos monitores de QEE instalados em barramento das SE's da LIGHT e de seus clientes, são apurados os Indicadores de Distorção Harmônica de Tensão, Desequilíbrio da Tensão, Variações de Tensão em Regime Permanente e VTCD's.

DESEQUILIBRIO DE TENSÃO - DT	
Relatório Gerado em : 29/09/2006	
Local : VOLT_A_REDONDA	Equipamento: 3720
Ponto de Instalação : TRAF01	Informações do período de: 01/01/2005 até 29/09/2006
Valor Máximo de Medição no Período:	FASE A FASE B FASE C 04,00 00,00 00,00
Data	Percentil
	DT
01/02/2005	2,00 0,00 0,00
31/07/2005	3,97 0,00 0,00
30/08/2005	2,00 0,00 0,00
Limites: QFE Ótima <= 1 QFE Adequada > 1 <= 2 QFE Inadequada > 2	

Fig. 7 – Relatório do indicador desequilíbrio de tensão.

DISTORÇÃO HARMÔNICA TOTAL TENSÃO	
Relatório Gerado em : 29/09/2006	
Local : VOLT_A_REDONDA	Equipamento: 3720
Ponto de Instalação : TRAF01	Informações do período de: 01/01/2005 até 29/09/2006
Valor Máximo de Medição no Período:	FASE A FASE B FASE C 03,50 03,70 03,80
Data	Percentil
	FASE A FASE B FASE C
01/02/2005	3,07 1,30 1,30
31/07/2005	0,00 3,39 3,48
30/08/2005	3,19 1,30 1,20
Limites: QFE Ótima <= 8,4% QFE Adequada > 8,4% <= 8% QFE Inadequada > 8%	

Fig. 8 – Relatório do indicador DHTT.

A Figura 7 apresenta os valores de indicadores do Desequilíbrio de Tensão. Onde se pode observar que, em termos do Indicador DT, para os dias 01/02/2005 e 30/08/2005, a QFE é considerada Adequada, e para o dia 31/08/2005 seria considerada Inadequada. Enquanto figura 8 apresenta um relatório do Indicador DHTT – Distorção Harmônica Total de Tensão, onde foi apurado que a QFE, em termos de DHTT seria considerada ótima.

A Figura 9 apresenta valores de VTCD para o mês de dezembro de 2005. Pode-se observar que no período

monitorado foram registrados, no sistema da LIGHT, 4 tipos de VTCD, sendo que o predominante é a Interrupção Momentânea de Tensão (IMT) com 23 ocorrências, correspondendo a 57,5% do total de ocorrência de VTCD, depois temos 13 ocorrências de Afundamento Momentâneo de Tensão (AMT) seguida por 2 ocorrências de Interrupção Temporária de Tensão (ITT) e 2 ocorrências de Elevação Momentânea de Tensão (EMT), correspondendo o 5% do total de ocorrências de VTCD.

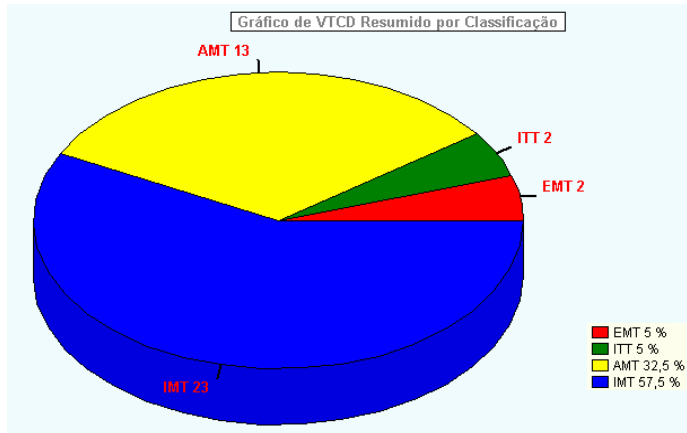


Fig. 9 – Quantidade de VTCD's ocorridas durante um período e classificadas por tipo.

A figura 10 apresenta um Relatório do Indicador de Tensão em Regime Permanente para os Trafos da SE Esperança. Note que para todas as amostras dos Trafos 5, 2 e 4 a QFE esta Ótima, enquanto no Trafo 3 temos muitas amostras onde a QFE é Adequada, com destaque para a Fase C que apresentou 104 amostras, e em 2 amostras com QFE Inadequada nas 3 Fases.

**Relatório Resumido de Tensão**

Relatório referente ao período de 01/01/2005 até 01/03/2005

Local: ESPERANCA		Ponto: TRAF05	
<b>Qualidade:</b> Ótima: 144 144 144 Adequada: 0 0 0 Inadequada: 0 0 0		<b>Dados:</b> Max: 8064 8084 8140 Min: 7452 7436 7536 Média: 7753 7787 7832	
<b>Local: ESPERANCA</b>		<b>Ponto: TRAF02</b>	
<b>Qualidade:</b> Ótima: 144 144 144 Adequada: 0 0 0 Inadequada: 0 0 0		<b>Dados:</b> Max: 8080 8144 8148 Min: 7480 7592 7564 Média: 7767 7834 7835	
<b>Local: ESPERANCA</b>		<b>Ponto: TRAF03</b>	
<b>Qualidade:</b> Ótima: 113 105 20 Adequada: 29 37 104 Inadequada: 2 2 2		<b>Dados:</b> Max: 15488 15568 15928 Min: 14688 14656 14752 Média: 15071 15106 15299	
<b>Local: ESPERANCA</b>		<b>Ponto: TRAF04</b>	
<b>Qualidade:</b> Ótima: 144 144 144 Adequada: 0 0 0 Inadequada: 0 0 0		<b>Dados:</b> Max: 8100 8124 8096 Min: 7456 7480 7484 Média: 7754 7793 7797	

Fig. 10 – Relatório de tensão em regime permanente.

## VI. CONCLUSÕES

O trabalho mostrou que a partir de informações de monitores de mercado, podem ser obtidos Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica para se fazer a Gestão da Qualidade da Energia Elétrica. Isto foi feito na LIGHT, onde foi desenvolvida, implementada e testada a CAG\_Q Central de Análise e Gestão da Qualidade.

A CAG\_Q incorpora as análises e gestão da QEE, para monitoramentos tanto da LIGHT como de seus clientes. Nos clientes os monitores ficam instalados juntos aos medidores de faturamento. Apesar de ainda serem poucos, especialmente autoprodutores, sistema está preparado para incorporar um número elevado de cliente, desde que utilizem monitores de QEE cadastrados na LIGHT. No Sistema da LIGHT, o sistema agrega informações de todos os monitores de QEE existentes em barramentos de 13,8 – 25 – 138 KV, como ION-3720, ION-7650 e NEXUS.

A EAQ – Estação Avançada de Qualidade tem papel importante, pois recebe informações de monitores instalados num raio tão maior quanto maior for o desempenho da mídia de transmissão de dados, em geral as informações vindas das indústrias, podem ser transmitidas através de rede sem fio, apura os Indicadores de QEE e envia para a CAG-Q.

A metodologia apresentada para apuração dos indicadores de QEE atende tanto as especificações de Monitores que atendem ao PRODIST como para qualquer outro tipo de Monitor.

O sistema de gestão desenvolvido pela LIGHT é totalmente inovador e é capaz de mostrar de forma atualizada e precisa as condições do Sistema Elétrico da LIGHT frente à Qualidade da Energia Elétrica, tanto por SE como por região, permitindo que esta possa adequar seu Sistema Elétrico às novas configurações do setor no Brasil.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M.H.J. Bollen. "Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions" IEEE Press, 2001.
- [2] A. Ghosh e G. Ledwich, "Power Quality Enhancement using Custom Power Devices", Kluwer Academic Publishers (Power Electronics and Power Systems Series), USA, 2002.
- [3] R.C. Dugan, M.F. McGranaghan, H.W. Beaty "Electrical Power Systems Quality" McGraw-Hill, 1996.
- [4] F.P. Marafão, "Análise e Controle da Energia Elétrica através de Técnicas de Processamento Digital de Sinais", Tese de Doutorado, UNICAMP, Campinas – SP, 2004.
- [5] Módulo 8, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – (PRODIST)", ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, versão atualizada agosto de 2006.
- [6] Módulo 2, "Padrões de Desempenho da Rede Básica e Requisitos Mínimos Para sua Instalação", ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2000-2003.
- [7] IEEE Std 1159-1995 – IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, New York
- [8] IEE - 61000-4-30 - 2003 – Power Quality Measurement Methods.