

**TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

**QUALIDADE DA ENERGIA NA UnB: UMA  
INVESTIGAÇÃO SOBRE A RELAÇÃO ENTRE  
DISTÚRBIOS NA REDE ELÉTRICA E A FALHA  
DE EQUIPAMENTOS**

**Euvaldo Marques Lessa Filho  
Felipe Gabriel Guimarães de Sousa  
Marcos Venícius Leite Vasconcelos**

**Brasília, 07 de julho de 2009**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia

## TRABALHO DE GRADUAÇÃO

# QUALIDADE DA ENERGIA NA UnB: UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A RELAÇÃO ENTRE DISTÚRBIOS NA REDE ELÉTRICA E A FALHA DE EQUIPAMENTOS

**Euvaldo Marques Lessa Filho  
Felipe Gabriel Guimarães de Sousa  
Marcos Venícius Leite Vasconcelos**

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção  
do grau de Engenheiro Eletricista

### **Banca Examinadora**

Prof. Anésio de Leles Ferreira Filho, UnB/ EnE  
(Orientador)

---

Mestre Francisco Assis Lima, UnB/ CME

---

Prof. Mauro Moura Severino, UnB/ EnE

---

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

LESSA FILHO, EUVALDO MARQUES; SOUSA, FELIPE GABRIEL GUIMARÃES DE; VASCONCELOS, MARCOS VENÍCIUS LEITE

Qualidade da Energia na UnB: Uma Investigação sobre a Relação entre Distúrbios na Rede Elétrica e a Falha de Equipamentos

Publicação ENE-1/09, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p109.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

LESSA FILHO, EUVALDO MARQUES; SOUSA, FELIPE GABRIEL GUIMARÃES DE; VASCONCELOS, MARCOS VENÍCIUS LEITE; Qualidade da Energia na UnB: Uma Investigação sobre a Relação entre Distúrbios na Rede Elétrica e a Falha de Equipamentos. Trabalho de Graduação, Publicação ENE-1/09, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 109p.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTORES: Euvaldo Marques Lessa Filho, Felipe Gabriel Guimarães de Sousa e Marcos Venícius Leite Vasconcelos

ORIENTADOR: Anésio de Leles Ferreira Filho

TÍTULO: Qualidade da Energia na UnB: Uma Investigação sobre a Relação entre Distúrbios na Rede Elétrica e a Falha de Equipamentos.

ANO: 2009

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam, outros direitos de publicação e nenhuma parte deste projeto de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito dos autores.

## **Dedicatória**

*Dedicamos esse trabalho às nossas famílias e amigos,  
que nos ajudaram a ultrapassar essa importante etapa.*

*Euvaldo Marques Lessa Filho  
Felipe Gabriel Guimarães de Sousa  
Marcos Venícius Leite Vasconcelos*

## **Agradecimentos**

*Agradeço a Deus por me dar forças para continuar batalhando pelos inúmeros caminhos da vida.*

*À minha família por todo amor e carinho dedicado, e pela paciência e conselhos por todos esses anos de convívio.*

*Aos grandes amigos Felipe Gabriel e Marcos Venícius, por todo incentivo e ajuda durante essa caminhada.*

*A todos os meus amigos que sempre estiveram ao meu lado e que me ajudaram a vencer mais esse desafio.*

*Ao professor Anésio pelo apoio fornecido durante o desenvolvimento desse trabalho.*

*Aos demais professores pelos ensinamentos necessários a minha formação.*

*A toda a equipe do CME, em especial ao Assis, por toda a contribuição.*

*E a todos os funcionários da UnB, pelo suporte fornecido durante toda a minha graduação.*

*Euvaldo Marques Lessa Filho*

*Agradeço a Deus, por me dar forças para continuar a caminhada nesses longos e árduos anos.*

*Aos meus pais e irmã, pelo auxílio, conselhos e recomendações, paciência e imenso amor sempre dedicados.*

*Aos amigos Euvaldo Lessa e Marcos Venícius, pelas palavras de incentivo e caminhada conjunta.*

*A toda turma do 1º semestre de 2004, pela união e força sempre demonstrados, o que tornou minha passagem pela graduação mais agradável.*

*Ao professor Anésio, pelos conselhos.*

*Aos demais professores pela minha formação.*

*Ao CME, especialmente ao Assis, pela presteza.*

*E a todos os funcionários da UnB, que de alguma forma tornaram possível a materialização desse trabalho.*

*Felipe Gabriel Guimarães de Sousa*

*Agradeço a Deus, primeiramente, pelas inúmeras bênçãos que tem derramado em minha vida.*

*Agradeço aos meus pais e irmãos pelo apoio durante a caminhada e suporte nos momentos difíceis. Sem eles com certeza não teria força para vencer as dificuldades.*

*Agradeço à minha namorada, cuja paciência e dedicação eu admiro e que, por diversas vezes, me serviu de valoroso espelho.*

*Agradeço aos meus amigos Euvaldo Lessa e Felipe Gabriel pela parceria que tanto me fez crescer.*

*Agradeço ao professor Anésio pelas valiosas orientações nesse trabalho e aos professores de outrora, fundamentais em minha formação.*

*Agradeço aos meus amigos da ANEEL pela compreensão com meus horários incertos.*

*Agradeço ao Assis e a toda a equipe do CME pelo pronto atendimento sempre que necessário.*

*Marcos Venícius Leite Vasconcelos*

*Agradecemos à FINATEC pelo apoio financeiro na realização desse trabalho.*

## RESUMO

Desde o ano de 2003, a UnB tem verificado crescimento na quantidade de solicitações para conserto de equipamentos. Buscando identificar a causa dessa situação, o Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos (CME) interessava-se em um estudo que analisasse a qualidade da energia no *Campus* e investigasse uma possível relação entre problemas de qualidade presentes na rede elétrica e a falha de equipamentos.

Com essa motivação, o presente trabalho objetiva analisar o comportamento das demandas para conserto de equipamentos e a qualidade da energia elétrica na UnB, bem como investigar relações nesses universos.

As solicitações são analisadas a partir das Ordens de Serviço (OSs) abertas para o CME, e a qualidade da energia é verificada com o auxílio do medidor ION 7600 e de ferramentas computacionais apropriadas.

Os resultados apontam que existem problemas de qualidade da energia na Universidade, mas que, com os dados utilizados, não é possível afirmar se eles estão ocasionando a falha de equipamentos. Também mostram que o processo de geração de OSs deve passar por melhorias para que as informações sejam mais claras e acessíveis.

# SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 - INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.1 - VISÃO GERAL.....</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.2 - ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....</b>   | <b>2</b>  |
| <b>2 - QUALIDADE DA ENERGIA.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS (MOTIVAÇÃO) .....</b>                                  | <b>4</b>  |
| <b>2.2 - DEFINIÇÕES.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.3 - PRINCIPAIS DISTÚRBIOS (ANORMALIDADES).....</b>                                | <b>9</b>  |
| <b>3 – CENTRO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS (CME) 11</b>                   |           |
| <b>3.1 - ORDENS DE SERVIÇO (OSs).....</b>  | <b>11</b> |
| <b>3.1.1 - Análise das OSs.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>3.2 - FERRAMENTA COMPUTACIONAL.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>3.2.1 - Linguagem de programação .....</b>  | <b>14</b> |
| <b>3.2.2 - Estrutura do programa .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS.....</b>                       | <b>16</b> |
| <b>4.1 - EQUIPAMENTOS E FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADOS 16</b>                     |           |
| <b>4.1.1 - Equipamento de medição .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>4.1.2 - Ferramenta computacional de análise da qualidade da energia elétrica ..</b> | <b>17</b> |
| <b>4.2 - INSTALAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E</b>                              |           |
| <b>FERRAMENTA.....</b>   | <b>19</b> |
| <b>4.2.1 - Equipamentos de medição .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>4.2.1.1 - Instalação física .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>4.2.1.2 - Configuração das grandezas .....</b>                                      | <b>21</b> |
| <b>4.2.2 - Ferramenta de análise .....</b>   | <b>22</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4.3 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS .....</b>  | <b>22</b> |
| <b>4.3.1 - Método de análise .....</b>  | <b>22</b> |
| <b>4.3.2 - Análise das OSs.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>4.3.3 - Análise da qualidade da energia.....</b>   | <b>23</b> |
| <b>4.3.4 – Investigação da relação.....</b>   | <b>24</b> |
| <b>5 - RESULTADOS .....</b>   | <b>25</b> |
| <b>5.1 - ANÁLISE DAS ORDENS DE SERVIÇO.....</b>   | <b>25</b> |
| <b>5.1.1 - Análise das OSs na UnB.....</b>  | <b>25</b> |
| <b>5.1.2 - Análise das OSs na Vice-Reitoria, FT e CPD.....</b>  | <b>26</b> |
| 5.1.2.1 - Análise mensal.....   | 26        |
| 5.1.2.2 - Análise semanal.....  | 28        |
| <b>5.2 - ANÁLISE DA QUALIDADE.....</b>  | <b>31</b> |
| <b>5.2.1 - Desequilíbrio de tensão .....</b>  | <b>31</b> |
| <b>5.2.2 - Distorção harmônica .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>5.2.3 - Flicker .....</b>  | <b>34</b> |
| <b>5.2.4 - Tensões em regime permanente .....</b>   | <b>35</b> |
| <b>5.2.5 - Afundamentos, interrupções e elevações .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>5.2.6 - Síntese das avaliações da qualidade da energia na Vice-Reitoria, FT e CPD .....</b>                | <b>39</b> |
| <b>5.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS.....</b>   | <b>40</b> |
| <b>5.3.1 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, na Vice-Reitoria .....</b> | <b>40</b> |
| <b>5.3.2 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, na FT .....</b>            | <b>41</b> |
| <b>5.3.3 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, no CPD .....</b>           | <b>43</b> |
| <b>5.3.4 - Análise das relações quanto às tensões em regime permanente no CPD ..</b>                          | <b>44</b> |
| <b>5.4 - ANÁLISE DETALHADA.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>6 - CONCLUSÃO .....</b>  | <b>48</b> |
| <b>6.1 - CONCLUSÕES DO TRABALHO .....</b>   | <b>48</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>6.2 - DIFICULDADES E RECOMENDAÇÕES .....</b>   | <b>50</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>APÊNDICES.....</b>   | <b>54</b> |
| <b>A - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NA VICE-REITORIA DA UnB ...</b>                  | <b>55</b> |
| <b>A.1 - INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>55</b> |
| <b>A.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADOS PARA ANÁLISE.....</b>                             | <b>55</b> |
| <b>A.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO .....</b>                               | <b>55</b> |
| <b>A.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE.....</b>                         | <b>55</b> |
| <b>A.5 - TENSÕES DE LINHA .....</b>   | <b>56</b> |
| <b>A.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS<br/>INDICADORES DRC E DRP .....</b> | <b>58</b> |
| <b>A.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>A.8 - DISTORÇÃO HARMÔNICA.....</b>   | <b>62</b> |
| <b>A.9 - FLICKER.....</b>   | <b>64</b> |
| <b>A.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS.....</b>                                 | <b>64</b> |
| <b>A.11 - CONCLUSÃO .....</b>   | <b>69</b> |
| <b>B -ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NA FT DA UnB .....</b>                            | <b>70</b> |
| <b>B.1 - INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>70</b> |
| <b>B.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADOS PARA ANÁLISE .....</b>                            | <b>70</b> |
| <b>B.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO .....</b>                               | <b>70</b> |
| <b>B.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE .....</b>                        | <b>71</b> |
| <b>B.5 - TENSÕES DE LINHA .....</b>   | <b>71</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>B.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS INDICADORES DRC E DRP .....</b>      | <b>73</b>  |
| <b>B.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO.....</b>  | <b>77</b>  |
| <b>B.8 -DISTORÇÃO HARMÔNICA .....</b>  | <b>77</b>  |
| <b>B.9 - FLICKER.....</b>  | <b>79</b>  |
| <b>B.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS .....</b>                                 | <b>80</b>  |
| <b>B.11 - CONCLUSÃO.....</b>   | <b>84</b>  |
| <b>C - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NO CPD DA UnB.....</b>                            | <b>86</b>  |
| <b>C.1 - INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>86</b>  |
| <b>C.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADO PARA ANÁLISE .....</b>                              | <b>86</b>  |
| <b>C.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO .....</b>                                | <b>86</b>  |
| <b>C.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE.....</b>                          | <b>86</b>  |
| <b>C.5 - TENSÕES DE LINHA .....</b>  | <b>87</b>  |
| <b>C.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS INDICADORES DRC E DRP .....</b>      | <b>88</b>  |
| <b>C.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO.....</b>  | <b>92</b>  |
| <b>C.8 - DISTORÇÃO HARMÔNICA.....</b>  | <b>93</b>  |
| <b>C.9 - FLICKER.....</b>  | <b>95</b>  |
| <b>C.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS.....</b>                                  | <b>96</b>  |
| <b>C.11 - CONCLUSÃO .....</b>  | <b>99</b>  |
| <b>D - LISTAGEM DAS DEZ LOCALIDADES COM MAIORES ACIONAMENTOS DE REPARO POR ANO .....</b> | <b>101</b> |
| <b>E – PLANILHAS DA FERRAMENTA CTO.....</b>  | <b>105</b> |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 2.1 - Principais distúrbios que afetam a qualidade da energia. .... | 9  |
| Tabela 2.2 - Resumo: causas, efeitos e propostas de soluções.....          | 10 |
| Tabela 5.1 - Valores do fator K por localidade.....                        | 32 |
| Tabela 5.2 - Valores de distorção harmônica total por fase.....            | 33 |
| Tabela 5.3 - Valores limites.....  | 34 |
| Tabela 5.4 - Comportamento PstD95% e PltS95% em p.u. por fase.....         | 35 |
| Tabela 5.5 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.....         | 35 |
| Tabela 5.6 - DRC e DRP.....  | 36 |
| Tabela A.1 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.....         | 58 |
| Tabela A.2 - DRC e DRP.....  | 61 |
| Tabela A.3 - Valores limites.....  | 64 |
| Tabela A.4 - Valores detectados.....                                       | 64 |
| Tabela A.5 - Ocorrência dos afundamentos.....                              | 65 |
| Tabela B.1 - Estatística das fases.....                                    | 72 |
| Tabela B.2 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.....         | 73 |
| Tabela B.3 - DRC e DRP.....  | 76 |
| Tabela B.4 - Valores limites.....  | 79 |
| Tabela B.5 - Valores detectados.....                                       | 80 |
| Tabela B.6 - Ocorrência dos afundamentos.....                              | 81 |
| Tabela C.1 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.....         | 88 |
| Tabela C.2 - DRC e DRP.....  | 92 |
| Tabela C.3 - Valores limites.....  | 95 |
| Tabela C.4 - Valores detectados.....                                       | 96 |
| Tabela C.5 - Ocorrência dos afundamentos.....                              | 97 |
| Tabela C.6 - Ocorrência das elevações.....                                 | 97 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela D.1 – Quantidade de reparos referentes a 2001.....               | 101 |
| Tabela D.2 - Quantidade de reparos referente a 2002.....                | 101 |
| Tabela D.3 - Quantidade de reparos referente a 2003.....                | 101 |
| Tabela D.4 - Quantidade de reparos referente a 2004.....                | 102 |
| Tabela D.5 - Quantidade de reparos referente a 2005.....                | 102 |
| Tabela D.6 - Quantidade de reparos referente a 2006.....                | 102 |
| Tabela D.7 - Quantidade de reparos referente a 2007.....                | 103 |
| Tabela D.8 - Quantidade de reparos referente a 2008.....                | 103 |
| Tabela D.9 - Quantidade de reparos durante o período de oito anos. .... | 103 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 - Crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil.....                         | 7  |
| Figura 2.2 - Custo de interrupção por região e por classe consumidora no Brasil em 2004.       | 7  |
| Figura 2.3 - Origem dos problemas da QEE. ....   | 8  |
| Figura 3.1 – Total de ordens de serviços abertas. ....   | 13 |
| Figura 4.1 - Apresentação dos módulos disponíveis no aplicativo.....                           | 18 |
| Figura 4.2 - Diagrama de conexão. ....   | 20 |
| Figura 4.3 - Modelo cliente-servidor por uma rede ethernet.....                                | 20 |
| Figura 4.4 - Fluxograma para investigação. ....  | 24 |
| Figura 5.1 – Total de OSs geradas para o CME.....  | 26 |
| Figura 5.2 - OSs de todos os tipos e OSs do tipo reparo geradas nas três localidades. ....     | 27 |
| Figura 5.3 - Total de OSs nas três localidades. ....   | 28 |
| Figura 5.4 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas na Vice-Reitoria.....            | 29 |
| Figura 5.5 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas na FT.....                       | 29 |
| Figura 5.6 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas no CPD.....                      | 30 |
| Figura 5.7 - Perfil do fator K na Vice-Reitoria. ....  | 32 |
| Figura 5.8 - DHT_A na FT.....  | 33 |
| Figura 5.9 - Ocorrência de eventos de curta duração na Vice-Reitoria. ....                     | 37 |
| Figura 5.10 - Ocorrência de eventos de curta duração na FT. ....                               | 38 |
| Figura 5.11 - Ocorrência de eventos de curta duração no CPD. ....                              | 38 |
| Figura 5.12 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo na Vice-Reitoria..... | 41 |
| Figura 5.13 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo na FT.....            | 42 |
| Figura 5.14 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo no CPD.....           | 43 |
| Figura 5.15 – Indicador DRP e OS do tipo reparo no CPD. ....                                   | 44 |
| Figura 5.16 - Indicador DRC e OS do tipo reparo no CPD. ....                                   | 45 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 5.17 - Elevações e OSs motivadas por problemas elétricos no CPD..... | 46 |
| Figura A.1 - Tensões de linha. ....   | 56 |
| Figura A.2 - Tensões de linha em 11 de março.....                           | 57 |
| Figura A.3 - Tensões de linha em 16 de março.....                           | 58 |
| Figura A.4 - Histograma de ocorrências para a fase A. ....                  | 59 |
| Figura A.5 - Histograma de ocorrências para a fase B.....                   | 60 |
| Figura A.6 - Histograma de ocorrências para a fase C.....                   | 60 |
| Figura A.7 - Perfil do fator K.....   | 61 |
| Figura A.8 - DHT fase A.....  | 62 |
| Figura A.9 - DHT fase B.....  | 63 |
| Figura A.10 - DHT fase C.....   | 63 |
| Figura A.11 - Afundamentos e elevações. ....                                | 65 |
| Figura A.12 - Evento 1.....   | 66 |
| Figura A.13 - Evento 2.....   | 66 |
| Figura A.14 - Evento 3.....   | 67 |
| Figura A.15 - Evento 4.....   | 68 |
| Figura A.16 - Curva ITIC.....   | 1  |
| Figura B.1 - Tensões de linha.....  | 72 |
| Figura B.2 - Histograma de ocorrências para a fase A.....                   | 73 |
| Figura B.3 - Probabilidade acumulada inversa para a fase A. ....            | 74 |
| Figura B.4 - Histograma de ocorrências para a fase B.....                   | 74 |
| Figura B.5 - Probabilidade acumulada inversa para a fase B.....             | 75 |
| Figura B.6 - Histograma de ocorrências para a fase C.....                   | 75 |
| Figura B.7 - Probabilidade acumulada inversa para a fase C.....             | 76 |
| Figura B.8 - Perfil do fator K.....   | 77 |
| Figura B.9 - DHT fase A.....  | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura B.10 - DHT fase B. ....   | 78  |
| Figura B.11 - DHT fase C. ....   | 79  |
| Figura B.12 - Afundamentos e elevações.....                                | 80  |
| Figura B.13 - Evento 1. ....   | 81  |
| Figura B.14 - Evento 2. ....   | 82  |
| Figura B.15 - Evento 3. ....   | 83  |
| Figura B.16 - Curva ITIC.....  | 84  |
| Figura C.1 - Tensões de linha.....   | 87  |
| Figura C.2 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase A.....        | 89  |
| Figura C.3 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase A. .... | 89  |
| Figura C.4 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase B.....        | 90  |
| Figura C.5 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase B.....  | 90  |
| Figura C.6 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase C.....        | 91  |
| Figura C.7 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase C.....  | 91  |
| Figura C.8 - Perfil do fator K. ....                                       | 93  |
| Figura C.9 - DHT fase A. ....  | 94  |
| Figura C.10 - DHT fase B. ....   | 94  |
| Figura C.11 - DHT fase C. ....   | 95  |
| Figura C.12 - Afundamentos e elevações.....                                | 96  |
| Figura C.13 - Evento 1. ....   | 97  |
| Figura C.14 - Evento 2. ....   | 98  |
| Figura C.15 - Curva ITIC.....  | 99  |
| Figura E.1 - Planilha Dados .....  | 105 |
| Figura E.2 - Planilha Localidades .....                                    | 106 |
| Figura E.3 - Planilha Relatório.....                                       | 106 |
| Figura E.4 - Planilha Falhas Mensais.....                                  | 107 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura E.5 - Planilha Gráficos Mensais .....     | 108 |
| Figura E.6 - Planilha Falhas Semanais OS.....    | 108 |
| Figura E.7 - Planilha Gráficos Semanais OS ..... | 109 |

## LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

|                |   |
|----------------|---|
| %              | - Porcentagem   |
| ½              | - Meio  |
| CBEMA          | - Computer and Business Equipment Manufacturer's Association  |
| CESPE          | - Centro de Promoção e Seleção de Eventos   |
| CME            | - Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos  |
| CPD            | - Centro de Processamento de Dados  |
| CTO            | - Centro de Tratamentos das OSs   |
| DAF            | - Decanato de Administração e Finanças  |
| DHT            | - Distorção Harmônica Total   |
| DHT_A          | - Distorção Harmônica Total da Fase A   |
| DHT_B          | - Distorção Harmônica Total da Fase B   |
| DHT_C          | - Distorção Harmônica Total da Fase C   |
| DRC            | - Índice de Duração Relativa da Transgressão para Tensão Crítica  |
| DRP            | - Índice de Duração Relativa da Transgressão para Tensão Precária   |
| EPE            | - Empresa de Pesquisa Energética  |
| EUA            | - Estados Unidos da América   |
| FT             | - Faculdade de Tecnologia   |
| FUPAI          | - Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria   |
| GRE            | - Gerência Regional de Ensino   |
| GWh            | - Gigawatt-hora   |
| h              | - Horas   |
| Hz             | - Hertz   |
| IED            | - Direção do Instituto de Ciências Exatas   |
| IEEE           | - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos   |
| ION            | - Integrated Object Network   |
| IP             | - Internet Protocol   |
| ITIC           | - Information Technology Industry Council   |
| kV             | - Kilo Volt   |
| m <sup>2</sup> | - Metros Quadrados  |
| min            | - Minuto  |
| ms             | - Milissegundo  |
| ns             | - Nano segundo  |
| OS             | - Ordem de Serviço  |
| P&D            | - Pesquisa e Desenvolvimento  |
| P95%           | - Valor com Probabilidade de 95% de não ser Excedido  |
| P99%           | - Valor com Probabilidade de 99% de não ser Excedido  |
| Plt            | - Indicador Severidade de Longa Duração   |
| PltS95%        | - Valor Semanal do Indicador Severidade de Longa Duração que foi Superado em apenas 5% dos Registros Obtidos no Período de Sete Dias Completos e Consecutivos |
| PRODIST        | - Procedimentos de Distribuição   |
| Pst            | - Indicador Severidade de Curta Duração   |
| PstD95%        | - Valor Diário do Indicador Severidade de Curta Duração que foi Superado em apenas 5% dos Registros Obtidos no Período de 24 horas                            |

|          |  |
|----------|--|
| p.u.     | - Por unidade                          |
| QEE      | - Qualidade da Energia Elétrica        |
| RMS      | - Root Mean Square                     |
| s        | - Segundo                              |
| Sag      | - Afundamento                          |
| SECOM    | - Secretaria de Comunicação            |
| SIPAT    | - Sistema de Informações Patrimoniais  |
| SQL      | - Structured Query Language            |
| Swell    | - Elevação                             |
| TA       | - Tensão de Atendimento                |
| TC       | - Transformador de Corrente            |
| TL       | - Tensão de Leitura                    |
| TP       | - Transformador de Potencial           |
| UnB      | - Universidade de Brasília             |
| UPS      | - Uninterruptible Power Supply         |
| us       | - Microsegundo                         |
| V        | - Volts                                |
| $V_A$    | - Tensão da Fase A                     |
| $V_{AB}$ | - Tensão de Linha entre as Fases A e B |
| $V_B$    | - Tensão da Fase B                     |
| VBA      | - Visual Basic for Application         |
| $V_{BC}$ | - Tensão de Linha entre as Fases B e C |
| $V_C$    | - Tensão da Fase C                     |
| $V_{CA}$ | - Tensão de Linha entre as Fases C e A |
| VTCD     | - Variação de Tensão de Curta Duração  |

# **1 - INTRODUÇÃO**

## **1.1 - VISÃO GERAL**

A Universidade de Brasília (UnB) foi inaugurada em 21 de abril de 1962. Ocupando uma área de 3,96 milhões de m<sup>2</sup>, resguarda mais de 1.300 professores, cerca de 2.300 funcionários e aproximadamente 27.900 alunos. Oferece 63 cursos de graduação, 64 de mestrado, 45 de doutorado e dezenas de especializações. Para administrar essa complexa estrutura, a UnB possui os conselhos superiores, a Reitoria, a Vice-Reitoria e os órgãos complementares, que auxiliam os alunos no desenvolvimento de trabalhos de ensino, pesquisa e extensão. Dentre estes últimos, destaca-se a Gerência Regional de Ensino (GRE), à qual se liga o Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos (CME) (UnB, 2007).

O CME, criado em 1987, está situado no prédio de laboratórios da engenharia elétrica, SG11, e ocupa uma área de 624 m<sup>2</sup>. Nesse espaço físico executam-se atividades de grande impacto na continuidade dos empreendimentos globais da universidade. Como qualquer entidade real, este sofre com diversos problemas administrativos e estruturais como capacitação profissional, quadro de funcionários reduzido, sistemas obsoletos e recursos financeiros que não atendem às necessidades.

Como centro de manutenção, o CME trabalha com base na seguinte idéia: não basta investir e implantar um sistema produtivo, científico ou tecnológico; é necessário que o tempo de utilização destes sistemas seja o maior possível ao longo da vida útil. No entanto, as condições das instalações em diversos pontos da UnB vêm contra esse princípio, e, nos últimos anos, tem-se percebido um aumento nas falhas em equipamentos e conseqüente crescimento no número de acionamentos ao CME.

Além do custo financeiro, falhas em equipamentos são especialmente prejudiciais ao desenvolvimento das atividades de alunos, professores e servidores da universidade. Por exemplo, falha de alguns equipamentos no Centro de Processamento de Dados (CPD), responsável pela manutenção dos bancos de dados e das ferramentas computacionais da UnB, pode ocasionar a paralisação de sistemas fundamentais para o funcionamento da

universidade. No Hospital Universitário, o tratamento de pacientes pode ficar comprometido por danos no maquinário. Em institutos de pesquisa, a conservação de espécies biológicas pode ser afetada por avarias em refrigeradores utilizados para este fim.

Em meio a esse cenário e considerando a tendência de incremento no número de equipamentos eletrônicos observada na universidade e a maior sensibilidade dos equipamentos modernos à qualidade da energia, mostrou-se relevante uma investigação sobre a QEE no *Campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília.

Surge, então, a idéia de desenvolvimento desse trabalho que visa, em linhas gerais, propor a avaliação das ordens de serviços geradas para o CME, que associada à análise dos níveis de qualidade da energia dos locais estudados, possibilite uma investigação sobre relações entre os distúrbios elétricos presentes na UnB e a falha de equipamentos. A identificação das origens dos danos de alguns equipamentos em manutenção é, certamente, a primeira etapa do processo que culminará na minimização de gastos, no uso de forma mais segura e no aumento da satisfação do usuário final.

Assim, esse trabalho oferece a análise de três localidades distintas do *Campus*. Com o auxílio de ferramentas computacionais e da utilização de banco de dados, avaliam-se informações geradas pelos equipamentos de medição e pelo sistema de tratamento de OSs do Centro de Manutenção. A função desses aplicativos é disponibilizar de forma rápida e confiável o comportamento das grandezas. Geralmente, são empregados nas análises gráficos, valores estatísticos e comparações com índices de normas vigentes para o diagnóstico do universo em estudo. É realizado, também, o mapeamento das localidades com maiores índices de acionamentos, de forma ao Centro de Manutenção poder focar o atendimento, esforços e políticas nas áreas precárias, e com isso tornar mais eficiente o processo de manutenção.

## **1.2 - ESTRUTURA DO RELATÓRIO**

No Capítulo 2 tem-se uma visão global sobre o termo “qualidade”. São apresentados os conceitos de qualidade da energia elétrica e uma breve descrição dos principais distúrbios.

O Capítulo 3 descreve o Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos - CME, sua composição e atribuição dentro da universidade. É definido o termo ordem de serviço e apresenta-se a ferramenta computacional para a análise das mesmas.

No Capítulo 4, tem-se a descrição do instrumento de medição, bem como a ferramenta computacional para a análise da qualidade, utilizada no decorrer do relatório. É apresentado como foi feita a instalação/configuração física e lógica dos medidores e dos aplicativos. Neste tópico tem-se a descrição de como foi elaborada a pesquisa e a forma de análise adotada para a crítica dos dados. São apresentadas também as localidades monitoradas e os métodos e procedimentos utilizados a fim de buscar relações entre os distúrbios na rede e a falha de equipamentos.

No Capítulo 5 expõem-se os resultados. Nele encontram-se todas as análises julgadas úteis. Apresenta-se a discussão sobre as características da geração de OSs na Vice-Reitoria, na Faculdade de Tecnologia e no Centro de Processamento de Dados, durante o período de 4 de janeiro a 2 de maio de 2009. Apresenta-se também, para o mesmo período, o estudo da qualidade da energia nos locais indicados. Ao final investigam-se possíveis relações no comportamento desses dois universos.

No Capítulo 6 apresentam-se as conclusões finais e recomendações do trabalho.

Nos Apêndices A, B e C apresenta-se uma análise da qualidade da energia, durante o período de uma semana, na rede da Vice-Reitoria, da Faculdade de Tecnologia e do Centro de Processamento de Dados, respectivamente.

No Apêndice D tem-se a listagem das dez localidades com maiores acionamentos de reparo nos anos de 2001 a 2008.

No Apêndice E apresentam-se figuras que ilustram as planilhas da ferramenta CTO.

## **2 - QUALIDADE DA ENERGIA**

### **2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS (MOTIVAÇÃO)**

No passado, devido às características da carga instalada, a maioria dos usuários não necessitava de um fornecimento de energia de alta qualidade. O provimento ininterrupto já atendia às expectativas para o bom funcionamento dos sistemas elétricos. A preocupação com os distúrbios da rede restringia-se mais ao campo industrial devido a sua maior participação no consumo da energia elétrica, e por ser o setor que mais envolvia cargas não-lineares, responsáveis por diversas perturbações na rede elétrica. Outros setores, como o comercial, residencial ou público, tinham pouca expressão nesse campo, dado que as características de suas instalações eram basicamente lineares. No setor residencial, por exemplo, a representatividade, quase que total da carga, provinha do aquecimento e iluminação (por meio de lâmpadas incandescentes), que apresentam um comportamento essencialmente linear (Ramos, 2000; Oliveira, 2000).

No entanto, devido à evolução tecnológica dos dispositivos utilizados pelos consumidores, bem como as mudanças ocorridas na estrutura do setor elétrico, tornou-se fundamental ter um serviço de boa qualidade (confiável) e um sinal isento de anormalidades, com a penalidade de provocar ineficiências técnicas e econômicas com significativas perdas para os setores industrial, comercial e residencial. Logo, a abordagem sobre a qualidade da energia elétrica (QEE) veio à tona porque o provimento do serviço já era confiável, ou seja, fornecimento ininterrupto, as cargas se tornaram mais sensíveis e novos equipamentos permitiram a medição e avaliação das anormalidades (Dungan et al., 2002 ; Bollen, 2000).

### **2.2 - DEFINIÇÕES**

O conceito de qualidade, em um sentido amplo, é bastante subjetivo e depende muito da óptica de quem o está analisando, bem como de fatores como cultura, tipo de produto ou serviço, necessidade e sua expectativa. No ramo dos serviços/produtos vendidos no mercado, o termo é geralmente empregado para significar “excelência”.

No campo da engenharia elétrica esse conceito não é novo, embora o termo “qualidade da energia elétrica” tenha se tornado freqüente no vocabulário daqueles que lidam com energia elétrica desde o final dos anos 80 (Kajihara, 1968 apud Bollen, 2000). No Brasil, na década de 80, foram criadas portarias onde já se falava em “serviço adequado” e “condições técnicas e qualidade do serviço de energia elétrica” (Ramos, 2000; Oliveira, 2000).

Dentre os vários prismas sobre os quais pode ser analisado esse termo, o que se enquadra melhor aos objetivos desse trabalho é o do consumidor, que define qualidade da energia elétrica como: “*Qualquer problema (de potência) manifestado através de desvios na tensão, na corrente ou na freqüência que resulta na falha ou operação indevida de um equipamento consumidor* (Dungan et al., 2002)”. Em linhas gerais, a área QEE engloba a análise, o diagnóstico e a solução, assim como o impacto econômico, de toda e qualquer anomalia no sistema (Fupai, 2001).

Esse interesse pela qualidade da energia elétrica fundamenta-se em quatro razões principais (Dungan et al., 2002):

- A nova geração de equipamentos elétricos, usualmente empregando sistemas de controle e comando baseados em microprocessadores e componentes da eletrônica de potência, é mais sensível às variações da qualidade da energia elétrica do que a geração antecedente;
- A ênfase crescente na eficiência global dos sistemas de potência resultou na aplicação de acionamentos de motores com alto rendimento e na aplicação de bancos de capacitores para reduzir as perdas nos sistemas elétricos;
- No Brasil, o fortalecimento da legislação de defesa do consumidor e o advento de normas regulamentadoras quanto aos aspectos relacionados à qualidade da energia têm forçado as concessionárias a melhorar a qualidade do produto que é entregue; e
- O aumento no grau de interconectividade dos sistemas elétricos, suas partes constituintes e seus processos, o que estende as conseqüências das falhas de quaisquer componentes para outros pontos.

Visto o crescente aumento pela busca de um serviço de qualidade é necessário que os envolvidos desempenhem seus papéis de maneira razoável. São eles:

- Concessionária: verificar se o projeto elétrico e as proteções associadas à subestação de entrada do consumidor atendem às exigências mínimas e padrões técnicos estabelecidos bem como os aspectos de sensibilidade do processo industrial ou dos equipamentos envolvidos (Fupai, 2001);
- Consumidores: realizar estudos técnicos e econômicos para obter um projeto industrial que lhes assegure um processo com custos de produção mínimos e compatíveis com a realidade do mercado de atuação. Neste particular, a busca por equipamentos de elevado desempenho e produtividade passa a ser uma necessidade para obter custos de produção competitivos e coerentes com a economia altamente globalizada. Entretanto, a elevada sensibilidade destes equipamentos frente aos problemas da qualidade da energia muitas vezes é relegada a um segundo plano. O aspecto preponderante ainda é o preço dos equipamentos (Fupai, 2001);
- Fabricantes de equipamentos: esses procuram apenas atender às especificações técnicas do consumidor final, que são voltadas apenas para os aspectos do processo. Os fornecedores ainda não têm interesse em tornar seus equipamentos menos sensíveis, visto que isto implica em gastos adicionais e, possivelmente, na perda de competitividade de seus equipamentos no mercado. Esforços no sentido de tornar os equipamentos mais robustos só ocorrerão se houver disposição dos consumidores em pagar mais por tais produtos, ou que sejam editadas normas estabelecendo requisitos rígidos de sensibilidade para os equipamentos (Fupai, 2001);
- Governo e Agências Reguladoras: estabelecer normas claras e requisitos rígidos de sensibilidade para os equipamentos e projetos (Oliveira, 2005).

Ter um serviço de qualidade é interessante visto que dessa forma pode-se tornar mais eficiente sua execução, com ganhos crescentes de produtividade e sem o acúmulo de prejuízos que a interrupção desta causa, mantendo-se a eficácia do sistema. A Figura 2.1 apresenta o crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil (EPE, 2009), e a Figura 2.2 representa o custo de interrupções por região no Brasil no ano de 2004 (Lana Leite, 2005).

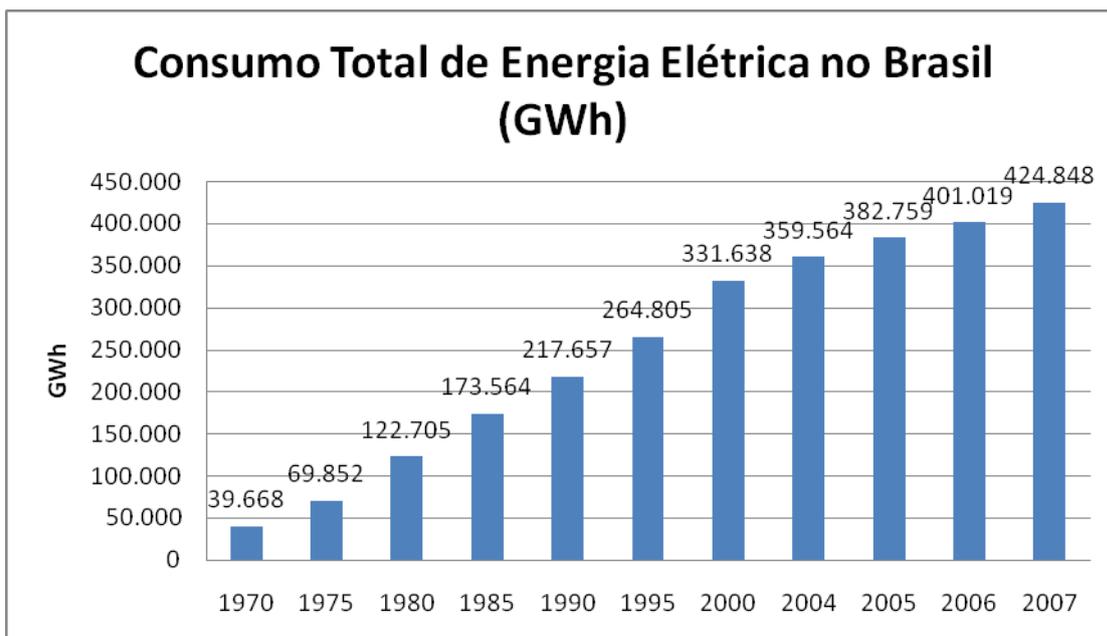


Figura 2.1 - Crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil.

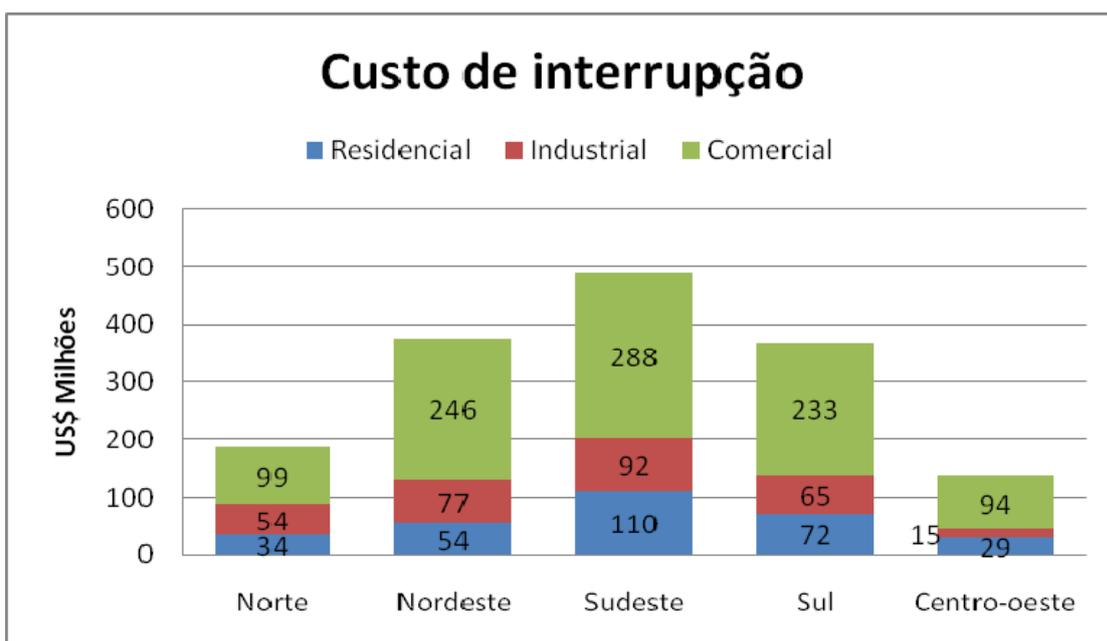


Figura 2.2 - Custo de interrupção por região e por classe consumidora no Brasil em 2004.

Devido ao crescimento do consumo de energia, como mostra a Figura 2.1, chegando a 424.848 GWh em 2007, e dos custos associados com problemas da qualidade, como está exemplificado na Figura 2.2, onde se tem um custo de quase 500 milhões de dólares por ano com interrupções só na região Sudeste, atingindo o pico de 1,56 bilhões de dólares em todo o Brasil no ano de 2004, o tema vem recebendo atenção de destaque nos centros de

pesquisa, universidades e pelos profissionais que trabalham diretamente nesse setor. Como é uma área de estudo relativamente nova, ainda é preciso entrar num consenso sobre a definição de indicadores de referência, método de medições e metodologias de análise, de tal forma a ter uma real avaliação do desempenho do sistema, levando sempre em consideração o caráter econômico da questão.

No entanto, devido ao caráter subjetivo citado anteriormente, é difícil se chegar a um acordo mesmo em questões básicas, como é o caso de discussões a respeito da responsabilidade pela QEE e de qual o principal fator produtor das anormalidades. Dependendo da perspectiva ocorrem divergências significativas, como mostra a Figura 2.3 (Oliveira, 2005).

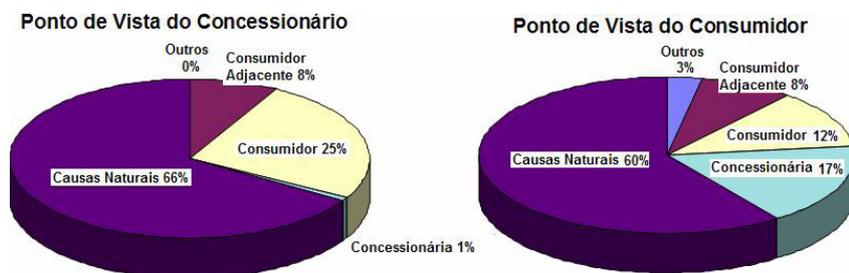


Figura 2.3 - Origem dos problemas da QEE.

Como pode ser observado pela Figura 2.3, têm-se representações e pontos de vista diferenciados dependendo de quem está julgando a questão. Segundo o concessionário, sua participação na origem dos problemas da rede é de apenas 1%, enquanto que o consumidor fica com 25% dessa parcela. Já para o consumidor, ele é responsável por 12% e a concessionária por 17%. Dessa forma, um problema de QEE necessita da interação e análise dos ramos da geração, transmissão e distribuição de energia, além das características dos equipamentos do usuário final, economia e normas.

A Europa é a região do planeta que expandiu esse assunto, tornando-o notório no quesito normas de qualidade da energia, uma vez que a norma EN50160 foi oficialmente adotada por vários países. Nos EUA, muitas concessionárias têm usado normas como a IEEE 519 apenas como referência, raramente incluindo cláusulas sobre este assunto nos contratos com clientes (Franco, 2009).

## 2.3 - PRINCIPAIS DISTÚRBIOS (ANORMALIDADES)

Embora o termo vigente seja “qualidade da energia”, a maioria dos aspectos se relaciona à qualidade da tensão. Trabalhar com a corrente em termos de qualidade é complicado uma vez que ela é determinada pela solicitação das cargas, tornando difícil o seu controle (Oliveira, 2005).

Logo, têm-se distúrbios dispostos em diversas classes, com durações variadas e com amplitudes distintas. O agrupamento proposto na Tabela 2.1 classifica os principais distúrbios (Oliveira, 2005). Segundo essa filosofia, e através dela, apresenta-se em seguida a Tabela 2.2 com uma síntese das principais causas, efeitos e propostas de recursos para diminuir o impacto dos distúrbios (Franco, 2009).

Tabela 2.1 - Principais distúrbios que afetam a qualidade da energia.

| <b>CATEGORIAS</b>                 | <b>DURAÇÃO</b>    | <b>AMPLITUDE</b>  |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Transitórios</b>               |                   |                   |
| <b>Impulsivos</b>                 | 50 ns - 1 ms      |                   |
| <b>Oscilatórios</b>               | 5 us - 50 ms      | 0 - 8 p.u.        |
| <b>Variações de curta duração</b> |                   |                   |
| <b>Interrupção transitória</b>    | 0,5 ciclo - 1 min | < 0,1 p.u.        |
| <b>Afundamento de tensão</b>      | 0,5 ciclo - 1 min | 0,1 - 0,9 p.u.    |
| <b>Elevação de tensão</b>         | 0,5 ciclo - 1 min | 1,1 - 1,8 p.u.    |
| <b>Variações de longa duração</b> |                   |                   |
| <b>Interrupção sustentada</b>     | > 1 min           | 0,0 p.u.          |
| <b>Subtensão</b>                  | > 1 min           | 0,8 - 0,9 p.u.    |
| <b>Sobretensão</b>                | > 1 min           | 1,1 - 1,2 p.u.    |
| <b>Desequilíbrios</b>             | Reg. permanente   | 0,02 - 0,05 p.u.  |
| <b>Distorção de forma de onda</b> |                   |                   |
| <b>Harmônicas</b>                 | Reg. permanente   | 0 - 0,2 p.u.      |
| <b>Corte de tensão</b>            | Reg. permanente   |                   |
| <b>Ruído</b>                      | Reg. permanente   | 0 - 0,01 p.u.     |
| <b>Flutuação de tensão</b>        | Intermitente      | 0,001 - 0,07 p.u. |
| <b>Variação de frequência</b>     | < 10 s            |                   |

Tabela 2.2 - Resumo: causas, efeitos e propostas de soluções.

| <b>DISTÚRPIO</b>                            | <b>DESCRIÇÃO</b>   | <b>CAUSAS</b>  | <b>EFEITOS</b>   | <b>SOLUÇÕES</b>  |
|---|--|--|--|--|
| <b>Transientes</b>                          | Distúrbio na curva senoidal, resultando em rápido e agudo aumento de tensão.   | Descargas atmosféricas, manobras da concessionária, manobras de grandes cargas e bancos de capacitores.                          | Travamento, perda de memória e erros de processamento, queima de placas eletrônicas, danificação de materiais de isolamento e de equipamentos. | Supressores de transientes; UPS com supressores de transientes; Transformadores de isolamento.                 |
| <b>Interrupções</b>                         | Interrupção total da alimentação elétrica.   | Curto circuito, descargas atmosféricas, outros acidentes que exijam manobras precisas de fusíveis, disjuntores, etc.             | Queda do sistema, danificação de componentes e perda de produção.  | UPS; Geradores de emergência (interrupções de longa duração).  |
| <b>Afundamentos/ Elevações de Tensão</b>    | Afundamentos (sags) e elevações (swells) são variações momentâneas, não superior a 1 min e dentro de certos limites, na amplitude da tensão. | Queda/Partida de grandes equipamentos, curto-circuito, falha em equipamentos ou manobras da concessionária.                      | Perda de dados e erros de processamento, desligamento de equipamentos, oscilações em motores e redução de sua vida útil.                       | UPS; Reguladores de tensão.  |
| <b>Variações de Tensão de Longa Duração</b> | Variações na amplitude da tensão dentro de certos limites e com duração acima de 1 min.  | Sobrecarga de equipamentos e da fiação, utilização imprópria de transformadores, fiação sub-dimensionada ou conexões mal feitas. | Desligamento de equipamentos, sobreaquecimento de motores e lâmpadas, redução de vida útil ou de eficiência dos equipamentos                   | UPS; Verificar conexões, topologia e fiações elétricas.  |
| <b>Harmônicos</b>                           | Alteração do padrão normal de tensão (onda senoidal) por frequências múltiplas da fundamental (60Hz no Brasil)                               | UPS, Reatores eletrônicos, inversores de frequência, retificadores e outras cargas não-lineares.                                 | Sobreaquecimento de cabos e equipamentos, diminuição do desempenho de motores, operação errônea de disjuntores, relés e fusíveis.              | Filtros de harmônicas; Reatores de linha; Melhorias na fiação e no aterramento; Transformadores de isolamento. |

Observa-se da Tabela 2.2 que as causas dos distúrbios são inúmeras, como curto-circuito, descargas atmosféricas, cargas não-lineares ou manobras na rede. Esses distúrbios quase sempre provocam mau funcionamento, perda de eficiência e redução da vida útil do equipamento. Assim, para se ter menor probabilidade de ocorrência de anormalidades nos sistemas, é necessário investir em medidas e equipamentos que de algum modo combatam esses problemas.

### **3 – CENTRO DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS (CME)**

O Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos tem a função de promover com qualidade a manutenção e o reparo dos equipamentos da universidade, bem como introduzir novos conceitos, metodologias e técnicas que venham a reduzir a parada dos equipamentos, visando à redução de custos, a satisfação dos usuários e viabilização das atividades de ensino e pesquisa (Lima; Castilho, 2006).

O CME possui 63 funcionários divididos entre permanentes e terceirizados, os quais representam 73% do total do quadro de empregados. A estrutura organizacional apresenta quatro seções especializadas: Apoio e Logística, Eletrônica e Informática, Eletromecânica e seção de Mecânica, as quais se subdividem em diferentes setores (Lima; Castilho, 2006). A seção de Apoio e Logística tem a função de oferecer suporte ao funcionamento das outras três áreas, as quais se dedicam às atividades de manutenção, instalação e reparação de equipamentos.

Os clientes do CME são denominados usuários e dividem-se em duas categorias: internos e externos. Todos os membros da comunidade universitária (alunos, docentes e outros colaboradores) que fazem uso direto dos equipamentos cadastrados no sistema patrimonial da UnB são classificados como usuários internos. Os externos são entidades não-ligadas à universidade - empresas públicas e privadas ou pessoa física, que utilizam os serviços do Centro. Neste texto serão contabilizadas apenas as ordens de serviço geradas pelos usuários internos.

#### **3.1 - ORDENS DE SERVIÇO (OSs)**

Cada vez que se solicita intervenção do CME para algum serviço, uma ordem de serviço (OS) é gerada, visando facilitar o controle das demandas. As OSs recebem um número de identificação e outras informações, dentre as quais se destacam:

- Sigla: contempla a localidade onde foi aberta;
- Ano: define em qual ano a OS foi aberta;

- Especificação: define o equipamento a receber ou que recebeu a manutenção;
- Defeitos: relata a falha do ponto de vista do usuário;
- Tipo: define em qual categoria a OS se encaixa dentre inspeção, instalação, manutenção ou reparo;
- Manutenção: relata que tipo de manutenção foi feita como, por exemplo, reposição de peças e reparo;
- Área Técnica: informa de qual área é o técnico responsável pela OS como, por exemplo, área técnica da Eletromecânica;
- Data de Solicitação: data da abertura da OS.

Ressalta-se nessas informações o tipo do serviço realizado. Ele indica em qual categoria as atividades desenvolvidas se enquadram, dentre inspeção, instalação, manutenção ou reparo. A primeira delas diz respeito a um serviço requerido pelo usuário, com o intuito de baixa patrimonial ou quando o usuário não quer mais o equipamento. A segunda categoria faz referência às requisições do usuário para uma instalação ou reinstalação de equipamentos. A terceira indica as ordens de serviços preventivas, abertas somente pelo CME. A última categoria refere-se aos serviços corretivos como a substituição de uma peça danificada ou conserto de um equipamento já defeituoso.

Dos quatro tipos supracitados o que se enquadra na proposta deste projeto é o reparo, visto que se pretende investigar relações entre falhas em equipamentos com distúrbios na rede elétrica. Os demais acionamentos não são relevantes para a análise em questão, pois se encaixam em categorias preventivas, de baixa patrimonial ou de mera instalação.

### **3.1.1 - Análise das OSs**

Para armazenar e gerenciar as ordens de serviço, o CME utiliza o Sistema de Informações Patrimoniais (SIPAT), que tem a função de manter o histórico das intervenções realizadas ao longo dos exercícios, e permitir a todos os usuários acompanhar os reparos nos equipamentos, ou a programação de manutenção preventiva.

Todavia, o grande número de intervenções realizadas pelo Centro e o volume de OSs trabalhadas torna difícil uma avaliação das atividades desenvolvidas. A Figura 3.1 apresenta o número de OSs geradas no CME durante os anos de 2001 a 2008.

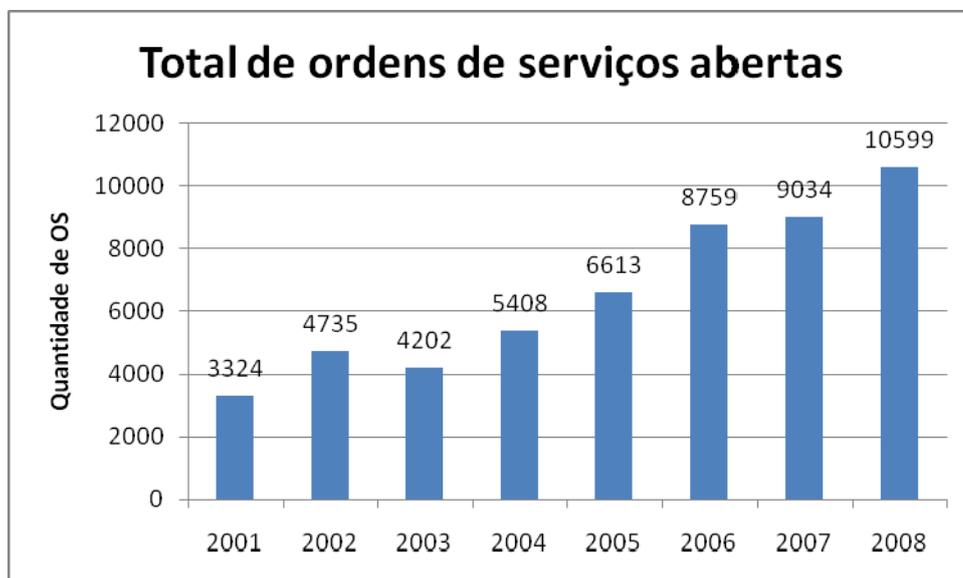


Figura 3.1 – Total de ordens de serviços abertas.

Percebe-se na Figura 3.1 o aumento crescente no número de OSs, ocorrendo diminuição apenas no ano de 2003. Nota-se que, entre 2001 e 2008, houve incremento de mais de 218%, atingindo 10.599 ordens de serviço em 2008. O grande número de ocorrências solicitadas ao CME tornou imprescindível a construção de uma ferramenta para auxiliar nas análises dos acionamentos. Nesse sentido, apresenta-se em seguida uma ferramenta computacional para facilitar a análise das OSs solicitadas ao CME.

### **3.2 - FERRAMENTA COMPUTACIONAL**

Para a análise das ordens de serviços, desenvolveu-se uma ferramenta em Excel com intuito de facilitar as avaliações, a quantificação e a qualificação destas. Ela torna as análises mais rápidas e confiáveis em comparação com o programa SIPAT, o qual é limitado e não oferece um ambiente favorável para tais estudos. A ferramenta foi nomeada como “Centro de Tratamento das OSs - CTO” e armazenará todas as ocorrências solicitadas ao CME durante o período estudado, além de fornecer gráficos de forma a tornar mais fácil a análise e a interpretação dos dados.

A partir dos recursos disponibilizados, o programa permite a avaliação da distribuição das OSs nas localidades escolhidas, tendo como base um banco de dados obtido a partir do SIPAT.

### **3.2.1 - Linguagem de programação**

Os dados das ordens de serviços armazenados no SIPAT trazem a possibilidade de serem exportados para o Excel, fator decisivo para o desenvolvimento da ferramenta nesse ambiente. Utilizou-se, então, o VBA - *Visual Basic for Application*, uma linguagem de programação da *Microsoft* usada para todos os aplicativos do *Office*.

Um importante recurso disponibilizado pelo Excel e empregado na construção do programa é a criação de macros. Estas são gravadas em módulos VBA e podem ser executadas sempre que necessário, tornando-se uma excelente opção para a automatização de tarefas repetitivas. Por conseguinte, tem-se um ganho de produtividade considerável ao se evitarem execuções manuais de diversos passos de uma tarefa.

### **3.2.2 - Estrutura do programa**

O programa foi estruturado em sete planilhas para facilitar a navegação pela ferramenta. Dentre elas tem-se uma planilha principal contendo os dados das ordens de serviços abertas, como local, defeitos e hora da solicitação. As demais fornecem tabelas e gráficos da quantidade de intervenções nas localidades. A seguir, tem-se a descrição sucinta de cada planilha.

- Planilha Dados: contêm todas as OSs armazenadas no SIPAT durante o período analisado que foram exportadas para o Excel;
- Planilha Localidades: coleta e armazena em tabelas a quantidade de intervenções nos locais monitorados;
- Planilha Relatório: fornece gráficos das ocorrências nas localidades escolhidas para cada local. Os dados desses gráficos são coletados da planilha Localidades. Também contém duas tabelas, sendo uma que discrimina a quantidade de OSs distribuídas dentre as diversas opções de área técnica, tipo e manutenção, e outra, que contempla a quantidade total de intervenções na Vice-Reitoria, FT e CPD;

- Planilha Falhas Mensais: coleta e armazena em tabelas, discriminando em períodos mensais, a quantidade de intervenções nas localidades escolhidas advindas da planilha Dados;
- Planilha Gráficos Mensais: colhe os dados da Planilha Falhas Mensais fornecendo gráficos que mostram a evolução mensal do número de solicitações para uma certa localidade;
- Planilha Falhas Semanais OS: coleta e armazena em tabelas, discriminando em períodos semanais, a quantidade de intervenções nas localidades escolhidas advindas da planilha Dados;
- Planilha Gráficos Semanais OS: colhe os dados da Planilha Falhas Semanais OS fornecendo gráficos que mostram a evolução semanal do número de solicitações para uma certa localidade.

Vale ressaltar que as informações contidas nas tabelas e também nos gráficos podem ser obtidas a partir de processos de filtragem feitos no Excel. Desse modo, os dados coletados contemplam somente aqueles filtrados que são de interesse do usuário. As planilhas que oferecem gráficos mensais e semanais permitem escolher o período inicial e final da análise.

As planilhas da ferramenta CTO podem ser visualizadas no Apêndice E.

## **4 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS, MÉTODOS E PROCEDIMENTOS**

### **4.1 - EQUIPAMENTOS E FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADOS**

#### **4.1.1 - Equipamento de medição**

O instrumento de medição empregado no estudo é o ION 7600, da *Power Measurement*. Trata-se de um equipamento trifásico composto de quatro entradas de tensão e cinco entradas de corrente. Através delas, é possível monitorar o comportamento das tensões e correntes de fase e neutro, além da corrente que flui pelo fio terra.

Para aquisição dos dados, o instrumento utiliza uma linguagem de programação orientada a objetos (ION - *Integrated Objects Network*), embutida com diversas funções lógicas, matemáticas e trigonométricas. Também é possível detectar e armazenar a ocorrência de eventos, registrando inclusive as formas de onda, através da captura de valores RMS calculados a cada  $\frac{1}{2}$  ciclo.

As leituras de registros podem ser disponibilizadas em tempo real e gravadas em intervalos, incluindo-se valores de potência, frequência, energia, demanda, harmônicos e componentes simétricas, possibilitando mais de 600 tipos de registros diferentes dentre inúmeras grandezas. Os dados são armazenados no próprio medidor. No entanto, este tem restrições de memória e dependendo da configuração adotada, o número de dias nos quais as informações ficarão disponíveis no aparelho pode variar. Caso se deseje reter esses dados por um tempo maior que o suportado pelo dispositivo, pode ser adotado o modelo cliente-servidor, onde o equipamento de medição, cliente, envia as medições para um servidor localizado remotamente através de uma rede ethernet.

Para configuração do equipamento e visualização dos dados, o instrumento disponibiliza os *softwares* ION *Setup* e ION *Enterprise*. Com eles, é possível customizar completamente uma estação de trabalho para atender melhor a aplicação desejada. Pode-se, por exemplo, criar diferentes telas de supervisão, controle e gerenciamento.

O ION *Setup* provê um ambiente que oferece a visualização em tempo real dos dados, do histórico de distúrbios, e proporciona um controle remoto dos medidores. Apesar de possuir grande parte dos recursos fornecidos pelo ION *Enterprise* esse programa é mais apropriado para as funções de configurações básicas devido à forma de sua plataforma.

O ION *Enterprise* é voltado principalmente para configurações mais complexas, como a criação de módulos de medição, e para visualização e exportação dos dados. Através dele pode ser realizada a leitura das informações em tempo real ou do histórico dos dados armazenados. Também é possível visualizar gráficos e formas de onda de eventos capturados, diagramas fasoriais, curva CBEMA e realizar análises pré e pós falta, tendo como opção, exportá-los para uma planilha Excel.

Para implementação das características de medição, o ION *Enterprise* disponibiliza o ambiente *Designer*, o qual apresenta módulos pré-configurados de fábrica para coleta dos dados, de acordo com os protocolos recomendados. Através deles é possível implementar funções lógicas, aritméticas, booleanas, criar impulsos, alarmes, blocos de armazenagem, ou mesmo atualizar os protocolos configurados na fábrica.

Embora completo na função de medição, o ION 7600 e os *softwares* ION *Setup* e ION *Enterprise* apresentam limitações para a análise de gráficos probabilísticos, histogramas de ocorrências, cálculo de indicadores e avaliação de grandezas ao longo de diferentes dias. Tratam-se de funcionalidades importantes para o desenvolvimento desse trabalho. Por isso, optou-se por utilizar a ferramenta computacional de análise de distúrbios elaborada pela UnB e financiada pela ELETRONORTE, no âmbito do Programa de P&D desenvolvido nos anos de 2006 e 2007. Apresenta-se a seguir a referida ferramenta.

#### **4.1.2 - Ferramenta computacional de análise da qualidade da energia elétrica**

Como instrumento facilitador na análise do sistema das localidades envolvidas nesse trabalho, utilizou-se uma ferramenta computacional capaz de disponibilizar, de forma eficiente e simples, o armazenamento e a interpretação de uma grande quantidade de informações vinculadas à QEE de um ou vários locais em monitoração.

Esse *software* foi escrito na linguagem de programação “C++” e roda na plataforma *LINUX*. Utilizando um sistema autômato denominado “*Robô*”, é efetuada a seleção das grandezas, previamente configuradas nos equipamentos através do *ION Enterprise*, que irão compor o banco de dados instalado em um servidor dimensionado para este fim. Então, torna-se possível o armazenamento de um conjunto de valores oriundos de um instrumento de medição, com características diferentes do captado por outro medidor. Através do acesso a esse banco de dados, o programa computacional manipula as informações de forma a disponibilizar diferentes modalidades de análise, como: cálculo de indicadores representativos das amostras selecionadas, estatísticas de ocorrências de eventos, comparação dos resultados das medições com os padrões preestabelecidos em normas nacionais e internacionais, e ainda, geração de relatórios em formato digital.

Assim, o aplicativo permite uma análise global dos afundamentos e elevações momentâneos de tensão, das harmônicas, do desequilíbrio, da cintilação luminosa (flicker) e dos níveis de tensão em regime permanente. A Figura 4.1 ilustra os módulos disponíveis no aplicativo.

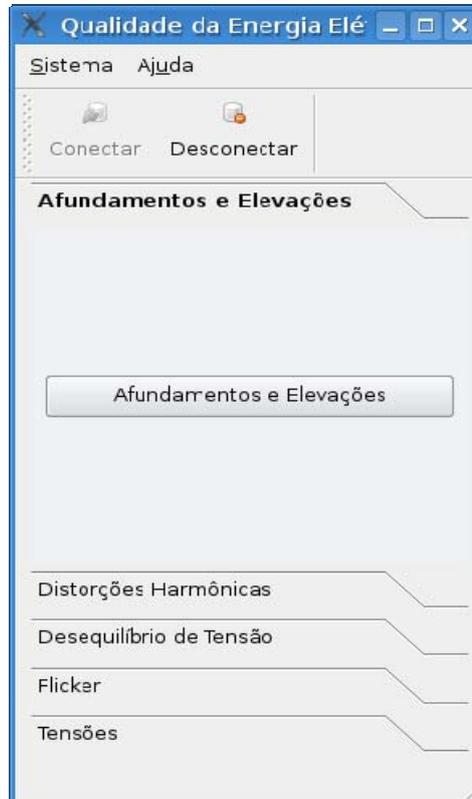


Figura 4.1 - Apresentação dos módulos disponíveis no aplicativo.

Verifica-se da Figura 4.1 a divisão em cinco módulos independentes que permitem a análise da qualidade da energia, quase sempre com o auxílio de instrumentais estatísticos. Os tópicos possuem um padrão estrutural que possibilita o exame de dados, a emissão de relatórios, e a exportação de resultados, intuitivamente, e empregam, em diversos deles, recursos de grande utilidade, como: análise da similaridade entre dias e fases; histogramas de ocorrências; distribuição de probabilidade e de eventos por intensidade e duração, e qualificação dos distúrbios com base nas metodologias empregadas pelas principais normas que versam sobre o assunto.

Esta ferramenta comporta também a abertura simultânea de inúmeros módulos de uma determinada grandeza, de grandezas distintas, e para diferentes localidades, conforme o interesse do analista. Isso gera a possibilidade de comparação de parâmetros em diferentes períodos e entre pontos de medição distintos. Devido a todas suas funcionalidades, têm-se análises confiáveis e simultâneas das variáveis selecionadas, advindas de avaliações em diferentes pontos de alimentação.

## **4.2 - INSTALAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E FERRAMENTA**

### **4.2.1 - Equipamentos de medição**

Com o intuito de realizar a análise dos aspectos relacionados à qualidade da energia da forma como foi proposta, ou seja, fazendo o uso de ferramentas computacionais já desenvolvidas e a adoção da topologia em rede ethernet, fez-se necessária a realização de uma etapa de instalação e configuração de equipamentos para satisfazer essas condições.

#### **4.2.1.1 - Instalação física**

Das localidades monitoradas duas já se prestaram para estudos anteriores, a saber, FT e CPD. A Vice-Reitoria foi mapeada para um estudo do fornecimento próximo à carga.

Independentemente do lugar, utilizou-se para a aquisição de dados o ION 7600, diferindo entre eles apenas o modelo, com ou sem visor frontal. O diagrama de conexão utilizado está mostrado na Figura 4.2 (ION 7500/7600, 2004).

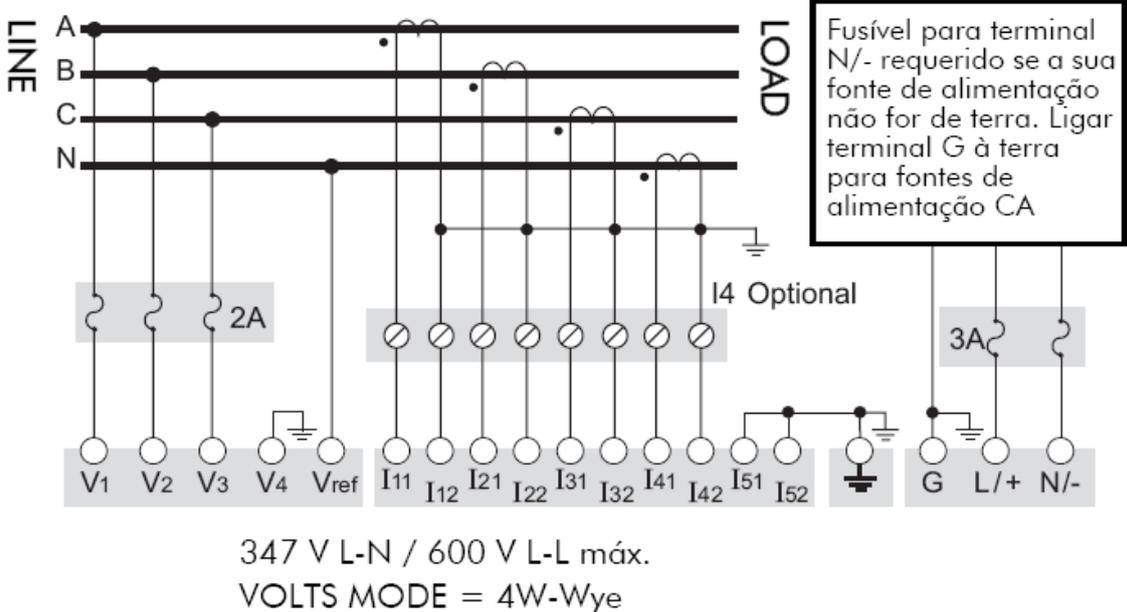


Figura 4.2 - Diagrama de conexão.

Optou-se pela instalação direta Y a quatro fios, recorrendo, quando necessário, ao uso de TCs e TPs para atender às especificações de tensão e corrente do equipamento.

Tendo em vista a disposição física dos equipamentos, a limitação de capacidade de armazenamento desses medidores, a possibilidade de utilização do protocolo Ethernet por esses dispositivos e a estrutura da rede de dados da UnB, optou-se por empregar a composição do modelo cliente-servidor. A Figura 4.3 ilustra de forma simplória o sistema implantado (ION 7500/7600, 2003).

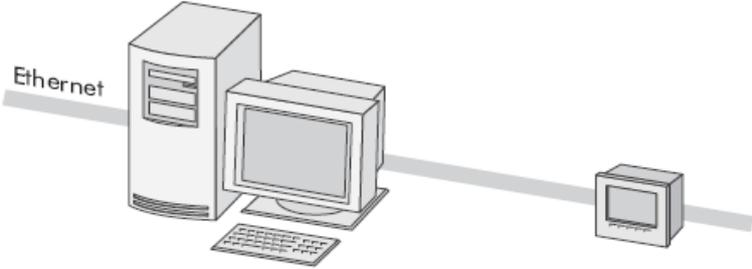


Figura 4.3 - Modelo cliente-servidor por uma rede ethernet.

Apesar de parecer simples, essa etapa despendeu bastante tempo nesse trabalho, motivado pelos procedimentos adotados pelos órgãos administrativos da UnB, pela ausência de mapeamento de alguns pontos de rede e pelo sistema de segurança de rede utilizado. Com isso, foi necessária a passagem de um cabo de dados para o ponto onde estava o aparelho da FT, a configuração de IPs específicos para cada medidor e a liberação de portas de comunicação para que houvesse a troca de informações entre o servidor e os clientes.

Uma vez estabelecida a comunicação, procedeu-se a criação e configuração do servidor para atender aos aparelhos, de modo a realizar o correto armazenamento das informações no banco de dados. De forma lógica, foram inseridos no servidor os dispositivos, separados pela localidade.

Assim, passou-se a ter o controle de grande parte das intervenções que podem ser realizadas nos medidores de modo remoto, ou seja, sem a necessidade de ir fisicamente ao local de instalação e se conectar ao equipamento, podendo monitorar e modificar parâmetros de vários dispositivos de um mesmo local.

#### 4.2.1.2 - Configuração das grandezas

Para o correto funcionamento da ferramenta computacional de análise da qualidade da energia foi preciso configurar nos medidores a forma como armazenavam e a nomenclatura adotada para as grandezas. A configuração padrão dos dispositivos, disponibilizada pela *Power Measurement*, não atendia a todas as especificações. Por isso, tomou-se como base o arquivo que a ELETRONORTE utiliza nos seus medidores, uma vez que os dados captados por estes eram praticamente os mesmos dos desejados para o trabalho. Porém, ainda foi necessária a inserção de módulos de gravação para atender a parâmetros de distorções harmônicas, flicker e desequilíbrio. Logo, os equipamentos ficaram corretamente instalados e configurados para atender as demandas do projeto.

#### **4.2.2 - Ferramenta de análise**

A ferramenta computacional de análise da qualidade da energia, desenvolvida pela UnB com financiamento da ELETRONORTE, trabalha em plataforma *LINUX*. Dessa maneira, considerando que os computadores disponíveis no laboratório utilizam o Windows, procedeu-se a formatação e repartição do disco de uma das máquinas e se instalou o sistema *Ubuntu*. Nesse ambiente propício realizaram-se a instalação e configuração do aplicativo, o qual também é cliente do servidor que armazena as informações de todos medidores ION 7600 e utiliza o banco de dados gerado por esses aparelhos para análise dos parâmetros das localidades envolvidas.

### **4.3 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS**

O presente item visa apresentar os métodos e procedimentos adotados para análise de uma possível relação entre a ocorrência de problemas de qualidade em alguns pontos da rede elétrica da UnB e a falha de equipamentos. Para tanto, são gerados e comparados resultados gráficos e numéricos oriundos da ferramenta de análise da qualidade da energia, do programa de análise das OSs, e dos ambientes de visualização de dados do ION *Enterprise*.

São abordados os aspectos relacionados à quantidade e periodicidade das ocorrências no que tange aos fenômenos relacionados à qualidade da energia, e à falha de equipamentos, para cada local de medição.

#### **4.3.1 - Método de análise**

A análise é efetuada compreendendo um período de 4 de janeiro a 2 de maio de 2009. O conjunto de dados é analisado para cada um dos três pontos de monitoração da rede, a saber, Vice-Reitoria, Faculdade de Tecnologia e Centro de Processamento de Dados. A escolha desses pontos deve-se a alguns fatores: na FT e no CPD já existiam aparelhos de medição instalados; e na Vice-Reitoria, devido a sua importância para a universidade, e por ser o ponto mais perto da carga que se encontrava disponível para monitoração.

A apreciação dos dados consiste de dois momentos. O primeiro se concentra nas OSs abertas para o CME, e o segundo visa o diagnóstico da qualidade. Baseado nesses dois estudos, faz-se uma aferição global da qualidade da energia e das ocorrências abertas, estendendo a análise para períodos mensais e semanais. Caso se apresente necessário, investigam-se dias específicos. Desse modo, será executada uma comparação entre períodos iguais em cada localidade procurando investigar uma relação entre as anormalidades na rede e a falha de equipamentos.

#### **4.3.2 - Análise das OSs**

Com o auxílio da ferramenta CTO, são obtidos vários gráficos do total de ocorrências abertas, compreendendo períodos mensais e semanais, bem como do total de OSs definidas como reparo. São apresentados gráficos para elucidar o comportamento das ordens de serviços durante o período analisado. Tem-se, portanto, uma análise quantitativa do histórico de ocorrências que é efetuada individualmente, e considerando-se todas as localidades em estudo.

#### **4.3.3 - Análise da qualidade da energia**

Como parte integrante do segundo estudo, tem-se o monitoramento de algumas grandezas relacionadas à qualidade da energia, a saber:

- Desequilíbrio de tensão;
- Distorção harmônica;
- Flicker;
- Tensões de fase em regime permanente e cálculo do índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC);
- Afundamentos, elevações e interrupções momentâneos.

Esses itens são avaliados durante um período preestabelecido, e os parâmetros que apresentam inconformidades perante as normas, são relacionados e dispostos em tabelas e (ou) gráficos para uma posterior comparação.

#### 4.3.4 – Investigação da relação

A Figura 4.4 apresenta o fluxograma resumo do procedimento a ser adotado para cada uma das três localidades em estudo.

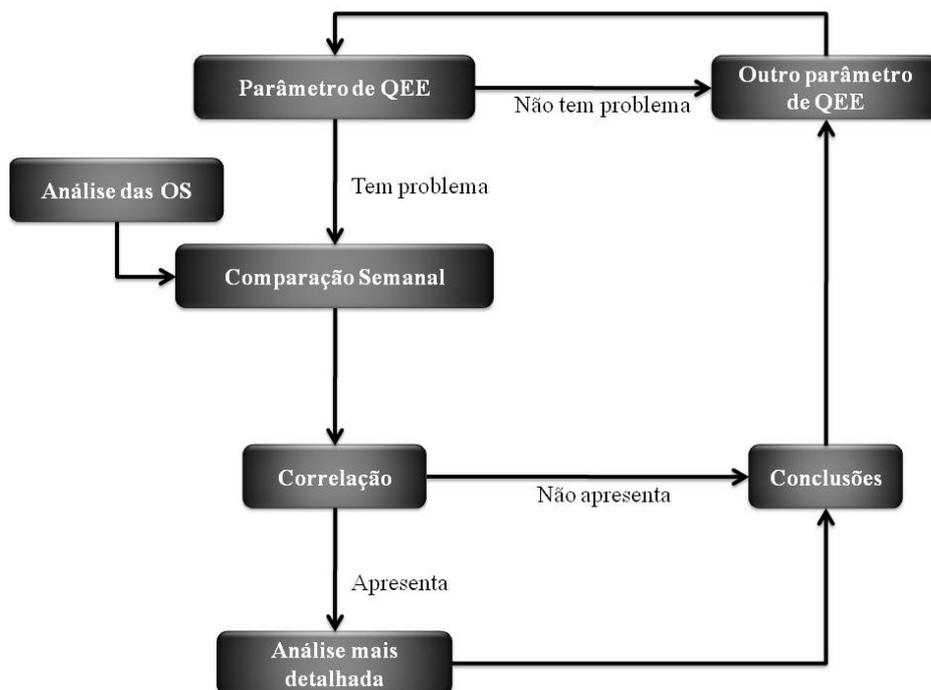


Figura 4.4 - Fluxograma para investigação.

Percebe-se da Figura 4.4 que, a fim de buscar relação entre a qualidade da energia e a falha de equipamentos, utiliza-se o seguinte artifício: investiga-se para uma localidade um parâmetro de QEE, e caso ele apresente inadequações perante a norma, faz-se uma comparação semanal com a análise das OSs. Não havendo inconformidade com a norma, será escolhido outro, e assim sucessivamente até que todos os parâmetros sejam analisados. Opta-se pela análise semanal devido à quantidade de dados disponíveis nesse universo. Assim, verificam-se ao longo das 17 semanas a qualidade da energia e as solicitações para reparo de equipamentos.

De posse dos gráficos semanais da qualidade da energia e da quantidade de OSs, investigam-se possíveis similaridades. Caso não se identifique relação, são apresentadas as devidas conclusões. Na hipótese de se verificar relação, é feita uma análise mais apurada a fim de se obter uma melhor explicação.

## **5 - RESULTADOS**

Este capítulo apresenta, inicialmente, o resultado das análises das OSs geradas para o CME e da qualidade da energia na Vice-Reitoria, na Faculdade de Tecnologia - FT, e no Centro de Processamento de Dados - CPD, durante o período de 4 de janeiro a 2 de maio de 2009. Em seguida, investiga a presença de similaridades entre a geração de ordens de serviço e os problemas de qualidade.

### **5.1 - ANÁLISE DAS ORDENS DE SERVIÇO**

Neste item, apresenta-se o montante de OSs geradas para o CME em toda a UnB, visando fornecer uma idéia sobre o total de serviços realizados pelo Centro. Na seqüência, analisa-se o comportamento da geração de solicitações nas três localidades monitoradas, destacando-se aquelas que demandam serviços do tipo reparo. Discutem-se os dados mensalmente e semanalmente. Dessa forma, busca-se investigar a evolução das ordens de serviço, e assim fornecer subsídios mais detalhados para a comparação com os dados de qualidade.

Na análise semanal, além da evolução das OSs, busca-se identificar as semanas com maiores quantidades de solicitações. De posse dessas informações, pode-se investigar, na etapa de comparação dos dados, se nos períodos com maior quantidade de ordens de serviço, verificam-se problemas de qualidade.

#### **5.1.1 - Análise das OSs na UnB**

A Figura 5.1 apresenta a quantidade mensal de ordens de serviço geradas para o CME.

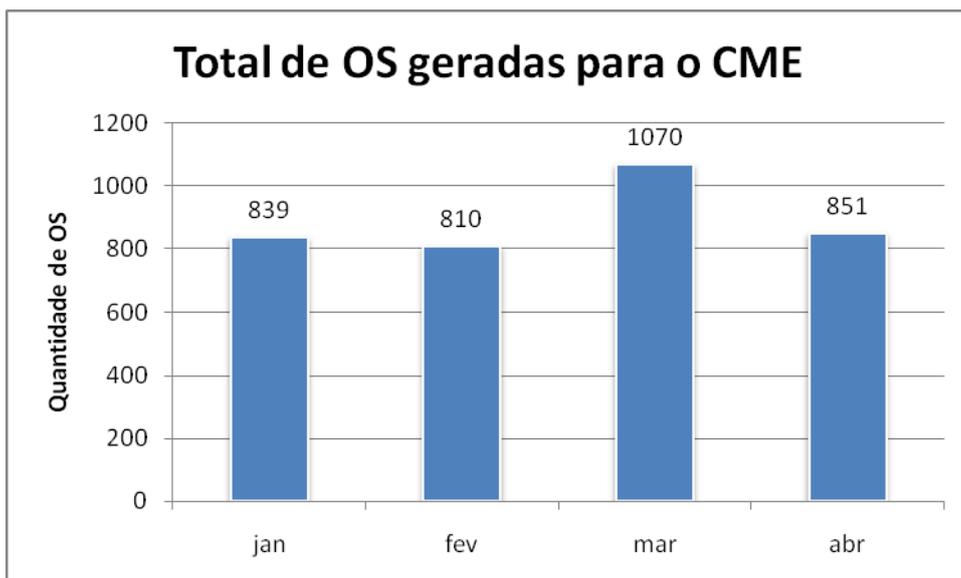


Figura 5.1 – Total de OSs geradas para o CME.

Percebe-se na Figura 5.1, que o CME recebeu mais de 3.500 ordens de serviço até abril de 2009, o que representa uma média mensal de quase 900 solicitações. Nota-se também, que nos meses de março e abril, há maior quantidade de OSs do que em janeiro e fevereiro. Comparando-se o mês de março, que apresenta a maior quantidade, com fevereiro, que apresenta a menor, percebe-se uma diferença de mais de 32%.

Acredita-se que esse resultado esteja relacionado com o período letivo da UnB, uma vez que as aulas do presente semestre iniciaram-se em 17 de março. Em janeiro e fevereiro, ocorreu o curso de verão. Porém, a quantidade de alunos nesse período é menor, e assim a demanda pelos equipamentos da universidade também o é.

## 5.1.2 - Análise das OSs na Vice-Reitoria, FT e CPD.

### 5.1.2.1 - Análise mensal

A Figura 5.2 apresenta a quantidade de OSs geradas para todos os tipos de serviço e para serviços do tipo reparo, na Vice-Reitoria, na FT e no CPD.

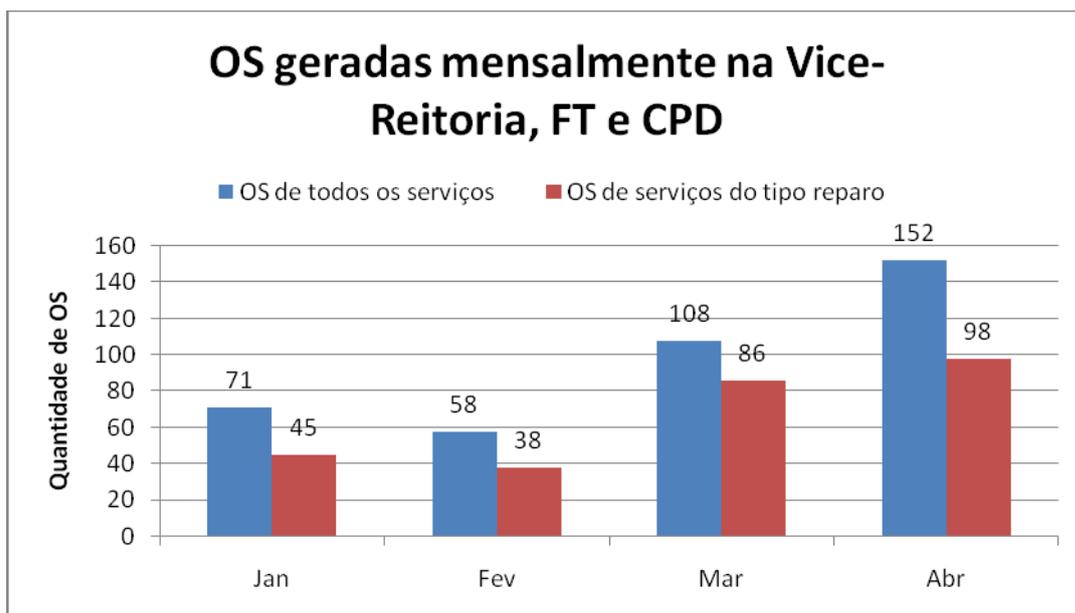


Figura 5.2 - OSs de todos os tipos e OSs do tipo reparo geradas nas três localidades.

Percebe-se na Figura 5.2, que em todos os meses, os reparos ultrapassam 50% do total de OSs, indicando que a maior parte das solicitações abertas para o CME nas três localidades, gera esse tipo de serviço. Nota-se que tanto a quantidade de OSs de todos os tipos, quanto de reparos, aumenta nos meses de março e abril. Verifica-se também que, embora o mês de abril apresente a maior quantidade de reparos, em março a proporção dessas OSs é maior do que nos outros meses. Dessa forma, conclui-se que a quantidade de equipamentos da FT, do CPD e da Vice-Reitoria, que passa por algum tipo de manutenção corretiva é considerável.

Uma análise dos dados por localidade deve ser realizada para se verificar o comportamento das solicitações em cada local. A Figura 5.3 apresenta a quantidade total de OSs e a quantidade de OSs do tipo reparo abertas nas três localidades estudadas.

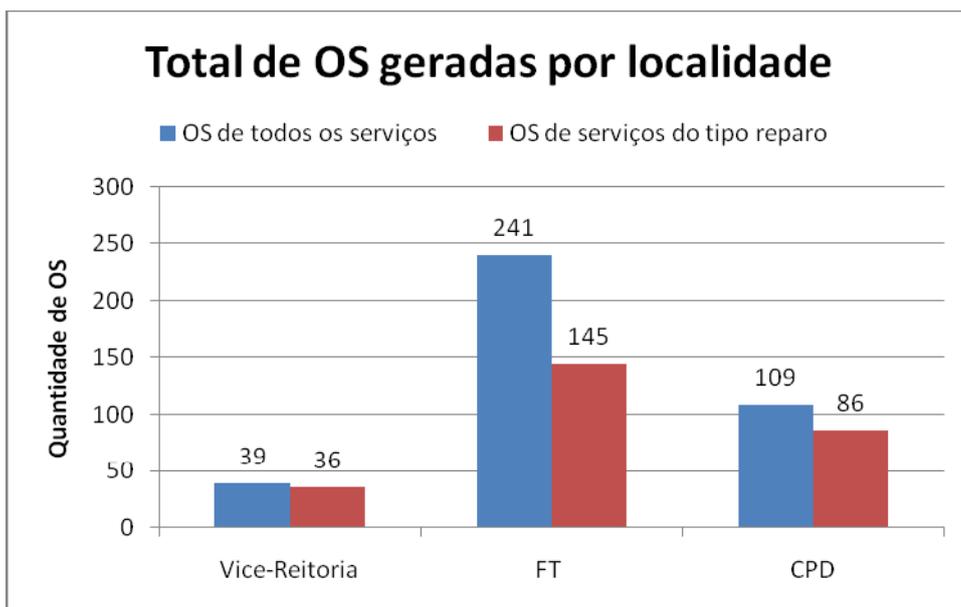


Figura 5.3 - Total de OSs nas três localidades.

Percebe-se na Figura 5.3 que a FT apresenta a maior quantidade de OSs abertas no período analisado e que a Vice-Reitoria apresenta a menor quantidade. Considerando-se, todavia, a proporção de OSs para reparo, percebe-se que 92% dos serviços demandados pela Vice-Reitoria são desse tipo, e que, na FT, elas representam 60% das solicitações. Portanto, nota-se que os dados apresentados indicam que a quantidade proporcional de falhas de equipamentos na Vice-Reitoria é maior do que nos outros pontos de medição.

#### 5.1.2.2 - Análise semanal

As Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam a evolução da quantidade de OSs do tipo reparo abertas na Vice-Reitoria, na FT e no CPD, respectivamente.

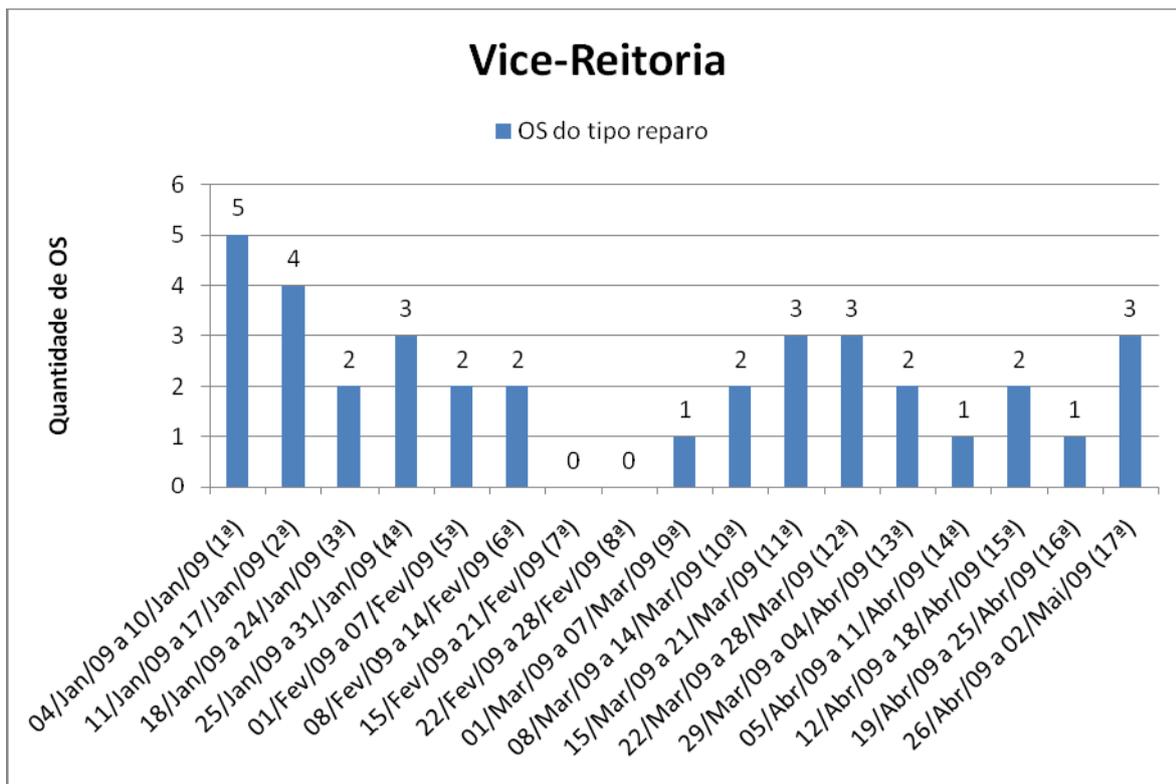


Figura 5.4 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas na Vice-Reitoria.

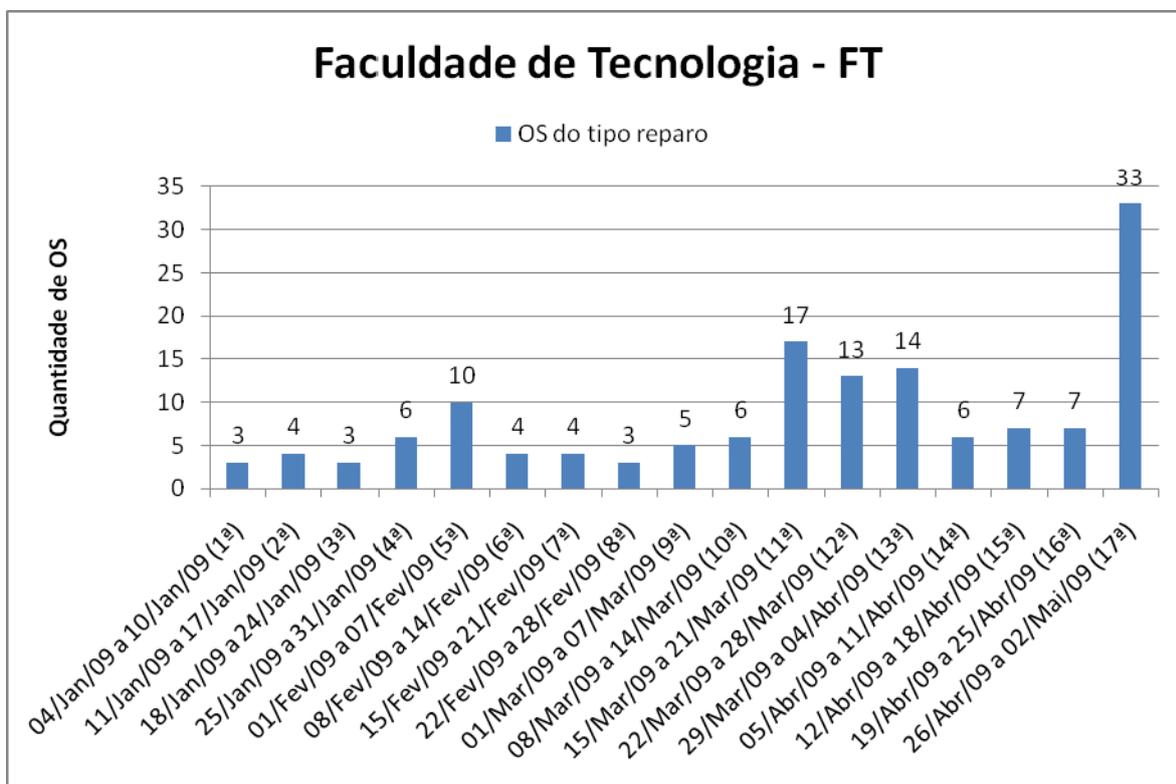


Figura 5.5 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas na FT.

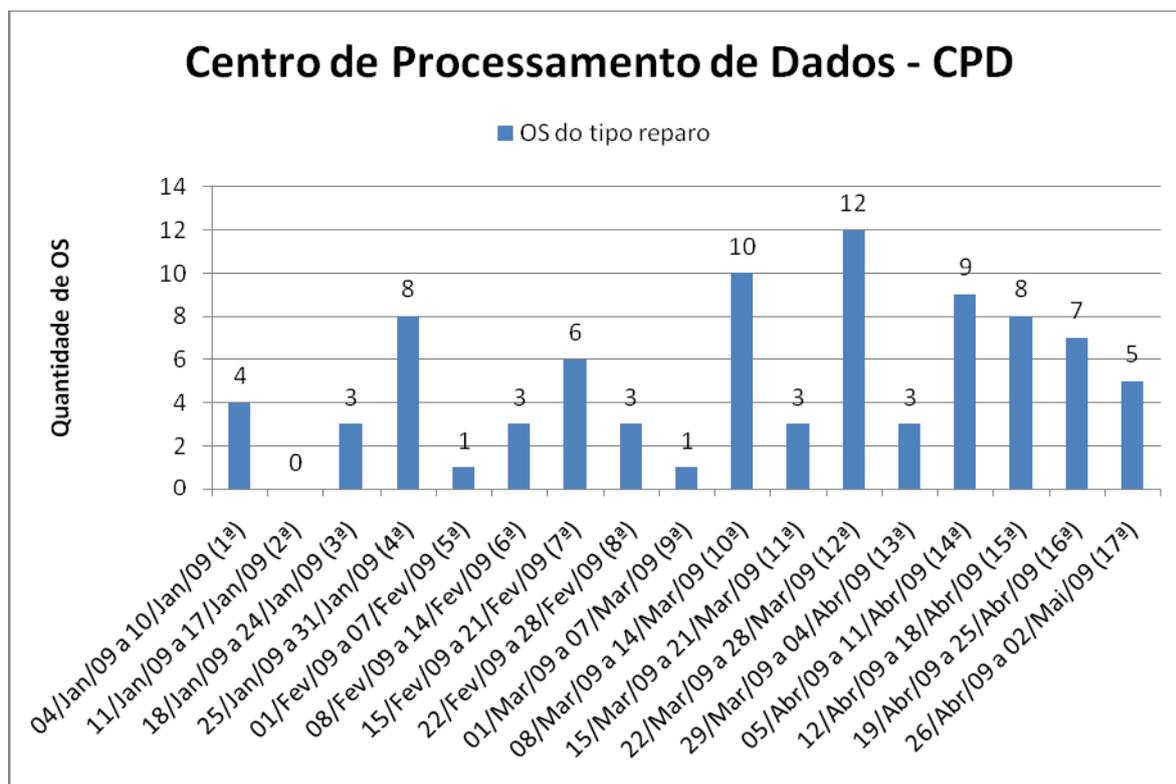


Figura 5.6 - Quantidade semanal de OSs do tipo reparo abertas no CPD.

Percebe-se na Figura 5.4, que na Vice-Reitoria são geradas em média duas solicitações por semana. Percebe-se também que o período com maior número de OSs são os 14 primeiros dias do ano. Nota-se que entre 15 e 28 de fevereiro não foi aberta nenhuma ordem de serviço para reparo. Observa-se ainda, que há incremento na quantidade demandada na 11ª, na 12ª e na 17ª semana do ano, em comparação com os períodos adjacentes.

Percebe-se na Figura 5.5, que na FT há certa constância na quantidade de solicitações. A média situa-se abaixo de 9 ordens de serviço por semana. Nota-se que a partir de 15 de março a quantidade de OSs aumenta, coincidindo com o início das aulas. Todavia, nesse período, diferentemente do que se observa no início do ano, a quantidade demandada é bastante distinta.

Destacam-se na análise, a 11ª, 12ª, 13ª, e principalmente a 17ª semana, quando os valores situam-se bem acima da média. Na etapa de comparação dos resultados tais semanas devem ser analisadas em detalhe.

Observa-se na Figura 5.6, que no CPD o comportamento da abertura de OSs é bastante oscilatório. Em 9 semanas, a quantidade de solicitações situa-se abaixo de 5. Nas outras, os valores estão bem acima desse patamar. A média está em torno de 5 solicitações por semana. Verifica-se também que na 2ª semana do ano não houve solicitações, mas que na 10ª e na 12ª, a quantidade de OSs chega a ultrapassar uma dezena. Ao longo do mês de abril, verifica-se uma redução nas quantidades demandadas. Merece destaque o período compreendido entre os dias 8 de março e 11 de abril, quando se atingiram os maiores valores. Identificam-se a 10ª, 12ª e 14ª semanas como as mais críticas.

Apresenta-se a seguir uma análise da qualidade da energia em cada local de medição, e na seqüência, os resultados encontrados são confrontados com os aqui apresentados visando identificar similaridades entre os problemas de qualidade e a falha de equipamentos.

## **5.2 - ANÁLISE DA QUALIDADE**

O presente tópico tem como propósito fazer a apresentação dos resultados obtidos na análise da qualidade da energia nas localidades escolhidas durante o período limitado para o estudo. São discutidos os aspectos relacionados ao desequilíbrio de tensão, à distorção harmônica, ao flicker, às tensões em regime permanente e às interrupções, afundamentos e elevações momentâneos. Dessa forma, pretende-se avaliar o comportamento das tensões ao longo do período investigado.

### **5.2.1 - Desequilíbrio de tensão**

A quantificação do desequilíbrio é dada pela obtenção do fator K através dos métodos das componentes simétricas. A construção do gráfico desse parâmetro, para as três localidades, revelou que eles possuem comportamentos semelhantes. Para evitar a repetição de figuras similares, o estudo desse índice será efetuado pela apresentação da Figura 5.7 que mostra o perfil do fator K da Vice-Reitoria entre os dias 14 de janeiro e 2 de maio de 2009. Em seguida, tem-se a exposição da Tabela 5.1 com os valores máximo, médio e P95% desse índice.

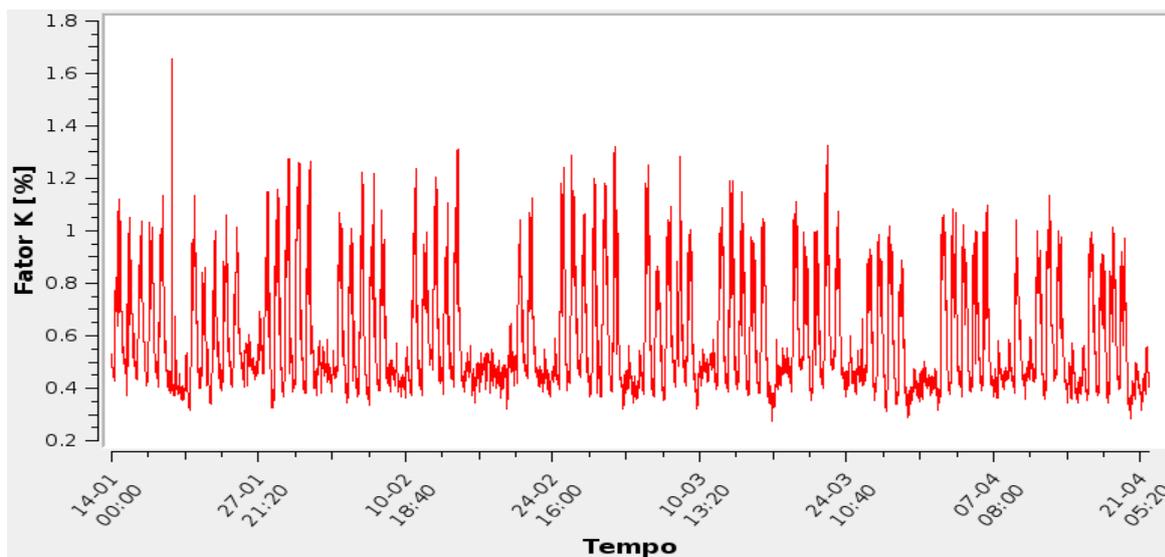


Figura 5.7 - Perfil do fator K na Vice-Reitoria.

Nota-se da Figura 5.7 um comportamento variável ao longo do tempo. Porém, pode ser visualizada certa repetição nessas variações. Têm-se oscilações maiores durante os dias úteis e redução destas em períodos de finais de semana e feriados. A característica de desempenho do fator K para as outras localidades é similar, mas com variações em torno de diferentes valores.

Tabela 5.1 - Valores do fator K por localidade.

|                      | <b>Valores de limiar do fator K [%]</b> | <b>Valor médio do fator K [%]</b> | <b>Valor P95 do fator K [%]</b> |
|----------------------|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| <b>Vice-Reitoria</b> | 1,40                                    | 0,59                              | 1,01                            |
| <b>FT</b>            | 1,40                                    | 0,78                              | 1,12                            |
| <b>CPD</b>           | 0,65                                    | 0,32                              | 0,48                            |

Percebe-se da Tabela 5.1, que a localidade com o menor nível de desequilíbrio é o CPD. Na FT tem-se que em 95% do tempo esse parâmetro fica abaixo de 1,12%, caindo para 1,01% na Vice-Reitoria, e 0,48% no CPD. Mesmo utilizando o máximo valor como dado representativo desse parâmetro, ele não ultrapassa o limite de 2% estabelecido nos procedimentos de rede, em nenhuma localidade.

## 5.2.2 - Distorção harmônica

Para a análise da distorção harmônica foram gerados gráficos de dispersão harmônica total, para as três localidades, os quais revelaram comportamentos semelhantes. De maneira a evitar a repetição de figuras similares, o estudo desse parâmetro será efetuado através da apresentação da Figura 5.8, que mostra a distorção harmônica total para a fase A da FT, (DHT\_A), entre os períodos 4 de janeiro e 2 de maio de 2009. Em seguida, tem-se a exposição da Tabela 5.2 com os valores máximo, médio e P95%, por fase, desse índice.

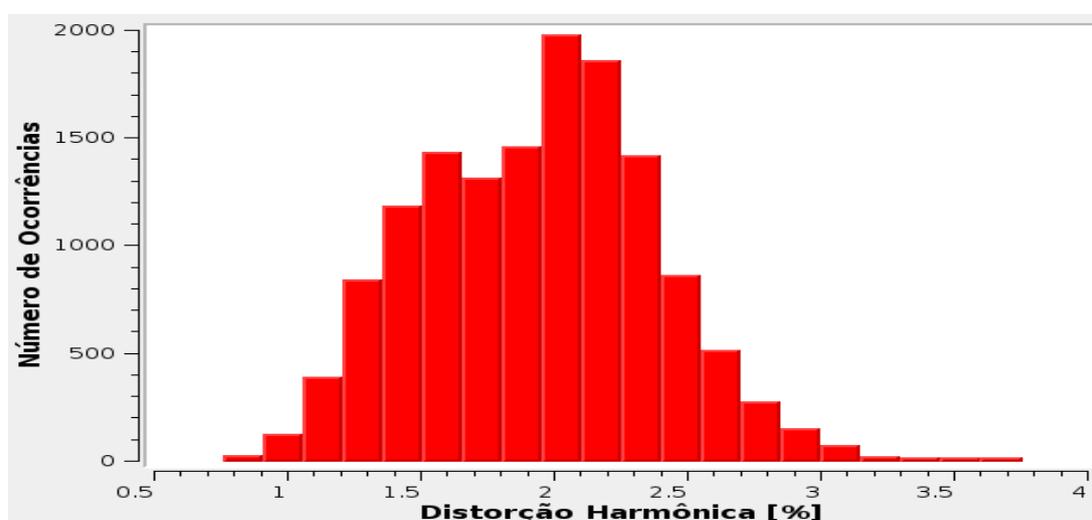


Figura 5.8 - DHT\_A na FT.

Depreende-se da Figura 5.8 a existência de faixas em torno das quais se concentram a grande totalidade das amostras. No caso da FT, essa faixa é única, e compreende os dados entre 1,5% e 2,5%. Para cada localidade tem-se uma forma de dispersão desses dados, que se repete nas fases de uma mesma região.

Tabela 5.2 - Valores de distorção harmônica total por fase.

|                      | Valores máximos |      |      | Valores médios |      |      | Valores de P95% |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|----------------|------|------|-----------------|------|------|
|                      | A[%]            | B[%] | C[%] | A[%]           | B[%] | C[%] | A[%]            | B[%] | C[%] |
| <b>Vice-Reitoria</b> | 5,63            | 7,17 | 6,45 | 2,93           | 2,85 | 2,79 | 4,79            | 6,27 | 5,68 |
| <b>FT</b>            | 3,75            | 4,18 | 3,93 | 1,95           | 2,06 | 2,18 | 2,82            | 2,93 | 2,93 |
| <b>CPD</b>           | 6,47            | 5,77 | 6,60 | 3,47           | 3,26 | 3,66 | 5,11            | 4,68 | 5,44 |

Por meio da Tabela 5.2 é visto que a localidade com menores valores de distorção harmônica total (DHT) é a FT. No global, tem-se o pico de 6,60% ocorrido no CPD.

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, o valor de referência para a distorção harmônica total em instalações com tensão nominal menor do que 1 kV é igual a 10%. Assim, em momento algum, é ultrapassado o limite estabelecido para esta grandeza em nenhuma fase ou localidade. Comportamento similar foi observado para as componentes harmônicas individuais, até a 25ª ordem, que permaneceram bem abaixo dos patamares estabelecidos.

### 5.2.3 - Flicker

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, o valor do fator de transferência para barramentos com tensão menor que 69 kV é igual a 1. Assim, os limites para os indicadores PstD95% e PltS95%, são apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Valores limites.

| <b>Valor de Referência</b> | <b>PstD95%</b>  | <b>PltS95%</b>      |
|----------------------------|-----------------|---------------------|
| <b>Adequada</b>            | < 1 p.u.        | < 0,8 p.u.          |
| <b>Precária</b>            | 1 p.u. - 2 p.u. | 0,8 p.u. - 1,6 p.u. |
| <b>Crítica</b>             | > 2 p.u.        | >1,6 p.u.           |

onde:

PstD95% corresponde ao valor diário do indicador severidade de curta duração (Pst) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 24 h;

PltS95% corresponde ao valor semanal do indicador severidade de longa duração (Plt) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de sete dias completos e consecutivos.

Devido a problemas encontrados durante a etapa de configuração, os dados disponíveis para essas grandezas só começaram a ser armazenados de forma correta e confiável a partir do dia 26 de março de 2009. Assim, dentro do universo geral adotado, será efetuado, para essa grandeza, o estudo entre os dias 29 de março a 2 de maio de 2009, que corresponde a um período de cinco semanas, suficiente para compor a idéia do desempenho desses parâmetros. A Tabela 5.4 apresenta o comportamento desses dados para as localidades avaliadas.

Tabela 5.4 - Comportamento PstD95% e PltS95% em p.u. por fase.

|                      | 29/Mar a 04/Abr |      |      | 05/Abr a 11/Abr |      |      | 12/Abr a 18/Abr |      |      | 19/Abr a 25/Abr |      |      | 26/Abr a 02/Mai |      |      |
|----------------------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|
|                      | A               | B    | C    | A               | B    | C    | A               | B    | C    | A               | B    | C    | A               | B    | C    |
| <b>Vice-Reitoria</b> |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |
| <b>PstD95%</b>       | 0,61            | 0,45 | 0,45 | 0,63            | 0,37 | 0,43 | 0,64            | 0,38 | 0,44 | 0,33            | 0,37 | 0,42 | 0,35            | 0,38 | 0,43 |
| <b>PltS95%</b>       | 0,62            | 0,42 | 0,45 | 0,63            | 0,39 | 0,41 | 0,64            | 0,37 | 0,44 | 0,33            | 0,36 | 0,40 | 0,36            | 0,39 | 0,45 |
| <b>FT</b>            |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |
| <b>PstD95%</b>       | 0,20            | 0,21 | 0,22 | 0,22            | 0,23 | 0,23 | 0,23            | 0,24 | 0,24 | 0,23            | 0,24 | 0,24 | 0,18            | 0,19 | 0,20 |
| <b>PltS95%</b>       | 0,40            | 0,32 | 0,24 | 0,33            | 0,28 | 0,32 | 0,30            | 0,27 | 0,32 | 0,29            | 0,26 | 0,29 | 0,19            | 0,21 | 0,23 |
| <b>CPD</b>           |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |
| <b>PstD95%</b>       | 0,70            | 0,77 | 1,06 | 0,74            | 0,77 | 1,05 | 0,72            | 0,81 | 1,14 | 0,68            | 0,78 | 1,06 | 0,73            | 0,82 | 1,09 |
| <b>PltS95%</b>       | 0,65            | 0,69 | 1,02 | 0,69            | 0,71 | 1,00 | 0,67            | 0,76 | 1,09 | 0,65            | 0,72 | 1,03 | 0,68            | 0,78 | 1,09 |

Comparando a Tabela 5.4 com a Tabela 5.3, tem-se que a FT é a localidade com menores patamares desses índices. Apresenta valores máximos de PstD95% e PltS95% de 0,24 p.u. e 0,40 p.u., respectivamente, ficando muito abaixo do permitido. A Vice-Reitoria também fornece valores aceitáveis para todas as medições, tendo os limites 0,64 p.u. para PstD95% e PltS95%. O local com as maiores medidas foi o CPD, o qual permanece com valores acima do estabelecido durante todas as semanas analisadas, chegando a 1,14 p.u. para PstD95% e 1,09 p.u. para PltS95%. Essa transgressão chega a 14% para o PstD95%, e de 36,25% para o PltS95%. Apesar disso, o limite foi ultrapassado somente em uma das fases, a saber, fase C, tendo comportamento normal e dentro dos padrões nas outras fases.

#### 5.2.4 - Tensões em regime permanente

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, a Tabela 5.5 apresenta a faixa de variação da tensão em regime permanente para atendimento em padrão inferior ou igual a 1 kV (380/220).

Tabela 5.5 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.

| <b>Tensão de Atendimento (TA)</b> | <b>Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Relação à Tensão Nominal (Volts)</b> |
|-----------------------------------|---|
| <b>Adequada</b>                   | $201 \leq TL \leq 231$  |
| <b>Precária</b>                   | $189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$  |
| <b>Crítica</b>                    | $TL < 189$ ou $TL > 233$  |

onde:

TL representa o valor de tensão lido pelo medidor.

O PRODIST também descreve dois parâmetros, a saber, DRP e DRC, para a avaliação da tensão em regime permanente. Esses índices foram limitados em 3% para DRP e 0,5% para DRC.

Para essa grandeza, tem-se a coleta dos dados de forma correta e confiável a partir do dia 16 de janeiro de 2009. Assim, faz-se o estudo para o período de 18 de janeiro a 2 de maio de 2009. Tanto a Vice-Reitoria como a FT não apresentam níveis de transgressão em regime permanente, sendo a grande totalidade dos dados registrados muito abaixo do especificado pela norma. Os valores máximos alcançados para essas localidades foram de 0,6% para o DRP e 0,13% para o DRC na Vice-Reitoria, e de 0,1% para o DRP e 0,3% para o DRC na FT. Essas informações foram suprimidas e é apresentada apenas a localidade na qual se observou desacordo com o descrito na norma. A Tabela 5.6 apresenta o cálculo do índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC) no CPD.

Tabela 5.6 - DRC e DRP.

|                              |                              | DRP    |        |        | DRC    |        |        |
|------------------------------|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                              |                              | Fase A | Fase B | Fase C | Fase A | Fase B | Fase C |
| <b>CPD</b>                   | <b>18/Jan/09 a 24/Jan/09</b> | 11,08% | 24,74% | 16,24% | 1,55%  | 9,02%  | 3,74%  |
|                              | <b>25/Jan/09 a 31/Jan/09</b> | 10,32% | 23,41% | 13,00% | 1,39%  | 9,62%  | 1,49%  |
|                              | <b>01/Fev/09 a 07/Fev/09</b> | 14,91% | 22,27% | 19,09% | 7,36%  | 19,09% | 10,74% |
|                              | <b>08/Fev/09 a 14/Fev/09</b> | 13,69% | 30,06% | 19,94% | 4,66%  | 19,54% | 7,24%  |
|                              | <b>15/Fev/09 a 21/Fev/09</b> | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
|                              | <b>22/Fev/09 a 28/Fev/09</b> | 5,65%  | 32,94% | 7,34%  | 0,89%  | 7,34%  | 0,50%  |
|                              | <b>01/Mar/09 a 07/Mar/09</b> | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
|                              | <b>08/Mar/09 a 14/Mar/09</b> | 8,00%  | 22,58% | 8,90%  | 0,52%  | 6,06%  | 0,26%  |
|                              | <b>15/Mar/09 a 21/Mar/09</b> | 7,36%  | 16,12% | 7,26%  | 1,59%  | 9,25%  | 1,59%  |
|                              | <b>22/Mar/09 a 28/Mar/09</b> | 7,84%  | 17,06% | 9,13%  | 1,49%  | 7,14%  | 1,59%  |
|                              | <b>29/Mar/09 a 04/Abr/09</b> | 9,28%  | 20,96% | 9,88%  | 6,09%  | 12,38% | 6,09%  |
|                              | <b>05/Abr/09 a 11/Abr/09</b> | 12,96% | 23,23% | 13,86% | 9,97%  | 19,24% | 8,28%  |
|                              | <b>12/Abr/09 a 18/Abr/09</b> | 10,52% | 25,50% | 8,93%  | 1,59%  | 8,23%  | 2,18%  |
|                              | <b>19/Abr/09 a 25/Abr/09</b> | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  | 0,00%  |
| <b>26/Abr/09 a 02/Mai/09</b> | 29,10%                       | 34,66% | 24,68% | 9,35%  | 30,15% | 10,40% |        |

Percebe-se nesse local, que a infração dos limites ocorre em quase todas as semanas. As maiores violações, tanto para DRP como para DRC, ocorrem na fase B. Porém, todas as fases ultrapassam o limite continuamente. O pior caso acontece na última semana de

observação, aonde se chega a 34,66% de DRP e 30,15% para DRC, o que corresponde à extrapolação do limite da ordem de 11 vezes para DRP, e de 60 vezes para DRC.

### 5.2.5 - Afundamentos, interrupções e elevações

No decorrer do período discriminado, ocorreram alguns eventos de natureza momentânea, cujos comportamentos estão mostrados nas Figuras 5.9, 5.10 e 5.11.

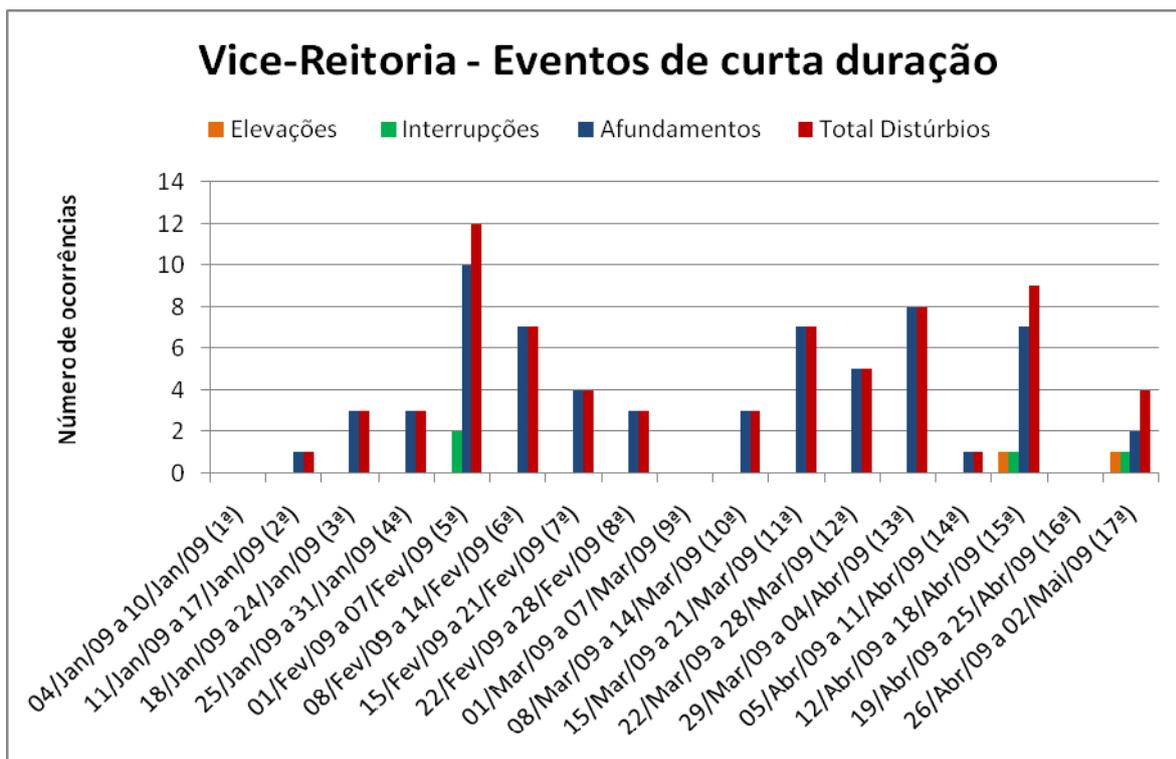


Figura 5.9 - Ocorrência de eventos de curta duração na Vice-Reitoria.

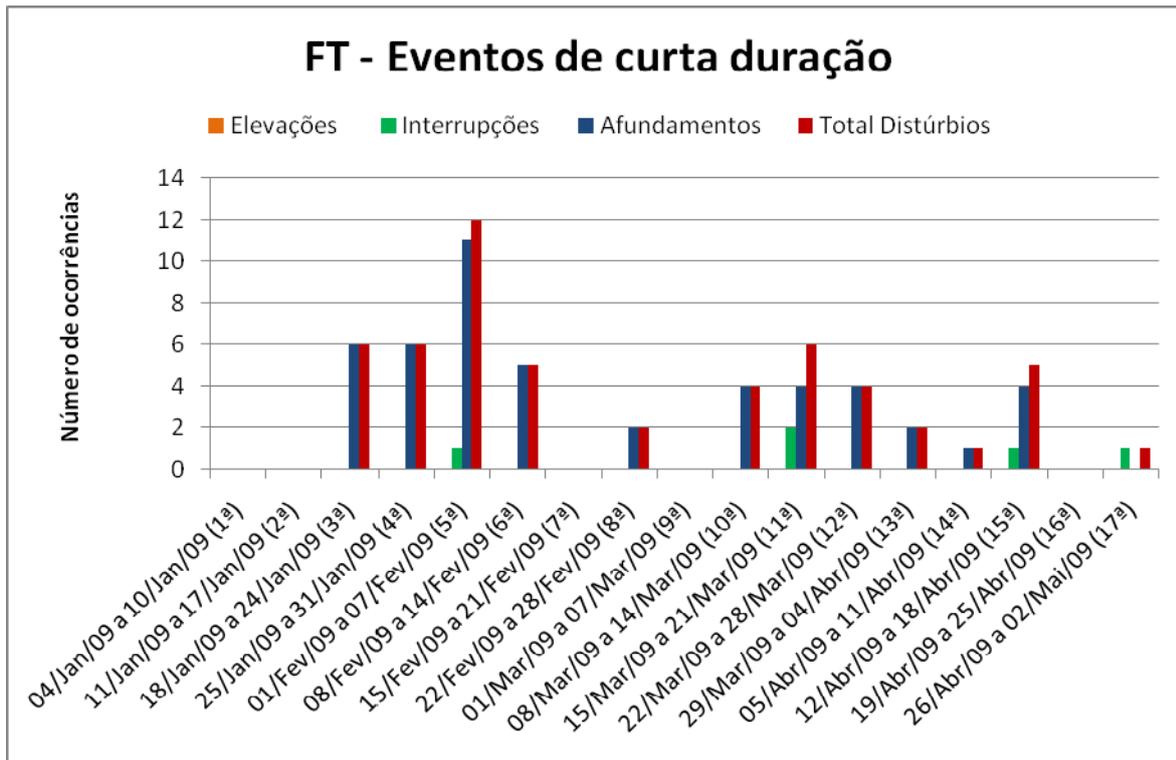


Figura 5.10 - Ocorrência de eventos de curta duração na FT.

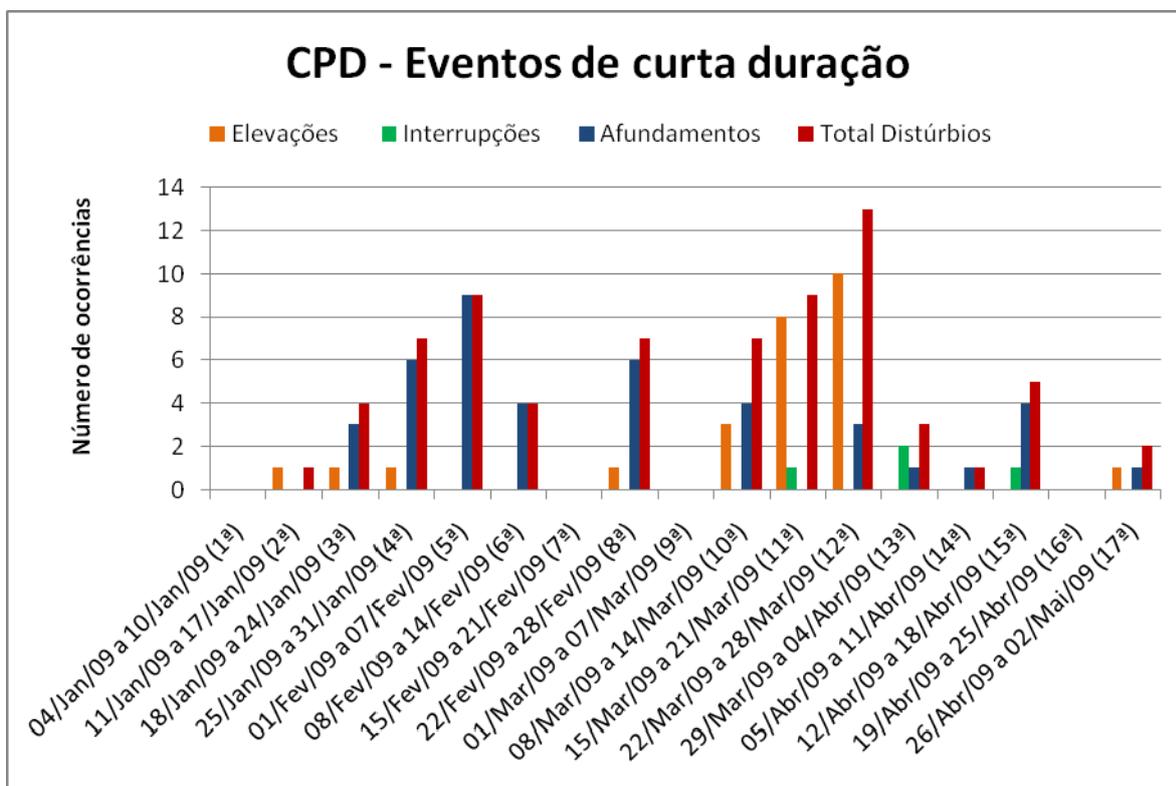


Figura 5.11 - Ocorrência de eventos de curta duração no CPD.

Percebe-se da Figura 5.9, que durante o período de análise ocorreram na Vice-Reitoria, 64 afundamentos, 4 interrupções e 2 elevações, totalizando 70 variações de tensão de curta duração (VTCD). Da Figura 5.10, tem-se que na FT ocorreram 49 casos de afundamentos, 5 de interrupções e nenhuma elevação, totalizando 54 casos. No CPD tem-se, pela Figura 5.11, a distribuição de 42 afundamentos, 13 interrupções e 26 elevações, somando 72 ocorrências. Na análise separada das semanas, percebe-se que na Vice-Reitoria e na FT, a 5ª semana foi a que ocorreu mais distúrbios, totalizando 12 acontecimentos em cada local, sendo 10 afundamentos e 2 interrupções na Vice-Reitoria, e 11 afundamentos e 1 interrupção na FT. Já para o CPD, a 12ª semana foi a que teve maior número de eventos, com 3 afundamentos e 10 elevações, totalizando 13 medições.

### **5.2.6 - Síntese das avaliações da qualidade da energia na Vice-Reitoria, FT e CPD**

Após a apresentação desse material, pode-se ter uma síntese dos parâmetros avaliados para cada localidade. Portanto, tem-se que nenhum dos lugares analisados sofre com problemas de desequilíbrio ou distorções harmônicas, sendo o CPD o local com melhores índices para o primeiro indicador, e a FT para o segundo.

Com relação ao flicker, têm-se novamente os melhores valores para a FT, com a Vice-Reitoria apresentando medidas aceitáveis, ficando essas localidades dentro do limite legal. No entanto, o CPD superou o limiar permitido para esse parâmetro durante todas as semanas analisadas. Porém esse desacordo com a norma ocorreu apenas na fase C.

Em regime permanente, as tensões da Vice-Reitoria e da FT não demonstraram anormalidades com relação aos parâmetros de comparação. Contudo, o CPD extrapola esse limite continuamente, e em todas as fases, o que pode representar um problema sério para os dispositivos ligados nesse ponto. Acredita-se que esse resultado esteja relacionado à regulação dos taps dos transformadores que alimentam esta localidade.

Para os fenômenos de curta duração se percebe que a FT foi a localidade com menos distúrbios dessa natureza, totalizando 54. A Vice-Reitoria segue com 70 casos, os quais sobem para 72 no CPD.

### **5.3 - COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS**

O presente tópico visa identificar, através da análise comparativa semanal dos resultados discutidos nos tópicos anteriores, a presença de relação entre problemas de qualidade e a falha de equipamentos. São apresentadas figuras que congregam no mesmo gráfico de linha os resultados encontrados nos itens anteriores.

Os problemas de qualidade cujos indicadores transgridem as normas são selecionados e comparados com o resultado da análise das OSs. Descartam-se as anormalidades que se situam abaixo dos limites legais, além do flicker, uma vez que no desenvolvimento desse trabalho não foi possível identificar em qual fase está ligado cada equipamento, e que para esse distúrbio houve transgressão apenas na fase C do CPD.

Na análise relativa a afundamentos, elevações e interrupções, considera-se a quantidade de ocorrências. Na discussão sobre tensões em regime permanente, considera-se a magnitude dos indicadores DRP e DRC. Caso sejam identificadas relações, realizar-se-á uma análise mais detalhada, conforme descrito nos métodos e procedimentos.

#### **5.3.1 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, na Vice-Reitoria**

A Figura 5.12, apresenta a evolução da quantidade de afundamentos, elevações, interrupções, e de OSs do tipo reparo no prédio da Vice-Reitoria.

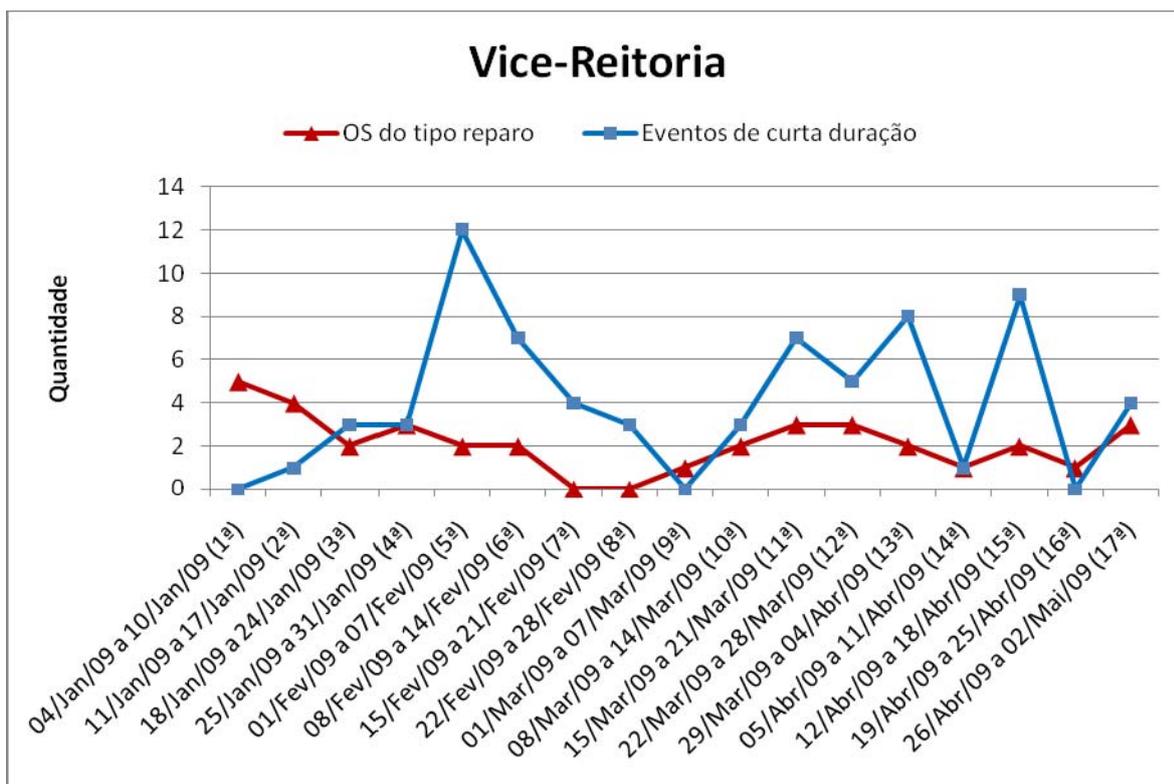


Figura 5.122 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo na Vice-Reitoria.

Percebe-se na Figura 5.12, que desde o início do ano a quantidade de distúrbios detectados é maior do que a quantidade de OSs geradas. Nota-se que o comportamento da curva de problemas de qualidade é mais oscilatório do que o da curva de reparos, elevando-se e retraindo-se seguidas vezes ao longo do ano.

Considerando-se apenas a 1ª e a 2ª semana, quando se verificam as maiores quantidades de solicitações, nota-se que o comportamento das duas curvas é totalmente divergente. Tomando-se a semana com maiores problemas de qualidade e as semanas adjacentes, percebe-se que não há incremento nas OSs. Todavia, ao se analisar o período de 1 de março a 25 de abril, verifica-se certa similaridade no comportamento das duas curvas.

### 5.3.2 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, na FT

A Figura 5.13 apresenta a evolução da quantidade de afundamentos, elevações, interrupções, e de OSs do tipo reparo no prédio da FT.

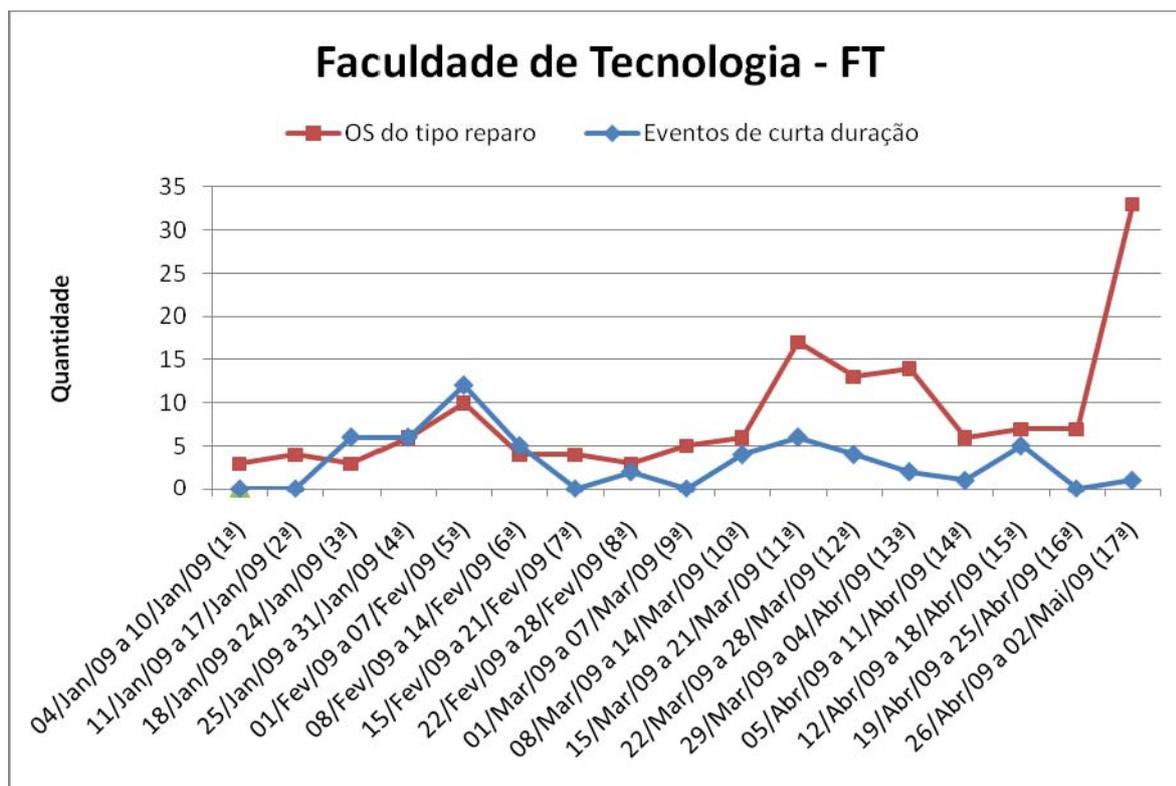


Figura 5.133 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo na FT.

Percebe-se na Figura 5.13, que o comportamento das curvas permanece próximo até a décima semana, a partir da qual a quantidade de OSs cresce a patamares até três vezes maiores do que a quantidade de distúrbios detectados. Considerando o início do período letivo, em 16 de março, nota-se que embora aumente a demanda da FT por conserto de equipamentos, não se verifica incremento na quantidade de distúrbios durante as aulas.

Na 11ª, 12ª, 13ª e 17ª semana, quando se verificam as maiores quantidades de solicitações de reparo, identifica-se que a quantidade de problemas elétricos não chega a apresentar crescimento maior do que o observado em outros períodos.

Considerando que no início do ano, quando se verificam similaridades entre as curvas, a quantidade de solicitações é bem reduzida, e que nas semanas mais críticas quanto à quantidade de ordens de serviço, não se identifica forte aumento nos problemas de qualidade, pode-se concluir que não foi possível identificar relação entre a falha de equipamentos e problemas de qualidade na rede elétrica da FT.

### 5.3.3 - Análise das relações quanto aos afundamentos, elevações e interrupções, no CPD

A Figura 5.14 apresenta a evolução da quantidade de afundamentos, elevações, interrupções, e de OSs do tipo reparo no prédio do CPD.

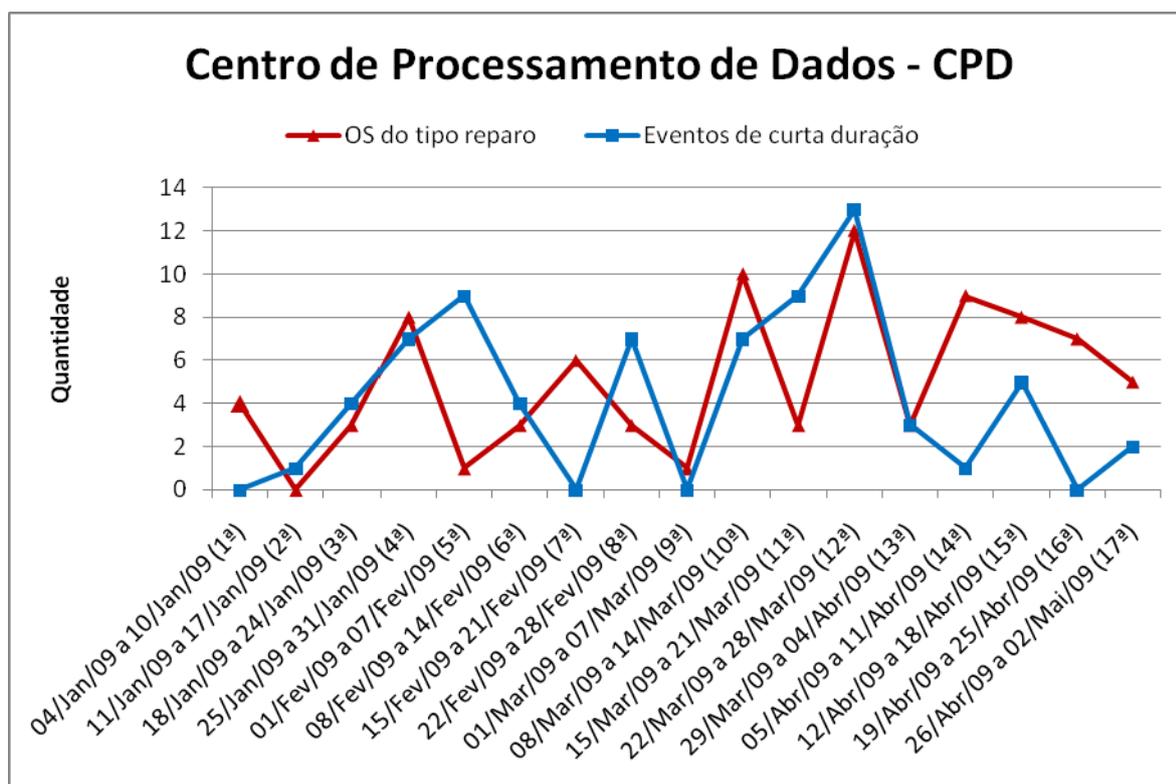


Figura 5.14 - Afundamentos, elevações, interrupções e OSs do tipo reparo no CPD.

Percebe-se na Figura 5.14 que as duas curvas apresentam comportamento oscilatório. Ao longo das semanas, tanto a quantidade de reparos quanto de distúrbios experimentam elevações e retrações. Nota-se em diferentes semanas, especialmente ao longo da 2ª, 3ª e 4ª, que o comportamento das duas curvas se assemelham.

Tomando-se a 10ª e a 12ª semana, e suas adjacentes, quando se verificam as maiores quantidades de solicitações, identifica-se semelhança entre as curvas.

### 5.3.4 - Análise das relações quanto às tensões em regime permanente no CPD

A Figura 5.15 apresenta o comportamento semanal do índice DRP captado no CPD e da geração de OSs do tipo reparo.

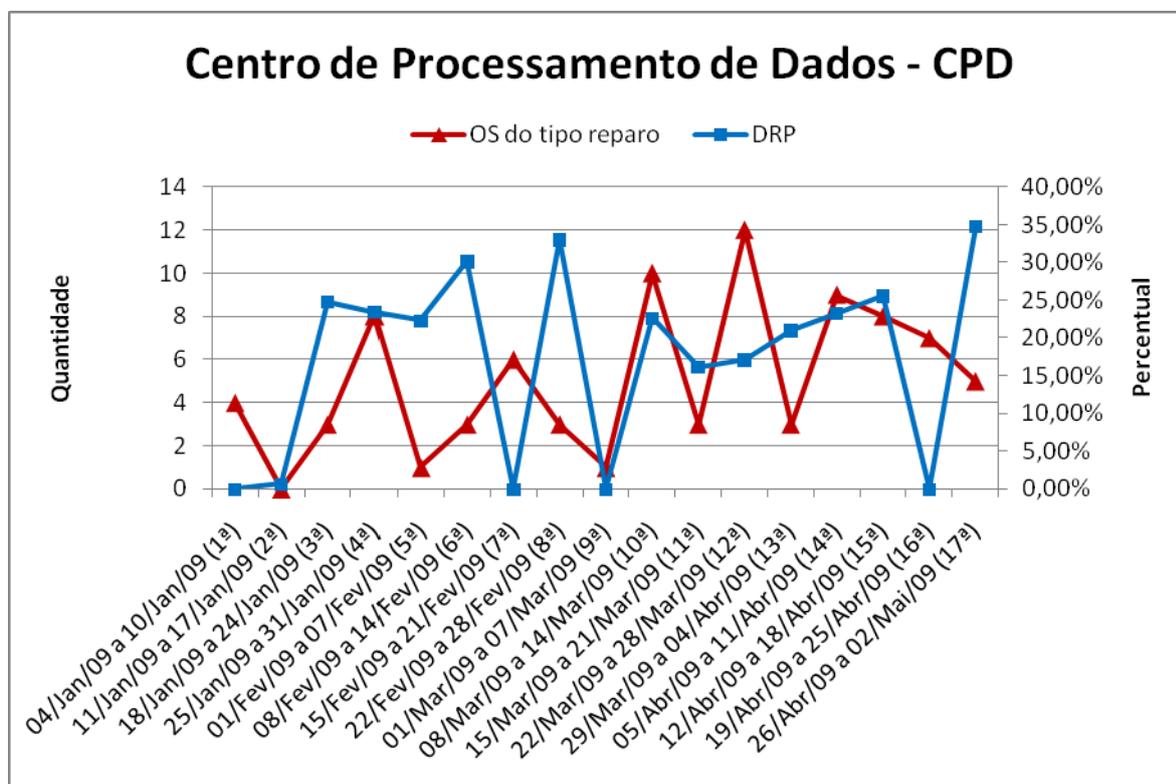


Figura 5.15 – Indicador DRP e OS do tipo reparo no CPD.

Percebe-se na Figura 5.15, que na 8ª semana, o indicador DRP atinge o valor de 35%, mais de 10 vezes acima do limite legal. Todavia, analisando-se o comportamento das OSs, vê-se que nesse período a curva está em queda. Observando-se as semanas 10ª, 12ª e 14ª, quando se verificam as maiores quantidades de solicitações, conclui-se que há certa semelhança no comportamento das duas curvas.

A Figura 5.16 apresenta o comportamento semanal do índice DRC captado no CPD e da geração de OSs do tipo reparo.

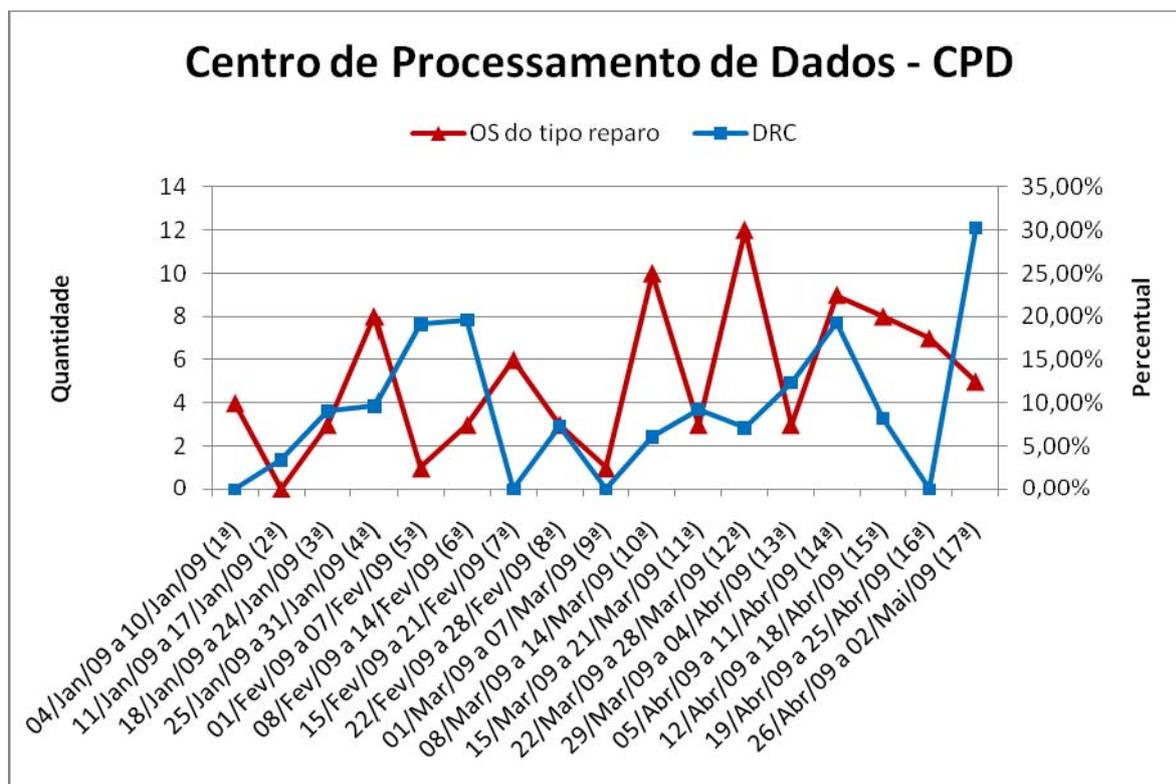


Figura 5.16 - Indicador DRC e OS do tipo reparo no CPD.

Percebe-se na Figura 5.16, que na última semana do ano, o indicador DRC chega a estar 60 vezes acima do valor limite. Todavia, nesse período, não há coincidência com o comportamento da curva de reparos realizados. Tomando-se as semanas com maiores quantidades de solicitações, verifica-se que há similaridade no comportamento das duas curvas, principalmente na 14ª e 15ª semana, quando elas, em crescimento, atingem máximos locais e depois passam a decrescer.

#### 5.4 - ANÁLISE DETALHADA

Considerando a comparação dos resultados e seguindo o que se estabeleceu nos métodos e procedimentos, este item visa apresentar o resultado de uma análise mais detalhada das relações identificadas na etapa anterior.

Para tanto, foram analisadas as OSs do tipo reparo geradas na localidade onde se verificaram maiores relações, e identificadas aquelas que indicavam falhas em equipamentos motivadas por problemas elétricos. Assim, foram analisadas as 86

solicitações para reparo abertas no CPD, e em 20 delas foi possível notar causas elétricas. As ordens de serviço foram dispostas em um gráfico de linha semanal, o qual foi comparado com os gráficos de distúrbios no CPD estudados anteriormente.

Agindo-se dessa forma, percebeu-se que não é possível identificar relação entre os problemas de tensões em regime permanente e a falha de equipamentos do CPD, tanto quanto aos níveis precários quanto aos críticos. Todavia, quando comparadas a evolução das OSs cuja motivação foi problema elétrico e as quantidades de afundamentos, elevações e interrupções, ao longo das 17 semanas do período, ficou evidente uma similaridade.

Assim, os gráficos de afundamentos, interrupções e elevações, foram comparados, separadamente, com as falhas em equipamentos. Percebeu-se, com esse procedimento, que não é possível identificar relação entre os afundamentos e interrupções identificados e a falha de equipamentos.

A Figura 5.17 apresenta a evolução das quantidades de elevações e de OSs do tipo reparo, cuja motivação foi problema elétrico na rede no prédio do CPD.

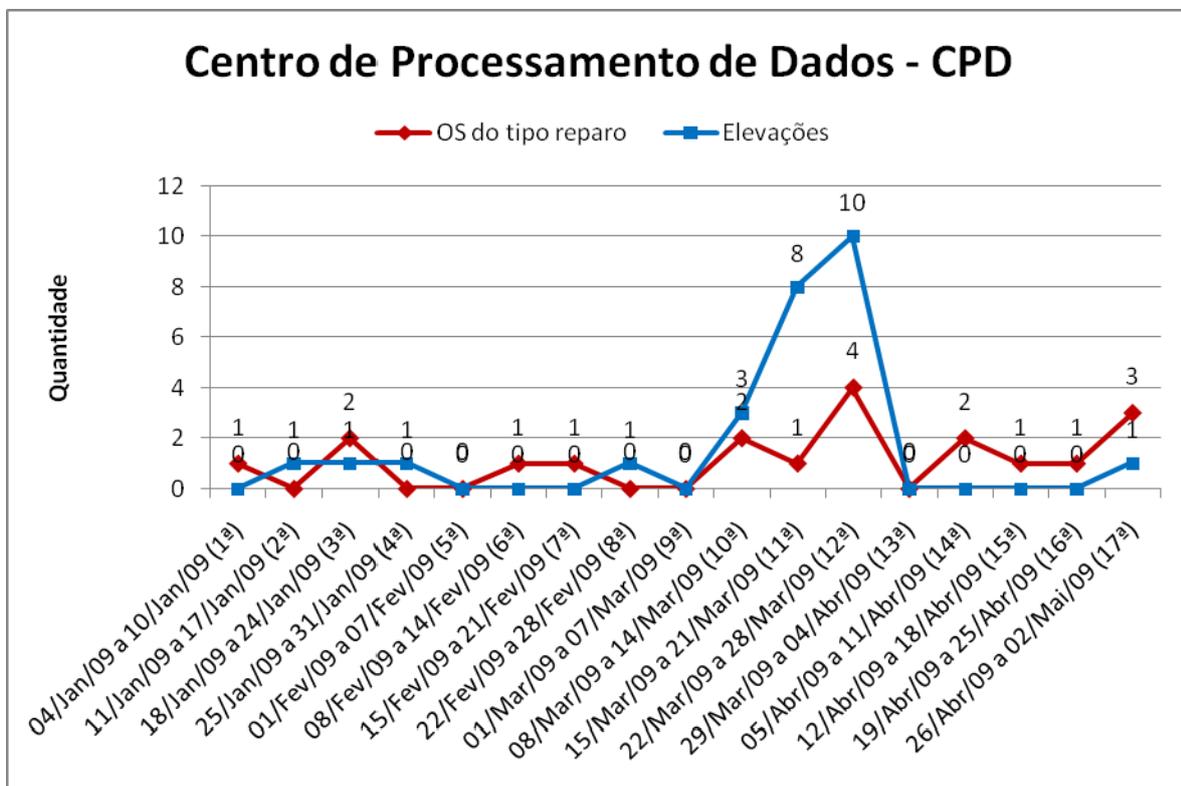


Figura 5.17 - Elevações e OSs motivadas por problemas elétricos no CPD.

Percebe-se na Figura 5.17, que na grande maioria das semanas a quantidade de elevações não ultrapassa uma unidade. Quando analisado, todavia, o período de 1 de março a 4 de abril, nota-se que há um incremento na quantidade de elevações, e também na quantidade de ordens de serviço. Dessa maneira, pode-se afirmar que se identifica relação entre a ocorrência de elevações e falha de equipamentos no CPD.

Considerando que a elevação momentânea no nível de tensão representa uma das anormalidades mais severas ao funcionamento de equipamentos, esse resultado era esperado. Dessa forma, é fundamental que tais eventos sejam prevenidos para que os prejuízos causados pela paralisação dos aparelhos do CPD sejam minimizados.

## **6 - CONCLUSÃO**

O presente trabalho foi motivado pelo desejo da equipe do Centro de Manutenção de Equipamentos Científicos da UnB de investigar se a grande quantidade de falha de equipamentos da universidade estava relacionada a uma baixa qualidade da energia elétrica no *Campus*.

Dessa maneira os objetivos propostos para esse trabalho eram uma análise da qualidade da energia no *Campus*, das ordens de serviços geradas para o CME, e uma investigação sobre possíveis relações entre esses dois universos.

Durante as atividades, por questões burocráticas, de estrutura ou de outra natureza, muitas dificuldades foram encontradas e muitas sugestões apareceram. Assim, o desfecho dessa pesquisa está dividido em dois itens. O primeiro visa discutir as conclusões retiradas da realização do trabalho, da exata forma como ele se configurou. O segundo enumera as dificuldades enfrentadas e apresenta sugestões para que novos projetos sejam realizados com mais proficiência. Apresentam-se a seguir as conclusões do trabalho.

### **6.1 - CONCLUSÕES DO TRABALHO**

A análise das ordens de serviços permite concluir que as demandas apresentadas pela universidade para o CME são maiores no período letivo. Porém, independentemente da época do ano é fundamental se ter um centro de manutenção bem equipado, com mão-de-obra qualificada e recursos suficientes.

Também é possível concluir que a quantidade de ordens de serviço geradas pela Vice-Reitoria, FT e CPD, não chega a representar 18% da UnB, no período estudado. A análise de localidades mais representativas poderia levar a resultados mais precisos.

Comparando-se os três locais, conclui-se que o total de reparos nessas localidades representa mais da metade dos serviços, indicando que o montante de falha de equipamentos nesses centros é bastante expressivo. A FT apresenta a maior quantidade de solicitações, tanto para qualquer tipo de serviço, como para reparo. Todavia, há indícios de

que na Vice-Reitoria a proporção de falha de equipamentos é maior, pela baixa quantidade de aparelhos presentes neste local em comparação aos demais e pelo grande percentual de OSs do tipo reparo.

Fica evidente, a partir da análise realizada no Capítulo 5, que na Vice-Reitoria e na FT, a quantidade de solicitações possui relativa constância ao longo das semanas, mas que no CPD a evolução das ordens de serviço é totalmente irregular.

Do processo de colhimento dos dados a partir do programa SIPAT e das OSs físicas, pode-se concluir que a ferramenta apresenta fortes limitações no acesso às informações, e que a própria forma como as OSs são preenchidas dificulta um estudo mais fiel das atividades desenvolvidas pelo CME. Não consta, por exemplo, uma análise do técnico responsável sobre uma possível causa da solicitação.

A partir da análise da qualidade da energia do *Campus*, realizada no Capítulo 5 e nos Apêndices, conclui-se que nos três locais monitorados, verificam-se problemas de qualidade. Na FT e na Vice-Reitoria, as anormalidades restringem-se às variações de curta duração, afundamentos, elevações e interrupções. Porém, no CPD, tais problemas são mais evidentes e severos. Destaca-se que nessa localidade o comportamento das tensões em regime permanente está fora dos limites definidos pelo PRODIST. Mesmo quanto às variações de curta duração, foi no CPD que se verificou a maior quantidade de ocorrências.

Da investigação sobre possíveis relações entre a ocorrência de problemas de qualidade na rede elétrica e a falha de equipamentos, pode-se concluir que elas não estão evidentes na FT ou na Vice-Reitoria. No CPD, percebeu-se um forte indicativo de que a ocorrência de elevações tem prejudicado o funcionamento dos equipamentos.

Mesmo com a realização desta pesquisa, não se pode afirmar se existe ou não relação entre a falha de equipamentos e a ocorrência de problemas de qualidade na rede elétrica, em virtude, principalmente, das dificuldades em levantar dados precisos. Contudo, é possível concluir que se a relação existe, ela não é tão evidente como se imaginava.

De toda forma, a realização do presente trabalho permite apresentar uma série de sugestões para facilitar a realização de pesquisas futuras, contribuir para o aprimoramento dos procedimentos do CME e para permitir à UnB priorizar corretamente os locais que devem ter a rede elétrica verificada. Apresentam-se a seguir tais recomendações.

## **6.2 - DIFICULDADES E RECOMENDAÇÕES**

Durante a composição da presente pesquisa, vários aspectos, funcionais e operacionais, do sistema utilizado foram colocados em crítica por restringirem a forma de análise e visualização das informações.

Nos aspectos ligados com a logística adotada pelo CME no atendimento das OSs, utiliza-se um modelo de abertura do serviço diretamente pelo usuário, culminando na ocorrência de erros logo no início do processo. Pensa-se que apenas a solicitação da abertura de serviço seja o mais sensato. Nesse modelo o usuário abriria uma solicitação na qual só seria gerada uma OS após uma avaliação técnica. No entanto, nesse sistema deverá ser trabalhado o método de preenchimento das OSs pelos técnicos, de forma às informações contidas na OS física se tornar o mais próximo do serviço executado em campo. Com isso, espera-se tornar possível a identificação do real problema por quem a leia, sem a necessidade de recorrer ao técnico que executou o serviço. A inserção de um campo que seria preenchido pelo técnico, após o término do atendimento, com a informação da causa do problema e sua natureza pode ser suficiente. A presença também de um campo com a informação da data da provável falha do equipamento facilitaria a execução de trabalhos investigativos como este, já que a utilização da data da solicitação, não reflete de forma fiel o momento da falha, por depender da abertura pelo usuário.

A identificação e a solicitação de manutenção para o equipamento estão ligadas ao número do patrimônio, tal procedimento mascara a quantidade dos acionamentos nas localidades. Por exemplo, um aparelho cadastrado na Prefeitura pode estar instalado em qualquer ponto do *Campus*. Assim, a OS também deveria conter uma informação da verdadeira localização do equipamento.

A visualização e exportação dos dados pelo programa SIPAT é um ponto merecedor de destaque. Além da interface com o usuário não ser muito agradável, o programa dificulta a exportação dos dados, tanto em formato texto, quanto para o Excel. Investimento nessa área tornaria o processo mais célere e confiável para o usuário.

Na elaboração desse relatório, não se atentou para alguns fatos do processo, que acabou por tornar os dados difíceis de serem mensurados. Na escolha das localidades, verificou-se que não são as mais problemáticas e com maiores acionamentos. Com isso, a forma com que foi embasada a pesquisa (ver fluxograma da Figura 4.4) reduziu bastante o volume de dados a ser comparado. O exemplo marcante disso foi o ocorrido na FT, onde quase não se verificou problema de qualidade, quando comparado com a norma, tornando as OSs dessa localidade sem importância para a conclusão esperada do trabalho. Outra falha realizada pelo não conhecimento do processo, foi a escolha do ponto de instalação do medidor no quadro da Vice-Reitoria. No ponto selecionado se teve a perda de noção das OSs que estavam sendo cobertas pelo medidor na localidade. Algo semelhante ocorreu no CPD. Em todos os locais, informações de qualidade, individuais por fase, não puderam ser utilizadas, já que não se conseguiu mapear em qual fase estava o equipamento cuja OS foi aberta.

Nesse sentido, algumas falhas foram identificadas, que são de grande valia para pesquisas futuras. Além disso, foi feito o mapeamento das localidades mais críticas quanto à abertura de OSs. Pelo Anexo D, verifica-se que as localidades que demandaram maiores acionamentos, relacionados a reparo, desde 2001, se repetem, apenas alternando seu posicionamento. Entre elas pode-se destacar a Prefeitura do *Campus*, o Departamento de Biologia Celular, a Faculdade de Medicina e o Instituto de Química. Juntos representam 17,38% do total de OSs do tipo reparo ao longo desses anos. Dessa forma, estudos nessas áreas proporcionarão maior quantidade de dados e merecem atenção quanto à qualidade da energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLLEN M. H. J.(2000), “Understanding Power Quality Problems – Voltage Sags and Interruptions”. IEEE Press, USA.
- DUGAN R. C.; MCGRANAGHAN M. F.; SANTOSO S.; BEATY H. W. (2002). “Electrical Power Systems Quality”. 2a. Edição McGraw-Hill, USA.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética (2009), “Consumo Final e Conservação de Energia Elétrica (1970 – 2007)”.
- FRANCO, E. “Qualidade de Energia – Causas, Efeitos e Soluções.” Engecom tecnologia em automação e controle LTDA. Disponível em: < [http://www.engecom.com.br/pow\\_qual.htm](http://www.engecom.com.br/pow_qual.htm) >. Acesso em: 25 de janeiro de 2009.
- FUPAI – Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria (2001), “Curso de Qualidade da energia elétrica”. Itajubá.
- ION 7500/7600. (2003), “User’s Guide”. Power Measurement.
- ION 7500/7600. (2004), “Guia de Instalação”. Power Measurement.
- LANA LEITE, J. R.; FERREIRA, A. L; OLIVEIRA, M. A. (2005), “Uma Metodologia Para Avaliação dos Custos de Interrupção e de Eventos de Qualidade da Energia”. VI SBQEE, Belém.
- LIMA, FRANCISCO ASSIS; CASTILHO, JOÃO CARLOS NOGUEIRA DE (2006). “Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília”. Dissertação de Especialização, Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, DF.

OLIVEIRA, J. C. (2005), “A Qualidade da Energia Elétrica”. 7ª Semana de Engenharia Elétrica, UnB, Brasília.

OLIVEIRA, J. C. (2000), “Contribuições para a Normalização da Qualidade da Energia Elétrica. Harmônicos e Desequilíbrios nas Redes” Elétricas. Estado da Arte. Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia.

OLIVEIRA, M. A. (2005), “Apostila de Qualidade da Energia Elétrica”. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.

RAMOS, A.J.P. (2000), “Monitoração, Avaliação e Controle da Qualidade da Energia Elétrica”. Procedimentos de Medição e Monitoração. ANEEL, Recife.

SILVA, M. G. (2006), “Uma Contribuição para o Estudo do Desequilíbrio de Tensão nos Sistemas Elétricos de Potência”. Faculdade de Tecnologia, Projeto Final de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília.

UnB, Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.UnB.br/UnB/index.php>>. Acesso em: 28 de março de 2009.

## **APÊNDICES**

## **A - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NA VICE-REITORIA DA UnB**

### **A.1 - INTRODUÇÃO**

O presente apêndice visa apresentar o resultado da análise da qualidade da energia na Vice-Reitoria da UnB. São discutidos os aspectos relacionados às tensões em regime permanente e aos fenômenos de desequilíbrio de tensão, distorção harmônica, flicker, afundamentos e elevações momentâneas.

### **A.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADOS PARA ANÁLISE**

Local: Vice-Reitoria da UnB

Medidor: ION 7600

Período Analisado: 10 a 16 de março de 2009

### **A.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO**

O quadro de distribuição onde o equipamento foi instalado alimenta a Vice-Reitoria, o Decanato de Administração e Finanças (DAF) e a Secretaria de Comunicação (SECOM). A carga se divide em computadores, impressoras, scanners, aparelhos de ar condicionado, máquina de *Xerox* e iluminação. A tensão nominal é de 380 V entre linhas.

### **A.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE**

O instrumento de medição empregado nos estudos é o medidor ION 7600, da *Power Measurement*, uma poderosa ferramenta na análise da qualidade da energia elétrica. Instalado em redes ethernet ele possibilita o acesso aos dados colhidos a partir de um servidor localizado remotamente.

Para configuração do padrão de medição é disponibilizado o *software* ION *Enterprise*. Nele, através do ambiente *Designer*, implementam-se módulos para colherem dados referentes aos fenômenos desejados de acordo com os protocolos mais recomendados.

Embora completo na função de medição, o equipamento em questão não apresenta boa interface para a análise dos resultados. Assim, optou-se por utilizar a ferramenta computacional de análise de distúrbios elaborada pela UnB, e financiada pela ELETRONORTE, no âmbito do Programa de P&D desenvolvido nos anos de 2006 e 2007.

Este *software* foi desenvolvido para permitir a análise dos dados através de gráficos sem que as informações sejam perdidas com o acúmulo de amostras (GARCIA, 2006). Através dele é facilitada a visualização de curvas e valores.

A ligação entre o medidor e a ferramenta de análise é realizada pelo aplicativo “Robô”, que tem a função de acessar o banco de dados, utilizando as rotinas próprias da linguagem *SQL* e disponibilizá-los, em plataforma *LINUX*, para a análise.

Apresenta-se em seguida a análise dos dados obtidos.

## A.5 - TENSÕES DE LINHA

A Figura A.1 apresenta o comportamento das tensões de linha.

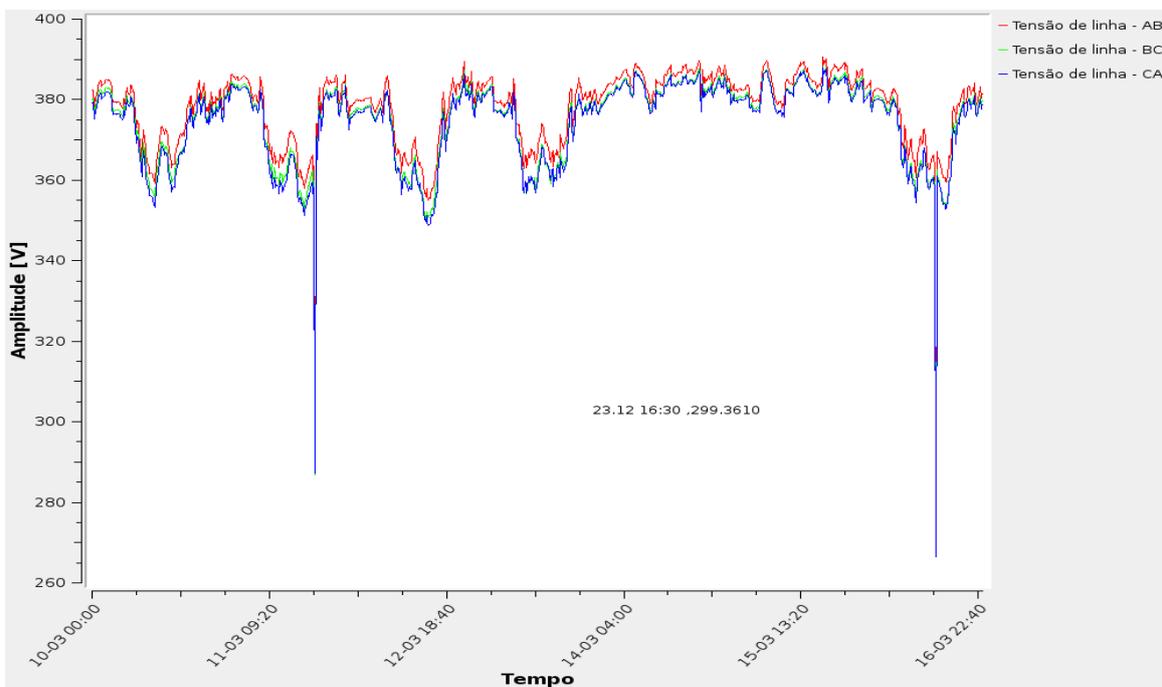


Figura A.1 - Tensões de linha.

Percebe-se da Figura A.1 que as tensões de linha apresentam dois patamares de funcionamento. No início de cada dia elas oscilam em torno do valor nominal. A partir das 8 h, passam a oscilar próximo a 360 V, onde permanecem até as 18 h. Nota-se que nos dias 11 e 16 de março há uma queda abrupta em  $V_{CA}$ . Uma análise do perfil das tensões nos dias 11 e 16 de março pode elucidar as características dessa ocorrência.

A Figura A.2 apresenta o perfil das tensões entre linhas ao longo do dia 11 de março de 2009.

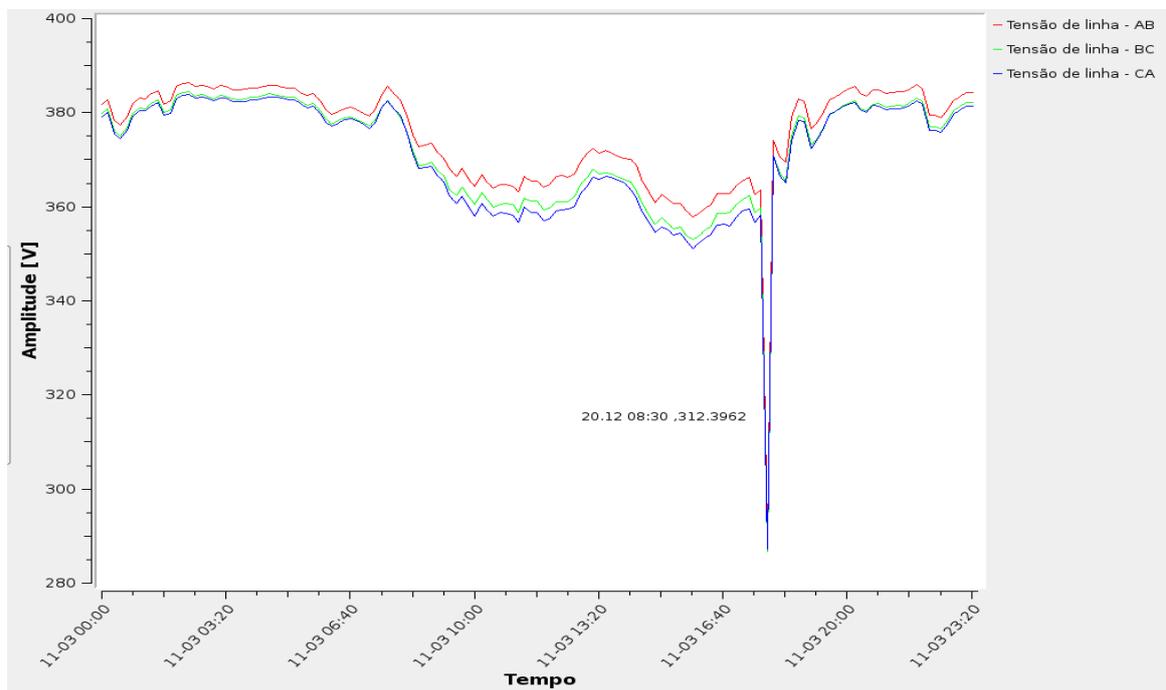


Figura A.2 - Tensões de linha em 11 de março.

Percebe-se na Figura A.2 que a queda ocorre similarmente em  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$  e  $V_{CA}$  e que o menor valor atingido situa-se entre 285 e 290 V, aproximadamente 25% abaixo da tensão nominal.

A Figura A.3 apresenta o perfil das tensões entre linhas ao longo do dia 16 de março de 2009.

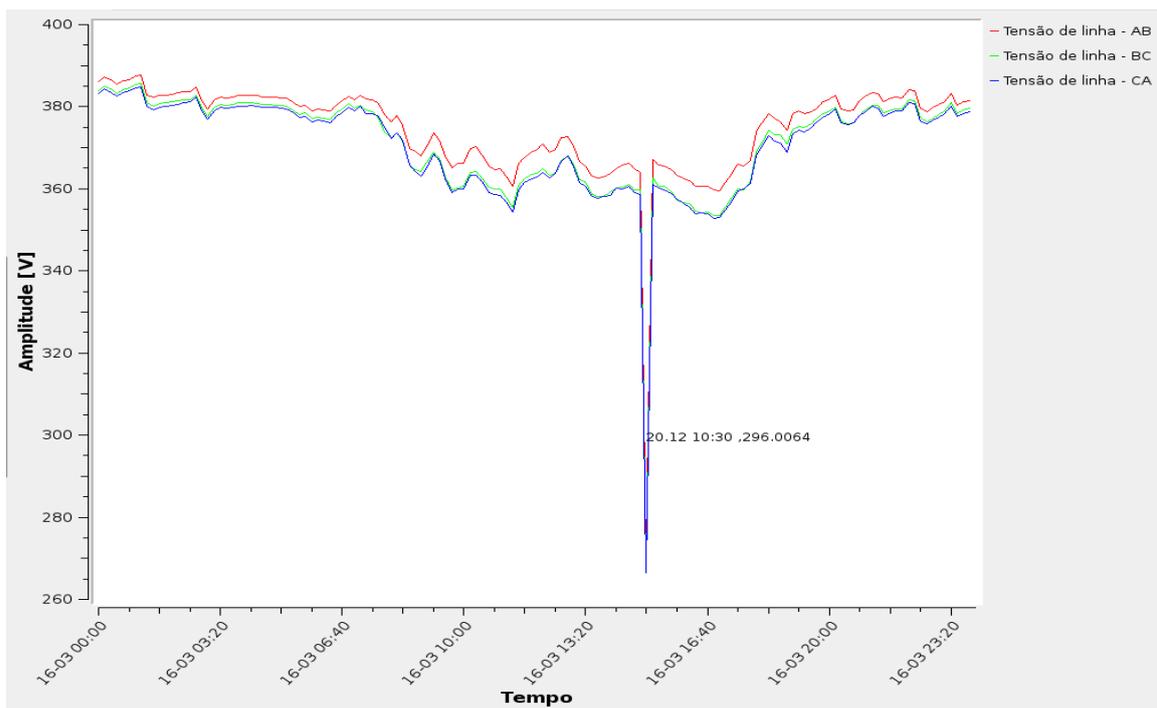


Figura A.3 - Tensões de linha em 16 de março.

Percebe-se na Figura A.3 que a queda ocorre similarmente em  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$  e  $V_{CA}$  e que o menor valor atingido situa-se entre 260 e 270 V, aproximadamente 31,6% abaixo da tensão nominal.

#### A.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS INDICADORES DRC E DRP

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, a Tabela A.1 apresenta a faixa de variação da tensão em regime permanente para atendimento em padrão inferior ou igual a 1 kV (380/220).

Tabela A.1 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.

| Tensão de Atendimento (TA) | Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Relação à Tensão Nominal (Volts) |
|----------------------------|--|
| Adequada                   | $201 \leq TL \leq 231$   |
| Precária                   | $189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$                                 |
| Crítica                    | $TL < 189$ ou $TL > 233$   |

onde:

TL representa o valor de tensão lido pelo medidor.

A Figura A.4 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_A$ .

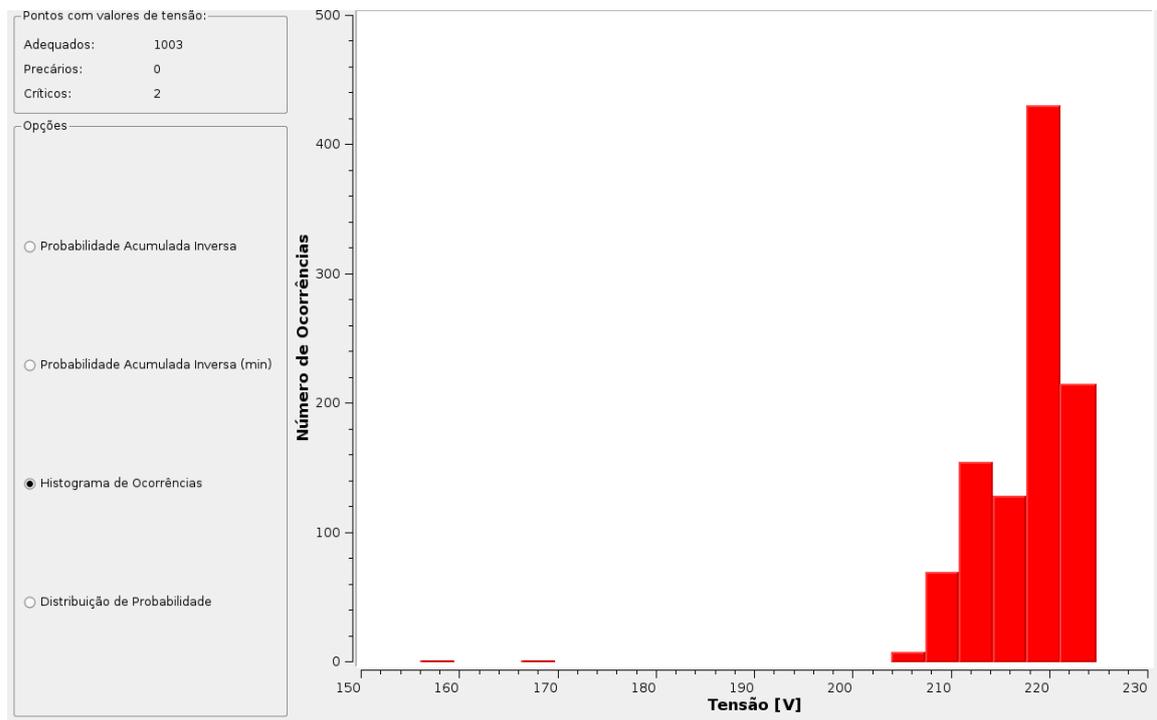


Figura A.4 - Histograma de ocorrências para a fase A.

Percebe-se da Figura A.4 que a maior parte dos valores situa-se em torno da tensão nominal, 220 V. Todavia, detecta-se mais de 300 ocorrências abaixo desse valor, principalmente entre 210 e 220 V. Nota-se que não há detecções na zona precária e que há duas detecções na zona crítica.

A Figura A.5 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_B$ .

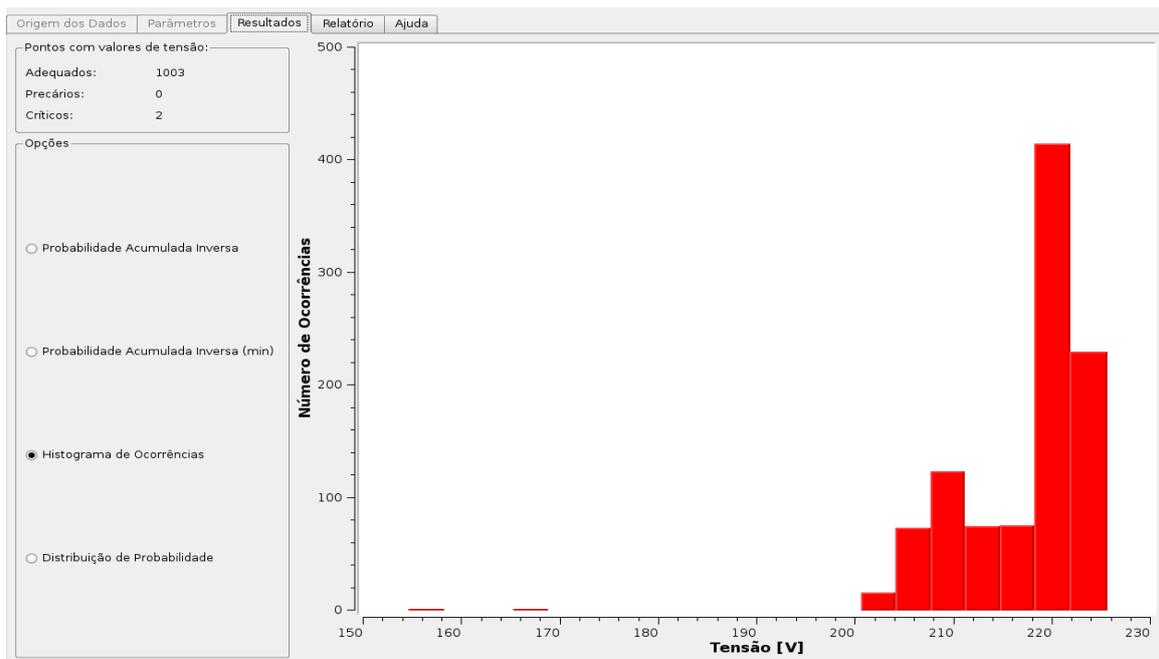


Figura A.5 - Histograma de ocorrências para a fase B.

A Figura A.5 mostra que a tensão  $V_B$  apresenta comportamento similar ao de  $V_A$ . A maior parte das ocorrências se dá em torno de 220 V, embora haja mais de 300 detecções entre 200 e 220 V. Assim como se verifica em  $V_A$  não há ocorrências na zona precária e 2 ocorrências na zona crítica.

A Figura A.6 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_C$ .

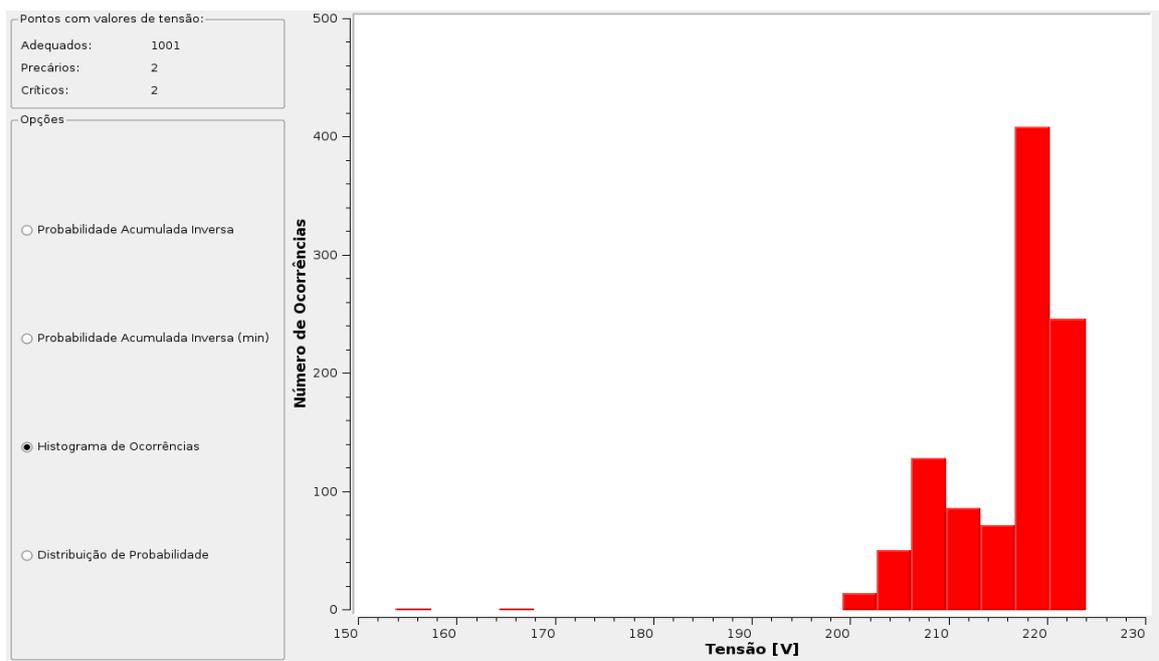


Figura A.6 - Histograma de ocorrências para a fase C.

A Figura A.6 mostra que o comportamento de  $V_C$  se assemelha ao comportamento das outras tensões. Todavia, na fase C detecta-se 2 ocorrências na zona precária e 2 na zona crítica.

A Tabela A.2 apresenta o cálculo do índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC).

Tabela A.2 - DRC e DRP.

| Fase | Quantidade de Pontos com tensão precária | Quantidade de Pontos com tensão crítica | DRP% | DRC% |
|------|--|---|------|------|
| A    | 0  | 2                                       | 0    | 0,2  |
| B    | 0  | 2                                       | 0    | 0,2  |
| C    | 2  | 2                                       | 0,2  | 0,2  |

Os limites estabelecidos no PRODIST são de 3% para o DRP e 0,5% para o DRC. A Tabela A.2 mostra que quanto a esses índices as instalações da Vice-Reitoria não transgridem a norma.

## A.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

Na ferramenta utilizada a quantificação do desequilíbrio é dada pela obtenção do fator K. A Figura A.7 apresenta o perfil do fator K entre os dias 10 e 16 de março de 2009.

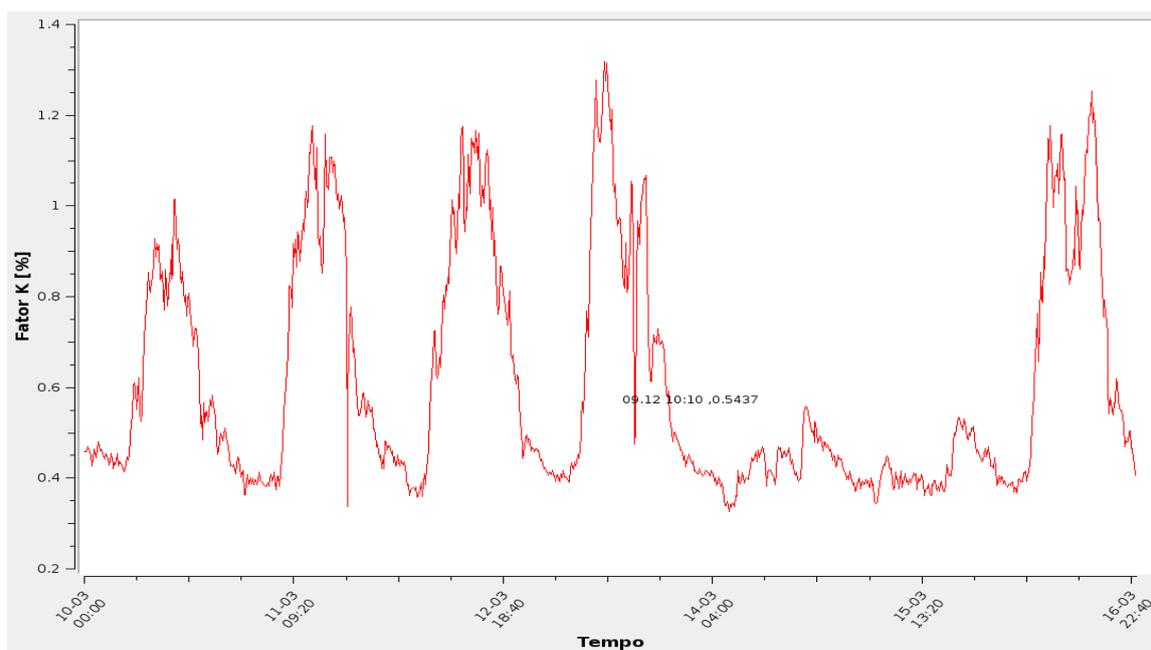


Figura A.7 - Perfil do fator K.

Nota-se da Figura A.7 que em 14 e 15 de março o fator K não ultrapassa o valor de 0,6%. Em 13 de março ele atinge o valor máximo de 1,35%. Nos outros dias, o fator K inicia-se em torno de 0,4% e eleva-se ao longo do dia para o patamar de 1,2%. Considerando a jornada de trabalho dos servidores da Vice-Reitoria, do DAF e do SECOM, percebe-se que houve incremento no momento de maior uso da carga.

Percebe-se na Figura A.7 que embora haja aumento no patamar de valores do fator K durante o dia, ele não ultrapassa o limite de 2% estabelecido nos procedimentos de rede. Ressalta-se que o PRODIST não faz referência a valores do fator K em redes de baixa tensão.

## A.8 - DISTORÇÃO HARMÔNICA

As Figuras A.8, A.9 e A.10 apresentam o histograma de ocorrências da distorção harmônica total das fases A, B e C, respectivamente.

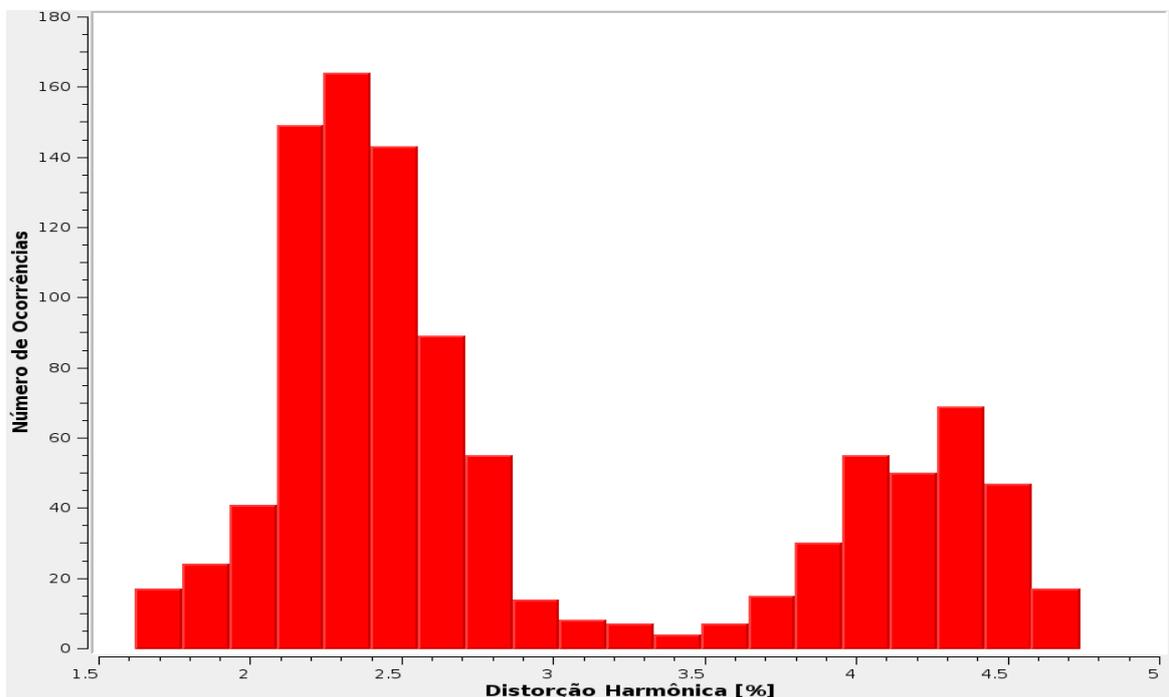


Figura A.8 - DHT fase A.

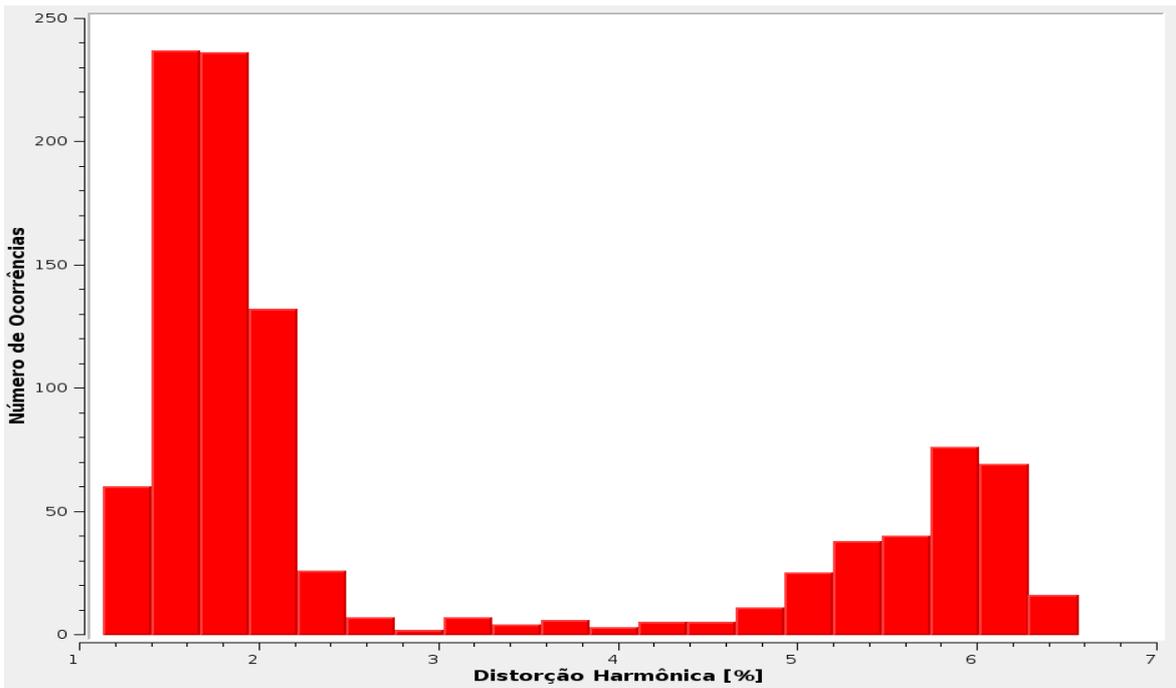


Figura A.9 - DHT fase B.

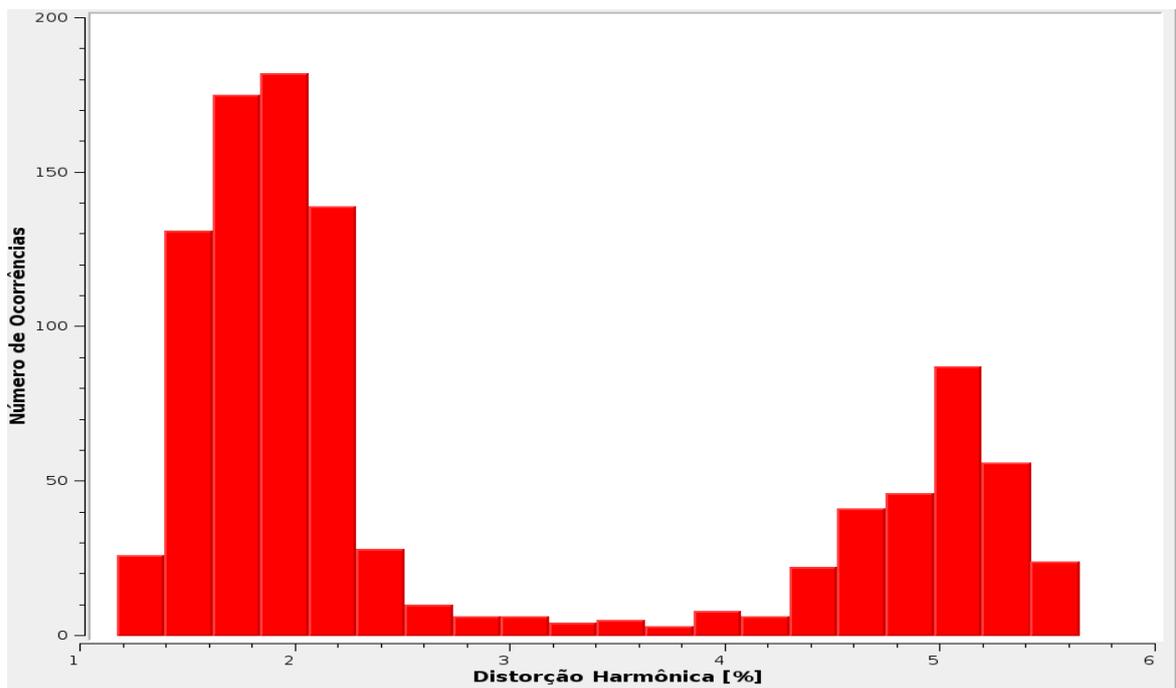


Figura A.10 - DHT fase C.

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, o valor de referência para a distorção harmônica total em instalações com tensão nominal menor do que 1 kV é igual a 10%. Percebe-se das Figuras A.8, A.9 e A.10 que em nenhuma das fases se ultrapassa o valor estabelecido na norma, sendo o maior valor representativo limitado a 6,5%.

## A.9 - FLICKER

Conforme o Módulo 8 do PRODIST o valor do fator de transferência para barramentos com tensão menor que 69 kV é igual a 1. Assim, os limites para os indicadores PstD95% e PltS95%, são apresentados na Tabela A.3.

Tabela A.3 - Valores limites.

| <b>Valor de Referência</b> | <b>PstD95%</b>  | <b>PltS95%</b>      |
|----------------------------|-----------------|---------------------|
| Adequada                   | < 1 p.u.        | < 0,8 p.u.          |
| Precária                   | 1 p.u. - 2 p.u. | 0,8 p.u. - 1,6 p.u. |
| Crítica                    | > 2 p.u.        | >1,6 p.u.           |

onde:

PstD95% corresponde ao valor diário do indicador severidade de curta duração (Pst) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 24 h;

PltS95% corresponde ao valor semanal do indicador severidade de longa duração (Plt) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de sete dias completos e consecutivos.

A Tabela A.4 apresenta os valores do indicador PstD95% detectado pelo medidor. Os valores de PltS95% não serão apresentados devido ao medidor não estar corretamente configurado para esse parâmetro até essa data.

Tabela A.4 - Valores detectados.

| <b>Fase</b> | <b>PstD95%</b> |
|-------------|----------------|
| A           | 0,38           |
| B           | 0,40           |
| C           | 0,47           |

Percebe-se das Tabelas A.3 e A.4 que todos os valores detectados encontram-se dentro da zona estipulada como adequada.

## A.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS

A Figura A.11 apresenta os afundamentos e elevações momentâneos detectados no período analisado.

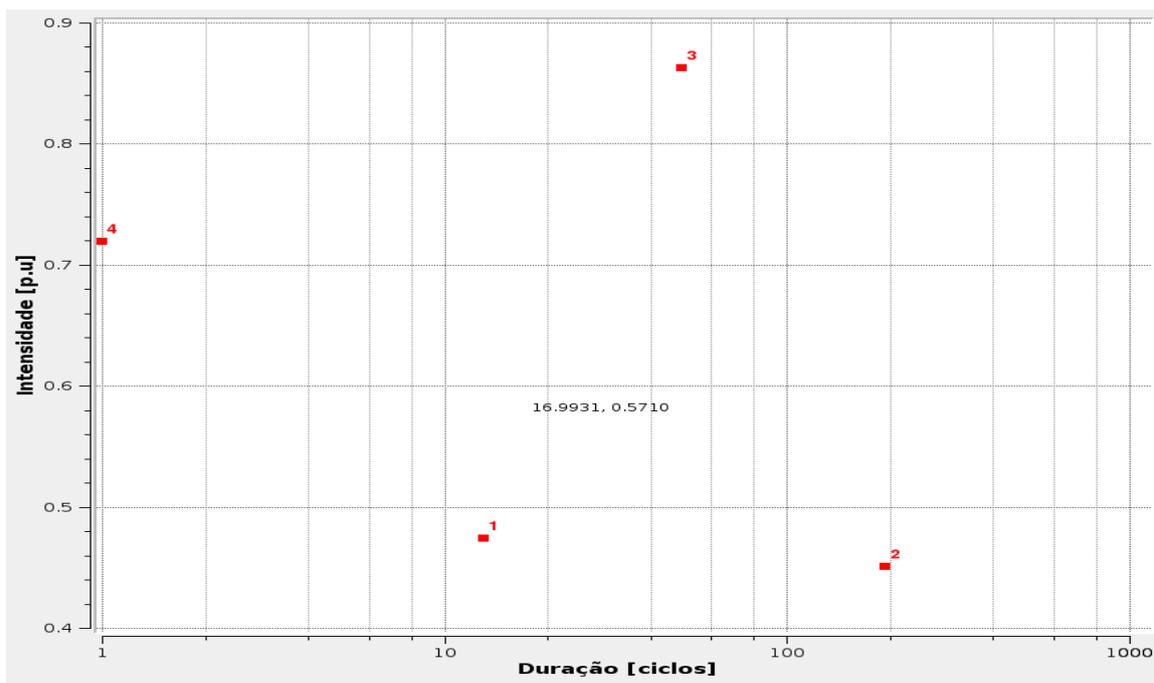


Figura A.11 - Afundamentos e elevações.

A Figura A.11 mostra que há ocorrência de 4 afundamentos e nenhuma ocorrência de elevações. Percebe-se que no afundamento mais severo atingiu-se o valor de aproximadamente 0,45 p.u. com duração de mais de 100 ciclos, enquanto no afundamento mais brando atingiu-se 0,85 p.u. durante 80 ciclos.

Os eventos ocorreram nos dias e horários apresentados na Tabela A.5.

Tabela A.5 - Ocorrência dos afundamentos.

| Número do evento | Data e hora da ocorrência     | Duração |
|------------------|-------------------------------|---------|
| 1                | 13/03/09 - sexta - 15:57:58   | 0,29s   |
| 2                | 13/03/09 - sexta - 16:16:03   | 0,48s   |
| 3                | 13/03/09 - sexta - 16:16:04   | 0,28s   |
| 4                | 16/03/09 - segunda - 14:53:52 | 0,89s   |

A Figura A.12 apresenta a forma de onda do evento 1.

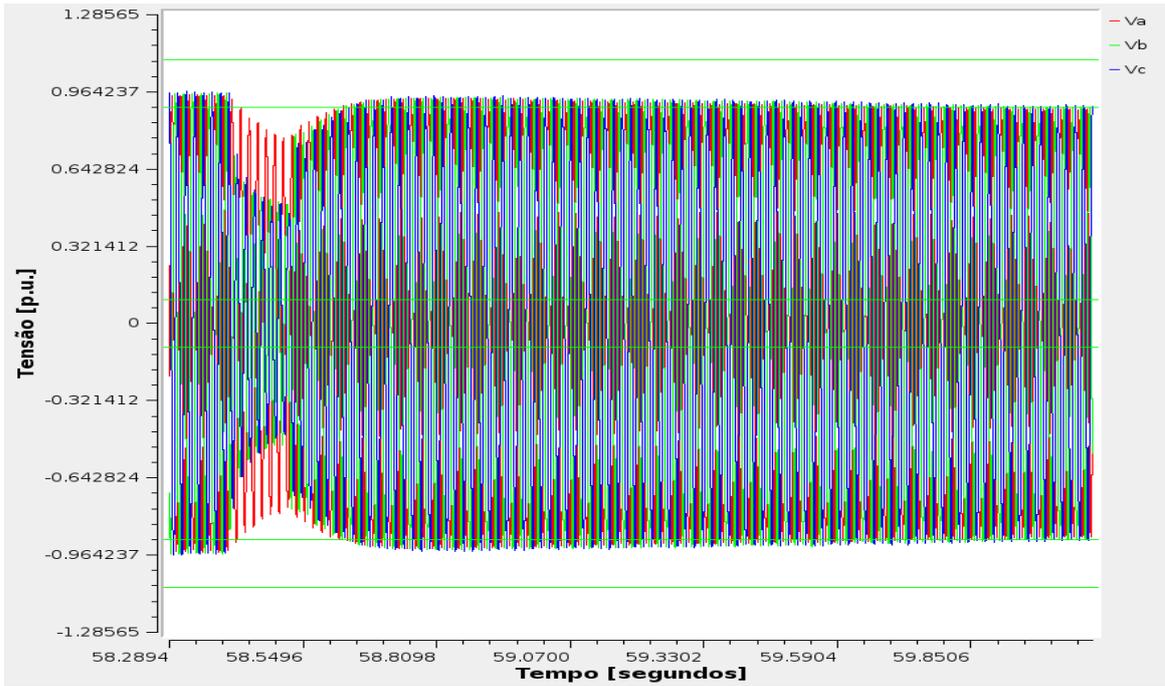


Figura A.12 - Evento 1.

A Figura A.12 elucidada a severidade do evento 1. Percebe-se uma queda abrupta nas três fases, embora as fases B e C tenham sido mais atingidas.

A Figura A.13 apresenta a forma de onda do evento 2.

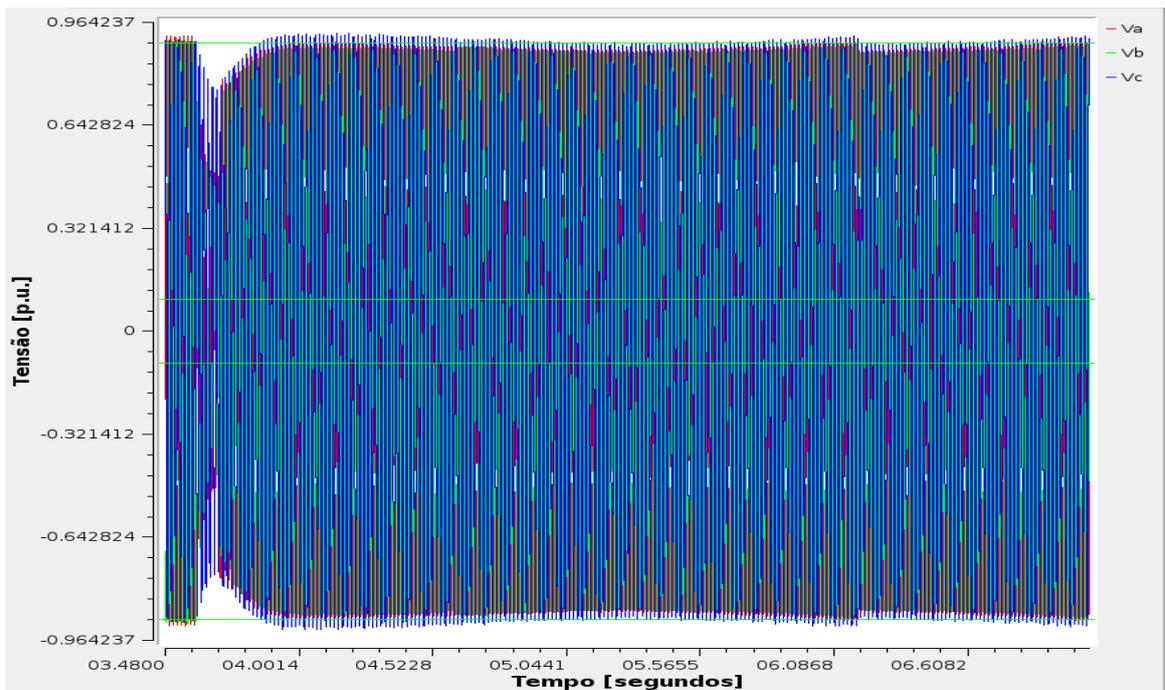


Figura A.13 - Evento 2.

A Figura A.13 mostra que o evento 2 é o mais severo, tanto quanto ao tamanho da queda de tensão quanto à duração da ocorrência. Percebe-se que o evento ocorre em todas as fases. Todavia a fase C apresenta queda inferior às demais, embora no restabelecimento ela sofra elevação a um nível acima do valor nominal.

A Figura A.14 apresenta a forma de onda do evento 3.

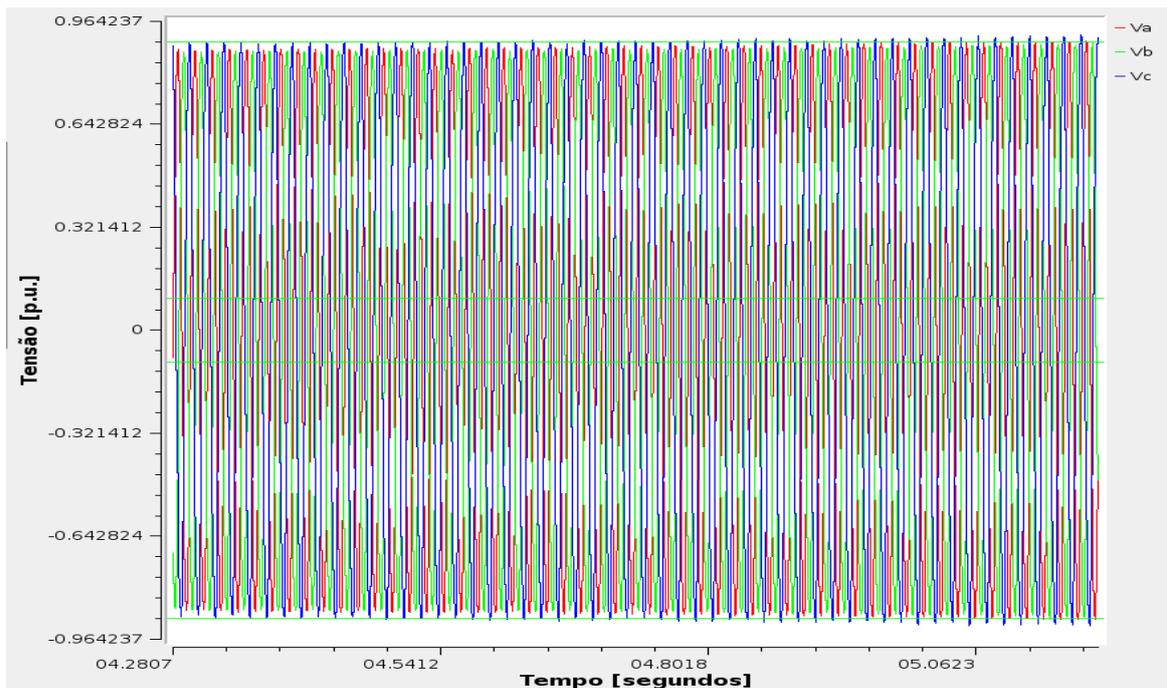


Figura A.14 - Evento 3.

Percebe-se na Figura A.14 que o evento 3 apresenta menor severidade comparado aos primeiros. O afundamento ocorre apenas nas fases A e B e a queda é a menor verificada.

A Figura A.15 apresenta a forma de onda do evento 4.

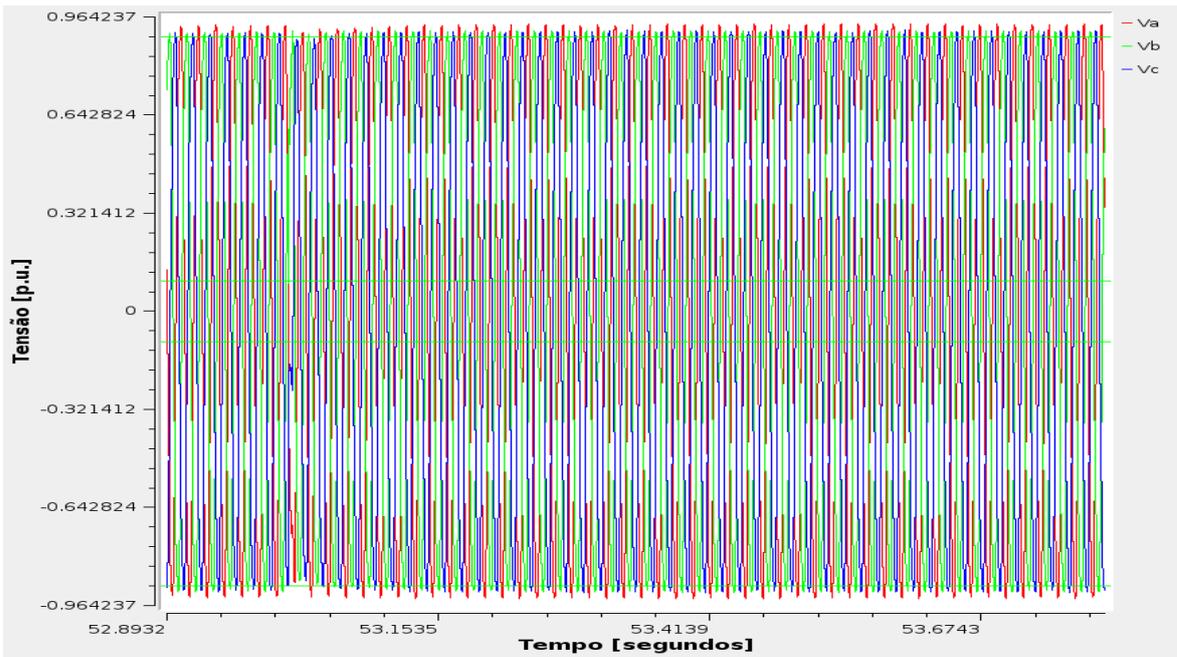


Figura A.15 - Evento 4.

A Figura A.15 mostra que o evento 4 também é menos severo que os 2 primeiros. Todavia, a queda verificada é maior do que no evento 3.

Uma análise da curva ITIC deve ser realizada para verificar se os eventos ocorridos foram suficientes para causar a falha de equipamentos.

A Figura A.16 apresenta a curva ITIC para os eventos detectados.

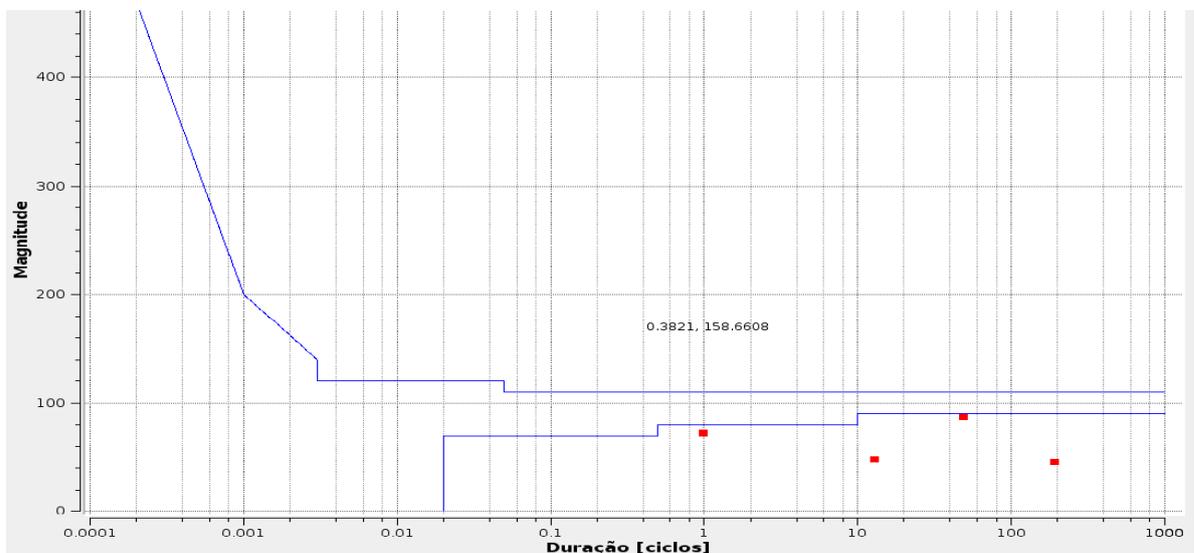


Figura A.16 - Curva ITIC.

A Figura A.16 mostra que todos os eventos situam-se na zona de sensibilidade. Todavia, dois deles são mais severos. Assim, os eventos podem ter ocasionado a parada de equipamentos eletrônicos.

## **A.11 - CONCLUSÃO**

Este apêndice apresentou os resultados da análise da qualidade da energia na Vice-Reitoria da UnB, realizada no período de 10 a 16 de março de 2009.

Nota-se que as tensões em regime permanente estão dentro dos limites definidos pela norma em todas as fases, conforme mostra a Tabela A.2.

Na análise do desequilíbrio de tensão verifica-se que o fator K em nenhum instante atinge o limite estabelecido na norma. Dessa forma, conclui-se que a Vice-Reitoria não tem problemas de desequilíbrio de tensão.

A análise da distorção harmônica permite concluir que os valores estão abaixo do limite especificado pela norma.

O valor do indicador PstD95% está dentro da norma, como mostra a Tabela A.4. Assim, conclui-se que, quanto a esse indicador, a rede da Vice-Reitoria não apresenta problemas de flicker.

A análise de afundamentos e elevações mostra que não há ocorrências de elevações, e que se detectaram 4 afundamentos. As Figuras A.12 a A.15 elucidam a severidade de cada evento. Principalmente os eventos 1 e 2, ocorridos no mesmo dia, apresentam severidade significativa. A análise da curva ITIC mostra que os dois situam-se na zona de sensibilidade, indicando que eles podem ter ocasionado a parada de equipamentos.

Através do presente apêndice pode-se concluir que o principal problema de qualidade da energia na Vice-Reitoria é a ocorrência de afundamentos.

## **B -ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NA FT DA UnB**

### **B.1 - INTRODUÇÃO**

O presente apêndice visa apresentar o resultado da análise da qualidade da energia na Faculdade de Tecnologia da UnB (FT). São discutidos os aspectos relacionados às tensões em regime permanente e aos fenômenos de desequilíbrio de tensão, distorção harmônica, flicker, afundamentos e elevações momentâneas.

### **B.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADOS PARA ANÁLISE**

Local: Faculdade de Tecnologia da UnB (FT)

Medidor: ION 7600

Período Analisado: 2 a 8 de abril de 2009

### **B.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO**

O equipamento de medição foi instalado no lado de baixa do transformador que alimenta o prédio da Faculdade de Tecnologia, assim esta análise engloba os departamentos de engenharia florestal, civil, elétrica, mecânica e a direção da FT. A carga se divide em computadores, impressoras, scanners, aparelhos de ar condicionado, máquina de *Xerox* e iluminação. A tensão nominal é de 380 V entre linhas.

O registro dos dados de tensão foi feito diretamente do barramento do transformador, porém para a avaliação da corrente viu-se necessário a utilização de um transformador de corrente (TC), de razão 1:40, de forma a atender as especificações da topologia adotada na montagem do medidor. Por se tratar de uma operação especial e precisar de pessoas qualificadas para a execução do serviço, foi feita uma solicitação na Prefeitura da UnB, no entanto esse requerimento não havia sido atendido até o momento da confecção desse material. Com isso o estudo dessa localidade fica defasado quanto à caracterização da carga, da potência e de qualquer dado que necessite da análise de corrente desse sistema. Porém, isso não é de extrema relevância dado que em um estudo sobre QEE a avaliação da tensão é mais fundamental.

#### **B.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE**

O medidor ION 7600, da *Power Measurement*, é uma poderosa ferramenta na análise da qualidade da energia elétrica. Instalado em redes ethernet ele possibilita o acesso aos dados colhidos a partir de um servidor localizado remotamente.

Para configuração do padrão de medição é disponibilizado o *software ION Enterprise*. Nele, através do ambiente *Designer*, implementam-se módulos para colherem dados referentes aos fenômenos desejados de acordo com os protocolos mais recomendados.

Embora completo na função de medição, o equipamento em questão não apresenta boa interface para a análise dos resultados. Assim, opta-se por utilizar a ferramenta computacional de análise de distúrbios elaborada pela UnB, em parceria com a ELETRONORTE, no âmbito do Programa de P&D desenvolvido por aquela empresa nos anos de 2006 e 2007.

Este *software* foi desenvolvido para permitir a análise dos dados através de gráficos sem que as informações sejam perdidas com o acúmulo de amostras (GARCIA, 2006). Através dele é facilitada a visualização de curvas e valores.

A ligação entre o medidor e a ferramenta de análise é realizada pelo aplicativo “*Robô*”, que tem a função de acessar o banco de dados, utilizando as rotinas próprias da linguagem *SQL* e disponibilizá-los, em plataforma *LINUX*, para a análise.

Apresenta-se em seguida a análise dos dados obtidos.

#### **B.5 - TENSÕES DE LINHA**

A Figura B.1 apresenta o comportamento das tensões de linha.

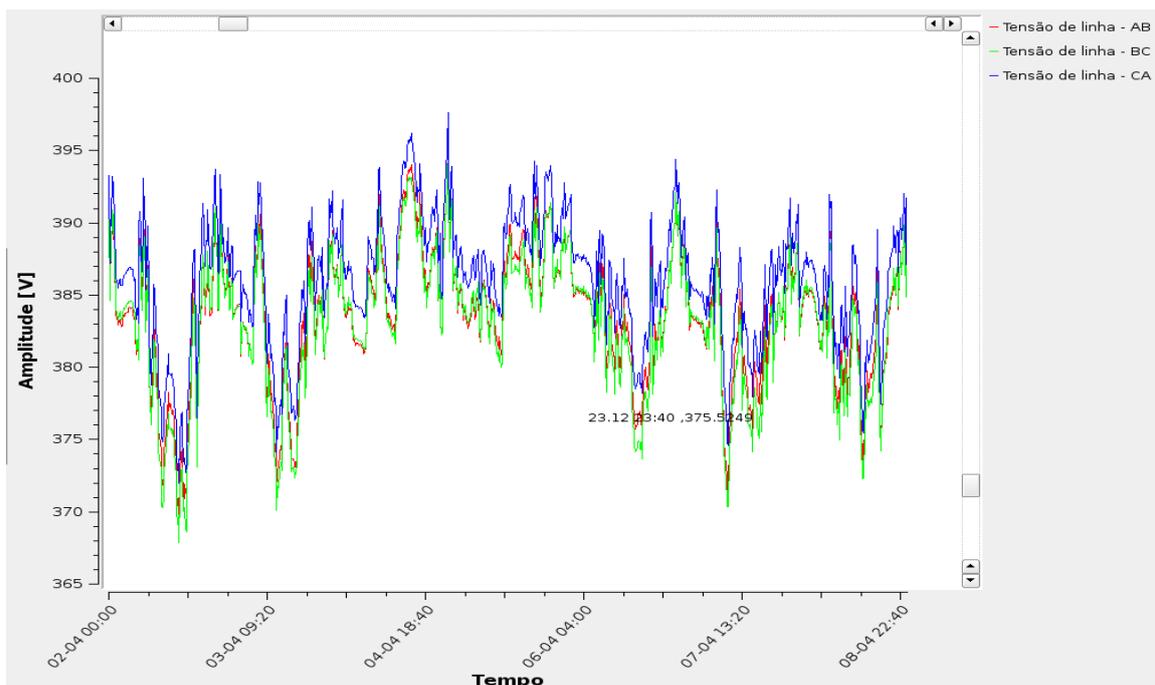


Figura B.1 - Tensões de linha.

Percebe-se da Figura B.1 que as tensões de linha apresentam dois patamares de funcionamento. No início de cada dia elas oscilam em torno de 387 V. A partir das 8 h, passam a oscilar próximo a 380 V, onde permanecem até as 18 h. Pode ser observado que o período dos dias 4 e 5 foge a esse padrão e oscila permanentemente em torno dos 387 V. Tal situação pode ser esclarecida por esses dias se tratarem de um final de semana, onde a maioria dos servidores não trabalha e a carga tende a se manter constante. Com o intuito de tornar mais clara os dados apresentados, segue a Tabela B.1 com alguns valores estatísticos dessas medidas.

Tabela B.1 - Estatística das fases.

|                         | Tensão de linha - AB | Tensão de linha - BC | Tensão de linha - CA |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Máximo</b>           | 395,12               | 395,12               | 397,62               |
| <b>Mínimo</b>           | 369,23               | 367,85               | 371,95               |
| <b>Média Aritmética</b> | 383,49               | 383,03               | 386,03               |
| <b>Média Quadrática</b> | 383,51               | 383,06               | 386,05               |
| <b>Desvio Padrão</b>    | 4,47                 | 4,77                 | 4,34                 |
| <b>P95%</b>             | 390,31               | 390,14               | 392,75               |
| <b>P99%</b>             | 392,51               | 392,03               | 394,57               |

A Tabela B.1 exibe níveis máximos e mínimos de tensão da ordem de 397 V e de 367 V respectivamente, com valores médios próximos de 384 V. Apesar dessa variação tem-se

resultados de desvio padrão de 4,5 e chances de medir tensões por volta de 393 V em 99% do tempo.

## B.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS INDICADORES DRC E DRP

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, a Tabela B.2 apresenta a faixa de variação da tensão em regime permanente para atendimento em padrão inferior ou igual a 1 kV (380/220).

Tabela B.2 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.

| Tensão de Atendimento (TA) | Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Relação à Tensão Nominal (Volts) |
|----------------------------|--|
| Adequada                   | $201 \leq TL \leq 231$   |
| Precária                   | $189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$                                 |
| Crítica                    | $TL < 189$ ou $TL > 233$   |

onde:

TL representa o valor de tensão lido pelo medidor.

A Figura B.2 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_A$  e a Figura B.3 a probabilidade acumulada inversa para essa mesma fase.

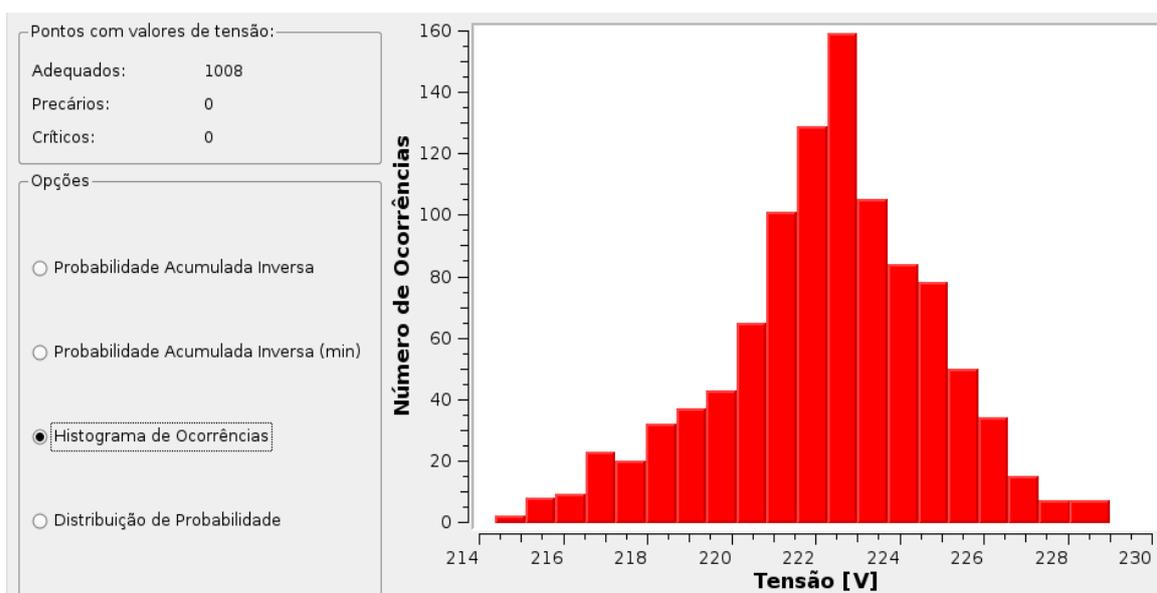


Figura B.2 - Histograma de ocorrências para a fase A.

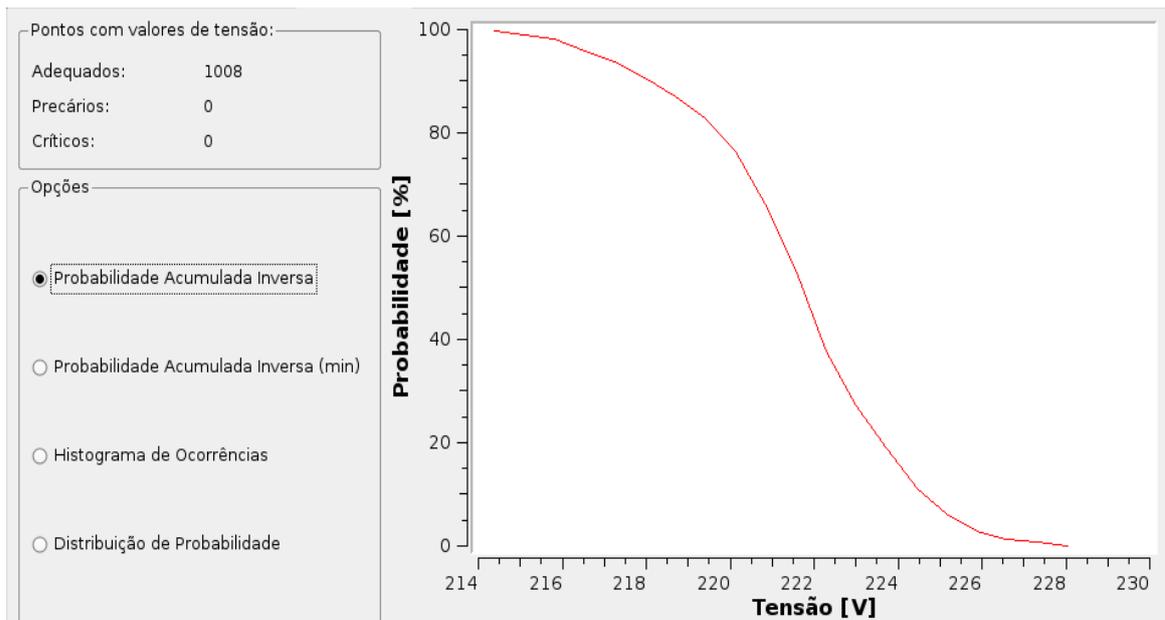


Figura B.3 - Probabilidade acumulada inversa para a fase A.

Percebe-se da Figura B.2 que nenhuma medição foi detectada na zona precária ou crítica, no entanto têm-se altas ocorrências de valores acima de 220 V. A Figura B.3 indica a probabilidade de 80% de se ter tensões superior a esta, o que corresponde a quase 807 medições. Isso pode ser justificado, dado que a medição é feita no transformador e ocorrerão perdas até essa tensão estar disponível para o usuário.

A Figura B.4 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_B$  e a Figura B.5 a probabilidade acumulada inversa para essa mesma fase.

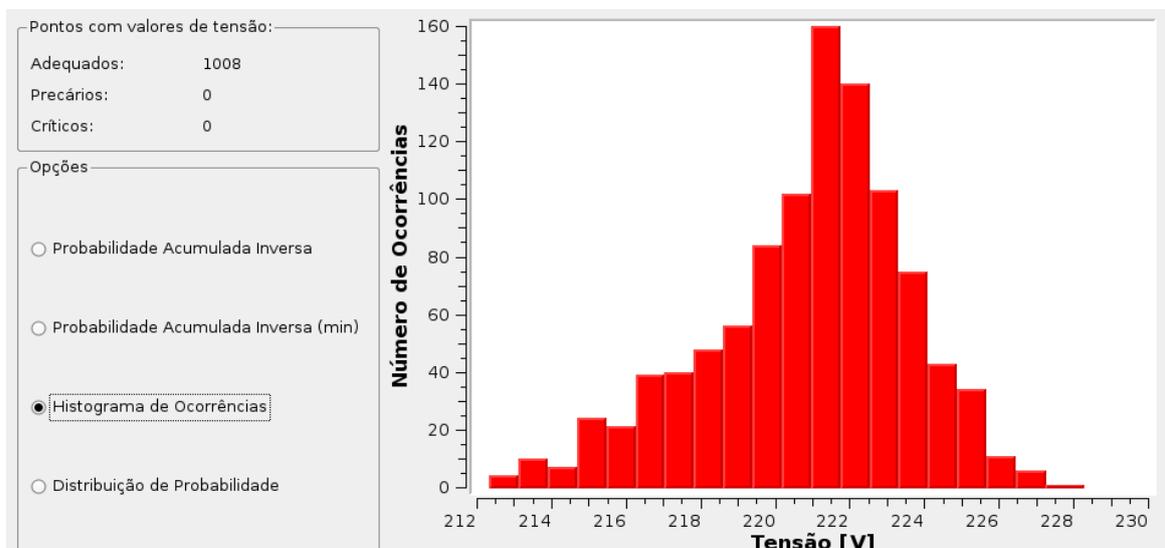


Figura B.4 - Histograma de ocorrências para a fase B.

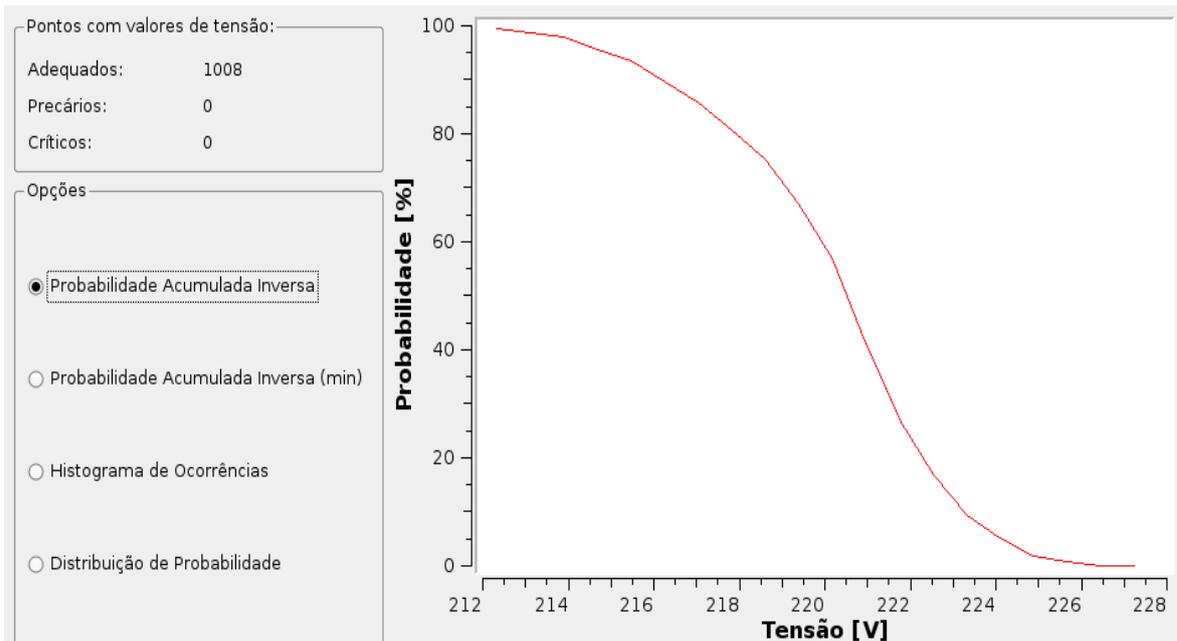


Figura B.5 - Probabilidade acumulada inversa para a fase B.

A Figura B.4 mostra que a tensão  $V_B$  apresenta comportamento similar ao de  $V_A$ . Não se verificam ocorrências na zona precária ou crítica, no entanto temos uma gama de medidas acima de 220 V. Na Figura B.5 se constata a probabilidade de 60% de se ter tensões acima da especificada, o que corresponde a quase 605 medidas.

A Figura B.6 apresenta o histograma de ocorrências para a tensão de fase  $V_C$  e a Figura B.7 a probabilidade acumulada inversa para essa mesma fase.

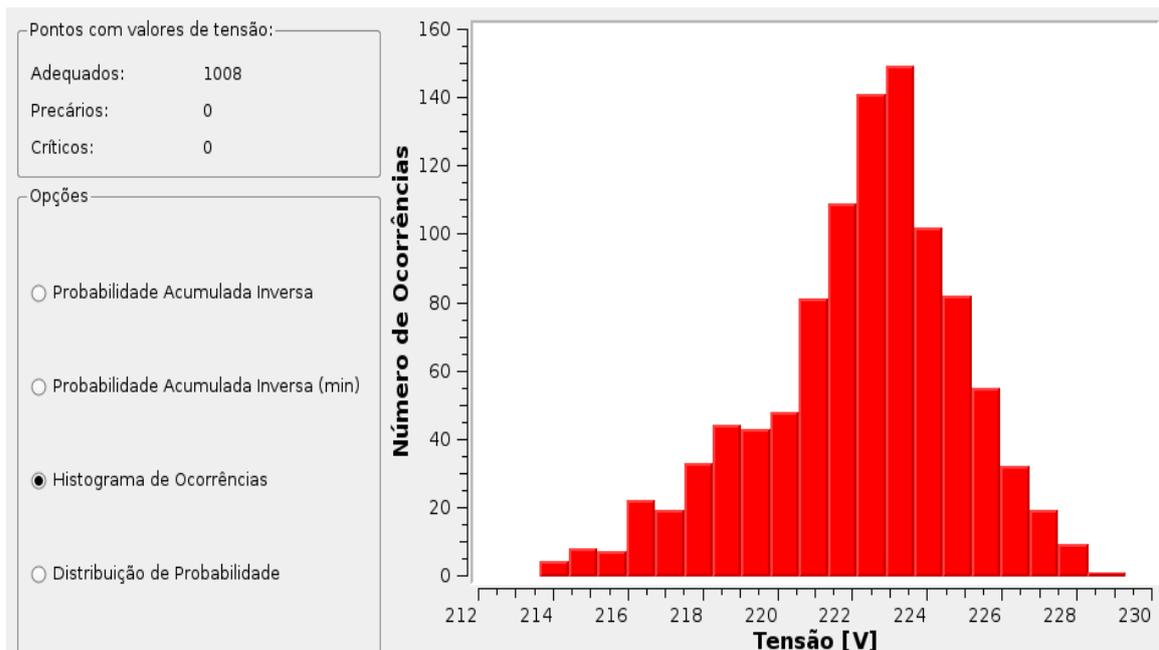


Figura B.6 - Histograma de ocorrências para a fase C.

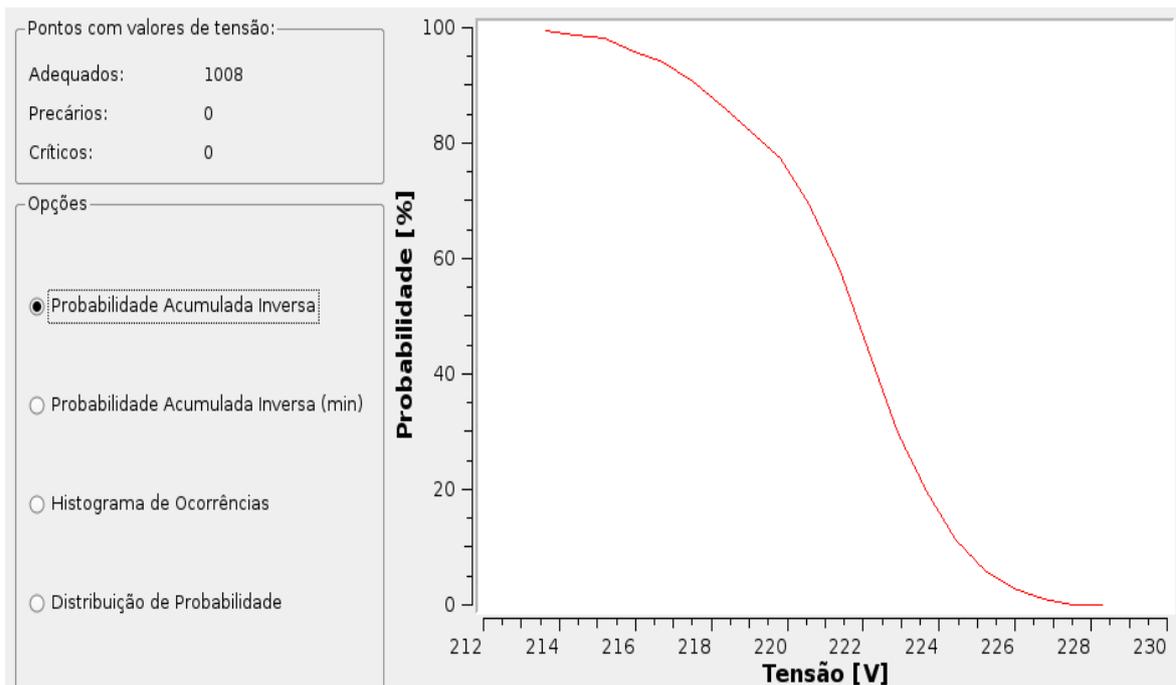


Figura B.7 - Probabilidade acumulada inversa para a fase C.

As Figuras B.6 e B.7 mostram que o comportamento de  $V_C$  é bem próximo ao encontrado em  $V_A$ , logo as mesmas considerações anteriormente feitas podem ser retomadas para a presente fase.

A Tabela B.3 apresenta o cálculo do índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC).

Tabela B.3 - DRC e DRP.

| Fase | Quantidade de Pontos com tensão precária | Quantidade de Pontos com tensão crítica | DRP% | DRC% |
|------|--|---|------|------|
| A    | 0  | 0                                       | 0    | 0    |
| B    | 0  | 0                                       | 0    | 0    |
| C    | 0  | 0                                       | 0    | 0    |

Os limites estabelecidos no PRODIST são de 3% para o DRP e 0,5% para o DRC. A Tabela B.3 mostra que quanto a esses índices as instalações da Faculdade de Tecnologia não transgridem a norma.

## B.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO

Na ferramenta utilizada, a quantificação do desequilíbrio é dada pela obtenção do fator K. A Figura B.8 apresenta o perfil do fator K entre os dias 2 e 8 de abril de 2009.

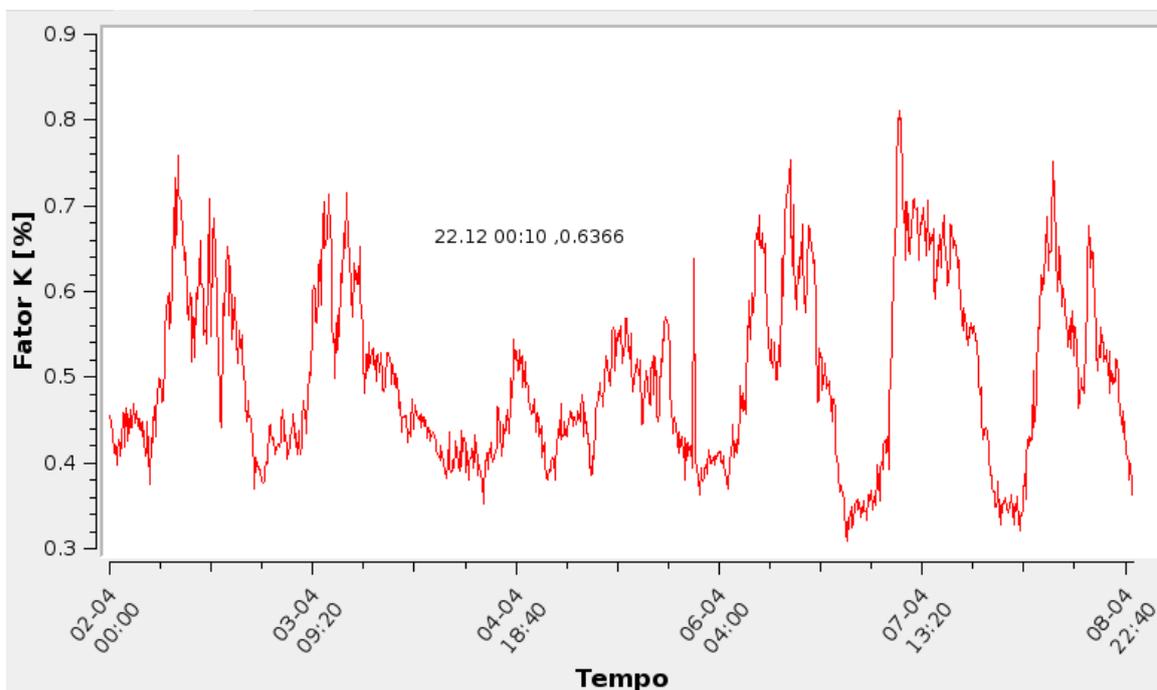


Figura B.8 - Perfil do fator K.

Nota-se da Figura B.8 que o fator K apresenta seus menores valores nos dias 4 e 5 de abril, não ultrapassando o nível de 0,6%. Em 7 de abril ele atinge o valor máximo de 0,81%. Nos outros dias, o fator K inicia-se em torno de 0,4% e eleva-se ao longo do dia para o patamar de 0,7%.

Percebe-se na Figura B.8 que embora haja aumento no patamar de valores do fator K durante o dia, ele não ultrapassa o limite de 2% estabelecido nos procedimentos de rede. Ressalta-se que o PRODIST não faz referência a valores do fator K em redes de baixa tensão.

## B.8 -DISTORÇÃO HARMÔNICA

As Figuras B.9, B.10 e B.11 apresentam o histograma de ocorrências da distorção harmônica total (DHT) das fases A, B e C, respectivamente.

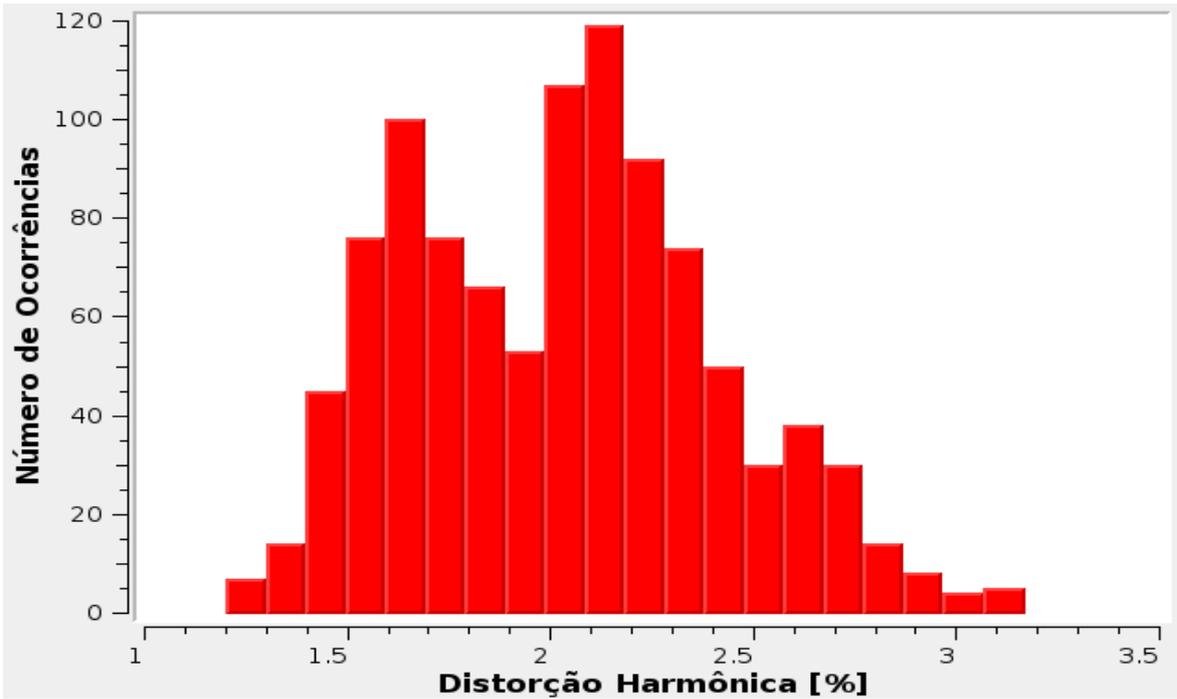


Figura B.9 - DHT fase A.

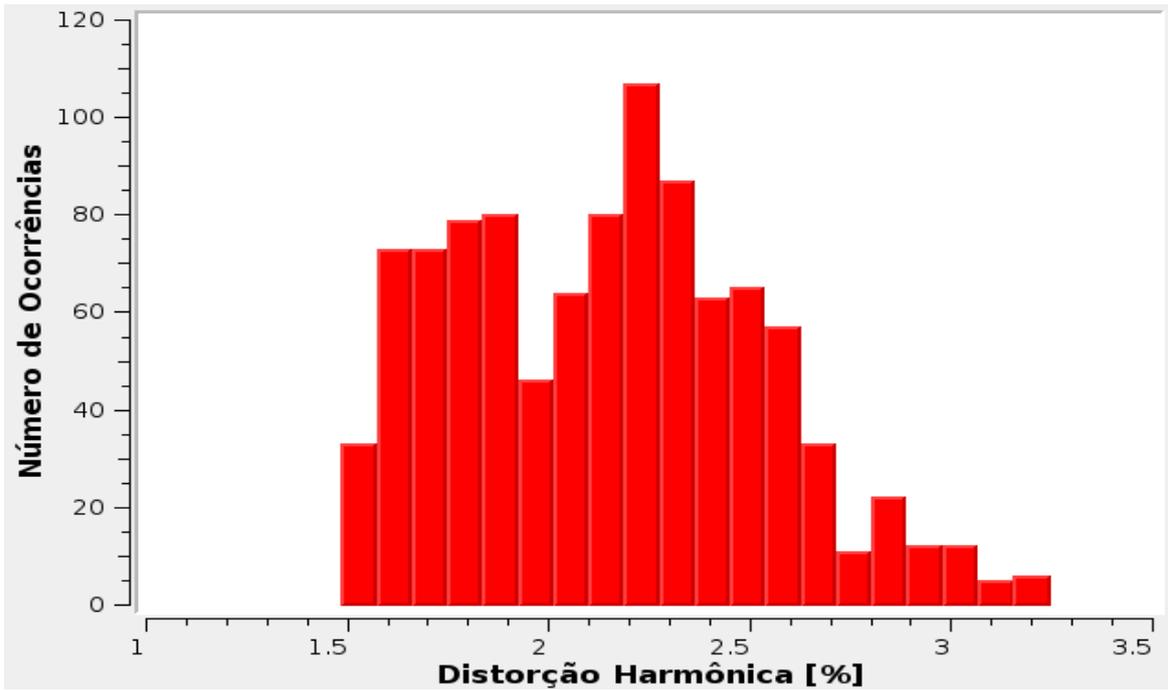


Figura B.10 - DHT fase B.

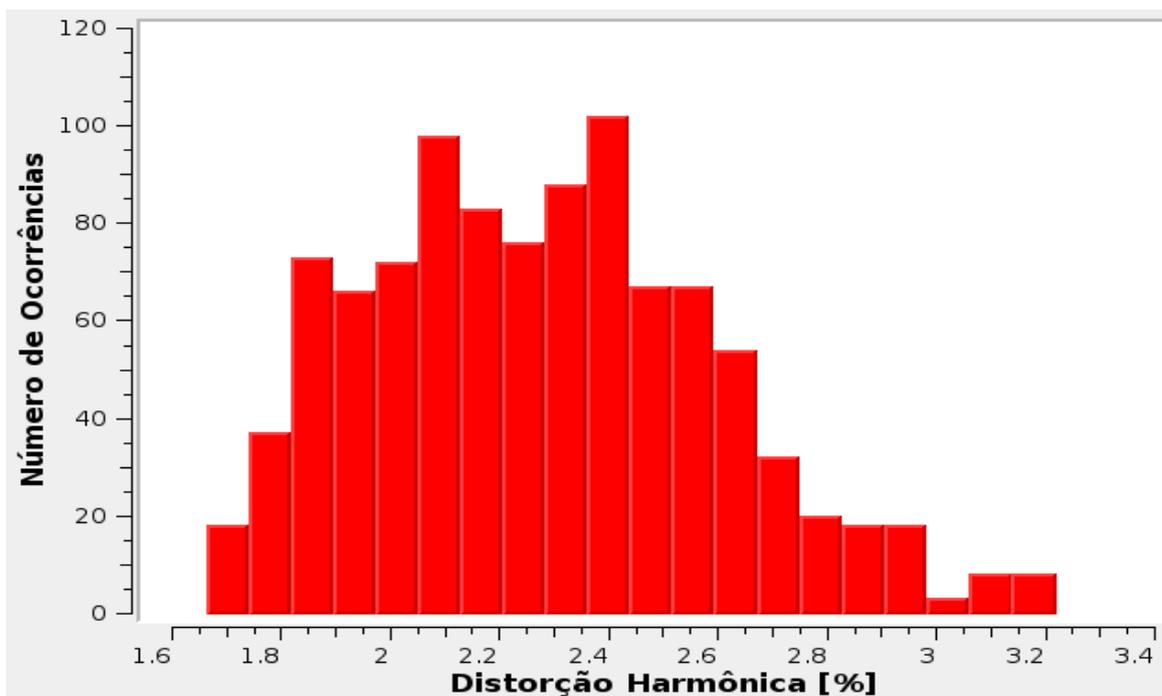


Figura B.11 - DHT fase C.

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, o valor de referência para a distorção harmônica total em instalações com tensão nominal menor do que 1 kV é igual a 10%. Percebe-se das Figuras B.9, B.10 e B.11 que em nenhuma das fases se ultrapassa o valor estabelecido na norma, sendo o maior valor representativo limitado a 3,3%.

### B.9 - FLICKER

Conforme o Módulo 8 do PRODIST o valor do fator de transferência para barramentos com tensão menor que 69 kV é igual a 1. Assim, os limites para os indicadores PstD95% e PltS95%, são apresentados na Tabela B.4.

Tabela B.4 - Valores limites.

| Valor de Referência | PstD95%         | PltS95%             |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| Adequada            | < 1 p.u.        | < 0,8 p.u.          |
| Precária            | 1 p.u. - 2 p.u. | 0,8 p.u. - 1,6 p.u. |
| Crítica             | > 2 p.u.        | >1,6 p.u.           |

onde:

PstD95% corresponde ao valor diário do indicador severidade de curta duração (Pst) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 24 h;

PltS95% corresponde ao valor semanal do indicador severidade de longa duração (Plt) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de sete dias completos e consecutivos.

A Tabela B.5 apresenta os valores dos indicadores PstD95% e PltS95% detectados pelo medidor.

Tabela B.5 - Valores detectados.

| Fase | PstD95% | PltS95% |
|------|---------|---------|
| A    | 0,21    | 0,37    |
| B    | 0,22    | 0,26    |
| C    | 0,22    | 0,20    |

Percebe-se das Tabelas B.4 e B.5 que todos os valores detectados encontram-se dentro da zona estipulada como adequada.

## B.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS

A Figura B.12 apresenta os afundamentos e elevações momentâneos detectados no período analisado.

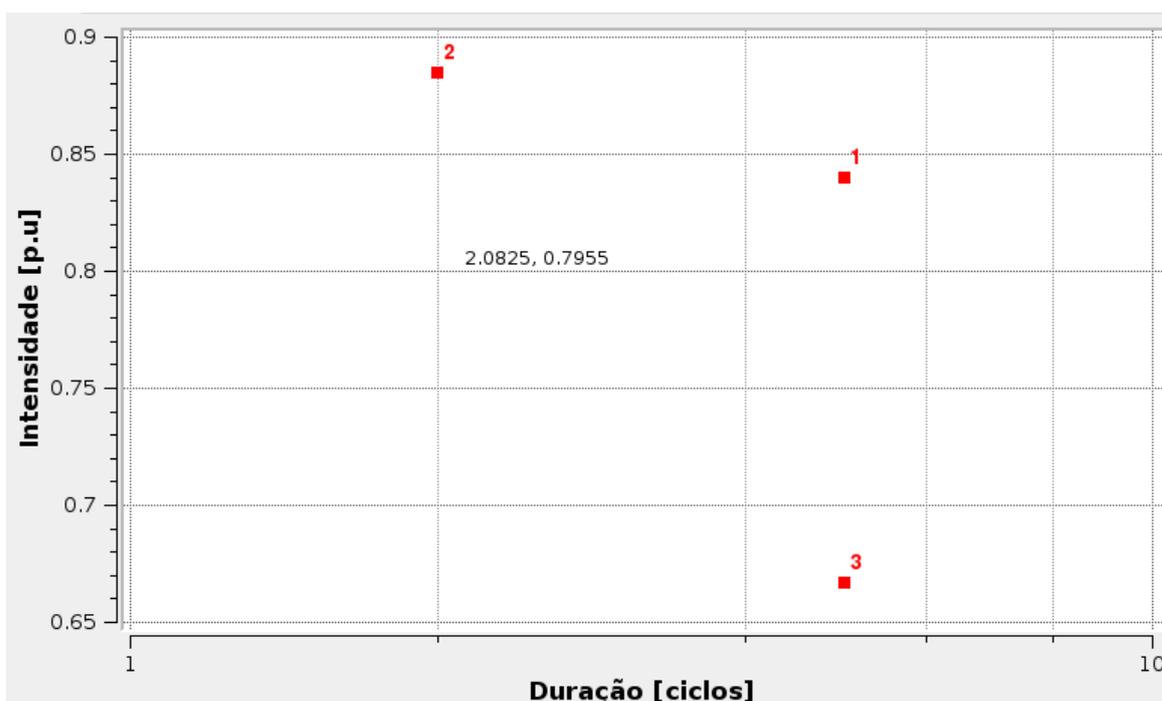


Figura B.12 - Afundamentos e elevações.

A Figura B.12 mostra que há ocorrência de 3 afundamentos e nenhuma ocorrência de elevações. Percebe-se que no afundamento mais severo atingiu-se o valor de aproximadamente 0,67 p.u. com duração de 5 ciclos, enquanto no afundamento mais brando atingiu-se 0,88 p.u. durante 2 ciclos.

Os eventos ocorreram nos dias e horários apresentados na Tabela B.6.

Tabela B.6 - Ocorrência dos afundamentos.

| Número do evento | Data e hora da ocorrência   | Duração |
|------------------|-----------------------------|---------|
| 1                | 03/04/09 -sexta -19:05:33   | 0,08s   |
| 2                | 04/04/09 -sábado -15:27:49  | 0,03s   |
| 3                | 05/04/09 -domingo -23:41:37 | 0,08s   |

A Figura B.13 apresenta a forma de onda do evento 1.

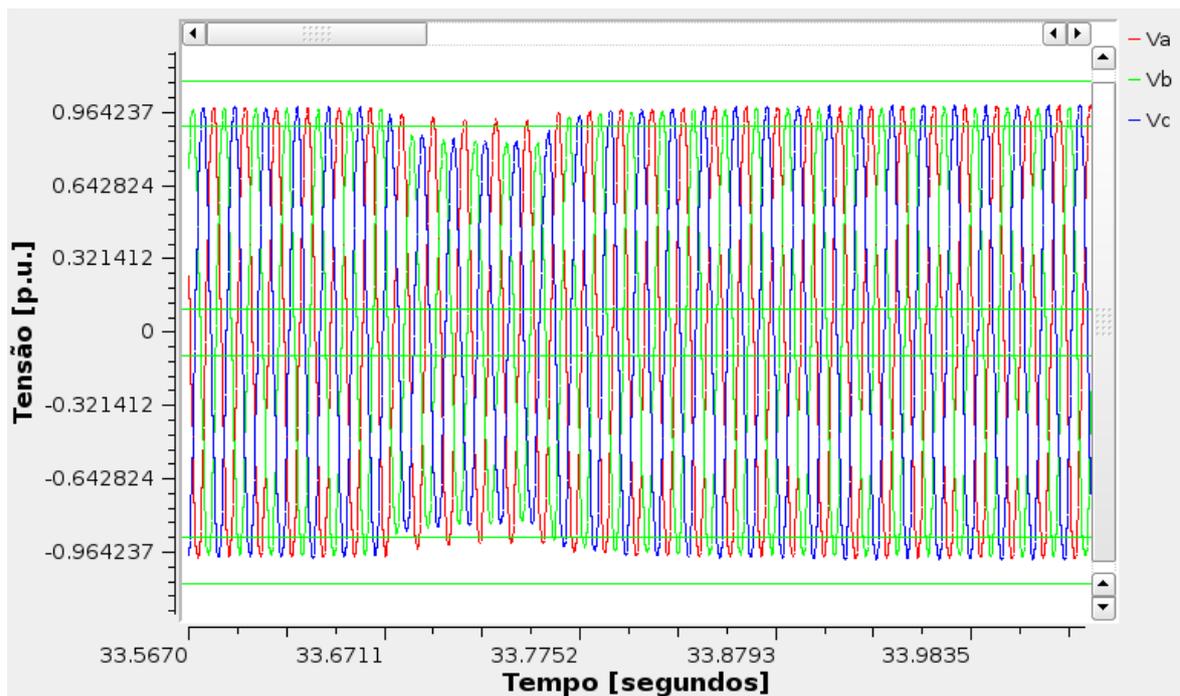


Figura B.13 - Evento 1.

A Figura B.13 ilustra o comportamento da forma de onda, para as três fases, no período de ocorrência do evento 1. Percebe-se que esta ocorrência se inicia pela redução da tensão na fase B, para um valor menor que 0,9 p.u., e permanece nesse estado, acompanhado pela fase C, durante 5 ciclos. Em toda a duração do evento a fase A sofre uma ligeira queda,

contudo não atinge o valor de limiar para se considerar um afundamento. Após esse episódio o sistema volta a operar dentro dos limites de normalidade.

A Figura B.14 apresenta a forma de onda do evento 2.

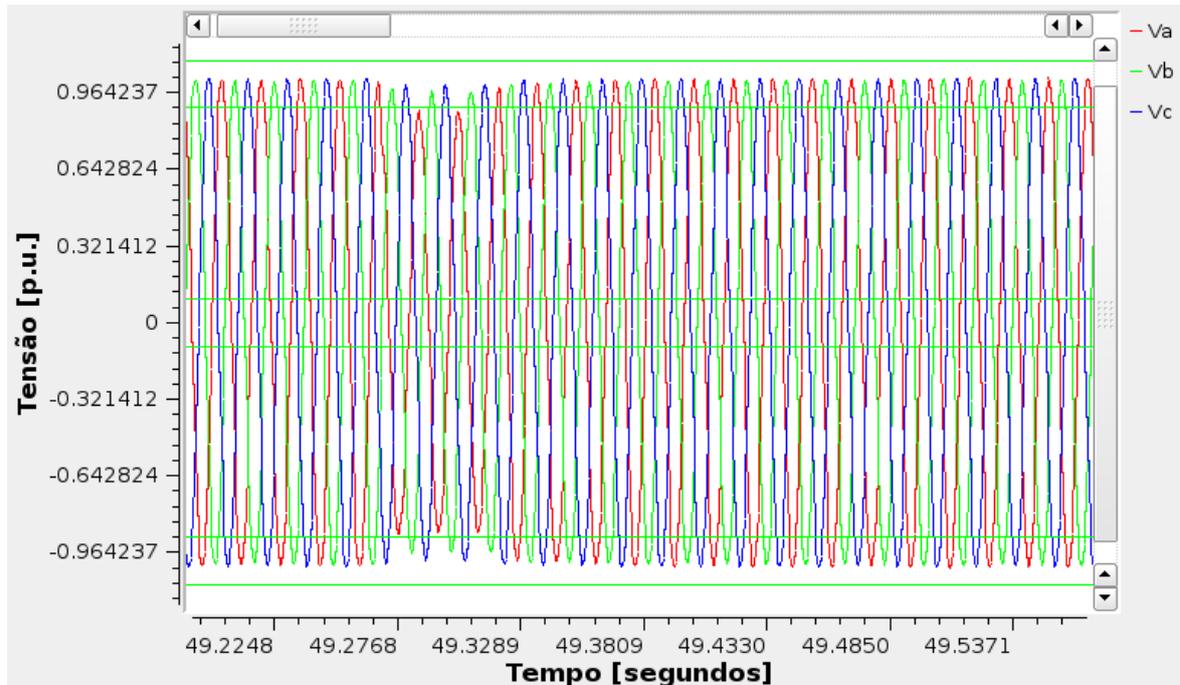


Figura B.14 - Evento 2.

A Figura B.14 mostra que a fase causadora do distúrbio é a fase A, sendo que esta é a única que permanece abaixo do limiar de normalidade por aproximadamente 2,5 ciclos, voltando a operar normalmente após esse período.

A Figura B.15 apresenta a forma de onda do evento 3.

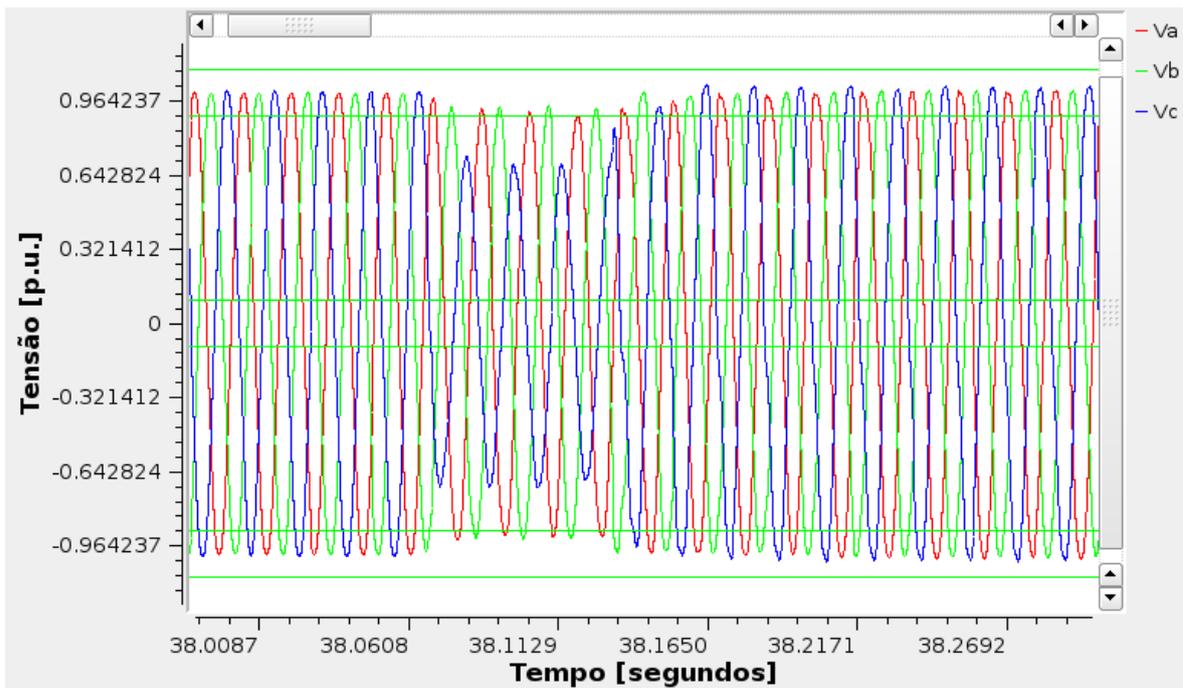


Figura B.15 - Evento 3.

Percebe-se na Figura B.15 que o evento 3 apresenta a maior queda quando comparado aos dois primeiros. É disparado pela redução na tensão da fase C, que permanece nesse estado anormal por aproximadamente 4 ciclos. As outras duas fases têm uma redução na magnitude, porém permanecem dentro dos padrões durante todo o fenômeno.

Uma análise da curva ITIC deve ser realizada para verificar se os eventos ocorridos foram suficientes para causar a falha de equipamentos.

A Figura B.16 apresenta a curva ITIC para os eventos detectados.

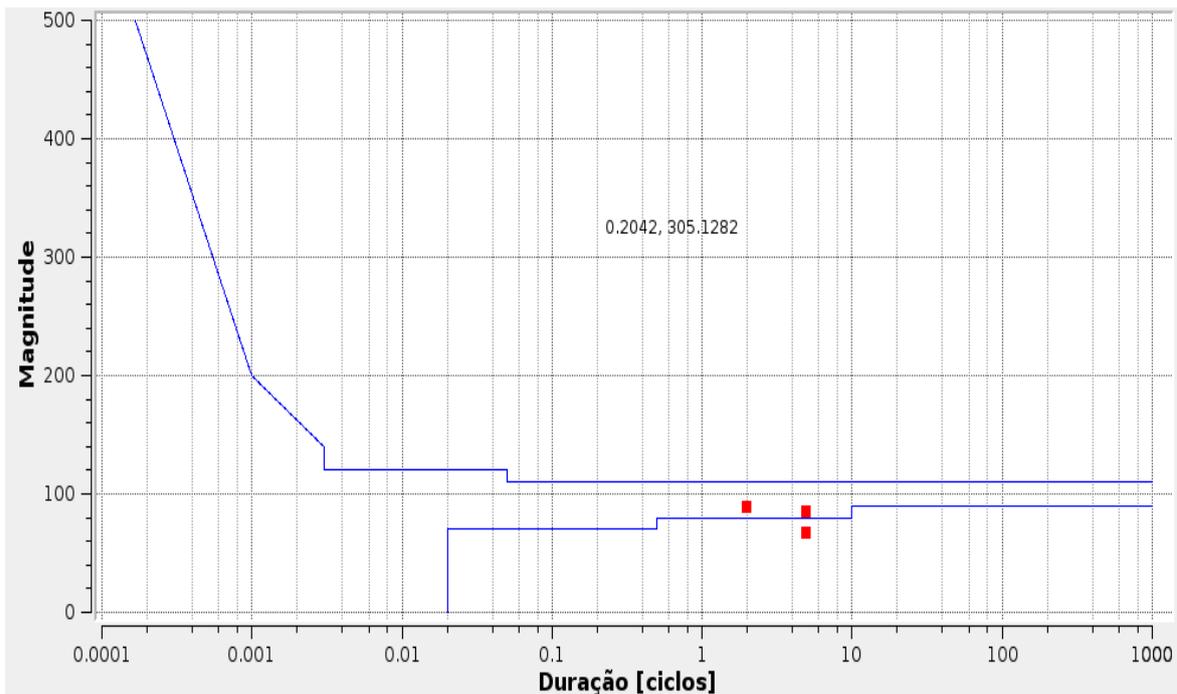


Figura B.16 - Curva ITIC.

A Figura B.16 mostra que dois eventos situam-se na região de imunidade, ou seja, mesmo com essas ocorrências os equipamentos eletrônicos apresentam funcionamento normal e isto não representará problemas para eles.

No entanto, é visto uma ocorrência dentro da denominada região de sensibilidade. Eventos nessa faixa não ocasionam danos permanentes aos equipamentos, porém devido à ocorrência de afundamentos nessa área, pode ocorrer a parada de operação.

## B.11 - CONCLUSÃO

Este apêndice visou apresentar os resultados da análise da qualidade da energia na Faculdade de Tecnologia da UnB, realizada no período de 2 a 8 de abril de 2009.

Nota-se que as tensões em regime permanente estão dentro dos limites definidos pela norma em todas as fases, conforme mostra a Tabela B.3. No entanto, operam na maior parte do tempo com níveis aproximadamente 1% maiores que o especificado.

Na análise do desequilíbrio de tensão verifica-se que o fator K em nenhum instante atinge o limite estabelecido na norma. Dessa forma, conclui-se que a FT não tem problemas de desequilíbrio de tensão.

A análise da distorção harmônica permite concluir que os valores estão abaixo do limite especificado pela norma.

Os valores dos indicadores PstD95% e PltS95% estão dentro da norma, como mostra a Tabela B.5. Assim, conclui-se que a rede da FT também não apresenta problemas de flicker.

A análise de afundamentos e elevações mostra que não há ocorrências de elevações, todavia foi constatada a presença de 3 afundamentos. Um exame na curva ITIC mostrou que dois desses eventos são irrelevantes, porém um estava numa área específica onde poderia ocasionar a parada de operação. Logo esses distúrbios ocorridos durante o período da análise não podem servir de paralelismo para a falha de equipamentos, podendo talvez ter alguma influência na vida útil deles.

Apesar da falta de análise das grandezas que necessitem da corrente para serem produzidas, pode-se concluir que a rede da FT não sofre com distúrbios de qualidade em sua rede, estando todos os parâmetros escolhidos dentro dos limites especificados nas normas adotadas como referência.

## **C - ANÁLISE DA QUALIDADE DA ENERGIA NO CPD DA UnB**

### **C.1 - INTRODUÇÃO**

O presente apêndice visa apresentar o resultado da análise da qualidade da energia no Centro de Processamento de Dados (CPD) da UnB. São discutidos os aspectos relacionados às tensões em regime permanente e aos fenômenos de desequilíbrio de tensão, distorção harmônica, flicker, afundamentos e elevações momentâneas.

### **C.2 - LOCAL E PERÍODO SELECIONADOS PARA ANÁLISE**

Local: Centro de Processamento de Dados (CPD)

Medidor: ION 7600

Período Analisado: 2 a 8 de abril de 2009

### **C.3 - DESCRIÇÃO SUCINTA DO SISTEMA ANALISADO**

O quadro de distribuição onde o equipamento foi instalado alimenta parte do Centro de Promoção e Seleção de Eventos (CESPE), a Direção do Instituto de Ciências Exatas (IED), o Departamento de Matemática, o Departamento de Estatística além do próprio Centro de Processamento de Dados (CPD). A carga se divide em computadores, impressoras, scanners, máquina de *Xerox* e iluminação. O sistema de ar-condicionado é alimentado por outro barramento. A tensão nominal é de 380 V entre linhas.

### **C.4 - MEDIDOR E FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE ANÁLISE**

O medidor ION 7600, da *Power Measurement*, é uma poderosa ferramenta na análise da qualidade da energia elétrica. Instalado em redes ethernet ele possibilita o acesso aos dados colhidos a partir de um servidor localizado remotamente.

Para configuração do padrão de medição é disponibilizado o *software ION Enterprise*. Nele, através do ambiente *Designer*, implementam-se módulos para colherem dados referentes aos fenômenos desejados de acordo com os protocolos mais recomendados.

Embora completo na função de medição, o equipamento em questão não apresenta boa interface para a análise dos resultados. Assim, opta-se por utilizar a ferramenta computacional de análise de distúrbios elaborada pela UnB, em parceria com a ELETRONORTE, no âmbito do Programa de P&D desenvolvido por aquela empresa nos anos de 2006 e 2007.

Este *software* foi desenvolvido para permitir a análise dos dados através de gráficos sem que as informações sejam perdidas com o acúmulo de amostras (Garcia, 2006). Através dele é facilitada a visualização de curvas e valores.

A ligação entre o medidor e a ferramenta de análise é realizada pelo aplicativo “Robô”, que tem a função de acessar o banco de dados, utilizando as rotinas próprias da linguagem *SQL* e disponibilizá-los, em plataforma *LINUX*, para a análise.

Apresenta-se em seguida a análise dos dados obtidos.

## C.5 - TENSÕES DE LINHA

A Figura C.1 apresenta o comportamento das tensões de linha.

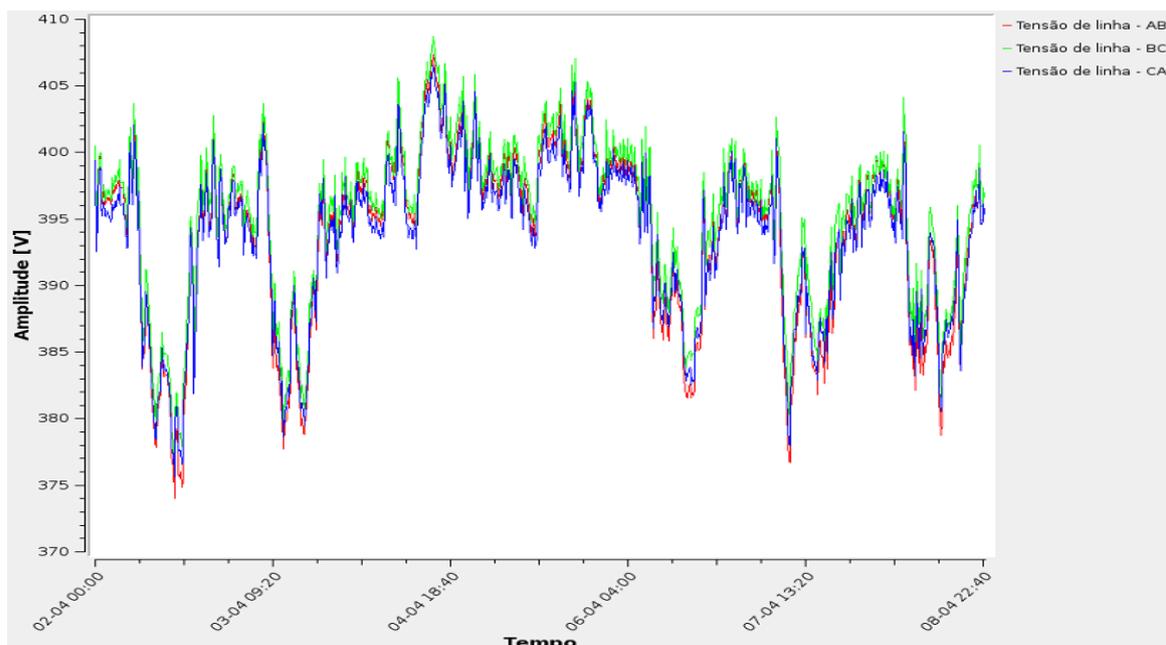


Figura C.1 - Tensões de linha.

Percebe-se da Figura C.1 que durante o final de semana, dias 4 e 5 de abril, as tensões de linha variam em torno de 400 V e em nenhum momento se situam abaixo de 392 V. Nos outros dias as tensões de linha apresentam dois patamares de funcionamento. No início de cada dia elas variam entre 395 V e 400 V. A partir das 8 h, passam a oscilar entre 380 V e 390 V, onde permanecem até as 18 h.

Nos momentos de menor carga na rede, como no final de semana e durante a madrugada, era esperado valores de tensão de linha próximos dos valores nominais de 380 V. Porém, são encontrados valores com 5% a mais do que o esperado, por volta de 400 V. O mau regulamento dos taps pode ser um dos ocasionadores desse fenômeno.

## **C.6 - TENSÕES EM REGIME PERMANENTE E CÁLCULO DOS INDICADORES DRC E DRP**

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, a Tabela C.1 apresenta a faixa de variação da tensão em regime permanente para atendimento em padrão inferior ou igual a 1 kV (380/220).

Tabela C.1 - Faixa de variação da tensão em regime permanente.

| <b>Tensão de Atendimento (TA)</b> | <b>Faixa de Variação da Tensão de Leitura em Relação à Tensão Nominal (Volts)</b> |
|-----------------------------------|---|
| Adequada                          | $201 \leq TL \leq 231$  |
| Precária                          | $189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233$  |
| Crítica                           | $TL < 189$ ou $TL > 233$  |

onde:

TL representa o valor de tensão lido pelo medidor.

A Figura C.2 apresenta o histograma de ocorrências e a Figura C.3 apresenta a probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase  $V_A$ .

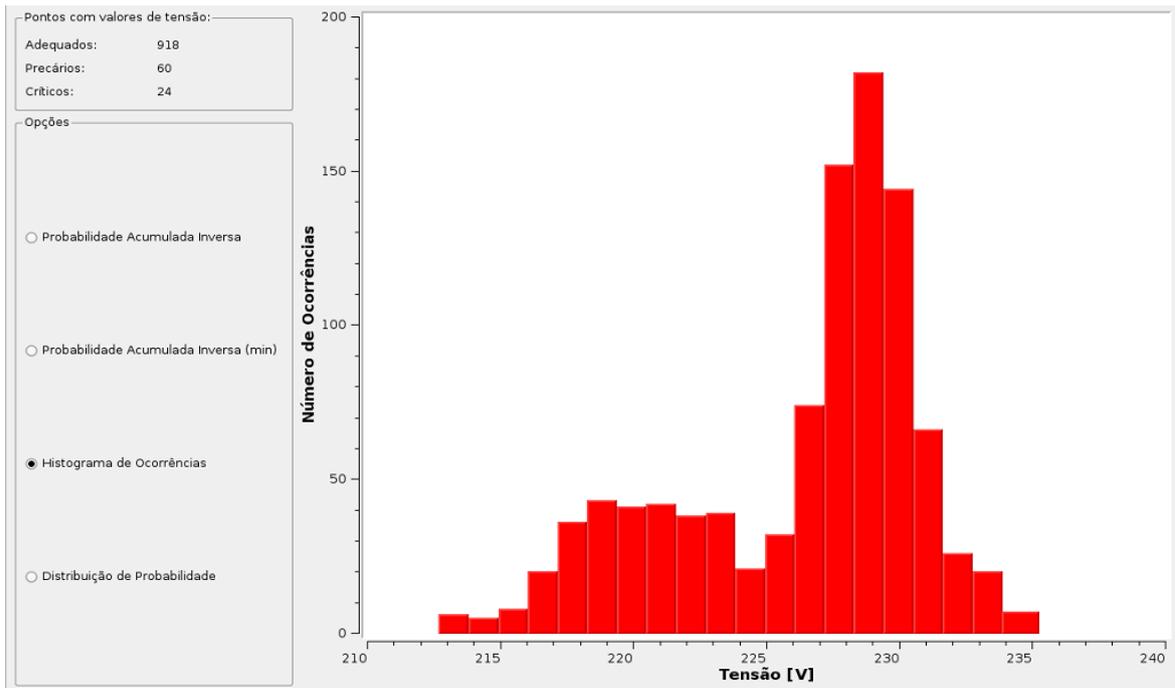


Figura C.2 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase A.

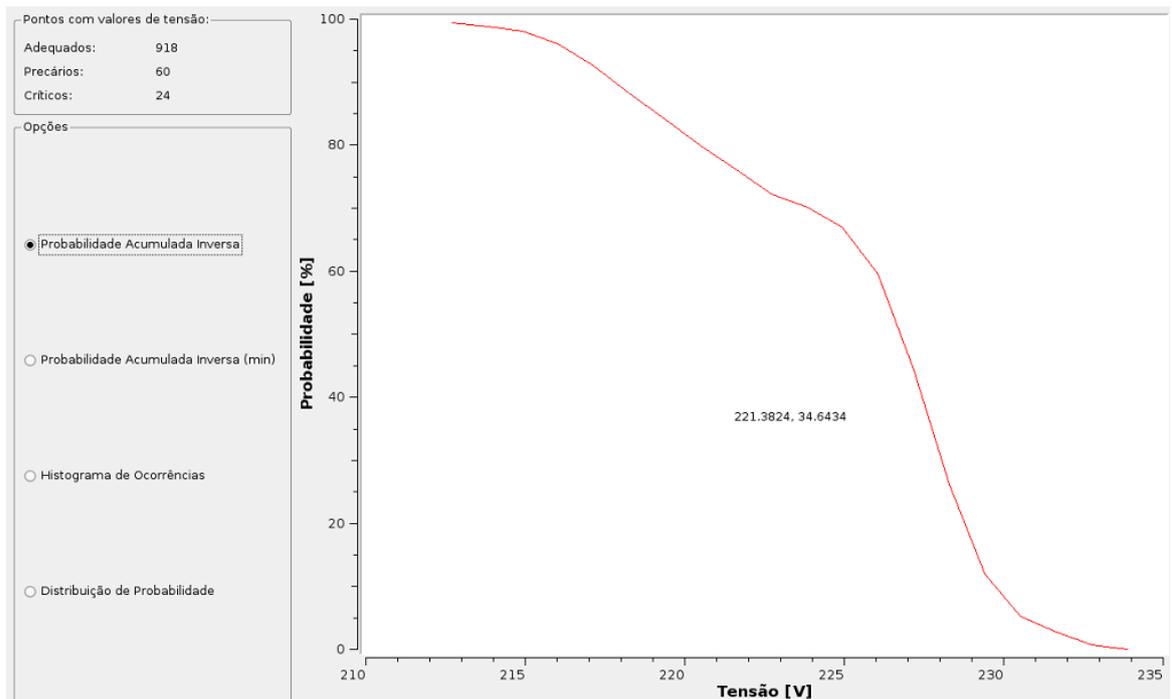


Figura C.3 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase A.

Percebe-se da Figura C.2 que a maior parte dos valores não se situa em torno do valor nominal e sim em torno de 228 V. A Figura C.3 indica a probabilidade de 80% de se ter tensões superiores a 220 V, o que corresponde a quase 807 medições.

Nota-se que há 60 detecções na zona precária e que há 24 detecções na zona crítica.

A Figura C.4 apresenta o histograma de ocorrências e a Figura C.5 apresenta a probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase  $V_B$ .

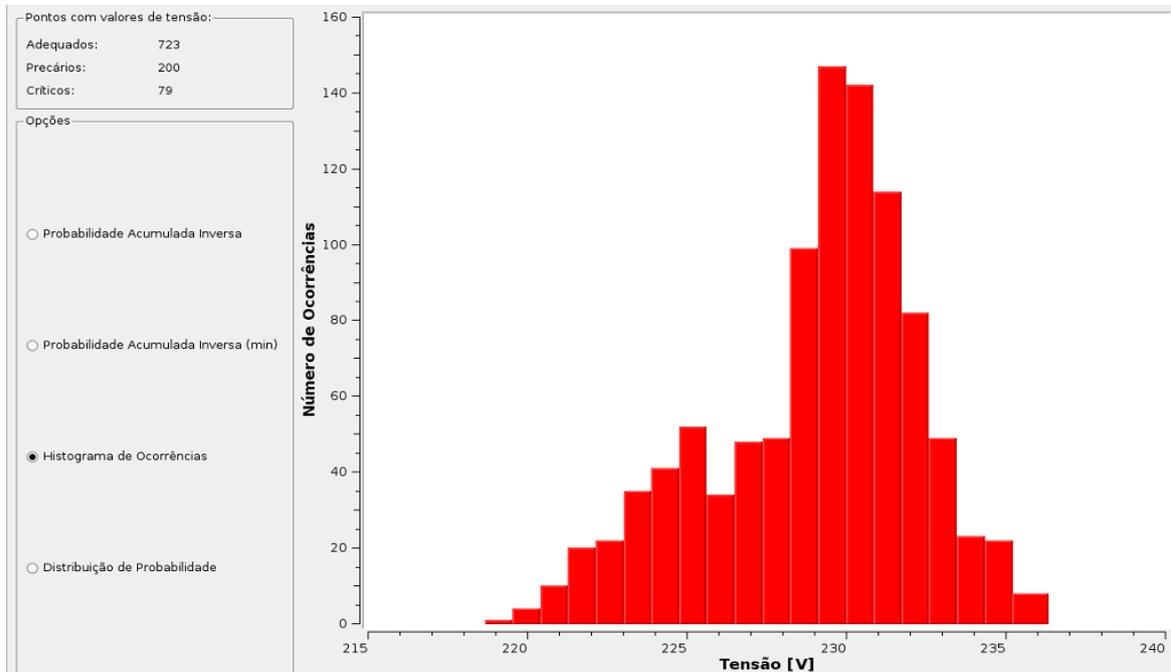


Figura C.4 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase B.

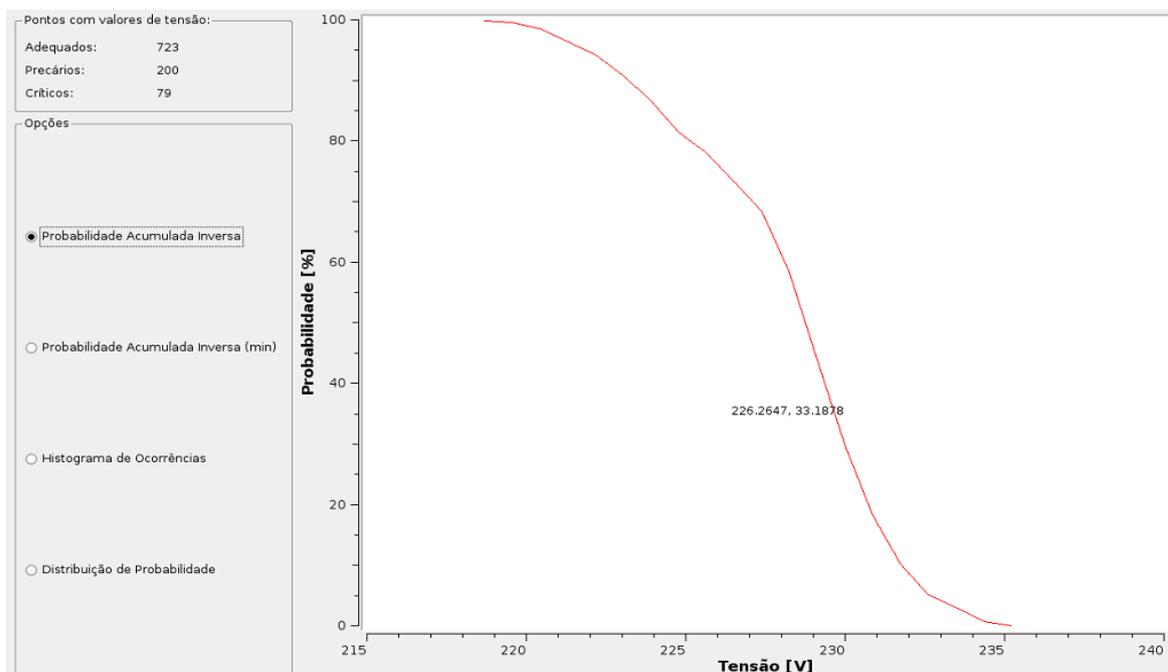


Figura C.5 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase B.

Percebe-se da Figura C.4 que a maior parte dos valores situa-se em torno do valor de 230 V. A Figura C.5 indica que quase toda a totalidade das tensões medidas encontram-se acima do valor nominal de 220 V.

Nota-se que há 200 detecções na zona precária e que há 79 detecções na zona crítica.

A Figura C.6 apresenta o histograma de ocorrências e a Figura C.7 apresenta a probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase  $V_C$ .

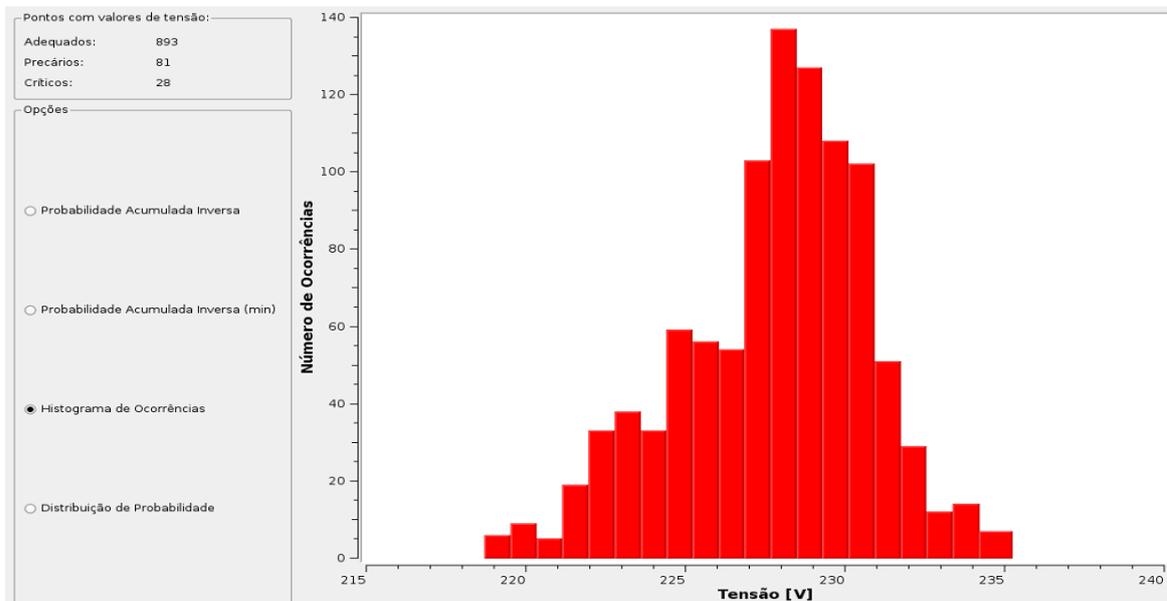


Figura C.6 - Histograma de ocorrências para a tensão de fase C.

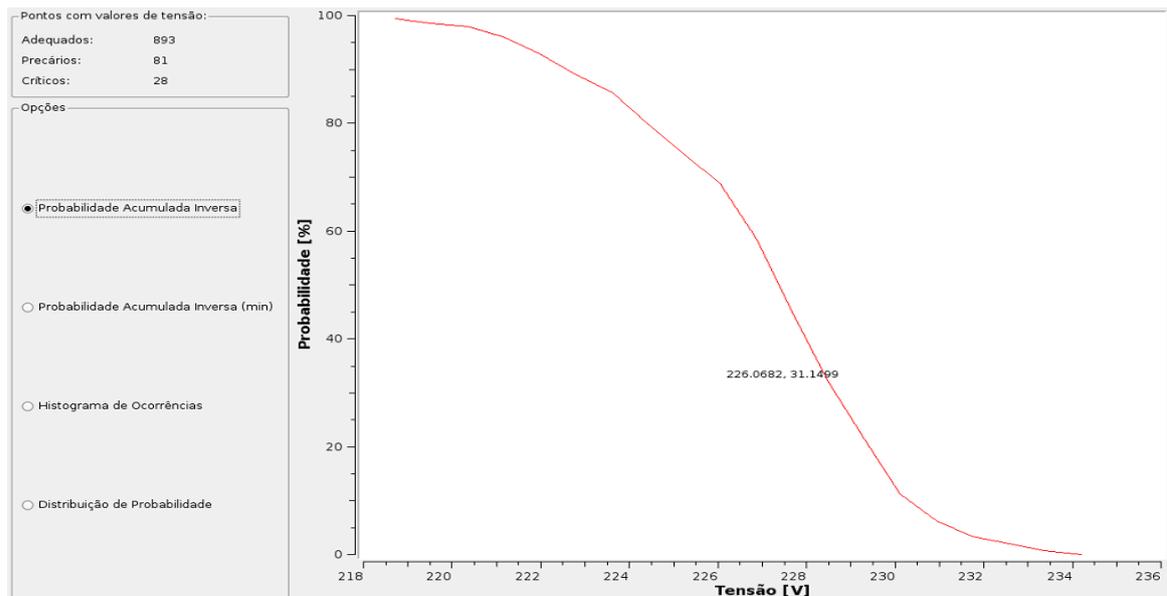


Figura C.7 - Probabilidade acumulada inversa para a tensão de fase C.

Percebe-se da Figura C.6 que a maior parte dos valores não se situa em torno do valor nominal e sim em torno de 228 V. Similar ao que ocorre na fase B, a Figura C.7 indica que quase toda a totalidade das tensões medidas encontram-se acima do valor nominal de 220 V.

Nota-se que há 81 detecções na zona precária e que há 28 detecções na zona crítica.

A Tabela C.2 apresenta o cálculo do índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e para tensão crítica (DRC).

Tabela C.2 - DRC e DRP.

| <b>Fase</b> | <b>Quantidade de Pontos com tensão precária</b> | <b>Quantidade de Pontos com tensão crítica</b> | <b>DRP%</b> | <b>DRC%</b> |
|-------------|---|--|-------------|-------------|
| A           | 60  | 24   | 5,95        | 2,38        |
| B           | 200   | 79   | 19,84       | 7,84        |
| C           | 81  | 28   | 8,04        | 2,78        |

Os limites estabelecidos no PRODIST são de 3% para o DRP e 0,5% para o DRC. A Tabela C.2 mostra que os dois índices para as três fases desrespeitam o limite imposto pela norma. A fase B é a mais crítica sendo quase 7 vezes superiores ao DRP e mais de 15 vezes superiores ao DRC permitidos.

### **C.7 - DESEQUILÍBRIO DE TENSÃO**

Na ferramenta utilizada a quantificação do desequilíbrio é dada pela obtenção do fator K. A Figura C.8 apresenta o perfil do fator K entre os dias 2 e 8 de abril de 2009.

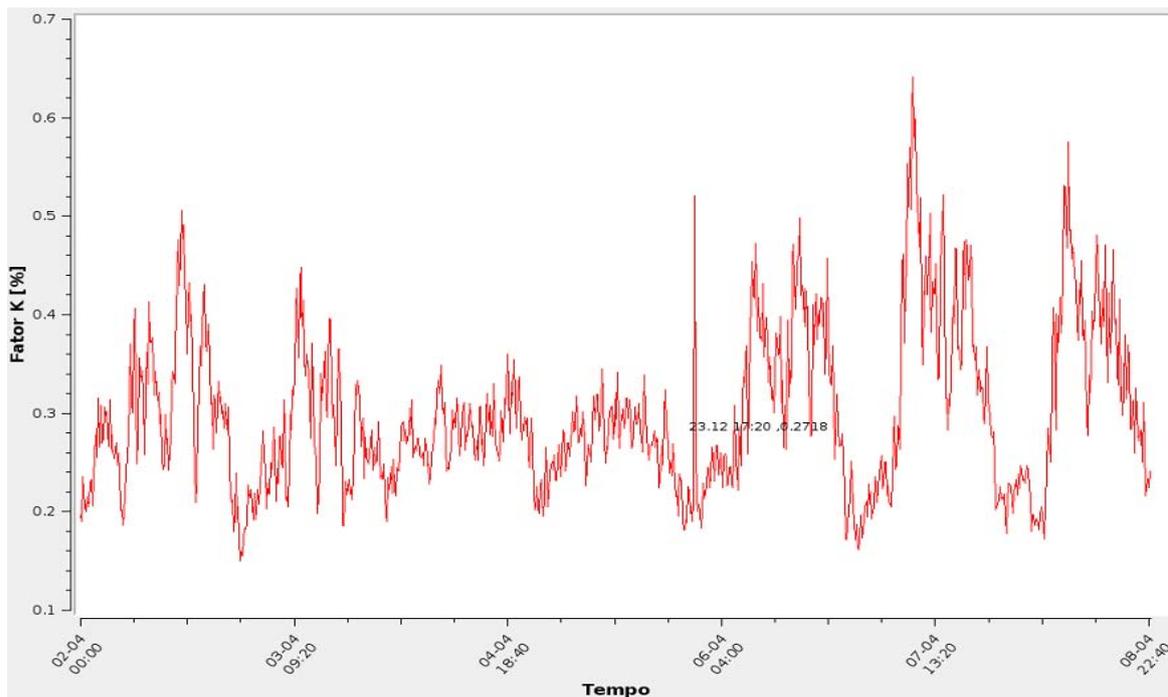


Figura C.8 - Perfil do fator K.

Nota-se da Figura C.8 que o fator K apresenta seus menores valores durante o final de semana, dias 4 e 5 de abril, não ultrapassando o nível de 0,36%. Em 7 de abril ele atinge o valor máximo de 0,64%. Nos outros dias, o fator K inicia-se em torno de 0,2% e eleva-se ao longo do dia para o patamar de 0,35% para os dias anteriores ao final de semana e para 0,4% para os dias subseqüentes ao final de semana. Verifica-se que na madrugada do dia 6 de abril ocorre um pico de mais de 0,5% no fator K, algo anormal para o horário.

Percebe-se na Figura C.8 que embora haja aumento no patamar de valores do fator K durante o dia, ele não ultrapassa o limite de 2% estabelecido nos procedimentos de rede. Ressalta-se que o PRODIST não faz referência a valores do fator K em redes de baixa tensão.

## C.8 - DISTORÇÃO HARMÔNICA

As Figuras C.9, C.10 e C.11 apresentam o histograma de ocorrências da distorção harmônica total das fases A, B e C, respectivamente.

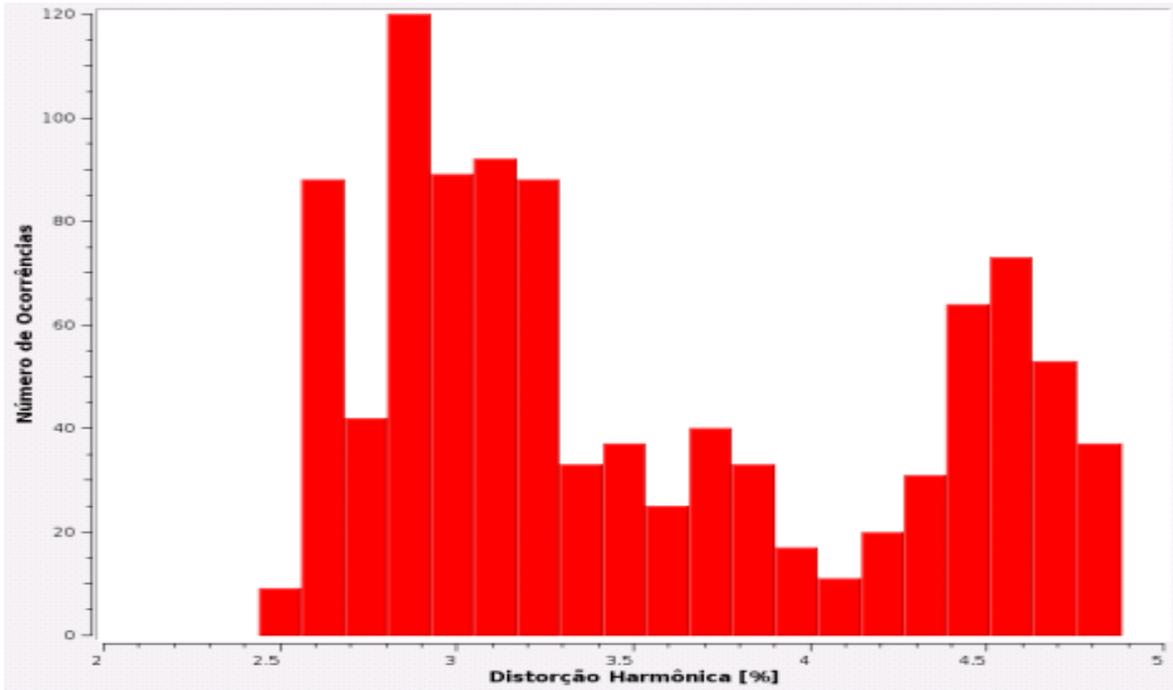


Figura C.96 - DHT fase A.

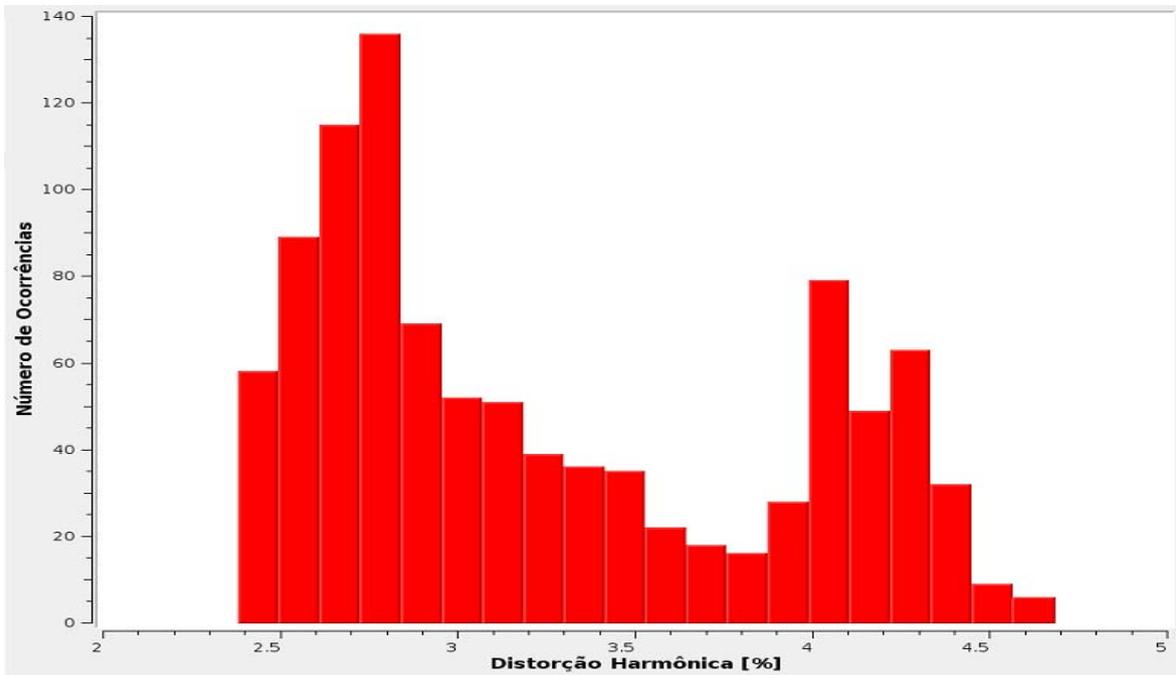


Figura C.70 - DHT fase B.

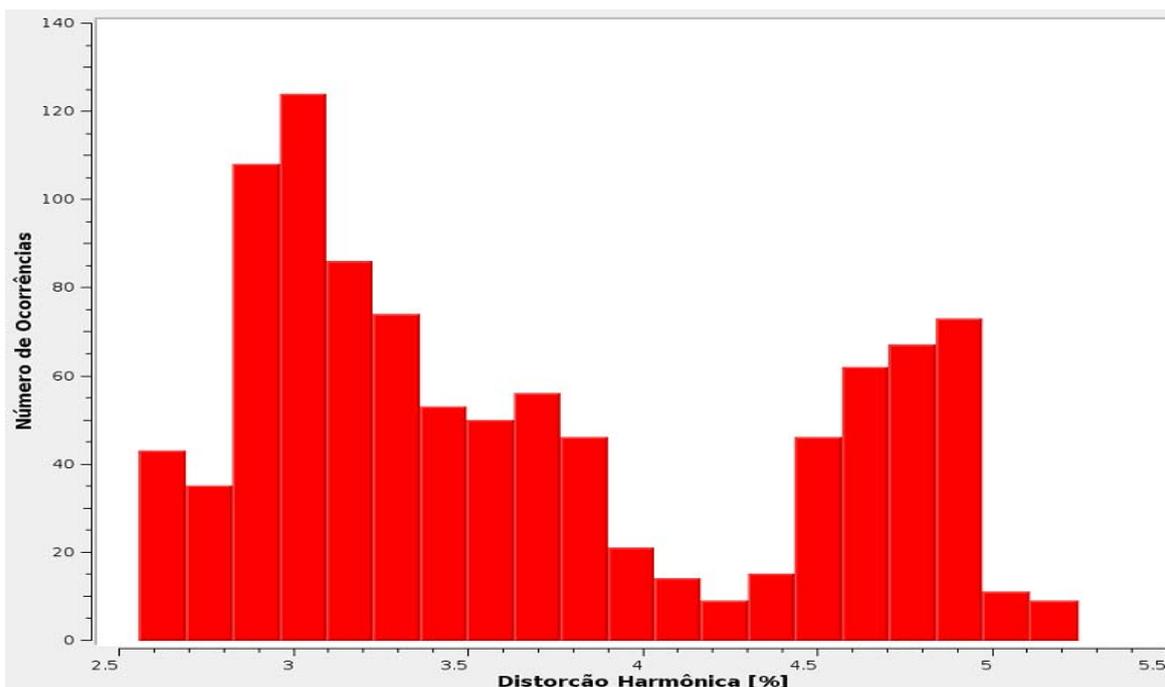


Figura C.81 - DHT fase C.

Conforme o Módulo 8 do PRODIST, o valor de referência para a distorção harmônica total em instalações com tensão nominal menor do que 1 kV é igual a 10%. Percebe-se das Figuras C.9, C.10 e C.11 que em nenhuma das fases se ultrapassa o valor estabelecido na norma, sendo o maior valor representativo limitado a 5,25%.

### C.9 - FLICKER

Conforme o Módulo 8 do PRODIST o valor do fator de transferência para barramentos com tensão menor que 69 kV é igual a 1. Assim, os limites para os indicadores PstD95% e PltS95%, são apresentados na Tabela C.3.

Tabela C.3 - Valores limites.

| Valor de Referência | PstD95%         | PltS95%             |
|---------------------|-----------------|---------------------|
| Adequada            | < 1 p.u.        | < 0,8 p.u.          |
| Precária            | 1 p.u. - 2 p.u. | 0,8 p.u. - 1,6 p.u. |
| Crítica             | > 2 p.u.        | >1,6 p.u.           |

onde:

PstD95% corresponde ao valor diário do indicador severidade de curta duração (Pst) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de 24 h;

PltS95% corresponde ao valor semanal do indicador severidade de longa duração (Plt) que foi superado em apenas 5% dos registros obtidos no período de sete dias completos e consecutivos.

A Tabela C.4 apresenta os valores dos indicadores PstD95% e PltS95% detectados pelo medidor.

Tabela C.4 - Valores detectados.

| Fase | PstD95% | PltS95% |
|------|---------|---------|
| A    | 0,72    | 0,68    |
| B    | 0,77    | 0,72    |
| C    | 1,05    | 1,01    |

Percebe-se das Tabelas C.3 e C.4 que todos os valores detectados encontram-se dentro da zona estipulada como adequada.

### C.10 - AFUNDAMENTOS E ELEVAÇÕES MOMENTÂNEOS

A Figura C.12 apresenta os afundamentos e elevações momentâneos detectados no período analisado.

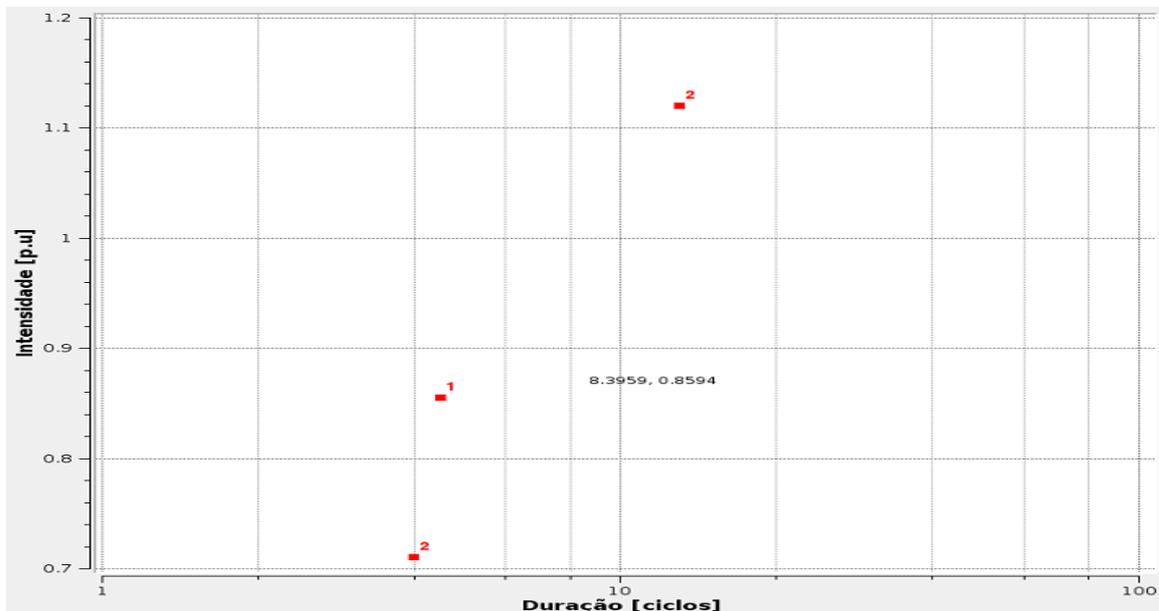


Figura C.12 - Afundamentos e elevações.

A Figura C.12 mostra que há ocorrência de 2 afundamentos e 1 ocorrência de elevação. O evento 2 refere-se a um afundamento seguido de uma elevação. Percebe-se que no afundamento mais severo atingiu-se o valor de aproximadamente 0,71 p.u. com duração de 4 ciclos, enquanto no afundamento mais brando atingiu-se 0,85 p.u. durante 4 ciclos e meio. A elevação encontrada teve intensidade de 1,12 p.u. com duração de 13 ciclos.

Os eventos ocorreram nos dias e horários apresentados nas Tabelas C.5 e C.6.

Tabela C.5 - Ocorrência dos afundamentos.

| Número do evento | Data e hora da ocorrência     | Duração |
|------------------|-------------------------------|---------|
| 1                | 03/04/09 - sexta - 19:05:26   | 0,075s  |
| 2                | 06/04/09 - segunda - 00:41:27 | 0,07s   |

Tabela C.6 - Ocorrência das elevações.

| Número do evento | Data e hora da ocorrência     | Duração |
|------------------|-------------------------------|---------|
| 2                | 06/04/09 - segunda - 00:41:27 | 0,22s   |

A Figura C.13 apresenta a forma de onda do evento 1.

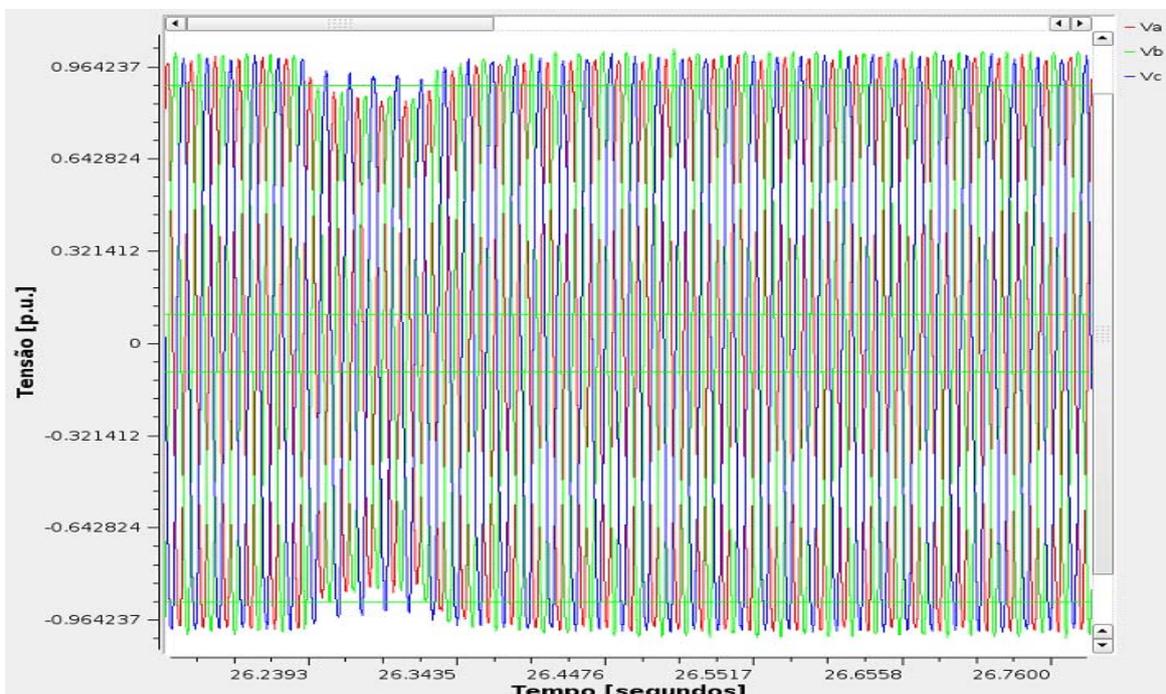


Figura C.93 - Evento 1.

Percebe-se da Figura C.13 que esta ocorrência se inicia pela redução da tensão na fase A, para um valor um pouco acima de 0,9 p.u.. Em seguida tanto a fase B quanto a fase A sofrem reduções para patamares em torno de 0,86 p.u. e permanecem nesse estado por mais de 4 ciclos. Em toda a duração do evento a fase C sofre uma ligeira queda, contudo não atinge o valor de limiar para se considerar um afundamento. Após esse episódio o sistema volta a operar dentro dos limites de normalidade.

A Figura C.14 apresenta a forma de onda do evento 2.

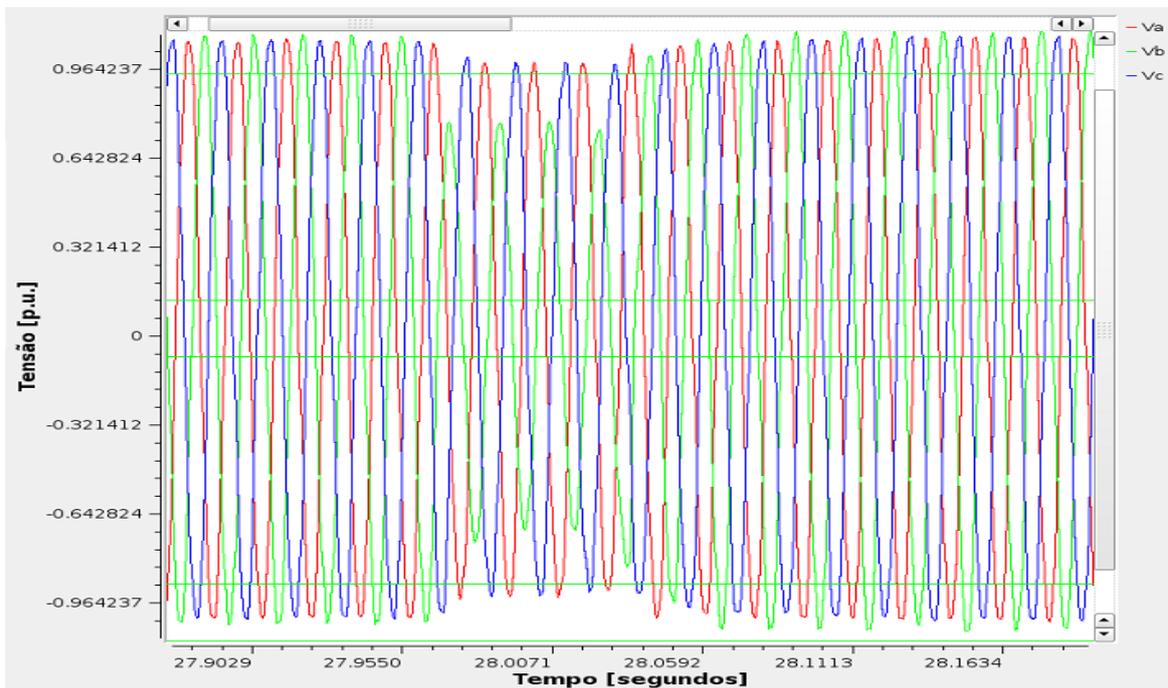


Figura C.104 - Evento 2.

Percebe-se da Figura C.14 que o evento 2 é marcado por um afundamento na fase B em torno de 0,72 p.u. durante 4 ciclos seguido por uma elevação nessa mesma fase de 1,12 p.u. durante 13 ciclos. As outras fases também apreciam uma ligeira queda, mas não o suficiente a ponto de ser considerada um afundamento. A elevação é verificada somente na fase B.

Uma análise da curva ITIC deve ser realizada para verificar se os eventos ocorridos foram suficientes para causar a falha de equipamentos.

A Figura C.15 apresenta a curva ITIC para os eventos detectados.

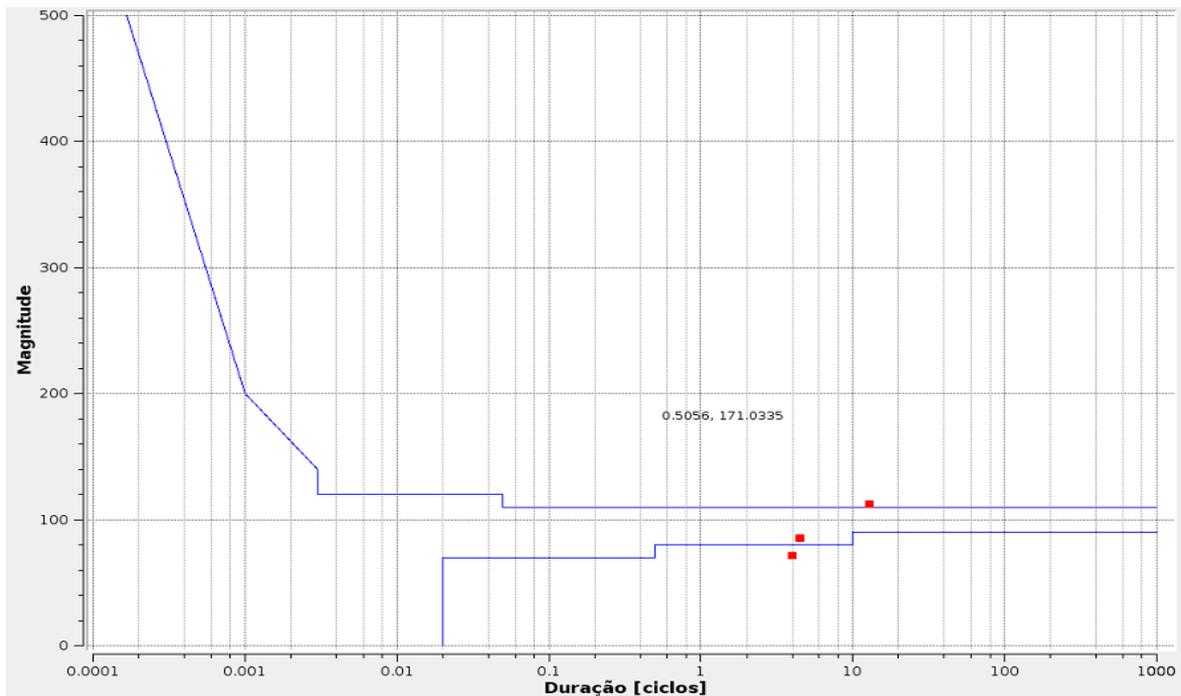


Figura C.115 - Curva ITIC.

A Figura C.15 mostra que um evento situa-se na região de imunidade, ou seja, mesmo com essa ocorrência os equipamentos eletrônicos apresentam funcionamento normal e isto não representará problemas para eles.

É visto uma ocorrência dentro da denominada região de sensibilidade. Eventos nessa faixa não ocasionam danos permanentes aos equipamentos, porém devido à ocorrência de afundamentos nessa área, pode ocorrer a parada de operação. A elevação encontra-se dentro da faixa crítica o que pode ocasionar danos permanentes aos equipamentos durante esse fenômeno.

## C.11 - CONCLUSÃO

Este apêndice visou apresentar os resultados da análise da qualidade da energia no Centro de Processamento de Dados (CPD) da UnB, realizada no período de 2 a 8 de abril de 2009.

Nota-se que as tensões em regime permanente são os maiores problemas encontrados no CPD com valores de 5% acima da tensão nominal durante períodos noturnos e de final de semana podendo estar relacionados a um mau regulamento dos taps do transformador requerendo, portanto, uma verificação.

A quase totalidade das tensões de fase acima de 220 V, ocasionadas pelas tensões de linhas maiores que as nominais durante a maior parte do tempo, resultaram nos índices DRP e DRC com valores bem acima dos permitidos.

Na análise do desequilíbrio de tensão verifica-se que o fator K em nenhum instante atinge o limite estabelecido na norma. Dessa forma, conclui-se que o CPD não tem problemas de desequilíbrio de tensão.

A análise da distorção harmônica permite concluir que os valores estão abaixo do limite especificado pela norma.

Os valores dos indicadores PstD95% e PltS95% estão dentro da norma, como mostra a Tabela C.4. Assim, conclui-se que a rede do CPD também não apresenta problemas de flicker.

A análise de afundamentos e elevações mostra 2 afundamentos de pequenas magnitudes ocorridos em torno de 4 ciclos e 1 elevação de 1,12 p.u. de 13 ciclos. A curva ITIC evidenciou um afundamento irrelevante e outro que pode ter ocasionado a parada da operação. A elevação situa-se na região crítica da curva ITIC e pode ter levado a alguma falha de equipamento.

Ao fim da análise pode-se concluir que o principal problema de qualidade da energia no CPD é a tensão em regime permanente. Foram encontrados valores quase 7 vezes superiores ao DRP e mais de 15 vezes superiores ao DRC permitidos. Esses fenômenos podem estar ocasionando danos contínuos aos equipamentos instalados no local, como a redução da vida útil, uma vez que estão sendo submetidos a tensões maiores do que as nominais.

## D - LISTAGEM DAS DEZ LOCALIDADES COM MAIORES ACIONAMENTOS DE REPARO POR ANO

As Tabelas D.1 até D.8 representam as dez localidades com maiores números de acionamentos com relação à reparo nos anos de 2001 a 2008.

Tabela D.1 – Quantidade de reparos referente a 2001.

| 2001                                      |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                     | 156                    | 13,21%      |
| Prefeitura do <i>Campus</i>               | 85                     | 7,20%       |
| Faculdade de Medicina                     | 72                     | 6,10%       |
| Departamento de Biologia Celular          | 68                     | 5,76%       |
| Instituto de Química                      | 47                     | 3,98%       |
| Hospital Universitário de Brasília        | 45                     | 3,81%       |
| Direção da Faculdade de Educação          | 43                     | 3,64%       |
| Biblioteca Central                        | 40                     | 3,39%       |
| Instituto de Geociências                  | 38                     | 3,22%       |
| Direção da Faculdade de Ciências da Saúde | 34                     | 2,88%       |

Tabela D.2 - Quantidade de reparos referente a 2002.

| 2002                                      |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                     | 219                    | 14,97%      |
| Prefeitura do <i>Campus</i>               | 90                     | 6,15%       |
| Faculdade de Medicina                     | 76                     | 5,19%       |
| Departamento de Biologia Celular          | 70                     | 4,78%       |
| Direção da Faculdade de Educação          | 64                     | 4,37%       |
| Instituto de Química                      | 54                     | 3,69%       |
| Direção da Faculdade de Ciências da Saúde | 47                     | 3,21%       |
| Instituto de Geociências                  | 45                     | 3,08%       |
| Biblioteca Central                        | 43                     | 2,94%       |
| Instituto de Física                       | 32                     | 2,19%       |

Tabela D.3 - Quantidade de reparos referente a 2003.

| 2003                                  |                        |             |
|---------------------------------------|------------------------|-------------|
| Localidade                            | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                 | 163                    | 12,58%      |
| Prefeitura do <i>Campus</i>           | 90                     | 6,94%       |
| Faculdade de Medicina                 | 58                     | 4,48%       |
| Instituto de Química                  | 57                     | 4,40%       |
| Departamento de Biologia Celular      | 56                     | 4,32%       |
| Direção da Faculdade de Educação      | 42                     | 3,24%       |
| Hospital Universitário de Brasília    | 38                     | 2,93%       |
| Instituto de Geociências              | 36                     | 2,78%       |
| Departamento de Genética e Morfologia | 31                     | 2,39%       |
| Departamento de Botânica              | 29                     | 2,24%       |

Tabela D.4 - Quantidade de reparos referente a 2004.

| 2004                               |                        |             |
|------------------------------------|------------------------|-------------|
| Localidade                         | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio              | 135                    | 9,93%       |
| Direção da Faculdade de Educação   | 83                     | 6,11%       |
| Instituto de Química               | 78                     | 5,74%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>        | 61                     | 4,49%       |
| Departamento de Biologia Celular   | 46                     | 3,38%       |
| Faculdade de Medicina              | 43                     | 3,16%       |
| Instituto de Física                | 41                     | 3,02%       |
| Secretaria de Recursos Humanos     | 33                     | 2,43%       |
| Hospital Universitário de Brasília | 32                     | 2,35%       |
| Departamento de Fitopatologia      | 32                     | 2,35%       |

Tabela D.5 - Quantidade de reparos referente a 2005.

| 2005  |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                    | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                         | 202                    | 8,25%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>                   | 133                    | 5,43%       |
| Direção da Faculdade de Educação              | 114                    | 4,65%       |
| Departamento de Biologia Celular              | 99                     | 4,04%       |
| Instituto de Química                          | 98                     | 4,00%       |
| Faculdade de Medicina                         | 96                     | 3,92%       |
| Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária | 71                     | 2,90%       |
| Hospital Universitário de Brasília            | 67                     | 2,74%       |
| Biblioteca Central                            | 66                     | 2,69%       |
| Departamento de Botânica                      | 60                     | 2,45%       |

Tabela D.6 - Quantidade de reparos referente a 2006.

| 2006  |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                    | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                         | 297                    | 5,42%       |
| Departamento de Biologia Celular              | 273                    | 4,98%       |
| Faculdade de Medicina                         | 263                    | 4,80%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>                   | 246                    | 4,49%       |
| Instituto de Química                          | 243                    | 4,43%       |
| Direção da Faculdade de Educação              | 195                    | 3,56%       |
| Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária | 149                    | 2,72%       |
| Instituto de Física                           | 136                    | 2,48%       |
| Direção da Faculdade de Ciências da Saúde     | 127                    | 2,32%       |
| Biblioteca Central                            | 117                    | 2,13%       |

Tabela D.7 - Quantidade de reparos referente a 2007.

| 2007  |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                    | Número de intervenções | Porcentagem |
| Instituto de Química                          | 223                    | 4,53%       |
| Serviço de Patrimônio                         | 216                    | 4,38%       |
| Departamento de Biologia Celular              | 214                    | 4,34%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>                   | 206                    | 4,18%       |
| Faculdade de Medicina                         | 168                    | 3,41%       |
| Direção da Faculdade de Educação              | 159                    | 3,23%       |
| Secretaria de Recursos Humanos                | 144                    | 2,92%       |
| Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária | 136                    | 2,76%       |
| Hospital Universitário de Brasília            | 133                    | 2,70%       |
| Instituto de Física                           | 120                    | 2,44%       |

Tabela D.8 - Quantidade de reparos referente a 2008.

| 2008  |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                    | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                         | 251                    | 4,52%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>                   | 216                    | 3,89%       |
| Faculdade de Medicina                         | 215                    | 3,87%       |
| Hospital Universitário de Brasília            | 211                    | 3,80%       |
| Direção da Faculdade de Educação              | 198                    | 3,57%       |
| Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária | 196                    | 3,53%       |
| Departamento de Biologia Celular              | 189                    | 3,40%       |
| Instituto de Química                          | 188                    | 3,39%       |
| Instituto de Física                           | 120                    | 2,16%       |
| Secretaria de Recursos Humanos                | 116                    | 2,09%       |

A Tabela D.9 apresenta as dez localidades com maiores intervenções de reparo no decorrer dos oito anos, de 2001 a 2008.

Tabela D.9 - Quantidade de reparos durante o período de oito anos.

| 2001 a 2008                                   |                        |             |
|---|------------------------|-------------|
| Localidade                                    | Número de intervenções | Porcentagem |
| Serviço de Patrimônio                         | 1639                   | 6,91%       |
| Prefeitura do <i>Campus</i>                   | 1127                   | 4,75%       |
| Departamento de Biologia Celular              | 1015                   | 4,28%       |
| Faculdade de Medicina                         | 991                    | 4,18%       |
| Instituto de Química                          | 988                    | 4,17%       |
| Direção da Faculdade de Educação              | 898                    | 3,79%       |
| Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária | 660                    | 2,78%       |
| Hospital Universitário de Brasília            | 652                    | 2,75%       |
| Instituto de Física                           | 543                    | 2,29%       |
| Direção da Faculdade de Ciências da Saúde     | 525                    | 2,21%       |

As ordens de serviços abertas para o Serviço de Patrimônio englobam tanto OSs para

essa localidade, como também todas as OSs que efetivamente sofreram baixa patrimonial naquele ano. Portanto, o seu montante final acaba por não retratar com fidelidade as solicitações ocorridas para essa área, o que torna difícil mensurar as ordens de serviços que realmente contemplam reparo nesse local. Assim, o Serviço de Patrimônio foi citado nas Tabelas D.1 a D.9 apenas com o intuito estatístico.

## E – PLANILHAS DA FERRAMENTA CTO

Tal Apêndice apresenta de maneira sucinta as planilhas da ferramenta CTO.

A Figura E.1 ilustra a planilha Dados.

| 1  | NÚMERO DE OS's FILTRADAS: 267 de 267 |      |         |            |                             |  |                      |            |  |
|----|--------------------------------------|------|---------|------------|-----------------------------|--|----------------------|------------|--|
| 2  | Sigla                                | Nro. | Patrim. | Origem     | Especificação               | Defeitos   | Manutenção           | Tipo       |  |
| 3  | DAF                                  | 12   | 225497  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | Trocar Placa de Vídeo. O drive da placa foi reinstalado várias | SOLICITAÇÃO INDEVIDA | Reparo     |  |
| 4  | SECOM                                | 17   | 206990  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | Atolamento de papel.   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 5  | FTD                                  | 39   | 225426  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | HD com problema.   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 6  | FTD                                  | 40   | 225337  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | Reiniciando  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 7  | VRT                                  | 58   | 214346  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | O COMPUTADOR NÃO LIGA.   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 8  | SECOM                                | 68   | 233293  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | Barulho excessivo.   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 9  | EST                                  | 82   | 259188  | RECFEDERAL | FAC-SÍMILE-FAX              | Não envia ou recebe fax com nitidez, ilegível todos as         | NÃO CONSTA DEFEITO   | Reparo     |  |
| 10 | CES                                  | 93   | 270848  | FUB        | IMPRESSORA LASER COLORIDA   | NÃO FUNCIONA   | REPARO POR CONTA D.  | Reparo     |  |
| 11 | CES                                  | 98   | 191598  | FUB        | MONITOR DE VÍDEO            | NÃO INF  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 12 | SECOM                                | 99   | 275739  | FUB        | MICROCOMPUTADOR (NOTEBOOK)  | O notebook não está ligando.                                   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 13 | EST                                  | 104  | 220380  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | A CADA TRÊS A QUATRO COPIAS A FOLHA PRENDE,                    | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 14 | ENC                                  | 111  | 191435  | FUB        | CENTRAL TELEFÔNICA          | ALGUNS RAMAIS NÃO FUNCIONAM                                    | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 15 | ENM                                  | 122  | 97450   | FUB        | BOMBA ROTATIVA              | REVISÃO GERAL PARA FUNCIONAMENTO                               | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 16 | SECOM                                | 130  | 233296  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | PLACA MÃE COM DEFEITO  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 17 | ENC                                  | 211  | 220383  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | Manutenção Preventiva  | MANUTENÇÃO PREVEN    | Manutenção |  |
| 18 | ENC                                  | 212  | 220383  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | Manutenção Preventiva  | MANUTENÇÃO PREVEN    | Manutenção |  |
| 19 | SECOM                                | 224  | 255999  | RECFEDERAL | VENTILADOR DE COLUNA        | Não está funcionando.  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 20 | SECOM                                | 225  | 256001  | RECFEDERAL | VENTILADOR DE COLUNA        | Não está funcionando.  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 21 | SECOM                                | 226  | 255996  | RECFEDERAL | VENTILADOR DE COLUNA        | Não está funcionando.  | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 22 | EFL                                  | 287  | 218363  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | Manutenção Preventiva  | MANUTENÇÃO PREVEN    | Manutenção |  |
| 23 | FTD                                  | 289  | 257940  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | Não liga   | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 24 | ENC                                  | 290  | 289818  | FUB        | PROJETOR DE MULTIMÍDIA      | INSTALAR PROJETOR NA SALA DE AULA                              | INSTALAÇÃO           | Instalação |  |
| 25 | ENC                                  | 340  | 280534  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | Computador Sintax não liga                                     | REPARO POR CONTA D.  | Reparo     |  |
| 26 | ENM                                  | 355  | 218273  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | SUBSTITUIR ROLO DE IMPRESSÃO CONFORME ORIENTAÇÃO               | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 27 | ENM                                  | 356  | 170683  | FUB        | MICROCOMPUTADOR TIPO PC     | BEM INSERVÍVEL OU OBSOLETO                                     | SOLICITAÇÃO INDEVIDA | Inspeção   |  |
| 28 | ENM                                  | 376  | 262036  | TST        | IMPRESSORA LASER            | BEM INSERVÍVEL OU OBSOLETO                                     | INSPEÇÃO             | Inspeção   |  |
| 29 | DAF                                  | 383  | 218318  | FUB        | COPIADORA/IMPRESSORA        | Manutenção Preventiva  | MANUTENÇÃO PREVEN    | Manutenção |  |
| 30 | MAT                                  | 385  | 171246  | FUB        | APARELHO DE AR CONDICIONADO | Controle digital de ligar não está funcionando.                | REPOSIÇÃO DE PEÇAS   | Reparo     |  |
| 31 | EFL                                  | 440  | 289648  | FUB        | IMPRESSORA MULTIFUNCIONAL   | EQUIPAMENTO NOVO. NECESSITA APENAS INSTALAÇÃO                  | INSTALAÇÃO           | Instalação |  |

Figura E.1 - Planilha Dados

Observa-se da Figura E.1 a estrutura do banco de dados. As diversas identificações contidas nas OSs são separadas em colunas. Essa separação permite utilizar os recursos de filtragem oferecidos pelo Excel.

A Figura E.2 esboça a planilha Localidades.

| FACULDADE DE TECNOLOGIA              |            |  | VICE-REITORIA                        |           |  | CPD                                     |           |  |
|--------------------------------------|------------|--|--------------------------------------|-----------|--|---|-----------|--|
| Departamento de Engenharia Florestal | 18         |  | Direção da Vice-Reitoria             | 10        |  | Centro de Processamento de Dados        | 29        |  |
| Departamento de Engenharia Civil     | 33         |  | Decanato de Administração e Finanças | 4         |  | Centro de Seleção e Promoção de Eventos | 21        |  |
| Departamento de Engenharia Elétrica  | 56         |  | Secretaria de Comunicação            | 24        |  | Direção do Instituto Ciências Exatas    | 8         |  |
| Departamento de Engenharia Mecânica  | 18         |  | <b>TOTAL</b>                         | <b>38</b> |  | Departamento de Matemática              | 9         |  |
| Direção da Faculdade de Tecnologia   | 22         |  |                                      |           |  | Departamento de Estatística             | 15        |  |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>147</b> |  |                                      |           |  | <b>TOTAL</b>                            | <b>82</b> |  |

Figura E.2 - Planilha Localidades

Observa-se da Figura E.2 três tabelas separadas por locais, Vice-Reitoria, FT e CPD, com as respectivas localidades abrangidas e o número de acionamentos individual.

A Figura E.3 ilustra a planilha Relatório.

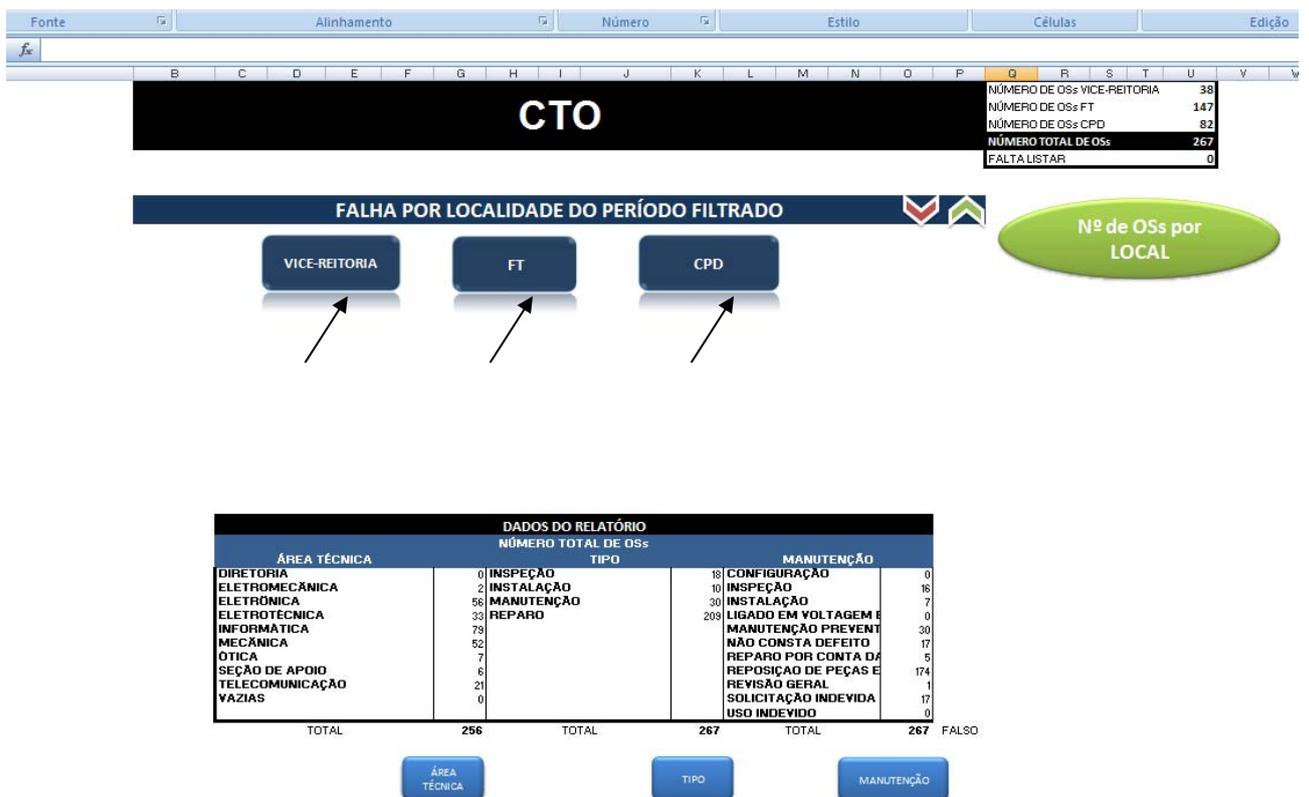


Figura E.3 - Planilha Relatório

Observa-se da Figura E.3 a tabela inferior (dados do relatório) que contém a quantidade de OSs da planilha Dados distribuídas dentre as opções existentes de área técnica, tipo e

manutenção. Na Figura E.3 também se visualiza no extremo superior direito outra tabela, a qual contabiliza a quantidade total de intervenções na Vice-Reitoria, FT e CPD. As três setas apontam para os respectivos botões, Vice-Reitoria, FT e CPD, que fornecem gráficos de barras com as quantidades de intervenções coletadas das tabelas da planilha Localidades.

A Figura E.4 ilustra a planilha Falhas Mensais.

| FALHAS POR MÊS - PERÍODO VARIÁVEL       |           |           |           |           |          |            |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|------------|
| Prédio Vice-Reitoria                    |           |           |           |           |          |            |
|   | jan-09    | fev-09    | mar-09    | abr-09    | mai-09   | TOTAL      |
| <b>VICE-REITORIA</b>                    |           |           |           |           |          |            |
| Vice-Reitoria                           | 1         | 2         | 4         | 2         | 0        | 9          |
| <b>DECANATOS</b>                        |           |           |           |           |          |            |
| Decanato de Administração e Finanças    | 2         | 1         | 0         | 0         | 0        | 3          |
| Secretaria de Comunicação               | 11        | 1         | 6         | 5         | 0        | 23         |
| <b>Prédio - Reitoria</b>                | <b>14</b> | <b>4</b>  | <b>10</b> | <b>7</b>  | <b>0</b> | <b>35</b>  |
| Prédio FT                               |           |           |           |           |          |            |
|   | jan-09    | fev-09    | mar-09    | abr-09    | mai-09   | TOTAL      |
| <b>FT</b>                               |           |           |           |           |          |            |
| Direção da Faculdade de Tecnologia      | 3         | 3         | 10        | 5         | 0        | 21         |
| Departamento de Engenharia Florestal    | 1         | 1         | 8         | 6         | 0        | 16         |
| Departamento de Engenharia Civil        | 7         | 3         | 11        | 4         | 0        | 25         |
| Departamento de Engenharia Elétrica     | 2         | 8         | 6         | 8         | 0        | 24         |
| Departamento de Engenharia Mecânica     | 2         | 3         | 7         | 3         | 0        | 15         |
| <b>Prédio - Faculdade de Tecnologia</b> | <b>15</b> | <b>18</b> | <b>42</b> | <b>26</b> | <b>0</b> | <b>101</b> |
| Prédio CPD                              |           |           |           |           |          |            |
|   | jan-09    | fev-09    | mar-09    | abr-09    | mai-09   | TOTAL      |
| <b>CPD</b>                              |           |           |           |           |          |            |
| Centro de Processamento de Dados        | 4         | 5         | 12        | 8         | 0        | 29         |
| Centro de Seleção e Promoção de Eventos | 4         | 4         | 4         | 5         | 0        | 17         |

Figura E.4 – Planilha Falhas Mensais

Observa-se da Figura E.4 a distribuição em tabelas por períodos mensais da quantidade de intervenções nas localidades.

A Figura E.5 esboça a planilha Gráficos Mensais.

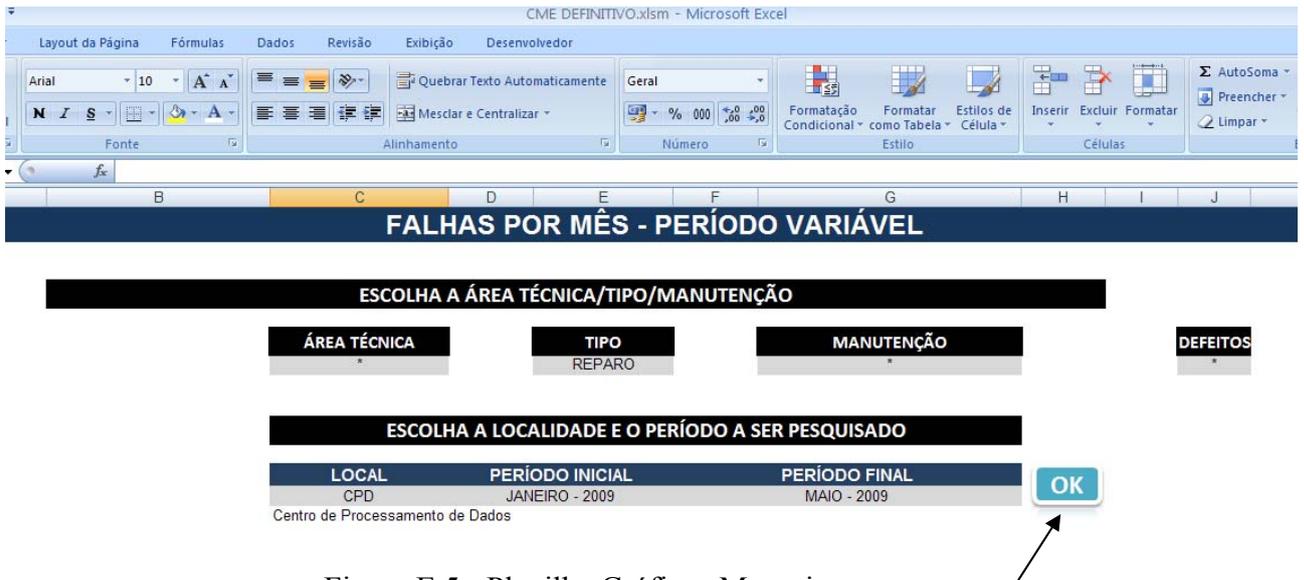


Figura E.5 - Planilha Gráficos Mensais

Observa-se na Figura E.5, que o usuário tem a opção de escolher o local, o período inicial e final da pesquisa. Existem também quatro opções de filtragem dentre área técnica, tipo, manutenção e defeitos que podem ser incluídas na investigação. Ao clicar no botão OK, seta preta, é fornecido um gráfico mensal contemplando as opções escolhidas.

A Figura E.6 esboça a planilha Falhas Semanais OS.

| FALHAS POR SEMANA OS - PERÍODO VARIÁVEL      |     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |           |  |
|--|-----|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|--|
| <b>Prédio Vice-Reitoria</b>                  |     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |           |  |
|  |     | 04/Jan/09 a 10/Jan/09 | 11/Jan/09 a 17/Jan/09 | 18/Jan/09 a 24/Jan/09 | 25/Jan/09 a 31/Jan/09 | 01/Fev/09 a 07/Fev/09 | 08/Fev/09 a 14/Fev/09 | 15/Fev/09 |  |
| <b>Vice-Reitoria</b>                         | VRT | 1                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 2                     |           |  |
| <b>Prédio FT</b>                             |     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |           |  |
|  |     | 04/Jan/09 a 10/Jan/09 | 11/Jan/09 a 17/Jan/09 | 18/Jan/09 a 24/Jan/09 | 25/Jan/09 a 31/Jan/09 | 01/Fev/09 a 07/Fev/09 | 08/Fev/09 a 14/Fev/09 | 15/Fev/09 |  |
| <b>FT</b>                                    |     | 2                     | 1                     | 0                     | 0                     | 3                     | 0                     |           |  |
| <b>Prédio - FT (OS)</b>                      |     | 3                     | 4                     | 2                     | 6                     | 8                     | 3                     |           |  |
| <b>Prédio CPD</b>                            |     |                       |                       |                       |                       |                       |                       |           |  |
|  |     | 04/Jan/09 a 10/Jan/09 | 11/Jan/09 a 17/Jan/09 | 18/Jan/09 a 24/Jan/09 | 25/Jan/09 a 31/Jan/09 | 01/Fev/09 a 07/Fev/09 | 08/Fev/09 a 14/Fev/09 | 15/Fev/09 |  |
| <b>CPD</b>                                   |     | 0                     | 0                     | 1                     | 3                     | 0                     | 2                     |           |  |
| Centro de Processamento de Dados (OS)        | CPD | 0                     | 0                     | 1                     | 3                     | 0                     | 2                     |           |  |
| Centro de Seleção e Promoção de Eventos (OS) | CES | 2                     | 0                     | 1                     | 1                     | 1                     | 0                     |           |  |
| Direção do Instituto Ciências Exatas (OS)    | IED | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                     |           |  |
| Departamento de Matemática (OS)              | MAT | 0                     | 0                     | 1                     | 0                     | 0                     | 0                     |           |  |
| Departamento de Estatística (OS)             | EST | 2                     | 0                     | 0                     | 1                     | 0                     | 1                     |           |  |

Figura E.6 - Planilha Falhas Semanais OS

Observa-se da Figura E.6 a distribuição em tabelas por períodos semanais da quantidade de intervenções nas localidades.

A Figura E.7 ilustra a planilha Gráficos Semanais OS.

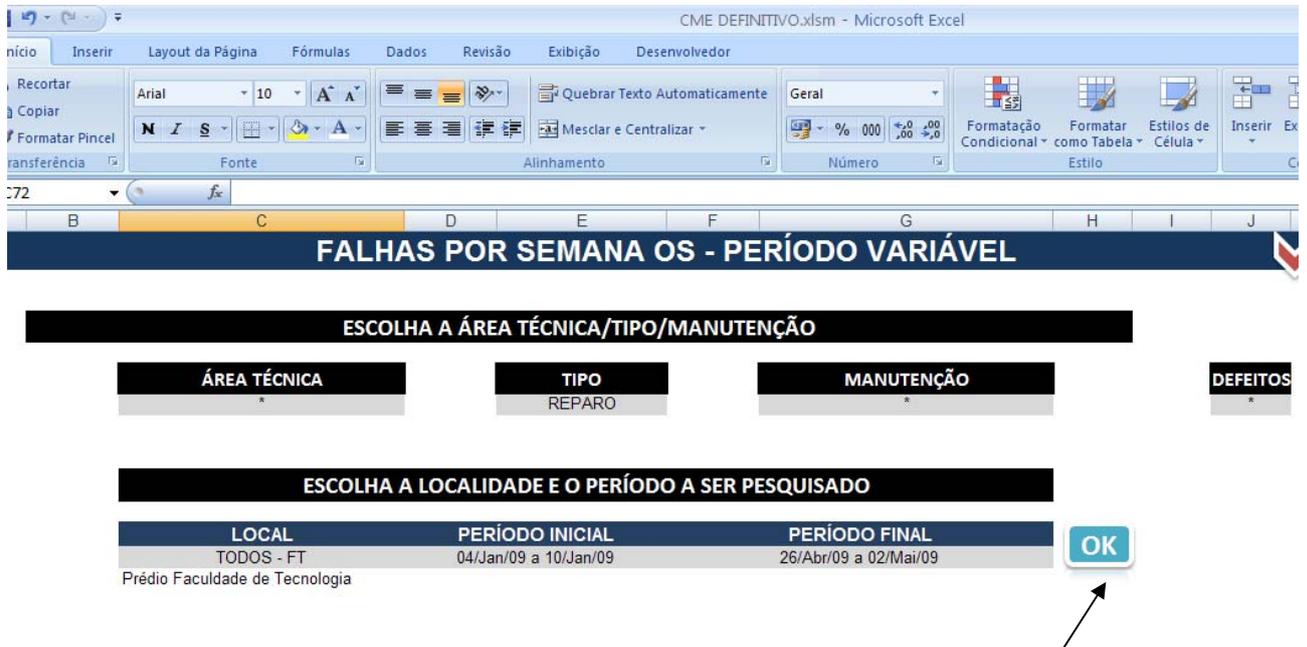


Figura E.7 – Planilha Gráficos Semanais OS

A Figura E.7 é similar a Figura E.5, contendo as mesmas opções. A diferença encontra-se no período de análise, com essa planilha fornecendo gráficos semanais ao invés de mensais.