

**AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE
CENTRO CIRÚRGICO.
ESTUDO DE CASO: HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
DA UFMS.**

JOÃO CESAR OKUMOTO

**CAMPO GRANDE
2006**

2006	UFMS	João Cesar Okumoto	Dissertação
------	------	--------------------	-------------

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA**

**AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE
CENTRO CIRÚRGICO.
ESTUDO DE CASO: HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
DA UFMS.**

Dissertação submetida à
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
como parte dos requisitos para a
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

JOÃO CESAR OKUMOTO

Campo Grande, Fevereiro de 2006

AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE CENTRO CIRÚRGICO.

ESTUDO DE CASO: HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA UFMS.

João Cesar Okumoto

‘Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, Área de Concentração em Energia, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.’

Prof. Paulo Irineu Koltermann, Dr.
Orientador

Prof. João Onofre Pereira Pinto, Phd.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Banca Examinadora:

Prof. Paulo Irineu Koltermann, Dr.
Presidente

Prof. Antonio Carlos Delaiba, Dr.

Prof. Andréa Teresa Riccio Barbosa, Dra.

Prof. Valmir Machado Pereira, Dr.

Prof. Amâncio Rodrigues da Silva Jr., Dr.

DEDICATÓRIA

À minha família e alunos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Professor Doutor Paulo Irineu Koltermann pela oportunidade de trabalharmos juntos e por sua orientação.

À Professora Doutora Andréa Teresa Riccio Barbosa pelos esclarecimentos de dúvidas referentes à engenharia clínica.

Aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica da UFMS, principalmente ao Professor Doutor João Onofre Pereira Pinto, por ter implantado o curso de mestrado e ao Professor Doutor Amâncio Rodrigues da Silva Jr., responsável pelo Laboratório de Eficiência Energética, por ter dado suporte logístico à execução do trabalho.

Ao diretor geral Doutor Pedro Ripel, pela autorização para realização do trabalho no Hospital Universitário da UFMS.

Aos funcionários, enfermeiros e auxiliares de enfermagem do Hospital Universitário, principalmente ao técnico Raimundo Leonardo de Oliveira Neto, ao enfermeiro Francisco José Mendes dos Reis, e às enfermeiras Márcia Cristina de Rezende, Edda Azevedo de A. Medeiros e Ivana Andreeta, pela ajuda e explicações sobre as atividades realizadas no Centro Cirúrgico.

Agradecimentos especiais ao Professor Gervásio Saraiva Lara, aos engenheiros eletricitas Wellington Rocha Araújo, Rafael Nishimura, Kelly Christina Gutterres de Souza, Adailton Fleitas Menezes e Saulo Gomes Moreira, além de todos os estagiários do Laboratório de Eficiência Energética que contribuíram nos levantamentos de campo e outras atividades para elaboração desta dissertação.

A Deus e a meus amigos.

À CAPES pelo apoio financeiro.

Resumo da Dissertação apresentada à UFMS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

AVALIAÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE CENTRO CIRÚRGICO.

ESTUDO DE CASO: HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA UFMS.

João Cesar Okumoto

Fevereiro/2006

Orientador: Paulo Irineu Kolterman, Dr.

Área de Concentração: Energia

Palavras-chave: Qualidade de energia, engenharia clínica, centro cirúrgico, equipamentos eletromédicos.

Número de Páginas: 114

Há anos o Centro Cirúrgico do Hospital Universitário da UFMS atende à população regional, além de servir como local para as atividades dos cursos de graduação. Sua infra-estrutura passou por diversas modificações para a melhoria de atendimento e fornecer condições de trabalhos adequadas aos funcionários. Devido à impossibilidade de parar as atividades essenciais, a maioria das reformas realizadas em suas instalações foi feita sem o cumprimento de normas técnicas. Além disso, a evolução de novas tecnologias tem sido acompanhada por distúrbios de qualidade de energia, como harmônicas, que podem interferir no funcionamento dos equipamentos. O objetivo deste trabalho foi a elaboração de um diagnóstico identificando deficiências nas instalações elétricas e de equipamentos ligados a ela, que possam comprometer as atividades e a segurança de pacientes e funcionários. A metodologia do trabalho fundamentou-se em levantamentos de informações em campo e medições de harmônicas. Verificou-se que existem muitas deficiências na infra-estrutura do ambiente cirúrgico como: ausência de uma fonte de energia elétrica de emergência que entre em funcionamento instantaneamente; ineficácia dos sistemas de aterramento e pisos semicondutores, além de problemas de interferência eletromagnética entre equipamentos. Os níveis de distorção harmônica encontrados situaram-se em limites admissíveis, lembrando que foram utilizadas referências normativas internacionais somente para fins de comparação, visto que no país não existem ainda normas específicas para equipamentos eletromédicos. Foram propostas algumas medidas de mitigação, prevenção e correção de alguns problemas e salientou-se a necessidade de profissionais habilitados em Engenharia Clínica para atender ao hospital.

Abstract of Dissertation presented to UFMS as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering

SURGERY CENTER ELECTRICAL SYSTEM EVALUATION. CASE STUDY: UFMS UNIVERSITARY HOSPITAL.

João Cesar Okumoto

February/2006

Advisor: Paulo Irineu Kolterman, Dr.

Area of Concentration: Energy

Keywords: Power quality, clinical engineering, surgery center, biomedical equipment.

Number of Pages: 114

During years the UFMS Universitary Hospital Surgery Center has been seen the local patients and has given support to the university medical courses. It has been experienced expansions in its infrastructure to improve patient treatment and to provide suitable work conditions to employees. Most changes in the electrical system likely have been performed without taking into consideration some regulations because it is not possible to stop some essential activities. Besides, the evolution of new technologies has been accompanying by power quality disturbances, like harmonics, that can interfere in equipment work. The aim of this research was an evaluation to determine some surgery center electrical system and electrical medical equipment work problems that can endanger the activities and employees/patients safety. The methodology included on-site inspections, interviewing with employees and harmonics monitoring. Some deficiencies in surgery center infrastructure has been noticed, like no emergency energy source that works immediately; inefficiency of grounding systems and semiconductive floors, besides the electromagnetic interference problems in equipment. The harmonic distortion levels recorded were according to international regulations that were just used to compare values, because there are no Brazilian regular documents to electrical medical equipment yet. Recommendations were made on the results to mitigate, to prevent and to solve some problems and the importance of Clinical Engineering professionals for hospitals was emphasized.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
CAPÍTULO 1 - Introdução.....	1
1.1. Introdução	1
1.2. Justificativa.....	2
1.3. Delimitação do Objeto de Estudo	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo Geral	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5. Organização do Trabalho.....	5
CAPÍTULO 2 - Revisão de Literatura.....	7
2.1. Introdução	7
2.2. Revisão de Literatura	7
2.3. Considerações Finais.....	11
CAPÍTULO 3 - Qualidade de Energia Elétrica	12
3.1. Introdução	12
3.2. Harmônicas	13
3.2.1. Ordem, Frequência e Seqüência das Harmônicas	14
3.2.2. Espectro Harmônico.....	15
3.2.3. Taxa de Distorção Harmônica Total (DHT)	17
3.2.4. Efeitos das Harmônicas	18
3.2.5. Medidas Típicas para Mitigação de Harmônicas	19
3.2.6. Normalização para Harmônicas.....	20
3.3. Interferência Eletromagnética (IEM).....	21
3.3.1. Acoplamento Indutivo ou Magnético	22
3.3.2. Acoplamento Capacitivo ou Eletrostático.....	24
3.3.3. Acoplamento por Irradiação Eletromagnética	25
3.3.4. Acoplamento Resistivo ou por Impedância Comum.....	25
3.4. Classificação de Distúrbios em Relação à sua Frequência.....	27
3.5. Sistemas de Aterramento	28
3.6. Considerações Finais.....	32
CAPÍTULO 4 – Instalações Elétricas em Centros Cirúrgicos	33
4.1. Introdução	33
4.2. Engenharia Clínica.....	33
4.3. Centro Cirúrgico	35
4.4. Instalações Elétricas em Centros Cirúrgicos.....	37
4.4.1. Tomadas Elétricas em Salas Cirúrgicas	40

4.4.2. Iluminação em Salas Cirúrgicas.....	43
4.4.3. Quadros de Distribuição.....	46
4.4.4. Pisos Semicondutores para Salas de Cirurgia	47
4.4.5. Instalações Elétricas em Corredores e Áreas de Apoio.....	49
4.4.6. Considerações sobre Instalações Elétricas em CC	50
4.5. Considerações Finais.....	51
CAPÍTULO 5 – Metodologia e Resultados	52
5.1. Introdução	52
5.2. Levantamento de Setores em Potencial para a Pesquisa.....	53
5.3. Aplicação de Rotinas Fiscalizadoras.....	54
5.4. Medições de Parâmetros Elétricos.....	55
5.5. Descrição Geral do Ambiente da Pesquisa.....	56
5.6. Resultados das Medições	57
5.6.1. Quadro de Distribuição Geral (QDG)	58
5.6.2. Quadro de Distribuição QDF6.....	65
5.6.3. Intensificador de Imagem por Fluoroscopia	68
5.6.4. Unidades Eletro-cirúrgicas ou Bisturis Elétricos.....	71
5.6.5. Foco cirúrgico	74
5.6.6. Monitor de Sinais Vitais ou de Multiparâmetros	77
5.6.7. Considerações sobre as Medições	80
5.7. Instalações Elétricas do CC – Diagnóstico.....	81
5.7.1. Sistema de EEE.....	81
5.7.2. Tomadas Elétricas	82
5.7.3. Iluminação.....	82
5.7.4. Quadros de Distribuição.....	83
5.7.5. Pisos Semicondutores	83
5.7.6. Compatibilidade Eletromagnética	84
5.7.7. Outras cargas	85
5.8. Considerações Finais.....	85
CAPÍTULO 6 - Discussão e Recomendações	87
6.1. Discussão.....	87
6.2. Propostas de Trabalhos Futuros	90
6.3. Recomendações	90
CAPÍTULO 7 – Conclusão.....	95
ANEXO I – Planilhas para Aplicações de Rotinas Fiscalizadoras	97
ANEXO II – Lay-out do Centro Cirúrgico do HU da UFMS	105
ANEXO III – Dimensões das Salas de Cirurgia e RPA.....	107
Referências Bibliográficas	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Sinal senoidal puro (60 Hz)	13
Figura 3.2 - Onda deformada e suas componentes harmônicas	14
Figura 3.3 - Espectro harmônico de corrente	16
Figura 3.4 - Gráfico de corrente	16
Figura 3.5 - Caracterização de um sistema perturbado por EMI (modelo fundamental)	22
Figura 3.6 - Classificação de distúrbios de energia elétrica em faixas de frequência	27
Figura 3.7 - Esquema IT médico	30
Figura 4.1 - Diagrama das atribuições de EAS, situando o CC, unidade que depende totalmente de EEMs e que requer infra-estrutura especial	36
Figura 4.2 - a) Padrão de tomada monofásica 127 V; b) Padrão de tomada bifásica 220 V	41
Figura 5.1 - Etapas para levantamento de informações sobre CC	52
Figura 5.2 - Locais dos registros de parâmetros elétricos no diagrama unifilar simplificado das instalações elétricas do CC	57
Figura 5.3 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase A. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão	59
Figura 5.4 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase B. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão	60
Figura 5.5 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase C. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão	61
Figura 5.6 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase A. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente	62
Figura 5.7 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase B. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente	63
Figura 5.8 - Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase C. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente	64
Figura 5.9 - Quadro de Distribuição QDF6 – Fase B. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente	66

Figura 5.10 - Quadro de Distribuição QDF6 – Fase B. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão	67
Figura 5.11 - Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente	69
Figura 5.12 - Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão	70
Figura 5.13 - Unidade eletro-cirúrgica – modo: incisão. (a) Forma de onda de corrente (b) Espectro harmônico de corrente	72
Figura 5.14 - Unidade eletro-cirúrgica – modo: incisão. (a) Forma de onda de tensão (b) Espectro harmônico de tensão	73
Figura 5.15 - Foco cirúrgico – modo: <i>stand-by</i> – (a) Forma de onda de corrente (b) Espectro harmônico de corrente	75
Figura 5.16 - Foco cirúrgico – modo: <i>stand-by</i> – (a) Forma de onda de tensão (b) Espectro harmônico de tensão	76
Figura 5.17 - Monitor de sinais vitais – (a) Forma de onda de corrente (b) Espectro harmônico de corrente	78
Figura 5.18 - Monitor de sinais vitais – (a) Forma de onda de tensão (b) Espectro harmônico de tensão	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Ordem, frequência e seqüência das harmônicas	15
Tabela 4.1 - Classificação das áreas quanto ao grupo	38
Tabela 4.2 - Classificação das áreas quanto à classe	38
Tabela 4.3 - Características das lâmpadas a serem utilizadas no CC	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 5.1 - Quadro de distribuição QDF06 – fase B – parâmetros elétricos	65
Quadro 5.2 - Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção – parâmetros elétricos	71
Quadro 5.3 - Unidade eletro-cirúrgica – incisão - parâmetros elétricos	74
Quadro 5.4 - Foco cirúrgico – modo: <i>stand-by</i> - parâmetros elétricos	77
Quadro 5.5 - Monitor de sinais vitais – parâmetros elétricos	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CC	Centro Cirúrgico
CEM	Compatibilidade Eletromagnética
DHT	Distorção Harmônica Total
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
DSI	Dispositivo Supervisor de Isolamento
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
EC	Engenharia Clínica
EEE	Energia Elétrica de Emergência
EEM	Equipamento Eletromédico
ENERSUL	Empresa Energética do Mato Grosso do Sul
GMG	Grupo Motor Gerador
GM	Gabinete do Ministro
HU	Hospital Universitário
IEB-UFSC	Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEM	Interferência Eletromagnética
MBAH	Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PVC	Cloreto de Polivinila
QDG	Quadro de Distribuição Geral
RCPO	Recuperação Cardíaca Pós-Operatória
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RPA	Recuperação Pós-Anestésica

SC	Santa Catarina
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
TMH	Tecnologia Médico-Hospitalar
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo

CAPÍTULO 1 - Introdução

1.1. Introdução

O Hospital Universitário (HU) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), segundo o Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar (MBAH) (BRASIL, 2001), é considerado um Estabelecimento Assistencial de Saúde (EAS) de Alta Complexidade. Podem ser realizadas pequenas cirurgias, cirurgias gerais e especializadas, tipo cardíaca, oncológica, ortopédica e neurocirurgias, com exceção de transplantes.

Sendo um EAS, a qualquer momento pode sofrer alterações na configuração de suas instalações elétricas para adequar o atendimento a pacientes e/ou facilitar a execução das atividades de funcionários. Devido a fatores financeiros ou à impossibilidade de parar as atividades em setores com características essenciais de funcionamento, como Unidades de Tratamento Intensivo (UTI) e Centro Cirúrgico (CC), reformas na estrutura física necessitam seguir rigidamente as normas vigentes cabíveis, como de segurança e funcionamento de instalações elétricas.

No CC é onde são realizadas as intervenções cirúrgicas e concentram-se muitos Equipamentos Eletromédicos (EEMs), que necessitam de instalações adequadas para suas operações. Em infra-estruturas construídas há décadas e que não passam por rotinas fiscalizadoras periodicamente, os riscos de acidentes em salas de cirurgias têm aumentado consideravelmente. A situação adquire proporções graves quando as vítimas são pacientes que se encontram sobre efeitos de anestésicos e impossibilitados de reagir a choques elétricos (TORRES & MATHIAS, 1992). Nos últimos anos, conforme informações do corpo clínico do CC do HU da UFMS, têm ocorrido diversos problemas referentes à utilização da energia elétrica. Junto a diversos equipamentos têm ocorrido choques elétricos; ocorrem desligamentos súbitos de disjuntores e interferências de EEMs em outros têm comprometido as atividades e provocam até o cancelamento de cirurgias. Neste contexto torna-se necessária a avaliação das instalações elétricas do CC a fim de diagnosticar problemas e propor medidas para solucioná-los.

1.2. Justificativa

Um EAS, no caso o HU da UFMS, necessita que suas instalações elétricas, além dos EEMs ligados a elas, funcionem de maneira segura e adequada, objetivando essencialmente o bem estar do paciente e fornecer aos funcionários meios para executar suas atividades de forma mais segura e eficiente. Ressalta-se que novas tecnologias têm sido empregadas visando o aumento da produtividade, porém, a infra-estrutura dos ambientes onde ocorre o emprego desses novos equipamentos não está acompanhando sua evolução, havendo a necessidade de uma adequação para seu recebimento. Nesta situação existe a necessidade de especialistas que serão responsáveis pelo gerenciamento de seus recursos e infra-estrutura permanentemente, que muitas vezes são requisitados somente nos casos de emergência ou quando as inadequações adquiriram proporções elevadas.

Em EASs que não são atendidos por um profissional ou um grupo de profissionais habilitados na área de Engenharia Clínica (EC), as tarefas que utilizam EEMs e instalações dedicadas a eles, estão comprometidas. Existem os técnicos de manutenção que são utilizados para todos e quaisquer tipos de problemas, porém devido a sua formação profissional e a quantidade insuficiente de pessoal, executam os procedimentos de forma inadequada.

A escolha do CC do HU da UFMS como ambiente desta dissertação está fundamentada na concentração de EEMs existentes. Diariamente são realizadas intervenções cirúrgicas de caráter eletivo e de emergência, exigindo o uso intenso dos equipamentos e uma série de medidas que assegurem a execução das atividades. A interação entre os EEMs deve ser analisada para verificar a existência de qualquer tipo de interferência que possa ocasionar erros em diagnósticos ou em procedimentos cirúrgicos, ressaltando-se o risco maior que os pacientes estão submetidos. Deve-se lembrar ainda dos novos EEMs que são adquiridos visando à substituição de máquinas obsoletas.

Com o advento da eletrônica, tem ocorrido cada vez mais a miniaturização e substituição dos componentes dos EEMs por dispositivos semicondutores (diodos, transistores e tiristores) que necessitam de qualidade de energia elétrica adequada para as suas operações. Essas cargas são definidas

como não-lineares (DIAS, 1998), pois nem sempre os sinais de tensão e corrente são ondas senoidais, podendo existir até intervalos de tempo onde o sinal é nulo. São dispositivos susceptíveis a distúrbios de energia, que trabalham com sinais elétricos cada vez menores e em diversas faixas de frequências. No entanto, ao mesmo tempo em que estes tipos de cargas contribuem como novas tecnologias, provocam a geração de alguns distúrbios relacionados à utilização da energia, promovendo a degradação da qualidade para seu devido funcionamento.

Diagnósticos específicos relacionados a algum tipo de distúrbio de qualidade de energia nos setores do HU da UFMS até o presente momento ainda não foram realizados. Portanto, torna-se imprescindível a aplicação de uma rotina fiscalizadora nas instalações elétricas do CC do HU e avaliação da presença de harmônicas e interferências eletromagnéticas a que são submetidos os EEMs e o ambiente. Lembrando que, em ambientes médico-hospitalares, quaisquer falhas podem provocar o comprometimento da vida dos pacientes.

Ressalta-se ainda a importância do papel da universidade junto à sociedade, visto que a aplicabilidade de suas produções científicas deve vir de encontro com as suas necessidades. Os programas de pós-graduação devem ajudar não só para a formação de profissionais qualificados que irão atuar no mercado de trabalho, mas também contribuir para a solução de problemas da comunidade, a partir de projetos que possam atrair recursos para reinvestimentos na própria universidade e que possam permitir, certamente, o desenvolvimento de atividades com métodos mais eficientes e atuais (BARBOSA, 1999).

1.3. Delimitação do Objeto de Estudo

Independente da natureza do estudo, de caráter quantitativo ou qualitativo, do referencial teórico escolhido e dos procedimentos metodológicos utilizados, a pesquisa apresenta limitações que devem ser esclarecidas a fim de favorecer discussões sobre o que está sendo apresentado. As limitações da pesquisa impostas ao desenvolvimento do trabalho são as seguintes:

a) quanto à delimitação do problema e à generalização dos resultados.

O presente estudo procurou analisar as condições de funcionamento das instalações elétricas e dos EEMs do CC do HU, tanto quantitativamente quanto qualitativamente. Dessa forma, os resultados das medições de harmônicas deste estudo não permitem similaridades com os CCs de outros EASs, em função das condições de sua infra-estrutura e dos tipos e/ou modelos dos EEMs existentes.

b) quanto à perspectiva, às técnicas de coleta e tratamento de dados.

O estudo tem como perspectiva um diagnóstico do CC do HU da UFMS, baseado em procedimentos de normas técnicas. Porém, algumas informações inerentes às partes físicas das instalações elétricas não foi possível serem obtidas, como por exemplo, medição da resistência do sistema de aterramento e de pisos semicondutores, devido à insuficiência de espaço físico e equipamento adequado.

As medições de parâmetros elétricos foram realizadas nos EEMs e quadros de distribuição individualmente, não sendo possível a simultaneidade de medições devido a quantidade reduzida de medidores. As informações obtidas a partir das medições foram expostas através de gráficos e quadros, limitando-as a alguns valores relevantes.

c) quanto aos aspectos externos.

O setor escolhido para a pesquisa, o CC, é bastante complexo e de intensa atividade. Todos os dias e a qualquer horário podem ser realizadas intervenções cirúrgicas no local, limitando o acesso direto às salas e tornando distinto cada registro de parâmetros elétricos. Estes aspectos considerados nas análises tornam a interpretação dos valores obtidos variável, impossibilitando de ser aplicada a outro CC.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a elaboração de um diagnóstico no CC do HU da UFMS, baseado em normas técnicas, identificando deficiências em suas instalações elétricas que possam interferir no funcionamento de EEMs comprometendo as atividades e a segurança de pacientes e funcionários, além de avaliar a presença de harmônicas na energia utilizada.

1.4.2. Objetivos Específicos

As metas físicas a serem atingidas dentro da pesquisa no CC do Hospital Universitário serão:

- Elaborar um diagnóstico, fundamentado em normas e recomendações para os EASs, onde serão apontadas medidas corretivas e preventivas para a mitigação de problemas, que poderá ainda servir como um guia para a instalação de novos equipamentos e futuras reformas no hospital;
- Avaliar a presença de harmônicas de tensão e corrente, além de interferências eletromagnéticas nas instalações elétricas e junto aos EEMs;
- Identificar pontos na infra-estrutura hospitalar do CC que possam interferir na funcionalidade e segurança dos EEMs.

1.5. Organização do Trabalho

A dissertação será dividida em 7 capítulos. Neste capítulo introdutório foram descritos os objetivos geral e específicos que este trabalho procura atingir, além da justificativa de sua realização.

No capítulo 2 será apresentada a Revisão de Literatura sobre o tema enfocando ainda mais a importância da realização de diagnósticos de instalações elétricas em EASs e a necessidade de analisar a qualidade da energia elétrica utilizada. São citados estudos de caso realizados, tanto no Brasil quanto no exterior, além de trabalhos visando diretamente a análise do comportamento da interação entre equipamento eletro-eletrônicos no interior de CCs.

No capítulo 3 será abordado o conceito de qualidade de energia elétrica, enfocando as harmônicas e problemas referentes à interferência eletromagnética. Finalizando o capítulo, serão apresentadas configurações e aplicações de sistemas de aterramento, além de sua importância num ambiente hospitalar.

No capítulo 4 são caracterizadas as partes envolvidas numa instalação elétrica de um CC, baseado em normas técnicas. Serão descritos critérios de segurança que devem ser seguidos para a utilização de itens que compõem a infra-estrutura, como fontes de alimentação de Energia Elétrica de Emergência (EEE), quadros de distribuição, tomadas elétricas, sistemas de iluminação e pisos semicondutores.

No capítulo 5 serão apresentados a Metodologia utilizada para a realização desta pesquisa e os Resultados Obtidos. Serão descritas as etapas, desde as visitas preliminares aos setores do HU para escolha do mais susceptível a problemas até as especificações dos tipos de analisadores de energia utilizados para as medições de níveis de harmônicas. Através dos dados obtidos, serão gerados gráficos e quadros para análise das medições e apontadas inadequações nas instalações detectadas mediante levantamentos de campo e entrevistas com funcionários.

O capítulo 6 será destinado à Discussão do diagnóstico realizado nas instalações elétricas do CC, além de propostas recomendações visando a adequação das partes envolvidas. Será exposto um parecer sobre a importância das atividades realizadas e a contribuição que foi adquirida para o HU da UFMS.

No capítulo 7 será apresentada a Conclusão da dissertação e sugeridos trabalhos futuros que vêm a enriquecer a pesquisa realizada.

CAPÍTULO 2 - Revisão de Literatura

2.1. Introdução

O ambiente hospitalar exige uma avaliação rigorosa de suas instalações elétricas e dos EEMs utilizados fazendo com que os procedimentos médicos sejam realizados de forma segura e confiável. Este capítulo é destinado a Revisão de Literatura que foi feita para se aprender com as metodologias utilizadas nos estudos de caso já realizados e trabalhos voltados diretamente aos EEM.

2.2. Revisão de Literatura

No Brasil, de forma prática, já foram apresentados diversos trabalhos relacionados à EC aplicados diretamente em EASs.

Em 1997, foi realizado por (DOBES, 1997) um estudo para avaliação das instalações elétricas de um EAS, analisando a segurança no funcionamento de EEMs, dando enfoque aos sistemas de aterramento.

LUCATELLI (1998) propôs um estudo de procedimentos para manutenção preventiva de EEMs. O mesmo autor propôs em (LUCATELLI, 2002), a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade a equipamentos médico-hospitalares. Foi apresentada uma metodologia investigativa, lógica e estruturada, cuja aplicação fornece argumentos baseados no conhecimento, para a tomada de decisão acerca dos procedimentos de manutenção mais viáveis e custo-efetivos na gestão da falha de cada item, com vistas ao estabelecimento/conservação dos níveis mínimos de segurança e confiabilidade exigidos.

Em (NUNES, 2003) foi apresentada uma proposta de avaliação do desempenho dos ambientes de CC e Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) que fazem uso EEMs, através de rotinas fiscalizadoras que consistem em considerações e critérios multidisciplinares sobre planejamento de projetos físicos e instalações prediais para EASs, provenientes de normas e recomendações técnicas vigentes. Estas rotinas fiscalizadoras permitem diagnosticar pontos críticos de instalações inadequadas que interferem no funcionamento e segurança

dos EEMs e da funcionalidade dos espaços físicos, orientando e propondo diretrizes fundamentadas nos aspectos técnicos de infra-estrutura, suficientes para garantir o desempenho dos ambientes quanto ao uso de TMH. As rotinas propostas foram aplicadas em sete hospitais no estado de Santa Catarina, onde o Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade de Santa Catarina (IEB-UFSC) desenvolve um programa de EC em cinco deles.

Em (DEUS *et al.*, 2003) é apresentado um Estudo de Eficiência Energética no Hospital Universitário. Este estudo fundamentou-se no gerenciamento econômico da energia elétrica fornecida pela concessionária local, no levantamento de sua curva de cargas e propostas de medidas para efficientização e segurança das instalações elétricas, conforme proposta de trabalho dos pesquisadores.

Em se tratando de trabalhos nacionais, há estudos de problemas de compatibilidade eletromagnética e suas conseqüências em ambientes hospitalares. Em (CASTRO, 1997) foi analisada a funcionalidade e a segurança de unidades eletrocirúrgicas de alta freqüência, os chamados bisturis elétricos, utilizados em cirurgias. O trabalho objetivou sistematizar as informações existentes na área de eletro-cirurgia e o uso dos equipamentos. Inúmeros são os problemas decorrentes de sua utilização e apesar de ter passado mais de um século desde o primeiro uso, permanecem as dúvidas quanto às suas características, segurança e operação, sendo, portanto, uma tecnologia que apresenta um dos maiores índices de periculosidade presente hoje em CC.

Em (CABRAL, 2001), foram quantificadas e classificadas as alterações funcionais perceptíveis em determinados EEMs quando expostos aos campos elétricos produzidos por aparelhos de telefone celular. Enquanto a falta de compatibilidade entre tecnologias oferecer riscos aos pacientes, é essencial que as instituições de saúde estabeleçam programas visando a orientação dos usuários dos telefones celulares sobre o risco potencial que os mesmos possuem em produzir interferência nos EEMs. A presença do telefone celular em um ambiente não determina o aparecimento de interferência nos EEMs, mas aumenta a probabilidade de sua ocorrência. Erros de leituras em eletrocardiógrafos devido a falta de imunidade a níveis de interferência eletromagnética desses equipamentos foram abordados em (BANDOPADHYAY & VARKEY, 1999).

São poucos os trabalhos direcionados à área médica com enfoque em distúrbios relacionados à qualidade de energia, assim como é bastante reduzida a literatura especializada. Em 1999, foram realizados estudos com as finalidades de determinar a causa de perturbações em equipamentos elétricos num centro médico em Little Rock, Arkansas/USA e se existia qualquer correlação destes eventos com afundamentos de tensão no sistema da concessionária devido à ocorrência de faltas (HALL *et al.*, 1999). A interrupção de grandes *chillers* e equipamentos de ar condicionado associados, assim como equipamento de diagnósticos críticos e computadores foram uma das preocupações particulares. Este artigo descreveu os diferentes estágios desta avaliação de qualidade de energia que incluíram: (i) uma inspeção *in loco* das instalações do EAS (ii) monitoração contínua de parâmetros elétricos na entrada de serviço de energia elétrica e nos quadros que alimentam equipamentos elétricos sensíveis da instalação.

Em um hospital de Porto Rico foi realizada uma avaliação da presença das harmônicas (RAMIREZ-CASTRO *et al.*, 2000). O estudo baseou-se em diminuir as preocupações com a qualidade de energia dependentes das limitações impostas pelas instalações em análise, principalmente as restrições da infra-estrutura. Descreveu-se uma auditoria de qualidade de energia utilizada no EAS. Medições de corrente e tensão efetuadas em vários pontos foram fundamentais para avaliar a qualidade do serviço da concessionária assim como a condição do sistema elétrico do hospital, como um todo. O principal problema de qualidade de energia encontrado foi a distorção harmônica. Medições de taxas de Distorção Harmônica Total (DHT) foram usadas para localizar suas fontes. Áreas com problemas em potencial foram identificadas dentro das instalações e uma correlação foi feita entre os equipamentos médicos portáteis, como alguns tipos de aparelhos de raios-X. Recomendações foram apresentadas baseadas nos resultados da auditoria, que por sua vez poderiam ser utilizadas como um guia para a instalação de novos equipamentos e futuras expansões no hospital.

Na continuidade deste trabalho foram abordados, além da análise do hospital em Porto Rico, um estudo de caso de um hospital australiano (ISLAM *et al.*, 2001). Os principais problemas de qualidade de energia encontrados foram *flickers* de tensão, correntes elevadas em condutores neutros e distorção

harmônica. Novamente, medições de taxas de DHTs foram utilizadas para localizar fontes de harmônicas. Recomendações foram feitas baseadas nos resultados de cada medição. Ambos estudos serviram como sensibilização para a importância da qualidade de energia para equipamentos sensíveis encontrados em hospitais. As análises de qualidade de energia desenvolvidas fizeram parte de programas de estudo para participação de estudantes em projetos, que fazem destes, importantes ferramentas de suporte pedagógico. Mais recentemente, no VI Seminário Brasileiro sobre Qualidade de Energia Elétrica, foi apresentado um trabalho (FRANÇA & SOARES, 2005) sobre a importância da energia elétrica para a prestação dos serviços hospitalares, assim como, o seu impacto no custo operacional de um hospital. O tema foi abordado sob três enfoques: (a) ações de eficiência energética visando à redução do consumo; (b) influência da qualidade de energia na ocorrência de defeitos e falhas em EEMs; (c) impacto da falta de exigência de investimentos em ações preventivas e fontes de energia elétrica de retaguarda. Neste contexto, alertou-se a sociedade sobre o desperdício e prejuízos impostos aos serviços de saúde – tão carentes em nosso país, devido à falta de qualidade da energia elétrica a eles oferecida.

Quanto a normas que fiscalizam novos projetos e/ou alterações em EAS já existentes, os órgãos governamentais, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e comitês organizadores de normas técnicas, como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), têm procurado editar resoluções e normas visando adequar os EAS aos avanços dos recursos tecnológicos de forma segura e confiável.

De acordo com (LAMB, 2000), o Ministério da Saúde no final da década de 50, através da sua antiga Divisão de Organização Hospitalar, dava os primeiros passos no sentido de cumprir sua função normatizadora, editando os chamados padrões mínimos de planejamento hospitalar. Nos anos 60 o Instituto do Nacional do Seguro Social, através da Resolução 300/DNPS, instituiu um sistema de classificação hospitalar com a finalidade de propor critérios mínimos de exigência relativa à planta física, equipamentos, instrumentos organizacionais e pessoal técnico dos EAS.

Nas décadas seguintes uma série de normas e portarias foram editadas, das quais destacam-se: Portaria n.º 400/MS, de 6 de dezembro de 1977 – que por

17 anos regulou as construções e instalações hospitalares, e a Portaria n.º 1884/GM, de 11 de outubro de 1994, que implementava princípios básicos de planejamento arquitetônico de EAS, seguida da portaria n.º 674, de 31 de dezembro de 1997 – Consulta Pública.

Mais recentemente, a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002 (BRASIL, 2002), que substitui as portarias já citadas, estabelece a necessidade de atualização das normas existentes na área de infraestrutura física de EAS, além da importância de adequação às novas tecnologias na área da saúde. Está imposto que os projetos de EAS deverão obrigatoriamente ser elaborados em conformidade com a norma, além de outras estabelecidas em códigos, decretos, portarias, leis, federais, estaduais e municipais e de concessionárias de serviços públicos.

2.3. Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentada uma breve revisão bibliográfica que teve como objetivo obter informações sobre trabalhos nacionais e internacionais voltados a análise do funcionamento de EEMs em ambientes hospitalares, além de estudos de caso realizados. Foram citados também os principais comitês normatizadores nacionais, como a ABNT e ANVISA, que através de suas normas estabelecem critérios a serem seguidos para o devido funcionamento das instalações elétricas de um EAS.

No próximo capítulo serão descritos o conceito de qualidade de energia elétrica e um dos distúrbios que podem existir numa instalação, que são as harmônicas. Finalizando-o, serão abordados tópicos relacionados à interferência eletromagnética e sistemas de aterramento.

CAPÍTULO 3 - Qualidade de Energia Elétrica

3.1. Introdução

A qualidade da energia elétrica é um tema que vem promovendo diversas discussões por parte dos profissionais na área de engenharia elétrica, concessionárias de energia, fabricantes de equipamentos eletro-eletrônicos e consumidores finais. Neste segmento podem-se englobar as indústrias, residências, estações de telecomunicações e EASS. O assunto está ligado a um conjunto de alterações que tem ocorrido, devido a inúmeros fatores, no fornecimento de energia aos consumidores. Segundo PEREIRA *et al.*, (1997), os seguintes motivos justificam a preocupações decorrentes:

- Os equipamentos recentemente utilizados são mais sensíveis às variações na qualidade do suprimento elétrico do que aqueles usados antigamente;
- A utilização cada vez maior da eletrônica de potência na fabricação de equipamentos;
- O interesse pela conservação e melhor aproveitamento da energia elétrica.

Energia elétrica de boa qualidade é aquela que garante o funcionamento contínuo, seguro e adequado dos equipamentos elétricos e processos associados, sem afetar o meio ambiente e o bem estar das pessoas (BRONZEADO *et al.*, 1997).

Instalações elétricas alimentadas com tensões senoidais e equilibradas, com frequência e amplitudes constantes e de certa forma permanente, estará operando com energia elétrica com uma qualidade ideal, conforme Figura 3.1.

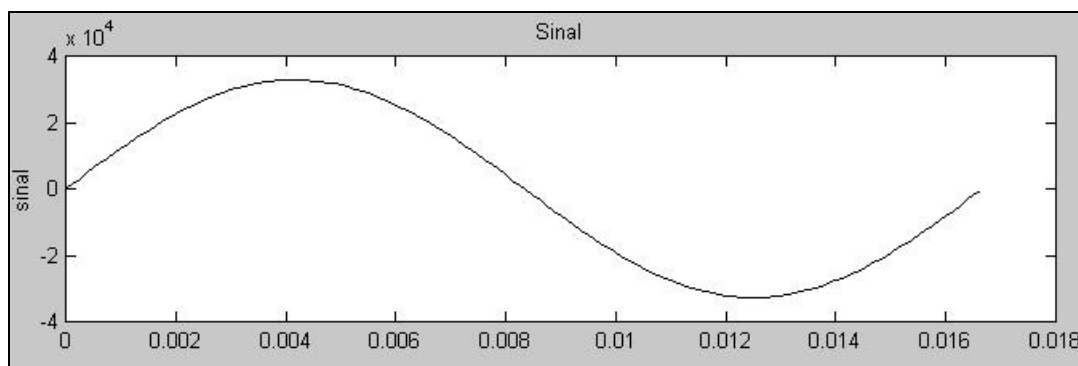


Figura 3.1 - Sinal senoidal (60 Hz).

O objetivo do estudo da qualidade de energia elétrica é detectar, analisar tanto quantitativamente quanto qualitativamente, os distúrbios existentes em seus sinais de corrente e tensão, e a partir daí propor medidas de prevenção, correção ou mitigação, para que se torne seguro e adequado o funcionamento de equipamentos eletro-eletrônicos e atividades associadas.

Podem-se relacionar alguns distúrbios relacionados à qualidade de energia elétrica, que interferem diretamente no funcionamento de equipamentos eletro-eletrônicos (BRONZEADO, 1997): variações transitórias de tensão, surtos de tensão, recortes na tensão (*notching*), subtensões momentâneas (*sags*), sobretensões momentâneas (*swells*), variações de tensão de longa duração, flutuações de tensão, efeito *flicker* (cintilação), desequilíbrios de tensões, ruídos, variações de frequências e harmônicas.

Os tipos de distúrbios analisados nesta pesquisa serão as harmônicas nas instalações elétricas do CC do HU. Os demais distúrbios poderão ser analisados em futuros trabalhos.

3.2. Harmônicas

Com o avanço tecnológico utilizado na fabricação de equipamentos eletrônicos, a ocorrência de um tipo de distúrbio tem acompanhado esse advento. Esse tipo de problema é a presença de harmônicas nas formas de onda de tensão e corrente.

Harmônicas podem ser caracterizadas através de suas taxas de distorção. Este termo tem sido usado tanto para os sinais de tensão como de corrente, para quantificar o nível de distorção da forma de onda com relação à forma de onda senoidal, à frequência fundamental.

Uma tensão ou corrente harmônica pode ser definida como um sinal senoidal cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental do sinal de alimentação.

A forma de onda de tensão ou de corrente em um dado ponto de uma instalação pode ter o aspecto do sinal que está mostrado na Figura 3.2 (PROCOBRE, 2001). Observando essa situação, vemos que a onda deformada T é a soma ponto a ponto dos sinais 1 e 5 formados por senóides de amplitudes e frequências diferentes, chamadas de harmônicas.

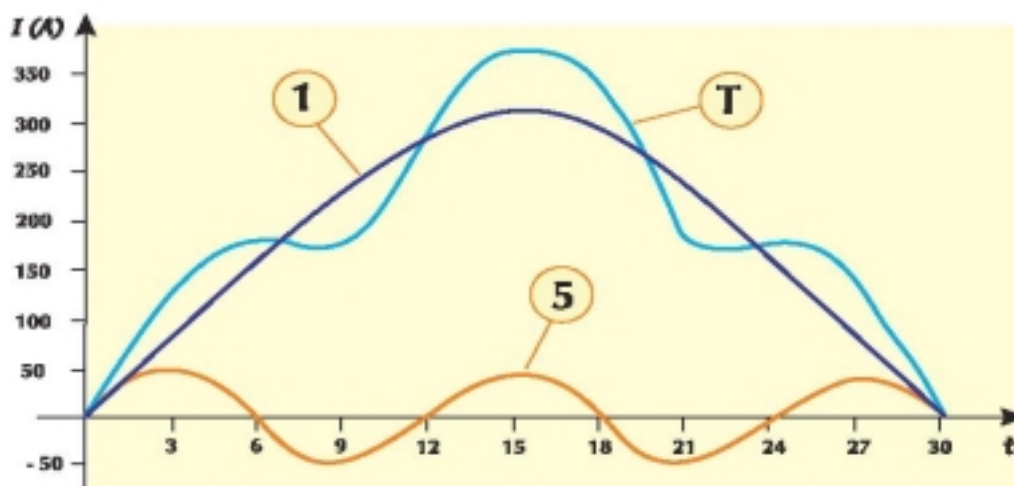


Figura 3.2 - Onda deformada e suas componentes harmônicas.

Desta forma, podemos dizer que um sinal periódico contém harmônicas quando a forma de onda desse sinal não é senoidal ou, dito de outro modo, um sinal contém harmônicas quando ele é deformado em relação a um sinal senoidal.

3.2.1. Ordem, Frequência e Seqüência das Harmônicas

Os sinais harmônicos são classificados quanto à sua ordem, frequência e seqüência, conforme indicado na Tabela 3.1 (DIAS, 1998):

Tabela 3.1 – Ordem, frequência e sequência das harmônicas.

Ordem	Frequência (Hz)	Sequência
1	60	+
2	120	-
3	180	0
4	240	+
5	300	-
6	360	0
n	N*60	-

Em uma situação ideal, onde somente existisse um sinal de frequência 60 Hz, apenas existiria a harmônica de ordem 1, chamada de fundamental.

Há dois tipos de harmônicas: ímpares e pares. Em uma instalação elétrica onde haja a presença predominante de sinais em corrente alternada, o espectro apresenta harmônicas de ordem ímpar, enquanto que as harmônicas de ordem par são encontradas nas instalações com sinais deformados em corrente contínua (DIAS, 1998).

3.2.2. Espectro Harmônico

O chamado “espectro harmônico”, registrado pelo analisador de energia 41B, da marca *Fluke*, apresentado na Figura 3.3 permite decompor um sinal também registrado pelo mesmo equipamento, apresentado na Figura 3.4, em suas componentes harmônicas e representá-lo na forma de um gráfico de barras. Este processo parte da premissa de que qualquer onda periódica contínua, em geral, pode ser representada pela soma de uma certa quantidade de ondas senoidais de diversas frequências (MAMEDE, 1997). Para expressar as diferentes ondas senoidais de frequências variadas é usual utilizar a série trigonométrica de Fourier.

Se a medição de uma corrente num circuito elétrico apresentar na tela de um analisador de energia uma onda não-senoidal, pode-se, através da série de Fourier, decompor a onda analisada em uma somatória de ondas senoidais, com

frequência e módulos definidos, sendo que cada parcela do somatório representa uma corrente harmônica correspondente.

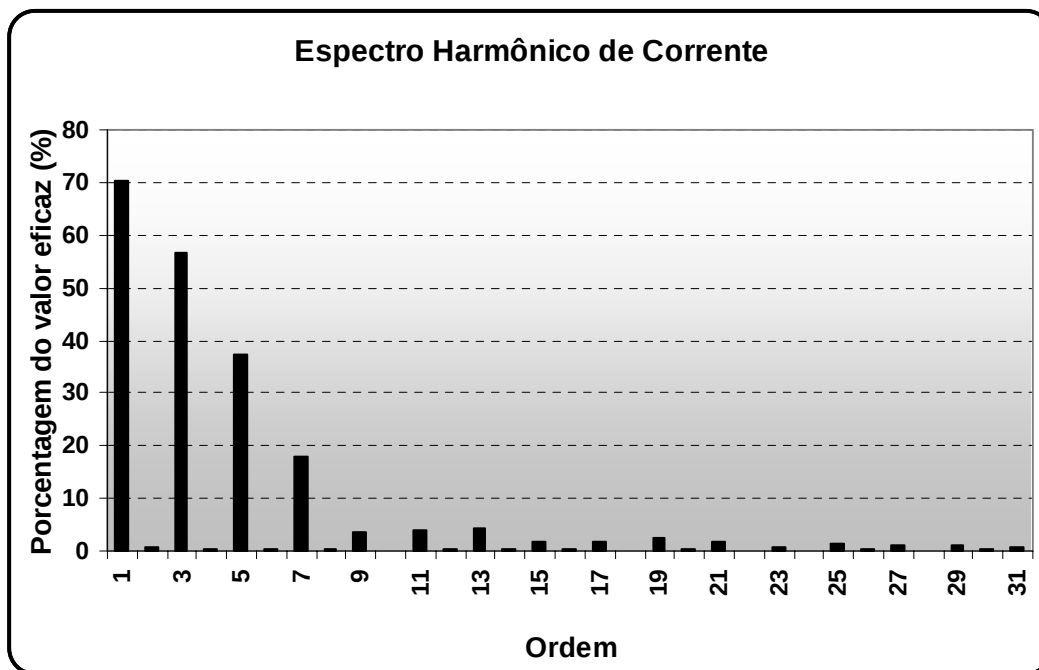


Figura 3.3 – Espectro harmônico de corrente.

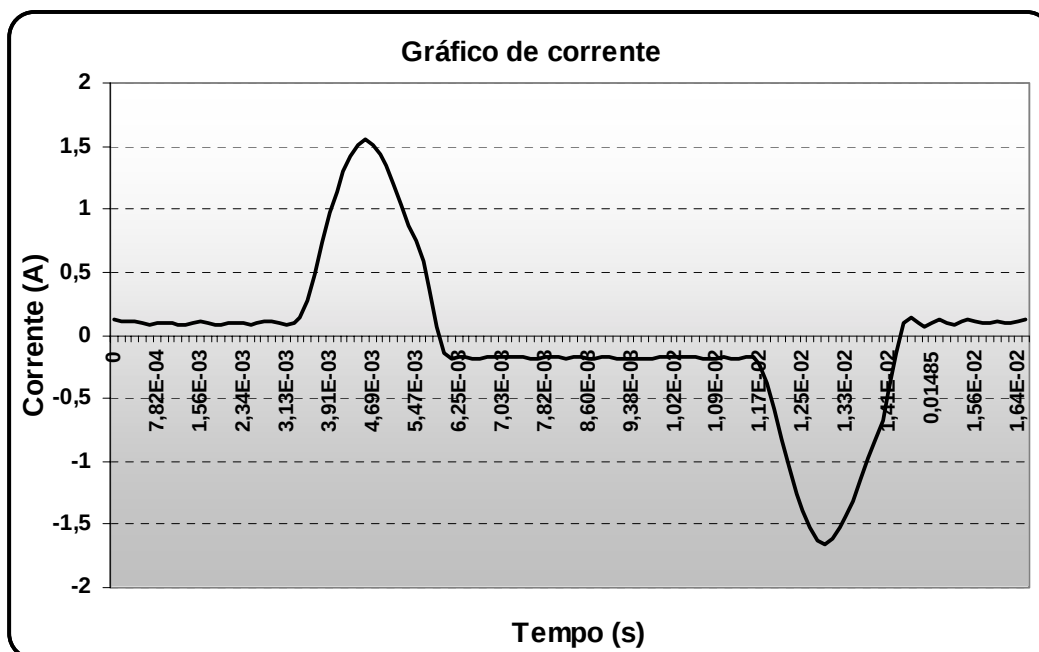


Figura 3.4 – Gráfico de corrente.

O espectro harmônico é uma representação de forma de onda no domínio da frequência. Teoricamente, o espectro harmônico de um sinal deformado qualquer chegaria ao infinito. Na prática, geralmente limita-se o número de harmônicas a serem medidas e analisadas por volta da ordem número 50, uma vez que os sinais acima dessa ordem não são significativos a ponto de poderem perturbar o funcionamento de uma instalação (DIAS, 1998).

3.2.3. Taxa de Distorção Harmônica Total (DHT)

Distorção Harmônica Total (DHT) é um importante conceito utilizado para quantificar o nível de harmônicas nas formas de onda de tensão e corrente. Duas diferentes definições para DHT podem ser encontradas na literatura. Na primeira definição, o conteúdo harmônico da forma de onda é comparado ao seu valor fundamental. Na segunda definição, o conteúdo harmônico da forma de onda é comparado ao seu valor eficaz, como mostram as Equações (3.1) e (3.2) (SHMILOVITZ, 2005):

$$DHTI_F = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (3.1)$$

$$DHTI_R = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} I_n^2}} \times 100\% \quad (3.2)$$

Onde:

$DHTI_F$ – Distorção Harmônica Total de Corrente comparada a sua fundamental (%).

$DHTI_R$ - Distorção Harmônica Total de Corrente comparada ao seu valor eficaz (%).

I_1 - Valor eficaz da corrente fundamental (A).

I_n - Valores eficazes das correntes harmônicas (A).

n – Ordem harmônica.

As Equações (3.1) e (3.2) também podem ser utilizadas para mostrar a Distorção Harmônica Total de Tensão (DHTV) substituindo os valores de corrente por valores de tensão nas expressões.

De acordo com SHMILOVITZ (2005), DHT_F é uma medição mais eficaz de conteúdo harmônico.

A distorção de corrente é provocada pela carga, ao passo que a distorção de tensão é produzida pela fonte geradora como consequência da circulação de correntes distorcidas pela instalação. Portanto, se a tensão é deformada, as correntes nas cargas também se deformam e, se as correntes se deformam, as tensões se deformam mais ainda e assim por diante.

Outras definições estão relacionadas ao Fator de Potência. Fator de Potência Convencional é agora chamado de Fator de Potência Deslocamento para relacionar o defasamento entre a corrente fundamental e tensão fundamental do sistema. O Fator de Potência de Distorção leva em consideração as correntes harmônicas que não contribuem com o trabalho produzido pela carga. O Fator de Potência Total é então a combinação dos Fatores de Potência de Deslocamento e o de Distorção (GAMA *et al.*, 2001).

3.2.4. Efeitos das Harmônicas

Como principais fontes de distorção harmônica nas instalações estão as cargas não-lineares que são cargas compostas por dispositivos eletrônicos.

Conforme TOFOLI *et al.*, (2003), essa não-linearidade tende a causar sérios efeitos indesejáveis, tais como:

- Aquecimentos excessivos em condutores de redes elétricas e em enrolamentos dos transformadores: devido à variação do valor eficaz da corrente poderá ocorrer o sobreaquecimento de condutores.
- Operações indesejáveis ou desligamentos repentinos de diversos equipamentos e dispositivos de proteção: os sinais harmônicos podem

apresentar correntes com valores eficazes pequenos, porém com elevados valores de pico, o que pode fazer com que alguns dispositivos de proteção termomagnéticos e diferenciais disparem. Isso ocorre porque as correntes harmônicas provocam um aquecimento ou um campo eletromagnético acima daquele que haveria sem a sua presença.

- Vibrações e acoplamentos: as altas frequências das harmônicas podem provocar interferências eletromagnéticas irradiadas ou conduzidas que, por sua vez, provocam vibrações em quadros elétricos, em transformadores e/ou acoplamentos em redes de comunicações, prejudicando a qualidade da conversação ou da troca de dados e sinais em geral.
- Aumento da queda de tensão e redução do fator de potência.
- Tensão elevada entre neutro e terra: a circulação de correntes harmônicas pelo condutor neutro provoca uma queda de tensão entre esse condutor e a terra, uma vez que a impedância do cabo não é zero. Em alguns equipamentos eletrônicos, a presença de uma certa tensão entre neutro e terra pode prejudicar a correta operação do mesmo.

Muitas cargas não-lineares podem ser consideradas como fontes de harmônicas em instalações médicas. Focos cirúrgicos, equipamentos de monitoramento de pacientes, equipamentos de raios-x portáteis e unidades eletrocirúrgicas (bisturis elétricos) são encontradas nas salas de cirurgia de um CC; além das cargas dos setores administrativos, como luminárias fluorescentes, microcomputadores e impressoras.

3.2.5. Medidas Típicas para Mitigação de Harmônicas

Existem algumas medidas que podem ser tomadas a fim de se mitigar ou eliminar a presença de harmônicas em instalações elétricas. Deve ser estudado cada tipo de situação para se evitar investimentos financeiros desnecessários. Podem-se citar as seguintes soluções:

- Utilização de filtros harmônicos (GAMA, 2001): são elementos incorporados no sistema para redução dos harmônicos ou aumento do fator de potência. Muitas vezes apresentam como consequência destas duas ações outras secundárias como: redução da corrente de neutro em sistemas trifásicos; minimização do impacto sobre os transformadores de distribuição; eliminação de possíveis ressonâncias em banco de capacitores utilizados para a correção do fator de potência; mitigação de interferência em sistemas de comunicação e aumento indireto da eficiência de motores.
- Dimensionamento de condutores neutro considerando as distorções harmônicas nas instalações: a norma NBR 5410 (ABNT, 2004), de instalações elétricas em baixa tensão apresenta a metodologia para o cálculo da seção de condutores em instalações com carga não-lineares.
- Utilização de equipamentos não geradores de distúrbios: optar pela utilização de equipamentos que gerem menos distorções e que sejam fabricados conforme normas técnicas consolidadas.

3.2.6. Normalização para Harmônicas

No contexto nacional não existem normas específicas consolidadas relativas a limites de harmônicas para EEM. São adotadas como referência normas internacionais como, por exemplo, a IEC 61000-3-2 (IEC, 2005) que se refere às limitações das harmônicas de corrente injetadas por equipamentos na rede pública de alimentação. Aplica-se a equipamentos elétricos e eletrônicos que tenham uma corrente de entrada de até 16 A por fase, conectado a uma rede pública de baixa tensão alternada, de 50 ou 60 Hz, com tensão fase-neutro entre 220 e 240 V. Para tensões inferiores, os limites não foram ainda estabelecidos. Para equipamentos com correntes de entrada acima de 16 A é recomendada a IEC 61000-3-4 (IEC, 1998).

3.3. Interferência Eletromagnética (IEM)

Em faixas de frequências mais elevadas, acima de 100 kHz pode-se destacar a Interferência Eletromagnética (IEM) como principal distúrbio que prejudica o funcionamento de EEMs. Segundo CANESIN (2003) é todo efeito não desejado de uma fonte de energia eletromagnética, natural ou não, em um outro dispositivo ou sistema, causado pela transmissão de sinais elétricos, magnéticos ou sinais irradiados (eletromagnéticos).

É necessário salientar que o problema de IEM não se refere única e exclusivamente ao sistema perturbado, devendo considerar também a fonte de emissão de ruídos. Isto ocorre porque um dado sistema ou dispositivo elétrico pode tanto receber sinais de interferência quanto emití-los. Tal fato implica na necessidade de se verificar a potencialidade que um dado sistema ou dispositivo possui para emitir sinais eletromagnéticos capazes de causar interferência, além de se determinar a predisposição do sistema ou dispositivo em questão a comportar-se de maneira inadequada na presença de interferências oriundas de outras fontes. Segundo KOUYOUMDJIAN (1996), Compatibilidade Eletromagnética (CEM) é a aptidão de um dispositivo, de um aparelho ou de um sistema, de funcionar em seu ambiente eletromagnético de modo satisfatório e sem produzir ele próprio, perturbações eletromagnéticas que possam criar problemas graves no funcionamento dos aparelhos ou dos sistemas situados em seu ambiente.

As questões de IEM tornam-se mais complicadas à medida que os circuitos dos equipamentos tornam-se cada vez mais miniaturizados, operando com sinais de baixíssimos níveis e frequências cada dia mais elevadas.

A preocupação com a questão da CEM deve iniciar-se durante o projeto das instalações de utilidade, tais como as instalações elétricas, de comunicação de voz e dados.

Assim sendo, a intensidade dos efeitos de uma IEM depende basicamente de três fatores:

- a) Intensidade do sinal de interferência gerado pela fonte (por exemplo: sinais de rádio e emissão eletromagnética das redes de energia elétrica).
- b) Tipo de acoplamento (meio de condução) existente entre a fonte de IEM e o sistema perturbado (por exemplo: ar, condutores de energia elétrica e condutores do circuito de transferência de dados).
- c) Susceptibilidade do dispositivo (sistema perturbado) à IEM emitida pela fonte (por exemplo: monitores de computadores e eletrocardiógrafos).

Portanto, o estudo de problema de IEM pode ser realizado a partir do sistema representado na Figura 3.5 (CANESIN, 2003):



Figura 3.5 – Caracterização de um sistema perturbado por IEM (modelo fundamental).

As concessionárias de energia de alguns países já vem adotando, no projeto dos seus sistemas elétricos de transmissão e distribuição, critérios de CEM, de forma a não afetar os clientes que residem nas proximidades de suas redes e subestações de potência.

Quando um componente de um sistema elétrico seja linha de transmissão, de distribuição ou subestação transformadora, está em operação nas proximidades de outras instalações, tais como centrais de telecomunicação e centros de informática, podem ocorrer interferências eletromagnéticas através de quatro diferentes tipos de acoplamento (MAMEDE, 1997):

3.3.1. Acoplamento Indutivo ou Magnético

Entende-se por acoplamento indutivo o campo magnético produzido por um sistema emissor, que induz tensões numa instalação, denominada sistema

receptor, localizado na sua vizinhança. É diretamente proporcional à taxa de variação da corrente e a indutância mútua entre circuitos.

Esse acoplamento pode proporcionar:

- Correntes elétricas circulando pelo equipamento receptor e a terra;
- Diferenças de potencial entre o equipamento receptor e a terra devido às tensões induzidas.

As forças eletromotrizes induzidas são resultados da variação do campo magnético no tempo, ou conforme Equação 3.3 (MAMEDE, 1997):

$$e = L \times di/dt \quad (3.3)$$

Onde:

e – Força eletromotriz (Volt)

L – Indutância (Henry)

di/dt – Variação da corrente (Ampère/segundo)

Tanto os circuitos aéreos como os subterrâneos são fontes potenciais de campos eletromagnéticos.

Quando condutores de energia elétrica estão próximos a instalações subterrâneas ou aéreas, tais como tubulações de gás, ferrovia, ou condutores de telecomunicações, pode induzir neles forças eletromotrizes capazes de produzir diferenças de potenciais elevados e, conseqüentemente, a possibilidade de rompimento da rigidez dielétrica do meio.

Os campos magnéticos podem afetar também equipamentos sensíveis instalados em suas proximidades. O campo magnético pode induzir tensões diretamente nos circuitos impressos das placas eletrônicas ou nos circuitos das instalações elétricas desses equipamentos, quando posicionamos em paralelo e próximo à rede aérea existente.

O valor das forças eletromotrizes induzidas é função de algumas condições a que ficam submetidas, tanto da instalação indutora como da instalação afetada:

- a) Afastamento entre o sistema emissor e o receptor;
- b) Comprimento do paralelismo;
- c) Correntes de defeito;
- d) Correntes de desequilíbrios;
- e) Blindagem da instalação receptora;

3.3.2. Acoplamento Capacitivo ou Eletrostático

Entende-se por acoplamento capacitivo a transferência de energia da instalação emissora para uma instalação localizada na sua vizinhança através das suas capacitâncias próprias e mútuas. É diretamente proporcional à taxa de variação da tensão e à impedância entre o circuito responsável pela perturbação e o circuito agredido. Esse acoplamento pode proporcionar:

- Uma corrente elétrica fluindo através da conexão à terra do sistema receptor aterrado.
- Uma diferença de potencial induzida entre o sistema receptor e a terra, se o receptor não estiver aterrado.

O valor do campo elétrico ao qual fica submetido o sistema receptor é função de algumas condições físicas e operacionais do sistema emissor e receptor, ou seja:

- a) Nível de tensão na fonte;
- b) Comprimento da exposição;
- c) Proximidade;
- d) Tensões de desequilíbrio.

3.3.3. Acoplamento por Irradiação Eletromagnética

Entende-se por acoplamento por irradiação eletromagnética as ondas de equipamento de telecomunicações que se propagam pelo ar e interferem nos equipamentos eletrônicos sensíveis.

O acoplamento por radiação eletromagnética ocorre quando o equipamento sensível está a uma distância da fonte emissora superior a $1/6$ do comprimento da onda irradiada.

3.3.4. Acoplamento Resistivo ou por Impedância Comum

Entende-se por acoplamento resistivo a transferência de potencial de um ponto qualquer do solo, onde é injetada uma corrente elétrica, a um ponto remoto nas proximidades.

Em condições normais de operação, basicamente, nenhuma corrente significativa é injetada no solo, não havendo, portanto, nenhum acoplamento resistivo. No entanto, em determinadas situações, podem surgir fortes transferências de potenciais, ou seja:

- Descargas atmosféricas injetadas diretamente no solo através ou não de sistemas captores.
- Correntes monopolares de curto circuito.

Essas correntes propiciam tensões de passo e de contato elevadas e perigosas ao indivíduo, podendo parte dessas correntes ser transferida para as instalações receptoras, localizadas nas proximidades.

O acoplamento resistivo pode ser melhor entendido, exemplificando-se o caso de uma descarga atmosférica captada pelo sistema de proteção e transferida à malha de terra a qual está conectado. A partir da malha de terra, a corrente elétrica é injetada no solo, indo atingir as instalações subterrâneas nas suas proximidades. Os fatores que influenciam o acoplamento resistivo são:

- a) Proximidade;
- b) Resistividade do solo;
- c) Corrente injetada no solo.

Se um determinado sistema receptor estiver sob a ação de um acoplamento resistivo, e uma pessoa fizer um contato físico com este, estará sujeito a uma corrente elétrica, cujas conseqüências dependem de algumas condições. O valor da corrente de choque é função das condições físicas em que se encontra a pessoa. O caminho da corrente influencia a severidade do acidente. A condição mais desfavorável é aquela em que a corrente elétrica entra pelo braço esquerdo e sai pela perna direita. Nesse trajeto, pode atingir mortalmente o coração (KINDERMANN, 2002).

3.4. Classificação de Distúrbios em Relação à sua Frequência

Segundo DECKMANN (1998), conforme sua faixa de frequência, podemos classificar os distúrbios relacionados à energia elétrica em distúrbios de baixa, média e alta frequência, apresentados na Figura 3.6:

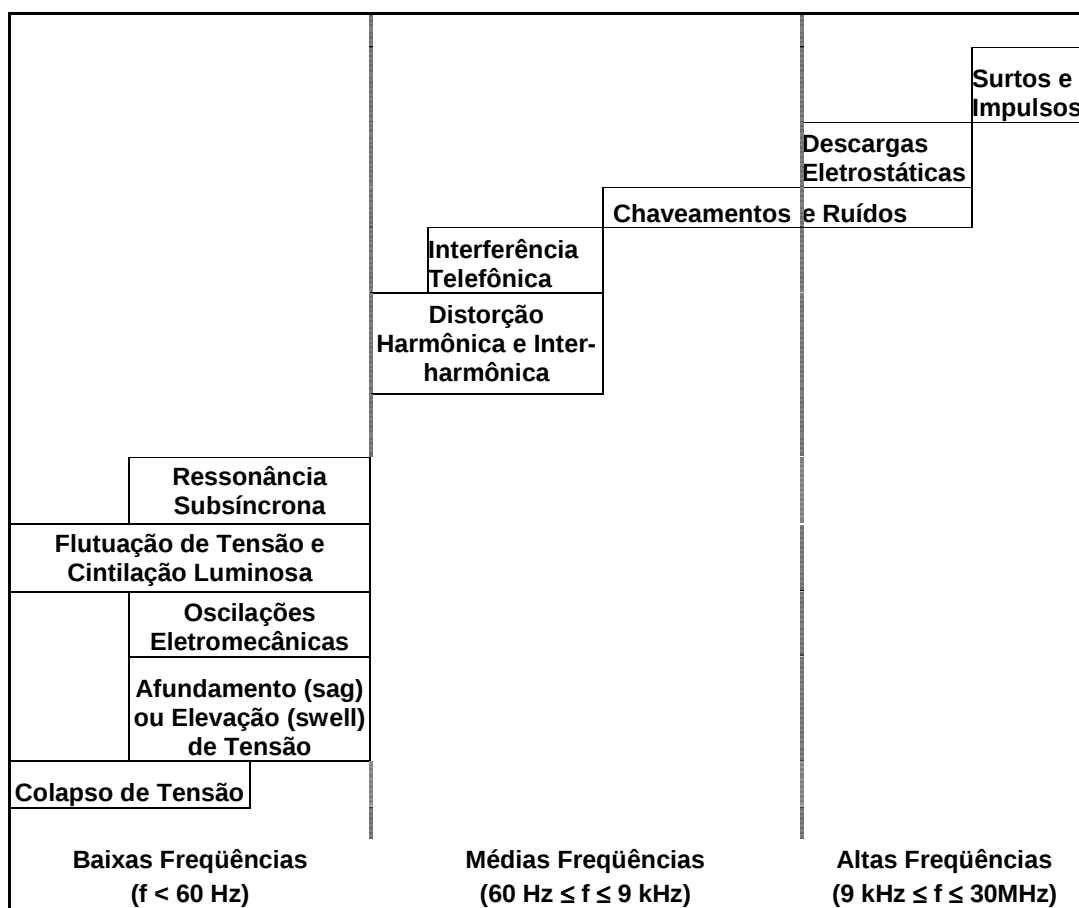


Figura 3.6 – Classificação de distúrbios de energia elétrica em faixas de frequência.

3.5.Sistemas de Aterramento

Em EASs uma das principais preocupações, quando se utiliza a energia elétrica, é a proteção contra choques elétricos em funcionários e pacientes e a garantia do correto funcionamento e proteção dos EEMs. Para tanto, um sistema de aterramento devidamente projetado, além de outros dispositivos, como Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS) e transformadores de isolamento são necessários.

Devido a crescente gama de EEMs que vem sendo utilizada em EASs, construídos principalmente com componentes eletrônicos, os quais necessitam de uma energia de melhor qualidade, livre de interferências, o papel dos sistemas de aterramento vem se tornando cada vez mais importante.

Segundo SANTANA (1996), “entende-se por perfeito funcionamento de um EEM a correta captação, sem distorções, livre de interferências, dos diversos sinais elétricos representativos de atividades biológicas humanas”.

Para se ter um sistema de aterramento adequado algumas considerações devem ser feitas (MAMEDE, 1997):

- O condutor neutro é normalmente isolado e exerce a sua função básica de conduzir as correntes de retorno do sistema;
- O condutor de proteção exerce a sua função básica de conduzir à terra as correntes de massa (partes metálicas não energizadas);
- O condutor de referência de sinal eletrônico deve exercer a sua função básica de referência de potencial do circuito eletrônico.

Segundo MAMEDE (1997), podem-se relacionar alguns tipos de sistemas de aterramento geralmente utilizados:

- Sistema de aterramento de força: Neste tipo de sistema tanto as massas como a barra de referência de sinal eletrônico são aterradas na malha de do sistema de força, na malha de terra da subestação, por exemplo. Estas malhas são projetadas para operarem com correntes de baixa frequência (60 Hz), porém, tratando-se de equipamentos eletrônicos, cuidados

adicionais devem ser tomados, quando estão envolvidas correntes de frequência de dezenas de MHz, o que limita a eficácia desse tipo de aterramento. Os circuitos de corrente contínua presentes num equipamento eletrônico que são ligados a barra de referência sinal poderão funcionar inadequadamente se houver alteração nesse potencial de referência.

- Sistema de aterramento independente: O sistema de aterramento independente se caracteriza pelo aterramento, em malha de terra específica, de todas as barras de terra de sinal eletrônico. Enquanto que o aterramento das carcaças dos equipamentos eletrônicos é feito utilizando a malha de terra do sistema de força.
- Sistema de malha de terra de referência de sinal: Esse sistema se caracteriza pela construção de duas malhas de terra. A primeira deve ser projetada de maneira convencional e é destinada ao aterramento dos equipamentos de força. A segunda malha de terra, denominada malha de terra de referência de sinal, é destinada ao aterramento da barra de terra de referência de sinal dos equipamentos eletrônicos. O seu dimensionamento deve ser feito considerando a circulação de correntes de alta frequência. Devido às suas vantagens sobre as soluções anteriormente adotadas, a malha de terra de referência é hoje empregada como a melhor forma de prover os equipamentos eletrônicos de um aterramento que atenda tanto às condições de circulação de correntes de alta frequência, quanto à circulação de correntes de baixa frequência, além de equalizar os potenciais das duas malhas. Dessa forma, as perigosas correntes de descarga que circulam pela malha de terra não provocam distúrbios prejudiciais aos equipamentos eletrônicos.

Quanto às configurações das ligações dos condutores de alimentação de uma instalação elétrica em relação à terra e das massas em relação à terra, podem ser simbolizadas ainda através de letras conforme proposto por ABNT (2004): sistema TN, sistema TN-S, sistema TN-C, sistema TN-C-S, sistema TT e sistema IT ou IT-Médico.

Para cada tipo de instalação elétrica é avaliada a necessidade de uma determinada configuração.

Em um EAS não é permitida a utilização do sistema TN-C. O sistema IT-Médico é obrigatório em locais do Grupo 2, ambientes onde se utilizam EEMs essenciais à manutenção da vida ou cujas partes estejam aplicada ao coração, que é o caso de um CC (ABNT, 1995).

O sistema IT-Médico é aquele em que o ponto de alimentação não está diretamente aterrado, conforme apresenta a Figura 3.7.

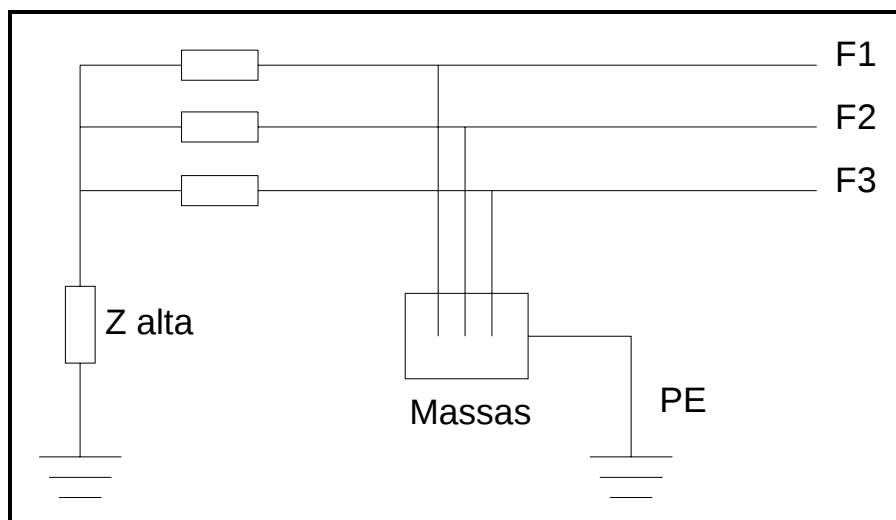


Figura 3.7 – Esquema IT médico.

No esquema IT todas as partes vivas são isoladas da terra ou um ponto da alimentação é aterrado através de uma impedância de valor suficientemente elevado sendo esta ligação feita ao ponto neutro da fonte. As massas são ligadas ao terra por meio de um ou mais eletrodos de aterramento próximo.

Neste sistema a corrente resultante de uma única falta fase-massa não tem intensidade suficiente para provocar o surgimento de tensões perigosas, protegendo a vida do paciente e do corpo clínico, não sendo obrigatório o seccionamento da alimentação. No caso da ocorrência de uma segunda falta à massa ou à terra, simultaneamente à primeira, as correntes de defeito tornam-se extremamente elevadas, pois isto implica um curto-circuito entre duas fases. Segundo ABNT (1995), a proteção contra contatos indiretos, por seccionamento

automático de alimentação do sistema IT-médico deve contar com Dispositivos Supervisores de Isolamento (DSI), transformadores de isolamento e sistemas de alarmes, de modo que a instalação possa ser permanentemente supervisionada.

Ainda se tratando de sistemas de aterramento, devem sempre ser mantida a equipotencialização de sistemas.

A equipotencialização é considerada a medida mais eficaz para diminuir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro de uma instalação elétrica (ABNT, 2005). É obtida através da utilização de condutores de ligação equipotencial, eventualmente incluindo DPS, interligando o Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), a armadura metálica da estrutura, as instalações metálicas e as massas.

Em cada local de um EAS deve haver uma ligação equipotencial, visando a equalização das diferenças de potencial entre os seguintes elementos (ABNT, 1995):

- a) barra PE (barra dos condutores de proteção);
- b) elementos condutores estranhos à instalação;
- c) blindagens contra interferências;
- d) malha metálica de pisos condutivos;
- e) massas de equipamentos SELV (equipamentos que são alimentados com tensão que não excede um valor nominal de 25 V em corrente alternada, ou 60 V em corrente contínua, isenta de ondulações, como luminárias cirúrgicas;
- f) barra de ligação equipotencial.

Destes elementos podem ficar excluídos de ligação equipotencial aqueles que se situam ou só são acessíveis acima de 2,5 m do piso.

Mesas cirúrgicas fixas, não-elétricas, devem ser ligadas à barra de ligação equipotencial.

No interior ou nas proximidades de cada quadro de distribuição deve existir uma barra de ligação equipotencial, à qual os condutores de equipotencialidade possam ser ligados. As conexões devem ser claramente visíveis e devem permitir a desconexão individual de cada uma delas. Embora

todo condutor de equipotencialidade seja considerado também um condutor de proteção, costuma-se empregar um ou outro termo, dependendo do tipo de elemento que é ligado ao sistema de aterramento geral da instalação. Assim, o termo condutor de proteção na prática é geralmente reservado para o condutor que liga o contato PE das tomadas de corrente ou o terminal de aterramento (PE) dos equipamentos de utilização à barra PE do quadro de distribuição. Enfim, o condutor de proteção é o que aterra as massas. Já o condutor de equipotencialidade é o que liga os elementos condutores estranhos à instalação, como, por exemplo, as tubulações metálicas de água e de gás e esquadrias metálicas de janelas, à barra de ligação equipotencial do quadro. Ao nível de cada quadro, portanto, haveria duas barras: a barra PE e barra de ligação equipotencial. Ambas devem ser interligadas (ABNT, 1995).

3.6. Considerações Finais

Neste capítulo foi apresentado o conceito de qualidade de energia elétrica e sua importância para as instalações elétricas de um EAS. Dos distúrbios de qualidade existentes, esta pesquisa limitar-se-á à análise das harmônicas.

Em uma faixa de frequência maior, são abordados os problemas de interferência eletromagnética.

Finalizando o capítulo é descrita a necessidade de sistemas de aterramento num ambiente hospitalar.

No próximo capítulo serão descritas as partes que compõem uma instalação elétrica de um CC.

CAPÍTULO 4 – Instalações Elétricas em Centros Cirúrgicos

4.1. Introdução

O funcionamento das instalações elétricas de um CC necessita de cuidado redobrado a fim de promover a segurança de pacientes e do corpo clínico. Para assegurar sua operação, normas técnicas devem ser seguidas rigidamente. No entanto, muitas vezes devido à escassez de recursos empregados no setor de saúde, a implementação de sua infra-estrutura não tem acompanhado a evolução tecnológica dos EEMs. Contribuem a essa falta de interatividade o mau gerenciamento dos responsáveis pelas instituições, além da falta de valorização de mão-de-obra especializada.

Neste capítulo será abordada a importância da EC para um EAS e serão descritos alguns critérios, regidos por normas técnicas, que devem ser observados numa instalação elétrica.

4.2. Engenharia Clínica

Em qualquer atividade profissional um bom planejamento representa a efficientização de materiais, de tempo e espaço físico, além do retorno de investimentos financeiros. Ressalta-se que após a concepção de uma obra faz-se necessária a aplicação de medidas preventivas que garantam o funcionamento de equipamentos e instalações.

Em situações que são empregadas medidas corretivas parciais, aparentemente mais baratas, rápidas e fáceis, para sanar problemas corriqueiros, tornam-se evidentes que as soluções não são adequadas com as necessidades do EAS, verificando-se que com o passar do tempo apontam os erros cometidos, agravando os custos gerenciais.

O planejamento estratégico para a execução de ações que visem a efficientização da infra-estrutura de um EAS é, portanto, fundamental para a aplicação de tecnologias modernas de diagnósticos e tratamento de pacientes.

É dever dos responsáveis pela direção das instituições de saúde contratar profissionais aptos a proporcionar soluções compatíveis com a situação das instalações, tanto elétricas, quanto de redes de gases, condicionadores de ar, hidro-sanitárias e outras que compõem a estrutura física de um EAS. Estes profissionais devem estar cientes de suas responsabilidades, fornecendo todo um suporte para a realização das atividades de forma adequada e respeitando normas cabíveis.

De acordo com BRONZINO (1992), “Engenharia Clínica é um ramo da engenharia biomédica aplicada para a garantia de funcionamento das instalações de um hospital ou clínica”. Nestes ambientes são aplicados procedimentos para inspeções de segurança de instalações. Todo tipo de EEM de atendimento a pacientes que não estão sendo utilizados de forma devida ou possuem alguma falha em seu funcionamento são analisados pelo engenheiro clínico.

As principais atividades desenvolvidas por uma estrutura de EC, conforme BARBOSA (1999), compreendem:

- treinamento dos usuários dos EEMs (médicos e enfermeiros);
- avaliação de aspectos de segurança e de riscos com equipamentos;
- manutenção de equipamentos do hospital quando possível;
- gerenciamento de manutenções externas;
- gerenciamento de contratos de manutenção;
- manutenção preventiva de equipamentos e instalações;
- análise de custos/viabilidade de implementação de novas TMHs e especificações para aquisições de EEMs;
- inspeção técnica de novos equipamentos e daqueles que retornam de manutenções;
- testes de segurança em equipamentos e instalações elétricas;
- informatização do setor;
- pesquisas sobre novas TMHs;
- documentação técnica com catálogos e manuais de operação e de serviços;

Os resultados da implementação de uma estrutura de EC nos hospitais são claramente identificados nos seguintes benefícios, segundo BARBOSA (1999):

- aumento da confiabilidade, qualidade e segurança, a pacientes e usuários, nos procedimentos que utilizam EEMs;
- agilidade no atendimento a EEMs, diminuindo o tempo de indisponibilidade, proporcionando uma significativa redução de custos de manutenção corretiva;
- no gerenciamento de compras, conseguindo uma redução nos valores e evitando a compra de equipamentos de baixa qualidade;
- garantindo a aplicação adequada de recursos financeiros em TMHs evitando desperdícios e garantindo o acesso a novas tecnologias.

No HU da UFMS não existem profissionais especializados na área de EC que atendam as necessidades de um EAS. As deficiências são sanadas pelos próprios técnicos da manutenção. Um dos objetivos desta pesquisa é contribuir com o hospital avaliando as condições das instalações elétricas do CC.

4.3. Centro Cirúrgico

Define-se “Hospital como EAS dotado de internação, meios diagnósticos e terapêuticos, com o objetivo de prestar assistência médica curativa e de reabilitação, podendo dispor de atividades de prevenção, assistência ambulatorial, atendimento de urgência/emergência e de ensino/pesquisa” (BRASIL,2002).

As atribuições de um EAS, dividido em atividades e sub-atividades, compõem sua organização físico-funcional apresentada na Figura 4.1. As atividades de realização de procedimentos cirúrgicos e endoscópicos situam-se dentro da atribuição de apoio ao diagnóstico e terapia.

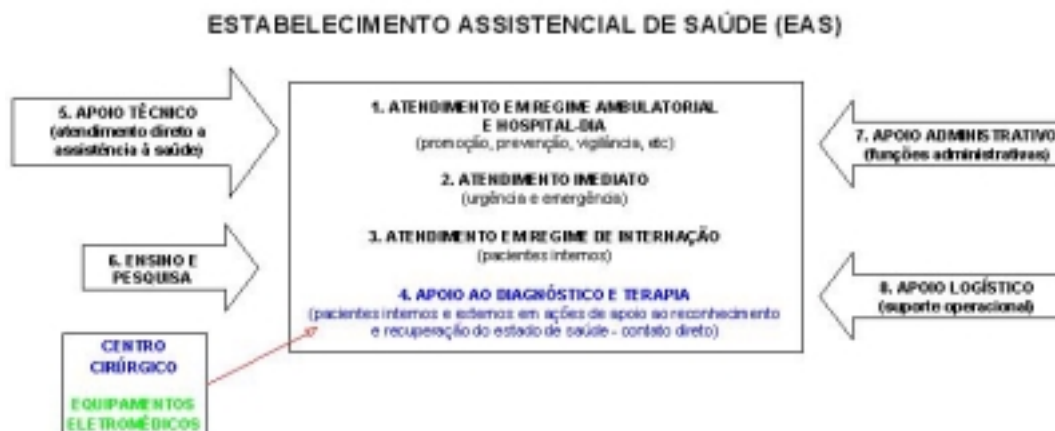


Figura 4.1 – Diagrama das atribuições de EAS, situando o CC, unidade que depende totalmente de EEMs e que requer infra-estrutura especial.

De acordo com LAMB (2000), no EAS, o CC deve estar localizado de modo que fique mais próximo possível das Unidades de Urgência/Emergência, de Internação de Clínica Cirúrgica, das Unidades de Tratamento Intensivo e de fácil acesso à Recuperação e Central de Materiais e Esterilização, além de ser protegido do tráfego externo.

O CC pode ser dividido em três tipos de ambientes (BRASIL, 2002):

- Ambientes obrigatórios: área de recepção de pacientes; salas de cirurgias pequenas, médias e/ou grandes, dependendo da especialidade; sala de apoio às cirurgias especializadas (quando houver este serviço no EAS); área de escovação; área de indução anestésica; posto de enfermagem e serviços; sala de guarda e preparo de anestésicos; área de recuperação pós-anestésica (RPA) e área para prescrição médica.
- Ambientes de apoio obrigatórios: sala de utilidades; banheiros com vestiários para funcionários (barreira); sala administrativa; laboratório para revelação de radiografias (*in loco* ou não); sala de preparo de equipamentos/material; depósito de equipamentos e materiais e sala de distribuição de hemocomponentes.
- Ambientes de apoio não obrigatórios: copa; sala de espera para acompanhantes (anexa à unidade); sanitários para acompanhantes (sala de espera); sala de estar para funcionários; área para guarda de macas e cadeiras de rodas, área de biópsia de congelamento.

As salas de cirurgia podem ser divididas, de acordo com a especialidade cirúrgica que nelas são desenvolvidas e pelo seu tamanho: sala pequena de cirurgia, sala média de cirurgia e sala grande de cirurgia (BRASIL, 2002).

Existe uma grande quantidade de EEMs nestes locais, havendo necessidade de terem áreas mínimas e instalações elétricas adequadas para uso simultâneo de vários equipamentos para cada tipo de tarefa.

De acordo com NUNES (2003), por EAS a quantidade mínima é de duas salas de cirurgia. A cada 50 leitos não especializados ou 15 leitos cirúrgicos, deve existir uma sala de cirurgia. Para EASs especializados em cardiologia, neurologia e outras, devem ser feitos um cálculo específico. Somando todas as áreas das salas de cirurgia, o resultado deve ser no mínimo, equivalente a um terço da área total do CC (MARGARIDO, 1996).

Uma das atividades do CC também é proporcionar cuidados pós-anestésicos ao paciente. Para tanto existe a sala de recuperação pós-anestésica (RPA). Segundo LAMB (2000), ela pode ser uma unidade própria, porém contígua ao CC.

Outros ambientes que contém EEMs onde tornam-se imprescindíveis as análises da interação entre eles e a própria instalação a que estão ligados são: o depósito de equipamentos e materiais, onde é o local destinado a guardar todos os EEMs que estejam em condição de uso, devidamente testados e limpos; a sala de preparo de equipamentos e materiais, que é a área destinada aos procedimentos de limpeza e desinfecção de EEMs e materiais; e a área de biópsia de congelamento, local destinado a exames de congelamento de material anatomopatológico. Caso ela seja instalada no CC, deve conter todos os equipamentos para cortes de congelamento que possam oferecer resultados seguros (NUNES, 2003).

4.4. Instalações Elétricas em Centros Cirúrgicos

O CC de um EAS é um setor onde é vital que suas instalações elétricas e os EEMs ligados à ela esteja em perfeito funcionamento. Para tanto, os critérios mínimos que devem ser seguido são aqueles prescritos em normas. Além das já

citadas do Ministério da Saúde (BRASIL, 1996) (BRASIL, 2002), são indicadas as da ABNT: NBR 5410/2004 “Instalações Elétricas em Baixa Tensão”; NBR 5419/2005 “Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas”; NBR 5413/1985 “Iluminância de Interiores” e NBR 13534/1995 “Instalações Elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde”.

Conforme a NBR 13534/1995 (ABNT, 1995), os setores médicos de um EAS podem ser classificados de acordo com o Grupo, que é referente ao EEM utilizado, e conforme a Classe, que se refere ao tempo de comutação da alimentação normal para a de segurança com que o EEM deve ser suprido, apresentados nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 – Classificação das áreas quanto ao grupo.

GRUPO	TIPO DE EEM
0	Sem parte aplicada ao corpo humano
1	Parte aplicada externamente ao corpo, ou parte aplicada a fluídos corporais, porém não aplicada ao coração
2	Parte aplicada ao coração, ou equipamentos essenciais à manutenção da vida

Tabela 4.2 – Classificação das áreas quanto à classe.

CLASSE	TEMPO DE COMUTAÇÃO
0,5	Alimentação automática disponível em até 0,5 segundo
15	Alimentação automática disponível em até 15 segundos
> 15	Alimentação de segurança disponível em mais de 15 segundos, em modo automático ou manual

Nota: Geralmente, não é necessário prover alimentação ininterrupta a EEM. Todavia, certos EEM podem exigir esta alimentação.

As salas cirúrgicas, áreas do Grupo 2, podem ser classificadas como:

- Classe 0,5: áreas que necessitam de uma fonte capaz de assumir automaticamente o suprimento de energia em no máximo 0,5 segundo e mantê-la no mínimo 1 hora, para alimentar, por exemplo, o foco cirúrgico e eventualmente, EEMs que necessitem restabelecer a alimentação quase que imediata.
- Classe 15: áreas que devem ter sua alimentação chaveada automaticamente para a fonte de Energia Elétrica de Emergência (EEE), em no máximo 15 segundos, quando a rede elétrica acusar queda superior a 10% do valor nominal por um período superior a 3 segundos, devendo garantir o suprimento por 24 horas. Incluem-se nesta classe equipamentos utilizados em procedimentos cirúrgicos, para sustentação de vida, como equipamentos de ventilação mecânica e aqueles integrados ao suprimento de gases.

As salas de RPA e indução anestésica são classificadas como Grupo 1 e Grupo 2, respectivamente. Ambas são Classe 15, quanto ao tempo de comutação com a alimentação de EEE, podendo ser Classe 0,5, quando existir a presença de EEMs que necessitem de restabelecimento de alimentação no máximo de 0,5 segundo. Os demais setores do CC, como corredores e são classificados como Grupo 1 e Classe 15 ou >15.

Para garantir o fornecimento de energia elétrica para os CC é imprescindível a presença de uma fonte alternativa de energia elétrica para funcionar em casos de emergência, como grupos geradores ou sistemas *No-Break*. Conforme ABNT (1995) é obrigatória a existência de uma fonte de EEE em EASs, que seja capaz de alimentar os EEMs, por um período de tempo especificado e dentro do tempo de comutação admissível, conforme sua classe.

O ideal é que não haja interrupção na alimentação elétrica dos sistemas de iluminação principal e tomadas elétricas das salas de cirurgia do CC, utilizando como principal fonte supridora sistemas *No-Break*, que realimentam o sistema quase que de imediato, num tempo menor ou igual a 0,5 segundo. As outras cargas não primordiais, como por exemplo, ar condicionado e iluminação de corredores, não necessitam estar ligadas ao sistema alternativo principal. Devido ao alto custo de aquisição de um sistema *No-Break*, Grupos Motor-Gerador

(GMG), tanto a diesel quanto a gás natural podem ser utilizados, como fonte alternativa de energia para o CC. Nestas opções o intervalo de tempo para a entrada em funcionamento não é quase imediato como do sistema *No-Break*, porém deve ser respeitado o tempo máximo de 15 segundos.

Existem muitos EEMs instalados nos CCs, sendo necessários espaços físicos suficientes para sua utilização, além disso, as salas cirúrgicas devem suportar toda a equipe de profissionais atuantes numa operação. Cada EEM aplicado em sua especialidade deve funcionar obedecendo a suas rotinas pré-concebidas pelo fabricante, livre de qualquer interferência externa do meio ou de algum outro tipo de natureza eletromagnética proveniente de outro EEM.

Numa primeira instância, devem ser respeitados os parâmetros básicos de BRASIL (2002) para as salas de cirurgia a fim de se garantir as áreas que abrigam os EEMs e a quantificação mínima para as necessidades do EAS e, conseqüentemente, seja dado o primeiro passo para a adequação do espaço físico.

4.4.1. Tomadas Elétricas em Salas Cirúrgicas

Nas áreas onde são administrados agentes anestésicos ou usados agentes antissépticos inflamáveis (agentes combustíveis) e oxigênio ou óxido nitroso (agentes comburentes), as tomadas elétricas devem estar localizadas numa altura mínima de 1,50 m do piso, ou seja, acima da zona de risco, que é todo local abaixo desta altura (SANTANA, 1996). Nestes locais para o desencadeamento de uma explosão só é necessária a presença de um ignitor, que pode ser uma simples faísca proveniente de um curto-circuito ou uma instalação elétrica mal feita.

Para se precaver ainda mais contra qualquer acidente os próprios equipamentos de anestesia devem estar providos de sistemas anti-poluição, que evitam o vazamento de gases anestésicos para o ambiente. Outra consideração a favor do usuário é que a densidade dos agentes anestésicos é maior que a densidade do próprio ar, fazendo com que eles se concentrem no piso da sala a uma altura de até 30 cm do piso, no entanto, ressalta-se que com a

movimentação da equipe a tendência é com que haja dispersão, sendo elevada essa zona de risco para 1,50 m. É proibida também a utilização de extensões de tomadas elétricas nesta zona.

Numa situação de extrema necessidade, se for preciso instalar uma tomada abaixo de 1,50 m, ela deverá ser blindada e lacrada do meio externo.

Ainda conforme ABNT (2004), todas as tomadas de corrente fixas das instalações devem ser do tipo com contato de aterramento (PE), ou mais comumente conhecida como “aterradas”. Os plugues correspondentes devem ser padronizados para cada tipo de tensão a que sejam destinados. Em circuitos cuja tensão é 127 V, a tomada deverá ser padronizada conforme a Figura 4.2a, sendo o orifício da esquerda a fase, o da direita o neutro e o inferior, o terra, impossibilitando a conexão de um plugue destinado a 220 V, e para esta a Figura 4.2b é apresentada seu padrão, sendo as fases os orifícios superiores e o terra, o inferior, que impossibilita a utilização de um plugue 127 V (SANTANA, 1996).



Figura 4.2 - a) Padrão de tomada monofásica 127 V; b) Padrão de tomada bifásica 220 V.

Quando existir tomadas com diferentes tensões, porém do mesmo padrão construtivo, as dos circuitos com tensão mais elevada, pelo menos, devem ser claramente marcadas com a tensão a elas provida. Essa marcação pode ser feita por placa ou adesivo, fixado no espelho da tomada e de difícil remoção (ABNT, 2004).

Devem existir circuitos exclusivos para as tomadas destinadas aos aparelhos de raios-x portáteis, devido à sua potência elevada, de no mínimo de 4500 VA. Os equipamentos deverão ser de uso exclusivo do CC e seus plugues padronizados. Recomenda-se a utilização de tomadas de 3 pinos para 30 A , no

mínimo, do tipo à prova de explosão e devem ser identificadas em seus espelhos como sendo de uso exclusivo para aparelhos de raios-X. Cada sala cirúrgica deve possuir pelo menos uma tomada para esta carga (SANTANA, 1996).

Os circuitos destinados a equipamentos, como unidades eletro-cirúrgicas, que possam causar IEM em outros devem ser alimentados por fases diferentes daquelas que alimentam circuitos destinados àqueles que são utilizados para monitoração dos sinais vitais de pacientes. A interferência poderá ocasionar erros em diagnósticos e até ocasionar o não funcionamento do EEM (SANTANA, 1996). Lembrando que essa diferenciação no uso das fases deve ser padronizado para as outras salas para se evitar também a interferência entre ambientes.

As tomadas utilizadas nos ambientes do Grupo 2, que utilizam como configuração de sistema de aterramento o Esquema IT-Médico, devem possuir pelo menos dois circuitos independentes. Caso exista, no mesmo local, outros tipos de tomadas ou instalações que utilizem outro tipo de esquema de aterramento, os plugues para essas tomadas devem ser diferenciados a fim de evitar ligações inadequadas (ABNT, 1995).

É recomendado por BRASIL (2002), uma quantidade mínima de dois conjuntos com quatro tomadas em paredes distintas, além daquela destinada ao aparelho de raios-x. Caso existam EEMs do tipo multiparâmetros, é justificada a utilização de somente seis tomadas. As tomadas podem ser distribuídas nas paredes da sala, ou ficar em um único console. O console deve ser móvel quanto à altura, do tipo “coluna retrátil”, preso ao teto para facilitar as conexões dos plugues dos equipamentos ao mesmo (SANTANA, 1996).

A instalação dos pontos de força para os EEMs deve ser ainda em locais da sala onde não ocorra constante circulação de pessoas e nem portas de acesso ao corredor. O ponto destinado ao aparelho de raios-x, por não ser utilizado com frequência, dependendo da intervenção cirúrgica, pode ficar na parede onde está localizada a porta de entrada da sala, uma vez que esta porta sempre será fechada quando ele for utilizado e a equipe dentro da sala, em tais situações, fica reduzido somente ao mínimo necessário.

Os circuitos elétricos devem ter, no máximo, 3 tomadas de 400 VA distribuídas na sala, ou no console, de forma aleatória. Este procedimento permite uma melhor distribuição dos EEMs no ambiente cirúrgico, evitando que todo um

lado da sala fique desativado caso ocorra algum problema, como desligamento de algum disjuntor por curto-circuito ou sobrecarga. Assim, sempre se deve ter disponível, em cada lado da sala, tomadas provenientes de vários circuitos (SANTANA, 1996).

A quantidade de tomadas distribuídas dentro das salas pode ser feita na proporção de 85% para monofásicas (127 V) e 15% para bifásicas (220 V), considerando que a maioria dos EEMs são monofásicos, sendo reservada a tensão de 220 V para equipamentos de maior potência (como máquinas de perfusão e hemodiálise, por exemplo), que são minoria. Como já citado é imprescindível que todas as tomadas, principalmente das salas cirúrgicas do CC, estejam ligadas à fonte de alimentação de EEE.

Atualmente com a aplicação de modernas TMHs verifica-se que os ambientes de um EAS exigem cada vez mais pontos de força a fim de alimentar seus EEMs. Sobretudo num CC onde existem tanto os equipamentos destinados à operação do paciente, quanto os que monitoram as informações dos seus sinais vitais que são fornecidas à equipe médica. Para salas de cirurgias de primeira linha é recomendada a existência de tomadas específicas para bisturi elétrico, ponto de força para *laser*, tomada para comando de mesa cirúrgica, comando de persiana elétrica para janelas fixas (no caso de existência de janelas, a persiana deve ser externa à sala de cirurgia), comando de abertura de porta de sala cirúrgica, ponto para relógio sincronizado com indicador de segundos, tomadas e potenciômetros para música ambiente e fones de ouvido para pacientes, sistema de interfone, sistema de comunicação de dados, sistema de monitorização, sinalização de enfermagem, sinalização de anestesia, sinalização de sala ocupada (KARMAN, 1994).

4.4.2. Iluminação em Salas Cirúrgicas

Os sistemas de iluminação do CC, principalmente das salas de cirurgia, devem oferecer condições propícias às intervenções cirúrgicas mantendo os ambientes com níveis de iluminamento adequados e possuírem circuitos de alimentação de EEE para a garantia de continuidade das atividades.

Os níveis de iluminação do CC devem estar de acordo com a norma da ABNT NBR 5413/1982 “Iluminância de interiores” (ABNT, 1982). Nas salas cirúrgicas os valores devem estar na ordem de 1000 lux para iluminação geral, como fora das mesas cirúrgicas, por exemplo. Fora das salas cirúrgicas, para iluminação geral pode-se considerar 500 lux. No campo operatório da mesa cirúrgica, o nível de iluminação desejado deve estar na ordem de 10000 a 20000 lux. A luz deve abranger uma grande área da mesa cirúrgica, em torno de 500 cm², para se evitar o máximo a presença de sombras que possam interferir na intervenção cirúrgica. Deve permitir o bom desempenho da equipe cirúrgica na observação de detalhes e procedimentos, assim como deve oferecer condições para a reprodução fiel de cores a fim de que se possa verificar no paciente alguma mudança de estado físico (FRANCO, 1970), mesmo ele sendo monitorado por EEM. Dependendo da intensidade da luz, serão observados reflexos nos tecidos orgânicos na ordem de 8% a 10%; em materiais brancos, na ordem de 75% a 80% e, nos instrumentos e equipamentos polidos, na ordem de 90% (BECK, 1973).

Para se evitar uma grande quantidade de calor emitido pelas lâmpadas incandescentes, é conveniente utilizar lâmpadas fluorescentes, que reproduzem cores naturais e emitem um fluxo de lúmens consideravelmente maior (LAMB, 2000). As lâmpadas fluorescentes comuns dificultam alguns tipos de diagnósticos médicos (MARGARIDO, 1996).

A iluminação geral da sala deve ser realizada preferencialmente através de luminárias embutidas para facilitar a movimentação do foco cirúrgico. As lâmpadas devem ser protegidas através de tampas de acrílico para facilitar sua limpeza.

O foco cirúrgico geralmente é composto de uma lâmpada incandescente de alta potência ou de um conjunto de várias lâmpadas incandescentes de menor potência. É utilizado este tipo de lâmpada pela necessidade de um excelente Índice de Reprodução de Cores (IRC), na ordem de 95%. Geralmente ele fica fixado no teto, no centro da sala, fazendo com que sua movimentação seja facilitada e o controle de incidência do fluxo luminoso no campo cirúrgico seja regulado. Deve-se prever um circuito independente para ele. Este EEM é classificado classe 0,5, em caso de falha na alimentação principal a fonte de EEE

deve estabelecer o fornecimento em menos de 0,5 s e mantê-la por no mínimo 1 hora (BRASIL, 2002).

Na Tabela 4.3, são apresentadas as especificações que as lâmpadas utilizadas no CC devem possuir (EDF, 1996):

Tabela 4.3 – Características das lâmpadas a serem utilizadas no CC.

Tipo de local	Nível de Iluminamento (lux)	Índice de Reprodução de Cores (IRC)	Temperatura de Cor (K)
Sala de Operação (Geral)	1000-1500	95	5000 – 6500
Campo Operatório	10000 - 20000	> 95	5000 – 6500
Repouso Pós-Operatório	1000	90	3600 - 4600

Como as lâmpadas incandescentes utilizadas no foco cirúrgico emitem muito calor, faz-se necessário a utilização de vidros filtrantes para separá-las do meio ambiente. Eles possuem a propriedade de bloquear a emissão de raios infra-vermelhos oriundos das lâmpadas, evitando que o paciente ou a equipe médica sofram queimaduras durante o tempo de exposição (SANTANA, 1996).

Em cada sala cirúrgica deve existir um negatoscópio, que é utilizado para visualização de radiografias. Ele é uma caixa rasa, com lâmpadas fluorescentes em seu interior e coberta com uma tampa de acrílico branco leitoso.

Os interruptores tanto do foco cirúrgico quanto da iluminação geral da sala devem estar em locais protegidos e de fácil acesso, evitando que sejam desligados e prejudiquem as atividades.

Todos os componentes dos sistemas de iluminação devem ser à prova de tempo e resistentes à corrosão, visto que estarão periodicamente sendo limpos (SANTANA, 1996).

Os circuitos de iluminação das salas devem ser independentes entre si. Esta medida evita com que as atividades num ambiente sejam prejudicadas caso ocorra alguma falha num outro circuito vizinho. Os quadros de distribuição de

onde estes circuitos partem, podem ser comuns, considerando que cada circuito tem seu disjuntor individual de proteção.

Todas as luminárias dos ambientes do Grupo 2 e pelo menos uma luminária do Grupo 1 deverão ser ligadas ao sistema de EEE. As luminárias de rota de fuga do CC devem ser ligadas de forma alternada (uma sim, uma não) (ABNT, 1995).

4.4.3. Quadros de Distribuição

Quadros de distribuição destinam-se a receber energia de uma ou mais alimentações e distribuí-la a um ou mais circuitos, podendo também desempenhar funções de proteção, seccionamento, comando e/ou medição.

Todos os disjuntores, instalados nos interiores de quadros de distribuição, destinados à proteção ou manobras dos circuitos, devem ser blindados ou ter invólucro que não permita contato com as partes vivas. Devem ser devidamente identificado através de etiquetas, indicando qual o circuito que ele protege e além do número ou nome da sala a que pertence esse circuito. Essa identificação faz-se necessário para o caso em que for preciso a realização de alguma manutenção nos ambientes cirúrgicos, sem que isso comprometa o funcionamento de outros circuitos. Uma sugestão é a ligação dos circuitos nos quadros em ordem, mantendo os circuitos ímpares à esquerda e os pares à direita. Esta medida proporciona a identificação dos disjuntores de cada circuito, tanto através das etiquetas, quanto através de seu posicionamento (SANTANA, 1996).

Os dispositivos de proteção contra sobrecargas, sobrecorrentes ou sobretensões devem ser compatíveis com a temperatura ambiente em que operam. Deve haver seletividade entre os dispositivos.

O quadro de distribuição deve ser colocado no mesmo andar dos circuitos a que servem e, sempre que possível, no corredor ou em áreas de fácil acesso, e instalado em local seco, ventilado, isento de vapores corrosivos ou gases, e de fácil acesso à manutenção. Cada quadro deve ter identificações e instruções para

operação e manutenção das instalações, em especial as instalações elétricas de segurança.

Os condutores de alimentação dos quadros elétricos de iluminação, força e EEE, devem vir diretamente da subestação transformadora ou geradora (conforme o tipo de alimentador).

As seções dos condutores devem ser dimensionadas satisfazendo, simultaneamente, os seguintes critérios (ABNT, 2004):

- Capacidade de condução de corrente;
- Limites de queda de tensão;
- Capacidade de condução de corrente de curto circuito por tempo limitado.

Todos os circuitos elétricos do CC devem, obrigatoriamente, constar na planta de instalações elétricas do EAS, a fim de que se tenha rápido conhecimento da localização e distribuição de cada circuito. A equipe técnica de manutenção, caso exista, tem obrigatoriamente que manter seus arquivos atualizados (BRASIL, 2002).

4.4.4. Pisos Semicondutores para Salas de Cirurgia

A eliminação ou redução de cargas eletrostáticas é importante em muitas aplicações. Nos caso particular de EASs, em locais onde se usam anestésicos inflamáveis, há risco de que uma explosão seja deflagrada por descargas eletrostáticas, além das possíveis causas de explosão já citadas no item 5.2.1.

As cargas eletrostáticas são geradas por atrito entre materiais isolantes e dependem de uma série de fatores, como umidade do ar, características triboelétricas (eletricidade desenvolvida por fricção) dos materiais envolvidos e caminho elétrico para o escoamento destas cargas, entre outros. O atrito de calçados isolantes sobre piso isolante, pode gerar potenciais eletrostáticos da ordem de milhares de Volts.

Embora as propriedades antiestáticas de um piso possam ser influenciadas pelas características eletrostáticas dos materiais a maneira mais

segura de certificar-se de que não haverá acúmulo de carga eletrostática no piso é garantir um caminho com resistência elétrica suficientemente baixa para impedir o aparecimento de potenciais eletrostáticos perigosos. Praticamente, todas as normas que se referem a pisos hospitalares procuram garantir a proteção eletrostática pelo controle da resistência superficial do piso para a terra (SANTANA, 1996).

Considera-se piso semicondutor aquele que oferece condições de condutibilidade elétrica e resistência entre $50\text{ k}\Omega$ e $1\text{ M}\Omega$ (SANTANA, 1996), medida na superfície do piso, entre dois pontos distantes de 85 cm. É fundamental que a resistência elétrica do piso não seja inferior a $50\text{ k}\Omega$, pois neste caso caracterizar-se-á material condutivo (ABNT, 2004), que estará praticamente ligado à terra, podendo trazer risco de choque elétrico caso o indivíduo que esteja sobre este piso toque algum fio vivo. É fundamental que o piso semicondutivo não apresente resistência elétrica maior do que $1\text{ M}\Omega$, visto que neste caso caracterizar-se-á material isolante, perdendo a instalação a sua função principal.

O meio condutor mais largamente utilizado na confecção de pisos semicondutores é o carbono, embora alguns outros materiais também tenham sido testados pelos fabricantes, misturados com borrachas e PVC, e ainda estejam em fases de aprovação.

Na instalação de um piso semicondutivo, a resistência elétrica da base pode prejudicar seriamente a resistência do piso. Ela deve ser isolada do piso. Deve-se tomar cuidado também para a possibilidade de necessidade de impermeabilização da base, para impedir que a umidade altere as características elétricas do piso.

O próximo cuidado é na instalação de uma malha metálica aterrada, entre a base e o piso, fazendo-se com que esta malha fique o mais intimamente possível em contato com o piso semicondutivo. Uma das formas de garantir este contato, tanto físico quanto elétrico, da malha metálica com o piso semicondutivo, é adicionar à cola certa quantidade de grafite em pó. Este procedimento, além de homogeneizar a resistência do piso e produzir uma condição de equipotencialidade elétrica, faz com que o caminho da corrente seja perpendicular à superfície do piso, em direção à malha aterrada.

A fim de ser considerada satisfatória a condutividade do piso, a média das medidas deve estar compreendida entre os seguintes limites: a resistência entre os dois eletrodos afastados de 85 cm deve ser maior que 50 k Ω , e menor que 1 M Ω , e a resistência entre um eletrodo e uma ligação à terra deve ser maior do que 50 k Ω . Além disto, nenhum local deve ter resistência inferior a 50 k Ω , e nenhum local pode ter resistência superior a 1 M Ω .

4.4.5. Instalações Elétricas em Corredores e Áreas de Apoio

Por motivos de confiabilidade do sistema, deve-se ter um quadro terminal para as instalações comuns a todas as salas de apoio e corredores do CC.

As tomadas para uso de equipamentos como enceradeiras, máquinas de lavar piso, máquinas de secar luvas, aspiradores de pó, etc., devem ficar em circuitos independentes, projetadas para correntes de 20A, com no máximo duas tomadas. As tomadas e interruptores devem ficar à altura de 1,50 m, por motivo de segurança, embora as áreas consideradas por norma como zona perigosa sejam apenas no interior das salas cirúrgicas.

O número de tomadas e o nível de iluminação dos corredores, salas comuns e salas de apoio, devem seguir as normas de instalações elétricas convencionais, porém sempre levando em conta qual o objetivo de cada ambiente, cabendo ao projetista e à equipe técnica a avaliação destes fatores. Nos corredores e áreas de apoio, apenas algumas luminárias em pontos estratégicos devem ser ligados ao circuito de EEE, a fim de manter uma iluminação mínima para a circulação de pessoal em casos de falta de energia elétrica.

Quanto às necessidades de comunicação do CC, sejam entre salas, salas com a secretaria do CC, salas com a área de RPA, ou CC com as demais dependências do hospital, o sistema telefônico é considerado, no uso diário, como a melhor opção. O sistema telefônico ideal para este tipo de ambiente é aquele que serve também de intercomunicador entre as diversas salas do CC.

Estas minicentrais ficam, geralmente, em um *shaft* (pequeno nicho com uma porta de acesso) no corredor central do CC, e necessitam de dois pontos de

energia elétrica, ou seja, duas tomadas, para o seu funcionamento. O circuito elétrico destas tomadas deve ser independente de qualquer outro, não alimentando nenhum outro ponto, e preferencialmente incluso nos circuitos que são alimentados pela rede de EEE.

Este sistema de intercomunicador telefônico serve para que, num momento de emergência, a equipe de qualquer sala cirúrgica solicite ajuda de outros profissionais, ao mesmo tempo em que pode solicitar algum outro procedimento de apoio.

4.4.6. Considerações sobre Instalações Elétricas em CC

Vale lembrar que todos os itens aqui contemplados são de extrema importância para o adequado funcionamento de um CC. Quando se idealizar a estrutura elétrica desta área, deve levar em conta todas normas técnicas, visto que CC são áreas de procedimentos altamente invasivos.

O regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de EASs, normatizados pela RDC nº 50/MS (BRASIL, 2002), atualiza as normas existentes na área de infra-estrutura hospitalar, dotando o país de um instrumento para novas construções, novas instalações, reformas, ampliações e funcionamento de EASs. Estabelece ainda normas com a finalidade de fornecer subsídios para as secretarias estaduais e municipais avaliarem projetos físicos de EASs adequados às novas tecnologias na área de saúde em todo o território nacional, na área pública e privada. Prevê que a inobservância dessas normas constitui infração à legislação sanitária federal.

A equipe técnica que dá assessoria ou que faz parte do quadro de funcionários de um hospital deve sempre participar e, principalmente, orientar quanto às aquisições de equipamentos que serão usados nas instalações elétricas de sua responsabilidade e garantir o cumprimento de normas. Este procedimento facilita ao extremo a especificação correta das instalações desejáveis para o equipamento que será adquirido. Está provado de que, nas instituições em que isto ocorre, os problemas decorrentes de erros de compras ou

falta de compatibilidade entre o equipamento adquirido e o sistema elétrico do local de uso são totalmente eliminados (SANTANA, 1996).

4.5. Considerações Finais

Este capítulo fundamentou-se em descrever as instalações elétricas de um CC. Foram indicados critérios de segurança que devem ser seguidos na utilização de tomadas, sistemas de iluminação, quadros de distribuição e pisos semicondutores. No próximo capítulo será apresentada a metodologia para a realização do diagnóstico do CC e para os registros de harmônicas, além dos resultados obtidos.

CAPÍTULO 5 – Metodologia e Resultados

5.1. Introdução

Neste capítulo será apresentada a Metodologia utilizada para a aquisição de informações sobre o CC e os Resultados obtidos, como os registros de grandezas elétricas e descrição das instalações elétricas.

A pesquisa foi realizada no período de abril/2004 a novembro/2005. Através da realização da revisão bibliográfica foi possível se obter informações que facilitaram a compreensão do assunto e situaram a pesquisa no ambiente científico. O procedimento seguinte foi o levantamento de informações inerentes ao objeto do trabalho, o CC do HU da UFMS, que foram obtidas seguindo algumas etapas que são apresentadas na Figura 5.1:



Figura 5.1 - Etapas para levantamento de informações sobre CC.

A fim de identificar alguns possíveis problemas nas instalações elétricas, foram realizadas visitas *in loco* e monitoramentos de energia. Para facilitar a aquisição de informações, foi aplicada parte das rotinas fiscalizadoras propostas por NUNES (2003) e realizadas medições de grandezas elétricas junto a quadros de distribuição e EEMs. O processo incluiu ainda: revisão dos diagramas unifilares do hospital, entrevistas com o corpo técnico da manutenção e

funcionários (usuários finais) do hospital, além da identificação dos tipos de EEMs utilizados, conforme proposto por HALL (1999).

5.2. Levantamento de Setores em Potencial para a Pesquisa

Esta etapa foi considerada uma das mais importantes do levantamento de informações, pois foram obtidos relatos de pessoas que atuam no ambiente hospitalar e operam seus equipamentos, visando indicar alguma perturbação que interfira no funcionamento de algum EEM.

A partir de reuniões com o responsável pelo setor de Educação Continuada do hospital, foram apresentados os setores que possuem EEMs susceptíveis a distúrbios para serem visitados.

Numa visita preliminar, para conhecimento das instalações e suas dimensões, foram entrevistadas as enfermeiras responsáveis por cada setor, em diferentes turnos de trabalho. Os setores visitados foram: CC, Central de Materiais, Recuperação Cardíaca Pós-Operatória (RCPO), Centros de Tratamento Intensivos, Hemodinâmica/Medicina Nuclear, Unidade Coronariana e Centro Obstétrico. Nas visitas foram analisados os seguintes itens:

- Quantidade e tipos de EEMs existentes;
- Estado de conservação dos EEMs, além de sua data de fabricação e uso no HU;
- Condições de funcionamento dos EEMs: foi solicitado que cada responsável, a medida do possível, apontasse os problemas detectados durante o manuseio dos aparelhos, como erros de diagnósticos e problemas relacionados à segurança, como ocorrência de choques elétricos;
- Identificação de quadros de distribuição de energia que alimentam cada setor;
- Identificação de subestações que alimentam cada setor;
- Identificação de quais setores são atendidos por fontes de EEE;
- Avaliação das condições das instalações elétricas.

Dos ambientes visitados, o CC foi considerado a área de maior importância. É o local onde se realizam intervenções cirúrgicas e onde se centralizam grande parte dos EEMs e materiais que devem ser utilizados com segurança pelo corpo clínico, além de ser o local onde o paciente necessita de cuidados especiais visto que estarão susceptíveis a qualquer acidente que possa ocorrer (MARGARIDO, 1996).

Para os demais setores, recomenda-se a aplicação deste trabalho posteriormente, com o intuito de se obter um diagnóstico da real situação de funcionamento de suas instalações elétricas e EEMs ligados a elas.

5.3. Aplicação de Rotinas Fiscalizadoras

Visando o levantamento de informações sobre o CC e suas instalações, foram aplicados alguns itens das rotinas fiscalizadoras propostas por NUNES (2003). Este trabalho apresentou uma proposta de avaliação de desempenho dos ambientes do CC e UTI que fazem uso de EEM, através de rotinas fiscalizadoras que consistem em considerações e critérios multidisciplinares sobre planejamento de projetos físicos e instalações prediais para EASs, provenientes de normas e recomendações técnicas vigentes.

Estas rotinas permitem identificar pontos críticos de instalações deficientes que interferem no funcionamento e segurança dos EEMs e da funcionalidade dos ambientes, orientando e propondo diretrizes fundamentadas nos aspectos técnicos de infra-estrutura, suficientes para garantir o desempenho adequado quanto ao uso de TMHs. As rotinas propostas já foram aplicadas em seis hospitais da rede pública estadual e um hospital com fins filantrópicos, todos no estado de Santa Catarina.

Enfatizando as instalações elétricas e os EEMs conectados a elas, alguns itens como aqueles relacionados a projetos de redes de gases, hidrossanitários e arquitetônicos, além de aspectos funcionais dos ambientes, detalhes construtivos e materiais de acabamento e infra-estrutura de sistemas de rede de gases e vácuo medicinais não foram abordados.

No Anexo I são apresentadas as planilhas utilizadas para a aplicação das rotinas fiscalizadoras.

5.4. Medições de Parâmetros Elétricos

Para monitorar as tensões e correntes elétricas no quadro de distribuição geral da subestação, foi utilizado um analisador de energia RE 200, da marca *Embrasul*, que é um analisador trifásico e registra 18360 medições por segundo. Os analisadores de energia RE 2000 da marca *Embrasul* são equipamentos de medição digital de grandezas elétricas em tempo real. São dotados de uma memória RAM para o armazenamento de dados. Realizam medições de tensão, corrente, potências, frequência e harmônicas através da conversão A/D do sinal senoidal. São permitidas medições mono, bi ou trifásicas em sistemas desbalanceados ou com harmônicos. Um software para análise dos registros armazenados acompanha o equipamento.

Para analisar as harmônicas junto aos EEMs, um analisador de harmônicas 41B *Power*, da marca *Fluke*, foi utilizado. É um aparelho monofásico, portátil, com conexão a microcomputador para armazenamento de dados, com alicate para 500 A e 1000 A. Este medidor é utilizado para medições instantâneas de grandezas elétricas por ser portátil e de fácil manuseio. Acompanha o equipamento um software para análise dos registros armazenados em computador. Medições monofásicas dos circuitos dos quadros provenientes do quadro geral e junto a equipamentos foram realizados pelo mesmo analisador. Os registros foram feitos desde a subestação até as cargas individuais durante uma semana.

Ressalta-se que todas as medições de harmônicas foram realizadas de forma instantânea, somente para fins de amostragem e visualização, não seguindo qualquer protocolo de medições, como por exemplo, o proposto pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), através dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica (ANEEL, 2005).

Leituras de temperaturas foram realizadas usando um termômetro infravermelho portátil MX, da marca *Raytek*, a fim de estudar os efeitos das harmônicas e outros distúrbios de qualidade de energia nas instalações.

Níveis de iluminação foram medidos a partir de um luxímetro digital TES 1332, da marca, da marca TES Electrical Electronic Corp.

5.5. Descrição Geral do Ambiente da Pesquisa

Esta pesquisa foi realizada no CC do HU Maria Aparecida Pedrossian, em Campo Grande/MS, cuja construção data do início da década de 1970. Uma de suas finalidades era dar suporte às atividades do curso de Medicina da Universidade Estadual de Mato Grosso, hoje Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e atender à população local. No decorrer dos anos novos cursos na área biológica foram sendo criados e passaram a utilizar o local como fonte de pesquisa e aprendizado, assim como, passou a atender pacientes de outras cidades sul-matogrossenses e de outros estados também. Sua área total é 36.000m², sendo 28.300 m² de área construída. Possui capacidade operacional de 235 leitos e em média, realiza 350 cirurgias por mês.

O fornecimento de energia elétrica, em tensão primária de 13,8 kV, é mantido pela concessionária ENERSUL – Empresa Energética do Mato Grosso do Sul. A demanda total do hospital é 1 MW e seu consumo de energia é de 265 MWh mensais. A carga instalada está distribuída entre 12 subestações. Existem 4 Grupos Motor Geradores (GMG) a diesel funcionando como fontes alternativas, que fornecem energia a alguns setores em caso de emergência. Existe a previsão de entrada em funcionamento de uma microturbina movida a gás natural em 2006.

O CC do HU é alimentado por um transformador de 225 kVA, sua demanda está em torno de 60 kW. Um gerador a diesel de 115 kVA funciona como fonte alternativa de energia, que pode funcionar em caso de emergência dentro de 5 segundos após uma interrupção, conforme solicita padrões médicos. Não existem sistemas *No-Break* para atender suas cargas.

Existem 9 salas cirúrgicas, sendo 2 destinadas à cirurgia de emergência, porém totalmente desativadas por falta de EEMs. Das 7 salas restantes, uma está temporariamente desativada há 6 meses, por falta de mesa cirúrgica e está sendo utilizada como depósito de EEMs.

Nos Anexos II e III são apresentados o lay-out do CC e as dimensões de cada sala onde foram realizados os levantamentos de informações, assim como o tipo de cirurgia que é realizada.

5.6. Resultados das Medições

Neste item serão apresentados os resultados obtidos a partir das medições registradas nos locais apontados do diagrama unifilar da Figura 5.2.

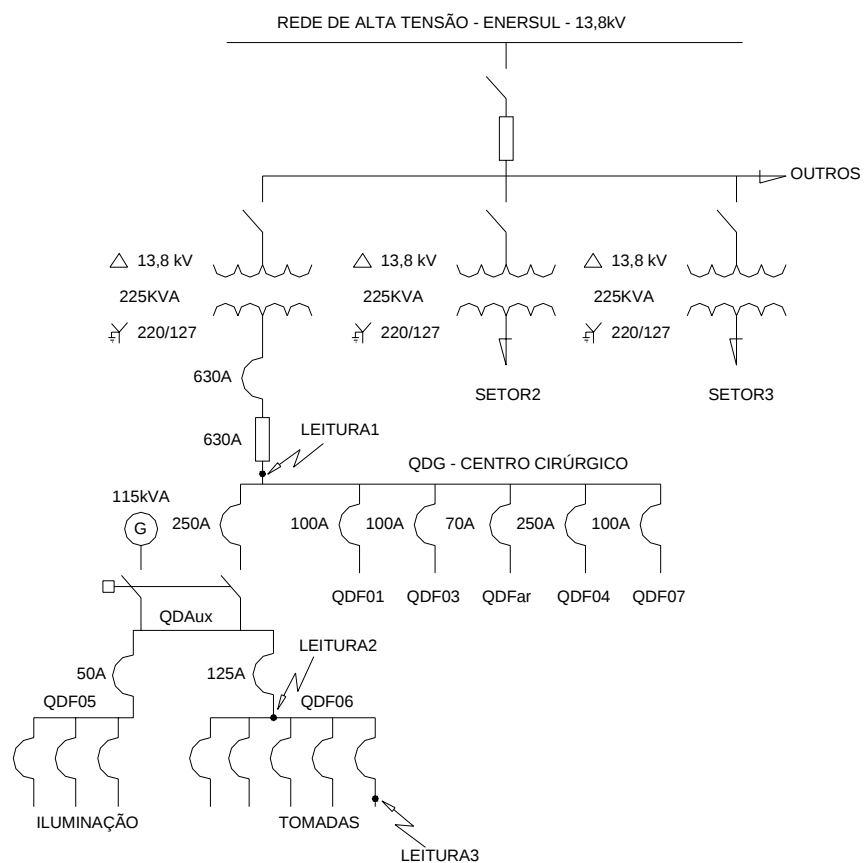
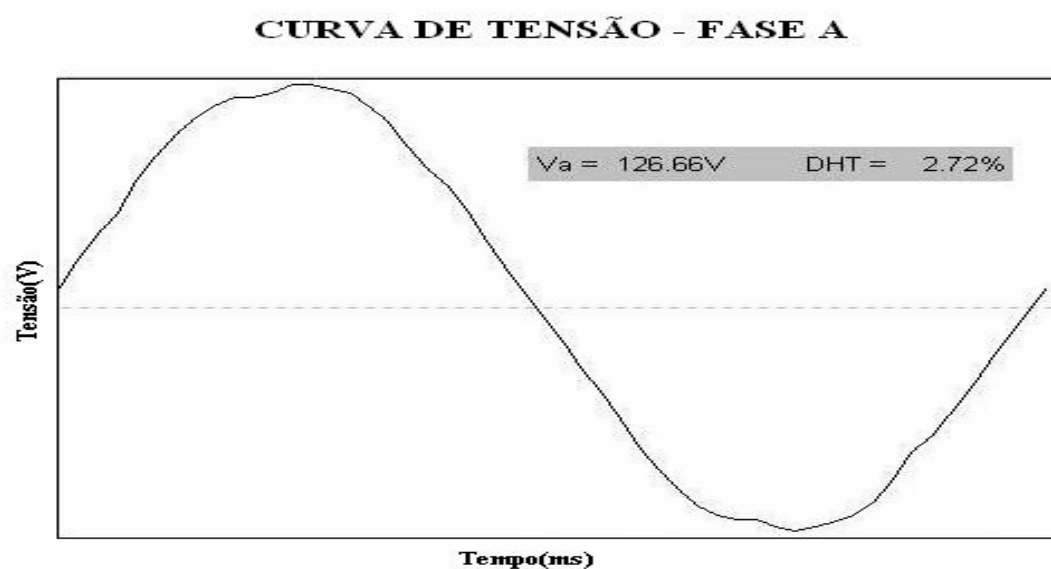


Figura 5.2 – Locais dos registros de parâmetros elétricos no diagrama unifilar simplificado das instalações elétricas do CC.

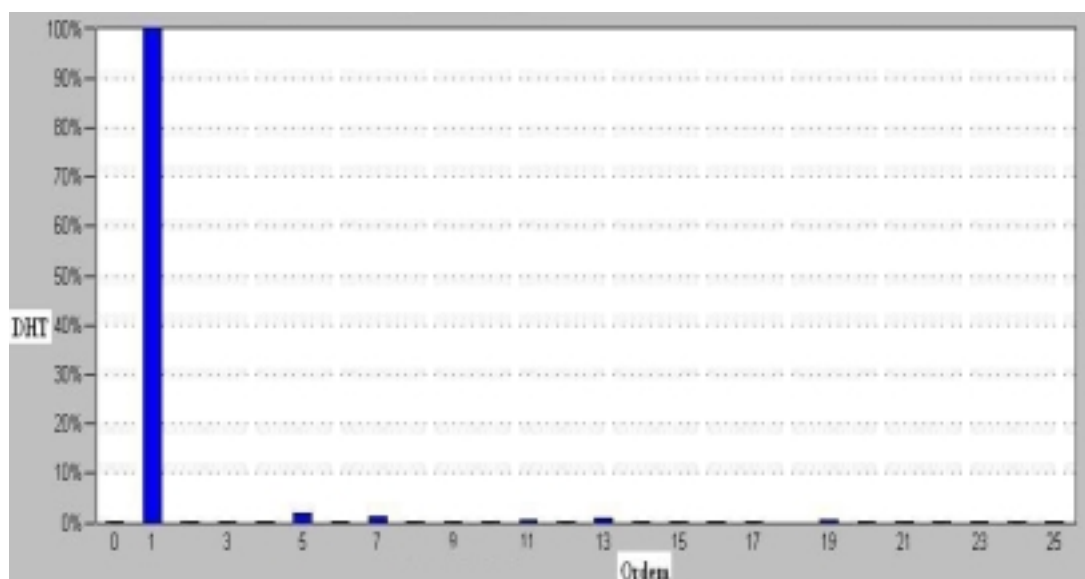
5.6.1. Quadro de Distribuição Geral (QDG)

As Figuras 5.3, 5.4 e 5.5 apresentam as formas de onda de tensão das fases A, B e C, respectivamente, medidas no QDG do CC, assim como seus espectros harmônicos. O analisador de energia utilizado foi o RE 2000, da marca *Embrasul*. Os registros foram realizados no local apontado na Figura 5.2 como Leitura 1. Devido à limitação da capacidade de armazenamento do medidor, ele registrou as informações para o traçado dos gráficos durante um minuto. As DHTs apontadas foram as maiores registradas no período. A 5ª harmônica de tensão esteve evidente em todas as medições. Somente a título de comparação, a ANEEL através dos PRODIST, módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica (ANEEL, 2005), rege que os valores de referências para as distorções harmônicas totais em sistemas de distribuição junto ao consumidor devem ser iguais ou inferiores a 10% para tensões de alimentação fase-neutro menores ou iguais 1 kV. No caso do CC, os valores situaram-se abaixo de 3%. Além disso, as medições foram realizadas no lado secundário do transformador, não sendo possível a instalação no lado primário devido as especificações do analisador que não permitem este tipo de ligação.

As Figuras 5.6, 5.7 e 5.8 apresentam as formas de onda da corrente das fases e seus espectros harmônicos. Estes valores são relativos aos mesmos instantes de registros das curvas de tensões. As medições apresentam DHTs de 8,51%, 8,55% e 13,02%, para as fases A, B e C, respectivamente. Observa-se que o maior valor de DHT medido é o da fase C e também é a que possui menor valor eficaz. Os condutores e barramentos foram dimensionados para uma determinada corrente nominal e estão sendo percorridos por um valor menor. Mesmo a corrente tendo uma distorção elevada, porém com valor eficaz pequeno, os condutores não estão sofrendo qualquer sobreaquecimento.

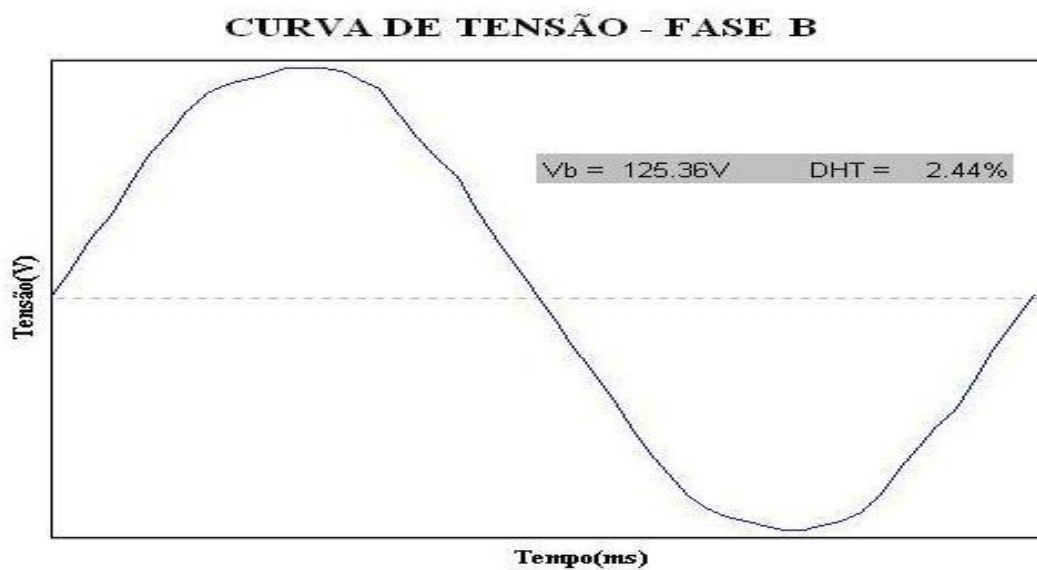


(a)

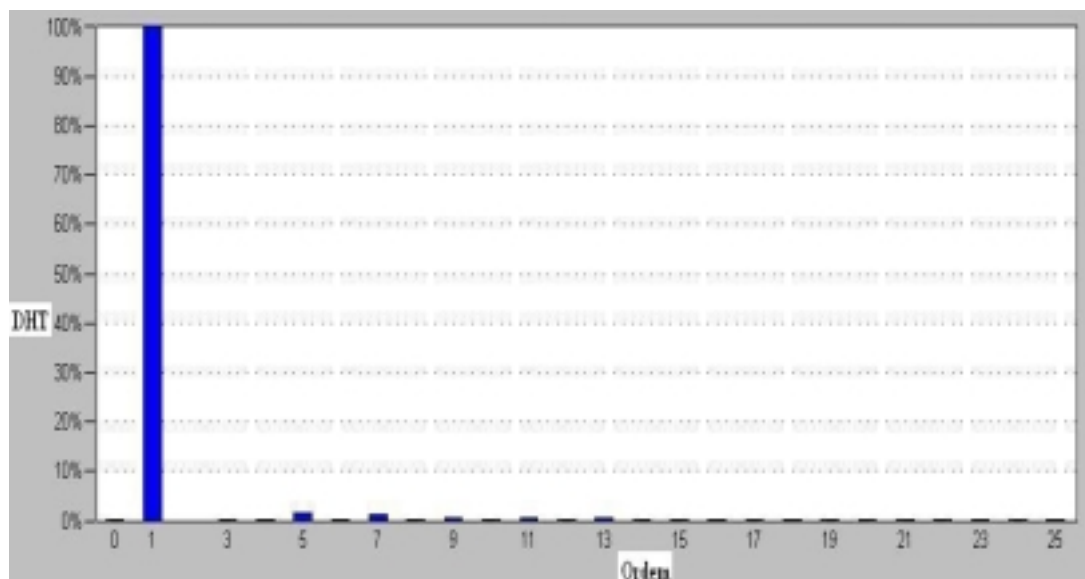


(b)

Figura 5.3 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase A. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão.



(a)



(b)

Figura 5.4 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase B. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão.

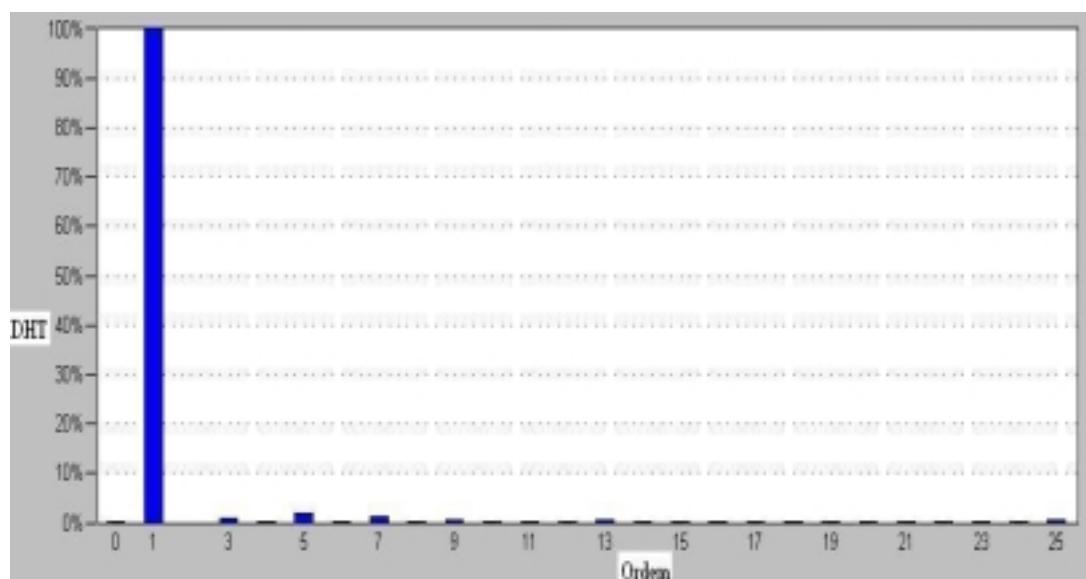
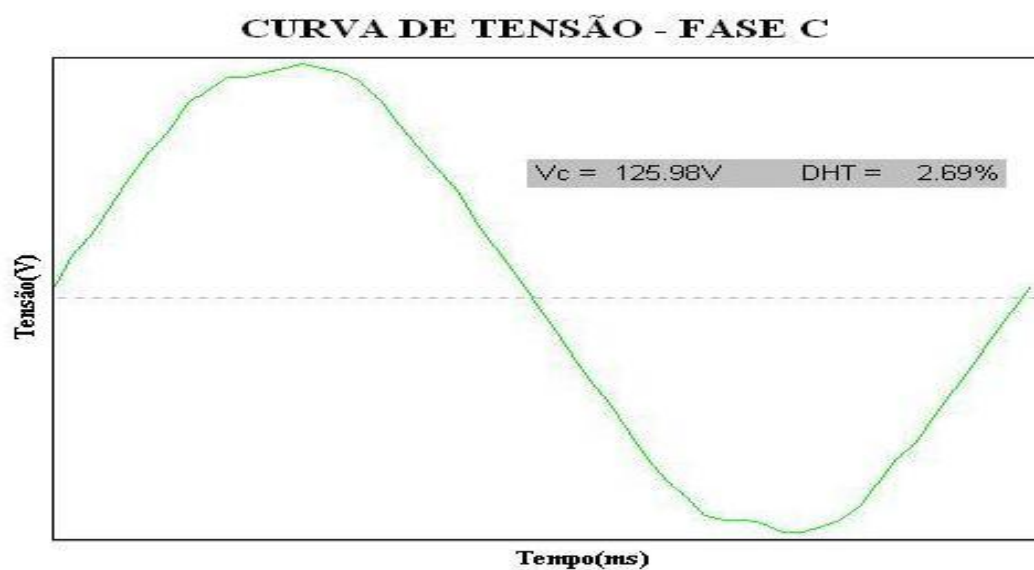


Figura 5.5 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase C. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão.

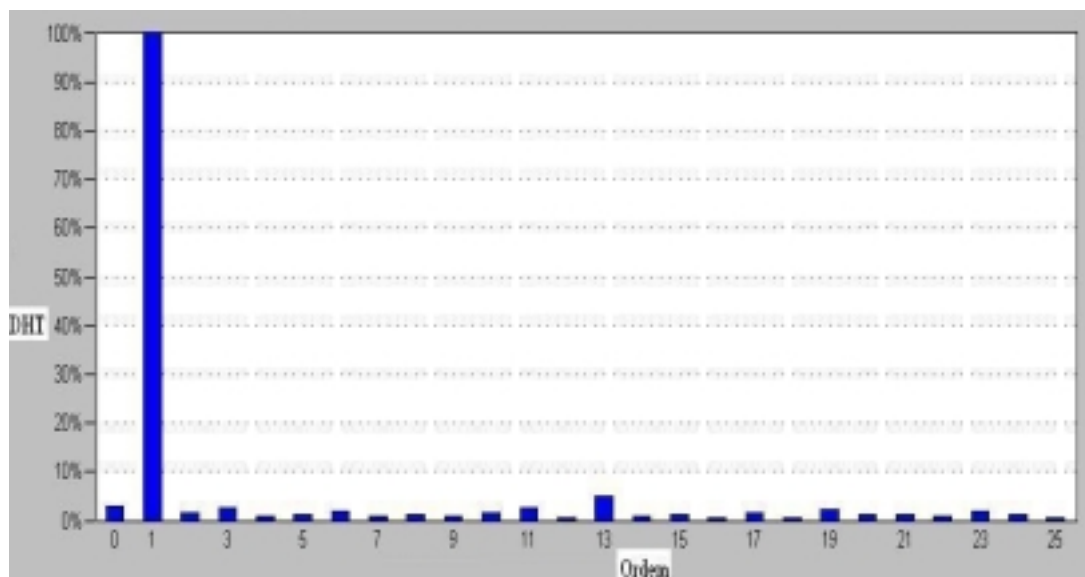
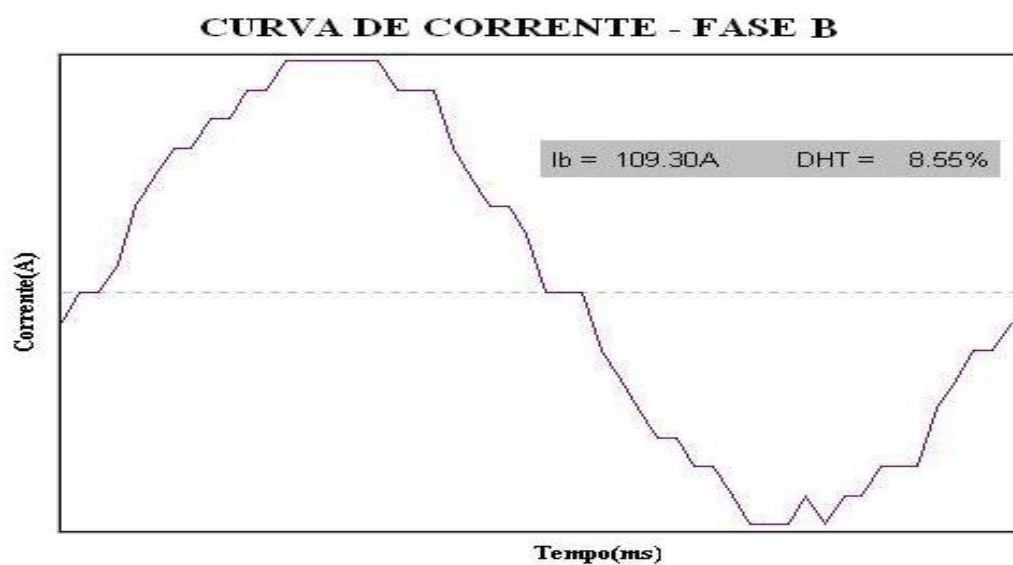
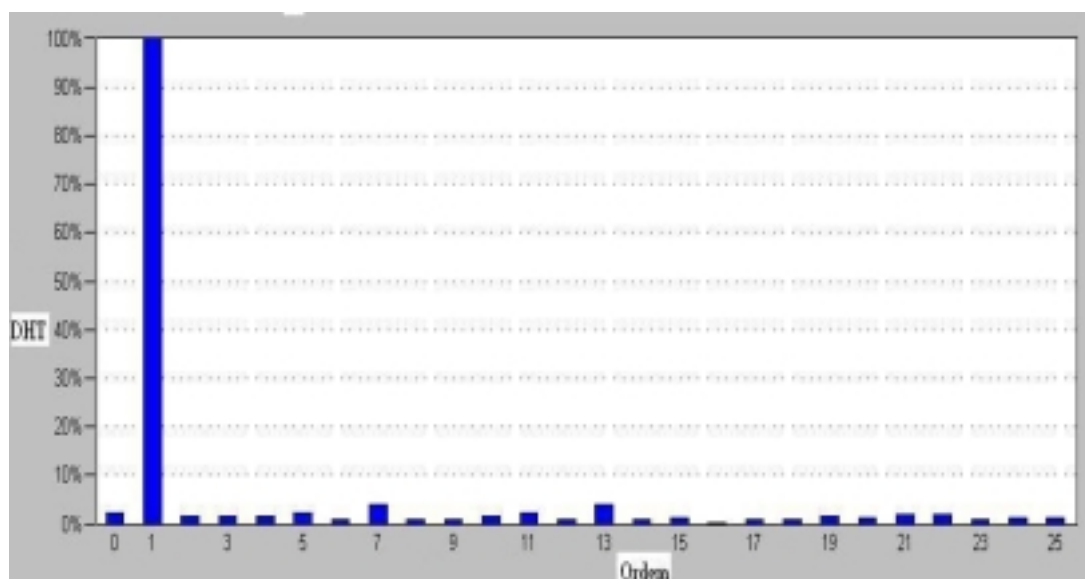


Figura 5.6 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase A. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente.



(a)



(b)

Figura 5.7 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase B. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente.

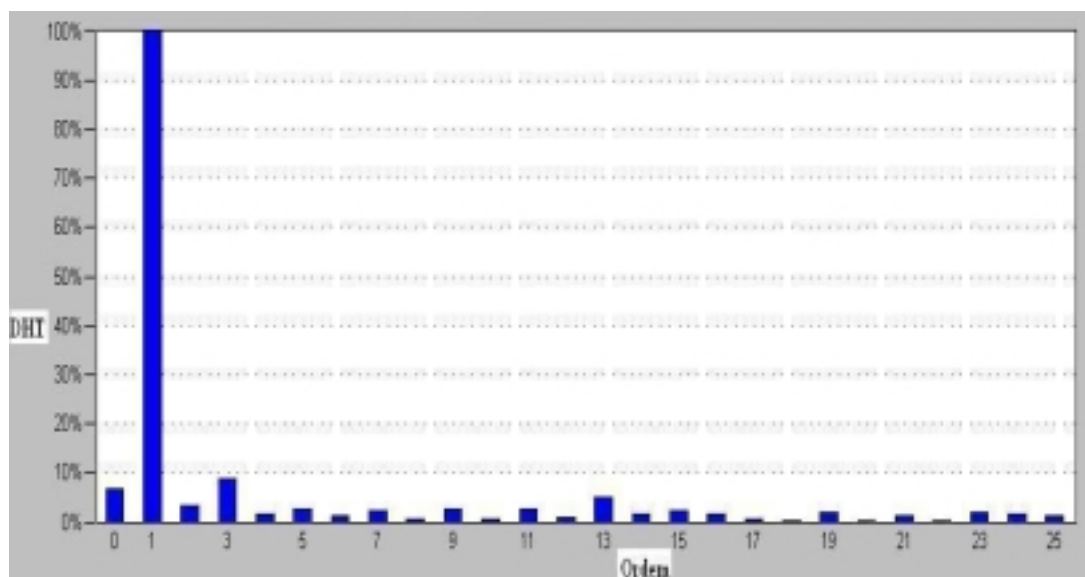
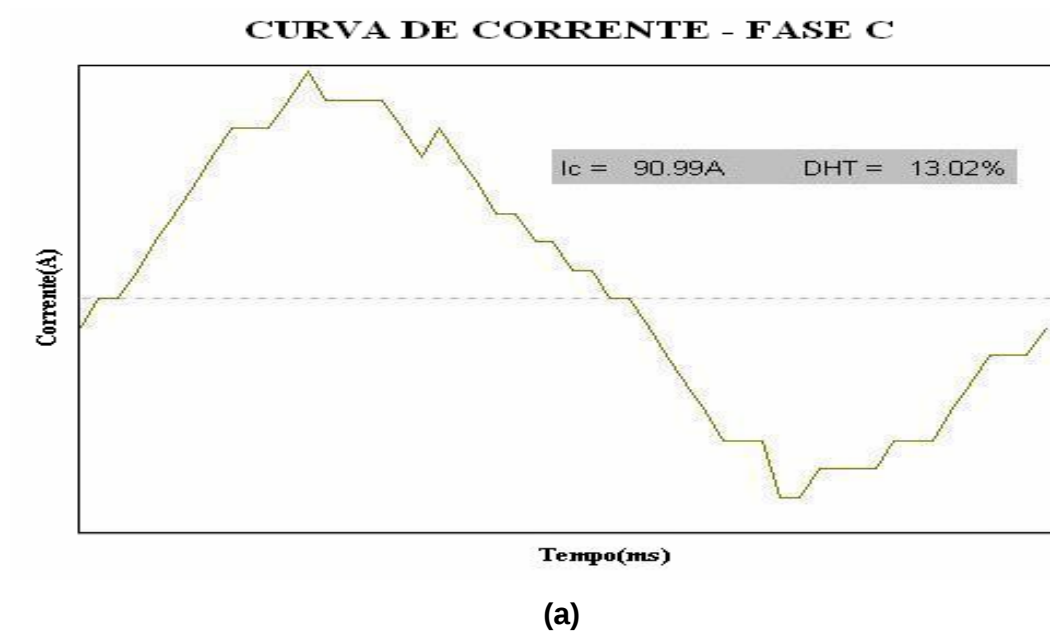


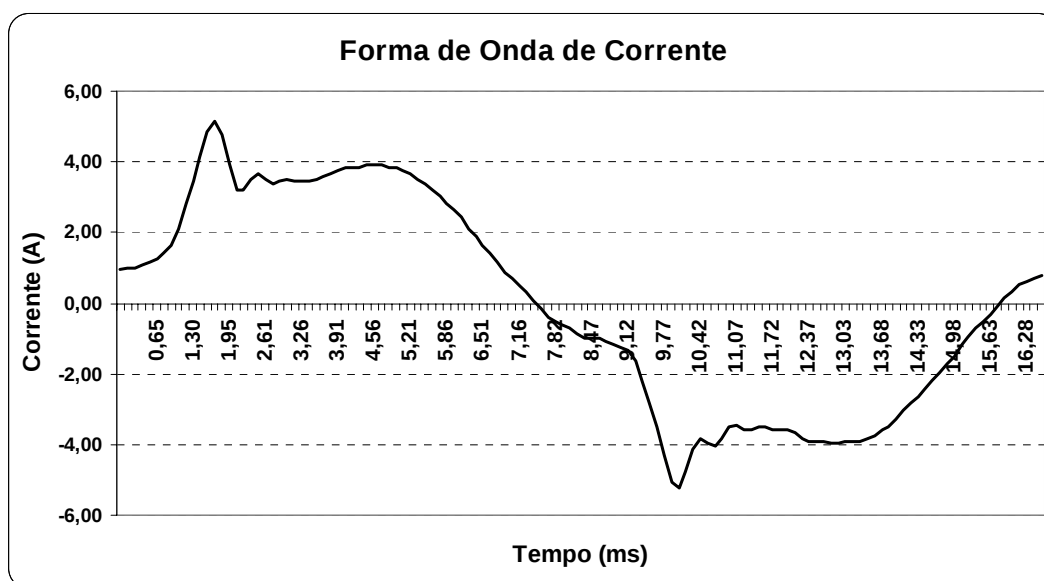
Figura 5.8 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) – fase C. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente.

5.6.2. Quadro de Distribuição QDF6

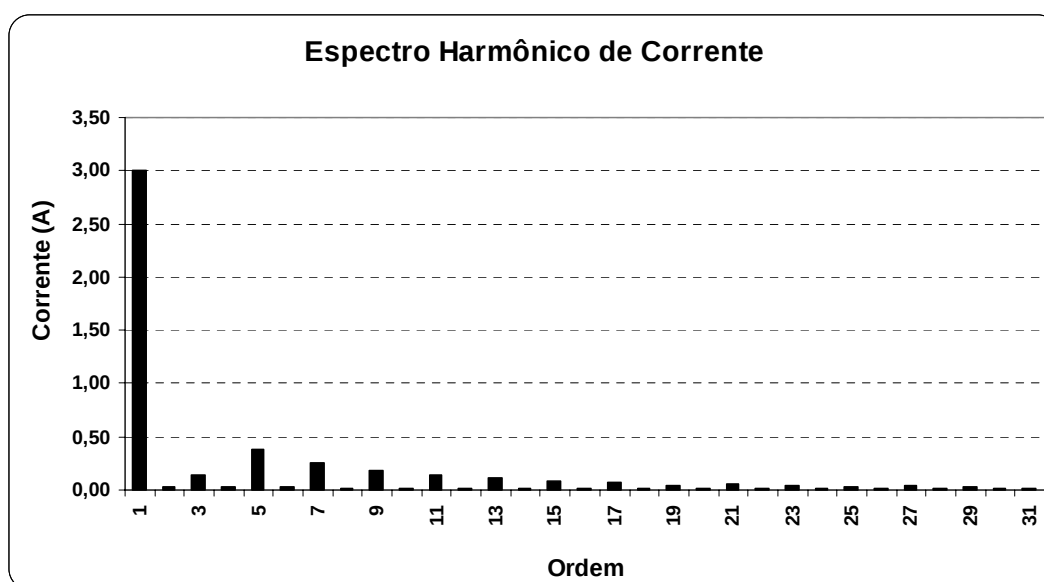
O Quadro 5.1 apresenta os valores de grandezas elétricas e distorções registradas da fase B do quadro de distribuição QDF6, no local indicado na Figura 5.2 - Leitura 2. As Figuras 5.9 e 5.10 apresentam as formas de onda de corrente e tensão e seus respectivos espectros harmônicos. O medidor utilizado foi o analisador de harmônicas 41B *Power*, da marca *Fluke*, de forma instantânea e somente para fins de análise, sem o cumprimento de qualquer protocolo específico de medições. Circuitos de tomadas estão ligados a este quadro de distribuição. Novamente, observa-se que existem valores de distorção de corrente elevados, porém o valor eficaz não é alto o suficiente para causar algum dano. Neste quadro foi somente possível medir os parâmetros da fase B, pois devido à instalação muito próxima de cabos, barramentos e condutores em seu interior não foi possível ligar o alicate de medição do analisador. Não foi constatado nenhum problema de sobreaquecimento ou vibração.

Quadro 5.1 - Quadro de distribuição QDF6 – fase B – parâmetros elétricos.

Frequência (Hz)	59,98		Tensão (V)	Corrente (A)
Potências		RMS	126,09	3,06
Ativa (W)	370,00	Pico	178,32	5,32
Aparente (VA)	390,00			
Reativa (Vars)	100,00			
Fator de Potência Total	0,95	Ordem Harmônica		
		1	126,06	3,00
Fator de Deslocamento	0,97	3	0,77	0,14
		5	2,17	0,38
DHTv Rms (%)	2,33	7	1,41	0,25
DHTv Fund (%)	2,33	9	0,43	0,19
DHTi Rms (%)	18,56	11	0,63	0,14
DHTi Fund (%)	18,89	13	0,80	0,11

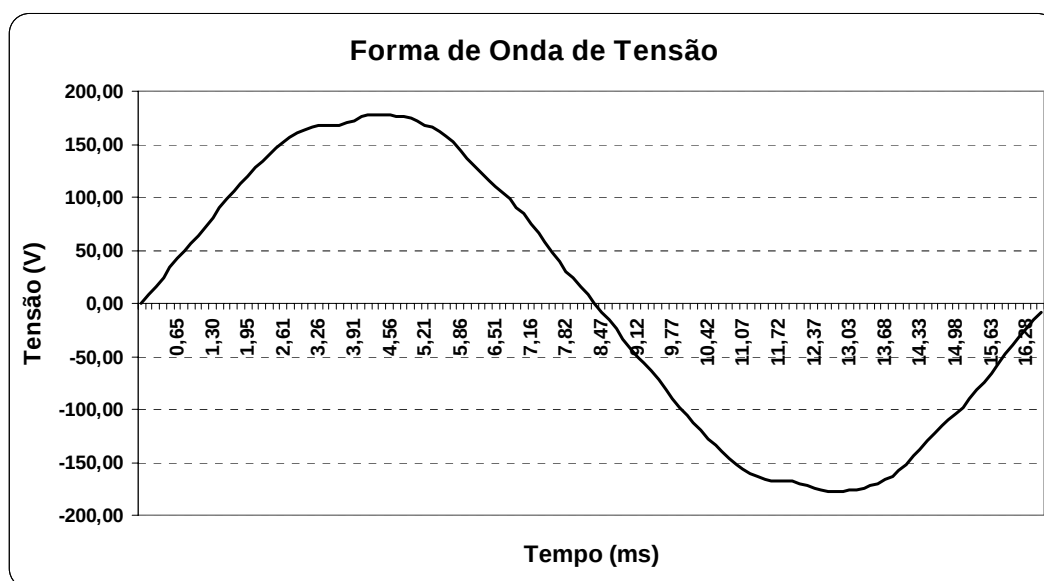


(a)

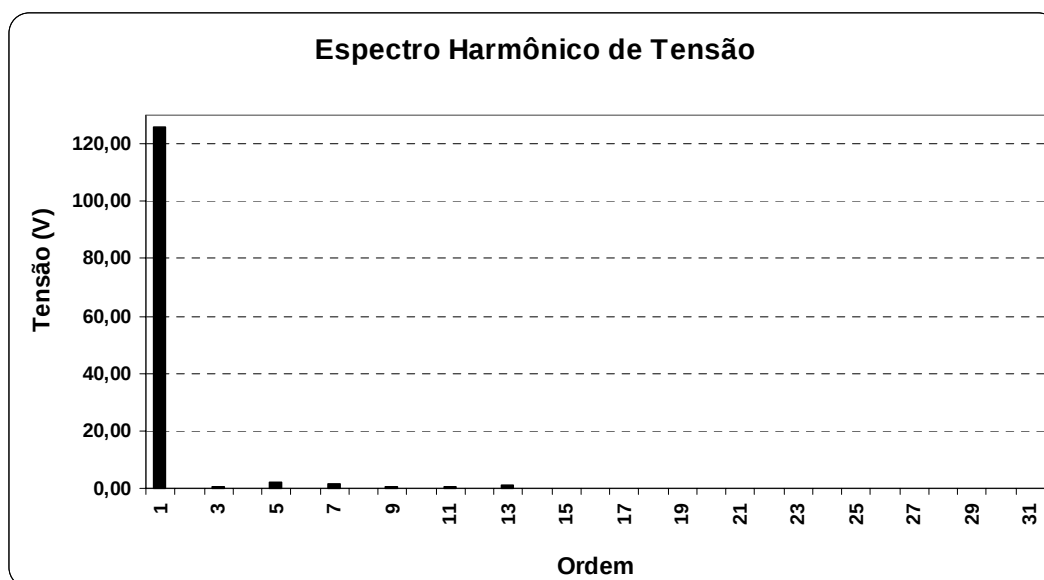


(b)

Figura 5.9 - Quadro de Distribuição QDF6 – Fase B. (a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente.



(a)



(b)

Figura 5.10 - Quadro de Distribuição QDF6 – Fase B. (a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão.

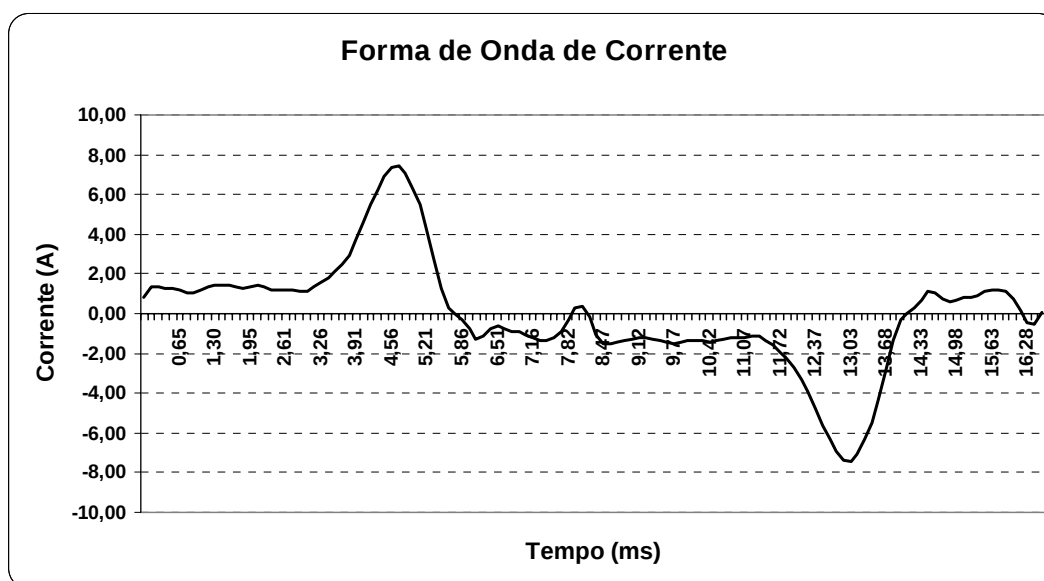
5.6.3. Intensificador de Imagem por Fluoroscopia

O intensificador de imagem por fluoroscopia é utilizado para estudos fluoroscópicos em pacientes. Este estudo é conceitualmente similar ao processo efetuado pelo aparelho de raios-x no qual a imagem é projetada continuamente em um monitor. Ele opera em dois modos: projetando e disparando. Esta máquina funciona em diferentes locais a qualquer hora do dia. Ele está ligado aos mesmos circuitos de outras tomadas monofásicas. Devido a esta situação, ele é identificado como uma fonte em potencial de problemas relacionados à energia elétrica, especialmente quando utilizado próximo aos equipamentos eletrônicos.

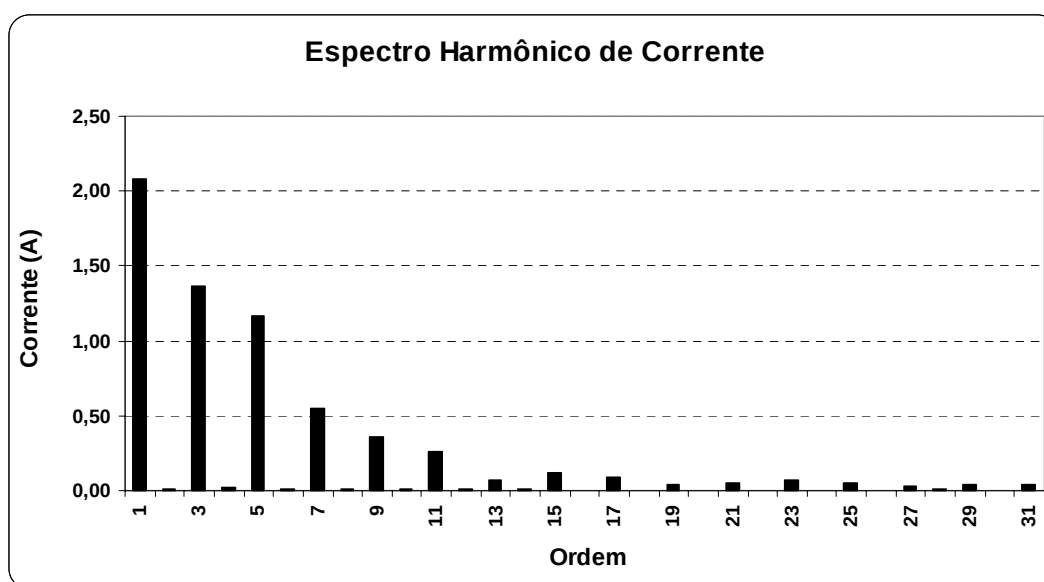
Nas Figuras 5.11 e 5.12 são mostradas as curvas de tensão e corrente com seus respectivos espectros harmônicos, e no Quadro 5.2 são apresentados os parâmetros elétricos medidos instantaneamente junto ao EEM. Quanto aos níveis de distorções harmônicas de tensão não existe uma norma específica ainda para EEMs. Para as harmônicas de corrente será utilizada como referência para comparação a IEC (2005), lembrando que ela é utilizada para equipamentos monofásicos com tensão fase-neutro de 220 a 240 V e no caso dos equipamentos do CC, a tensão monofásica é 127 V. Verifica-se que existem harmônicas de correntes de diversas ordens e elevadas taxas de DHTs, porém não estão violando os limites da norma.

É importante observar a diferença entre os valores de Fator de Potência Total e Fator de Potência de Deslocamento. O primeiro considera o valor da potência harmônica o que ocasiona sua diminuição. Numa análise geral, se o fator potência total das instalações elétricas for muito baixo, acarretará em diversos problemas como, por exemplo, sobrecarga de condutores, barramentos e transformadores.

Foi informado que ocorreram desligamentos instantâneos de lâmpadas dos focos cirúrgicos ao se utilizar o intensificador de imagem em determinadas salas. Isto ocorre devido ao mau dimensionamento de determinados circuitos que não suportam as quedas de tensão decorrentes. A fim de mitigar a interferência deste equipamento em outros, recomenda-se projetar circuitos dedicados a ele.



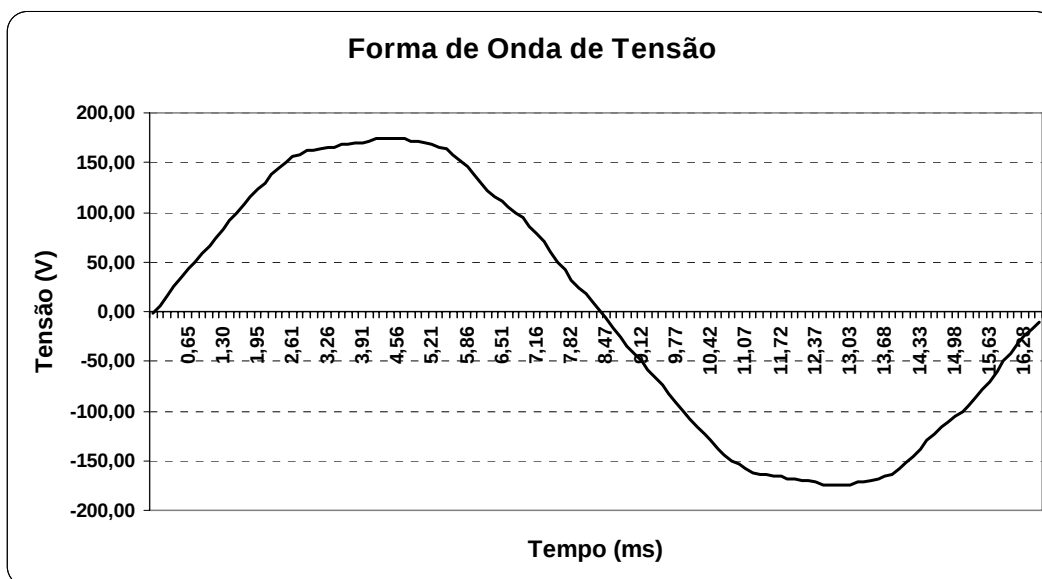
(a)



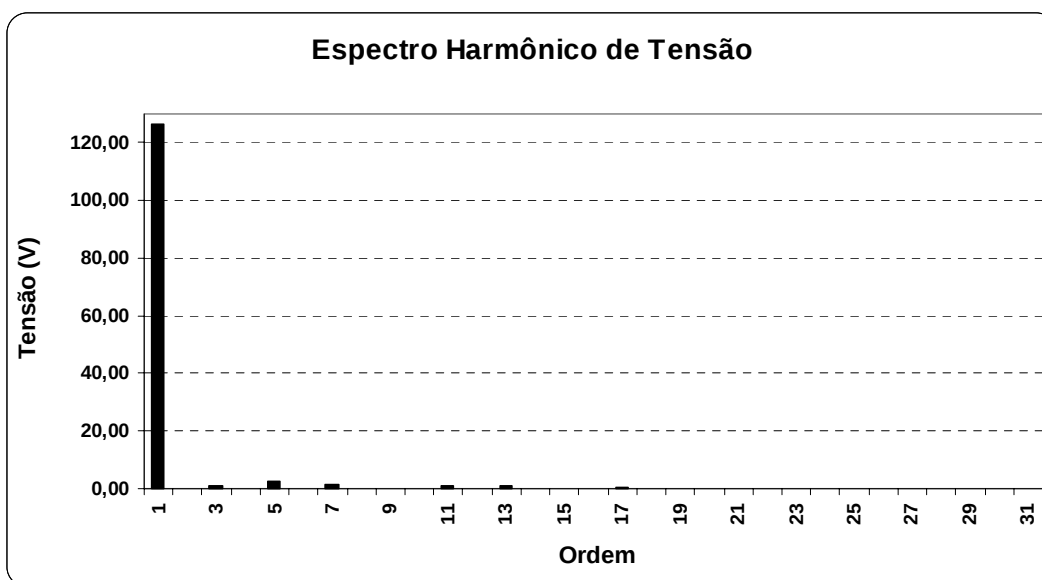
(b)

Figura 5.11 - Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção.

(a) Forma de onda de corrente. (b) Espectro harmônico de corrente.



(a)



(b)

Figura 5.12 - Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção.
(a) Forma de onda de tensão. (b) Espectro harmônico de tensão.

Quadro 5.2 – Intensificador de imagem por fluoroscopia – modo: projeção – parâmetros elétricos.

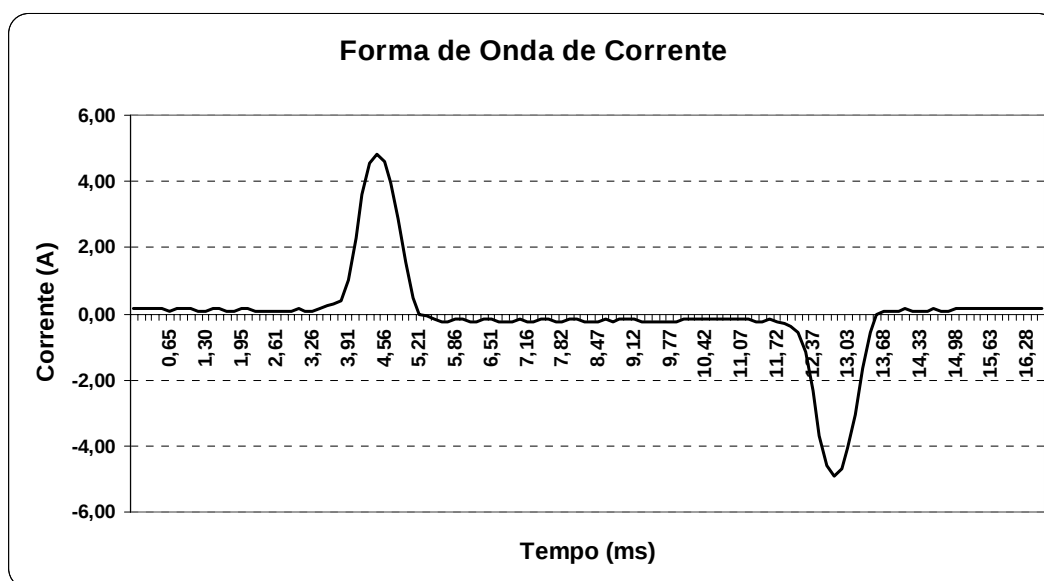
Frequência (Hz)	59,98		Tensão (V)	Corrente (A)
Potências		RMS	126,20	2,85
Ativa (W)	250,00	Pico	174,66	7,60
Aparente (VA)	360,00			
Reativa (Vars)	80,00			
Fator de Potência	0,69	Ordem Harmônica		
Total		1	126,16	2,08
Fator de	0,96	3	1,13	1,36
Deslocamento		5	2,47	1,17
DHT_v Rms (%)	2,75	7	1,70	0,55
DHT_v Fund (%)	2,75	9	0,20	0,36
DHT_i Rms (%)	68,17	11	0,95	0,26
DHT_i Fund (%)	93,19	13	0,81	0,07
		15	0,25	0,12

5.6.4. Unidades Eletro-cirúrgicas ou Bisturis Elétricos

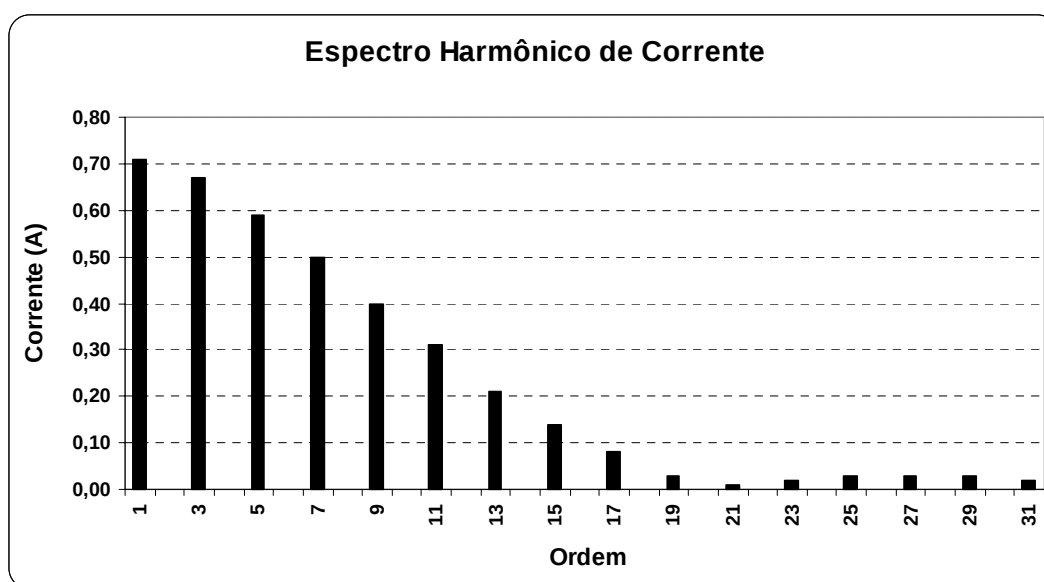
Os bisturis elétricos são utilizados para incisão e coagulação em intervenções cirúrgicas. São basicamente, geradores de energia em alta frequência. Recebem essa denominação por operarem numa faixa de frequência que pode variar de 300 kHz a 3 MHz, dependendo do fabricante e das características de geração (CASTRO, 1997). Seu uso é justificado, pois minimiza o sangramento decorrente do corte, como o que ocorre com os bisturis comuns. Em cada sala cirúrgica do CC do HU existe um aparelho. As Figuras 5.13 e 5.14 apresentam as medições de correntes e tensão do EEM no modo de incisão. No Quadro 5.3 são apresentados seus parâmetros elétricos.

As DHTs de corrente foram as maiores encontradas entre os EEMs do CC, porém as correntes harmônicas de diversas ordens que as compõem estão de acordo com IEC (2005).

Por serem cargas que operam em alta frequência as interferências em outros equipamentos são frequentes. Há ocorrência de distorções nas telas dos monitores de sinais vitais que são frequentemente causadas pelo funcionamento dos bisturis elétricos. No Capítulo 6 desta dissertação serão apresentadas algumas recomendações para a mitigação dessas interferências em EEMs.

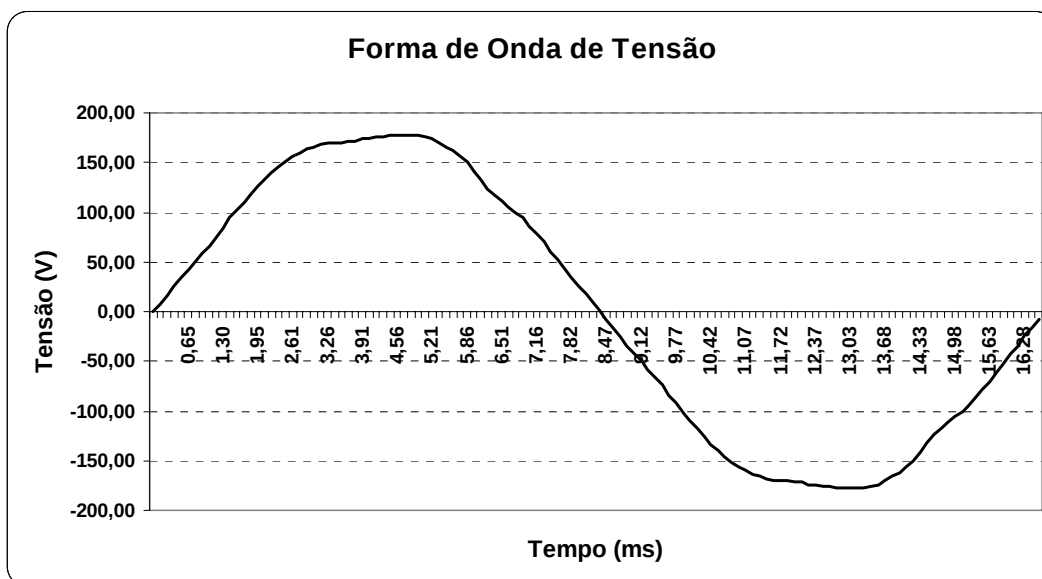


(a)

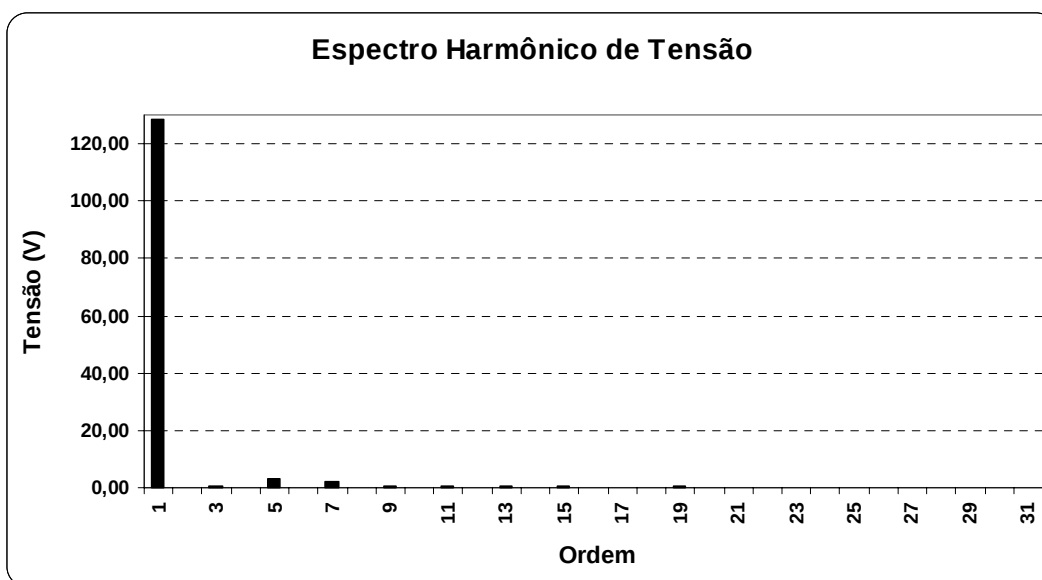


(b)

Figura 5.13 - Unidade eletro-cirúrgica – modo: incisão. (a) Forma de onda de corrente (b) Espectro harmônico de corrente.



(a)



(b)

Figura 5.14 - Unidade eletro-cirúrgica – modo: incisão. (a) Forma de onda de tensão (b) Espectro harmônico de tensão.

Quadro 5.3 – Unidade eletro-cirúrgica – incisão – parâmetros elétricos.

Frequência (Hz)	59,98		Tensão (V)	Corrente (A)
Potências		RMS	128,44	1,38
Ativa (W)	90,00	Pico	178,01	4,98
Aparente (VA)	180,00			
Reativa (Vars)	10,00			
Fator de Potência		Ordem Harmônica		
Total	0,51	1	128,41	0,71
Fator de		3	0,62	0,67
Deslocamento	0,99	5	2,95	0,59
DHT_v Rms (%)	2,89	7	1,89	0,50
DHT_v Fund (%)	2,89	9	0,59	0,40
DHT_i Rms (%)	85,43	11	0,48	0,31
DHT_i Fund (%)	164,38	13	0,56	0,21
		15	0,32	0,14

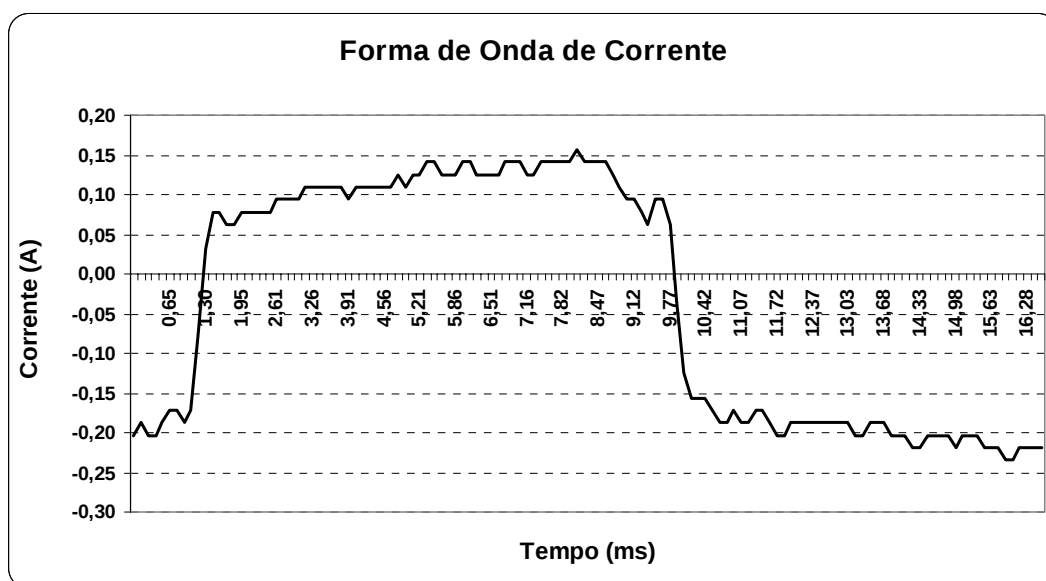
5.6.5. Foco cirúrgico

As Figuras 5.15 e 5.16 mostram as formas de onda e tensão, assim como seus respectivos espectros harmônicos, do foco cirúrgico em regime de *stand-by*.

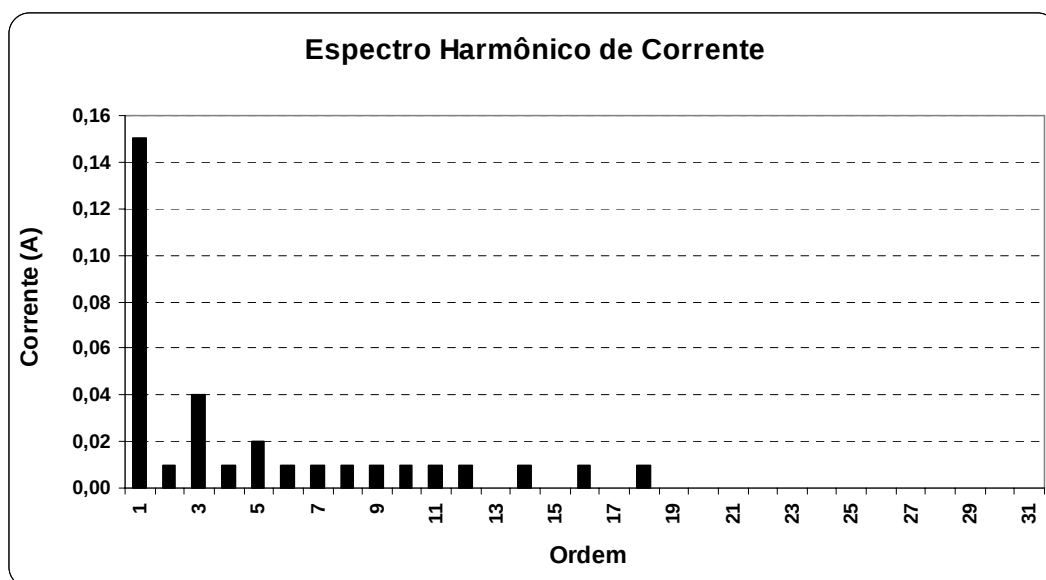
Dezoito lâmpadas halógenas de 25 W - 12 Vdc compõem o conjunto formado pelo foco cirúrgico principal e auxiliar. Embora o foco possua baterias para o caso de emergência que são recarregadas no modo *stand-by*, elas não funcionam e rápidas oscilações de tensão têm queimado suas lâmpadas. Os circuitos que alimentam os focos cirúrgicos são provenientes do quadro de distribuição QDF06 – Tomadas, e não a partir do quadro QDF05 – Iluminação, o que pode estar causando esses distúrbios devido a interação entre as cargas.

Para evitar esses tipos de problemas é sugerido ligar os circuitos em quadros separados. Uma outra recomendação seria substituir os conjuntos de lâmpadas por conjuntos com baterias acopladas, para funcionarem em situações de emergência.

O Quadro 5.4 apresenta os parâmetros elétricos medidos instantaneamente do EEM em modo de *stand-by*. Verifica-se a existência de valores baixos de harmônicas de correntes de diversas ordens que não estão violando os limites de norma.

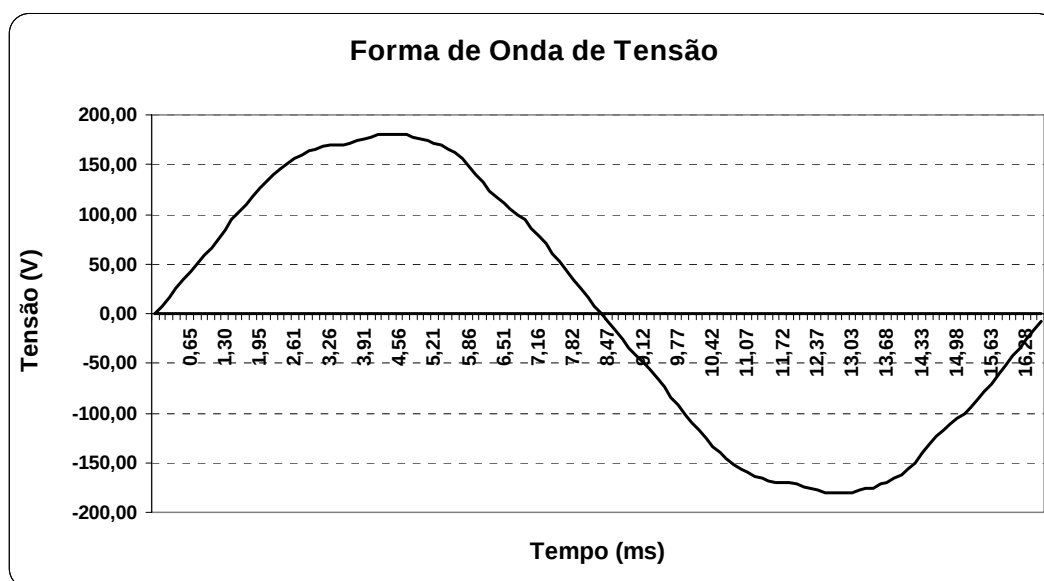


(a)

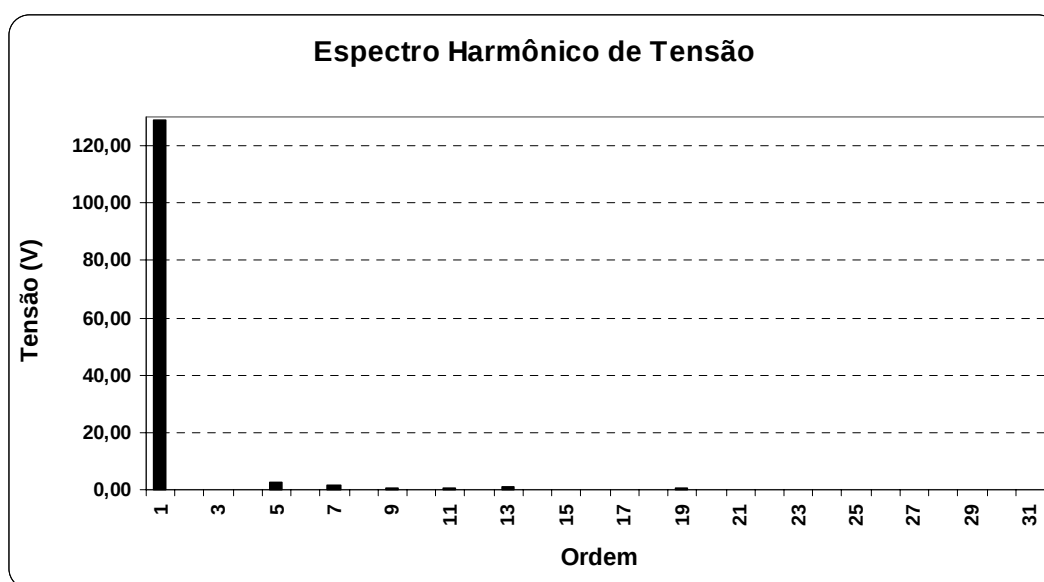


(b)

Figura 5.15 - Foco cirúrgico – modo: *stand-by* – (a) Forma de onda de corrente (b) Espectro harmônico de corrente.



(a)



(b)

**Figura 5.16 - Foco cirúrgico – modo: *stand-by* – (a) Forma de onda de tensão
(b) Espectro harmônico de tensão.**

Quadro 5.4 – Foco cirúrgico – modo: *stand-by* - parâmetros elétricos.

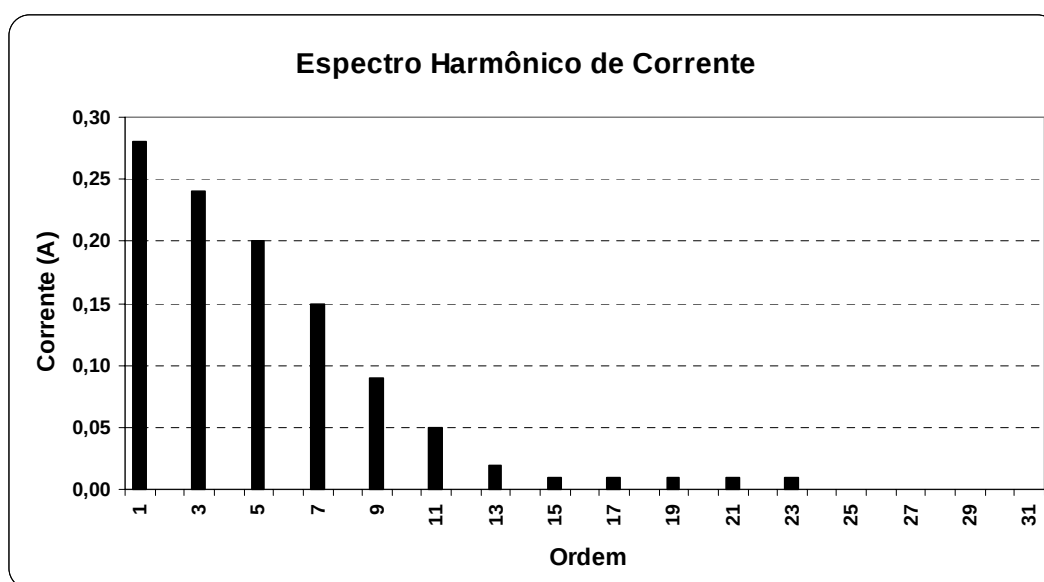
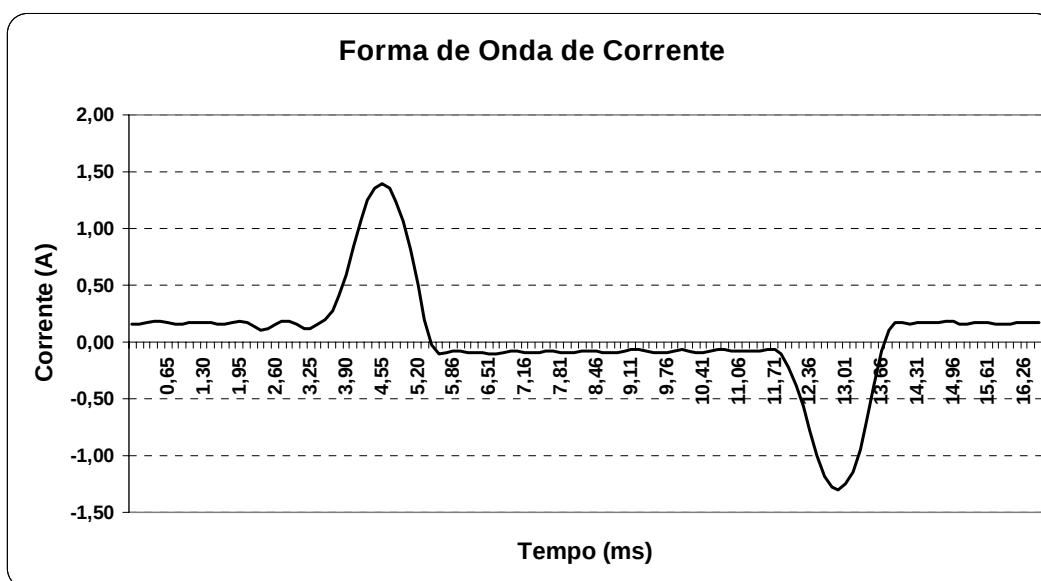
Frequência (Hz)	59,98		Tensão (V)	Corrente (A)
Potências		RMS	128,90	0,16
Ativa (W)	15,00	Pico	180,73	0,19
Aparente (VA)	21,00			
Reativa (Vars)	10,00			
Fator de Potência		Ordem Harmônica		
Total	0,76	1	128,88	0,15
Fator de		3	0,18	0,04
Deslocamento	0,82	5	2,63	0,02
DHT_v Rms (%)	2,60	7	1,77	0,01
DHT_v Fund (%)	2,60	9	0,33	0,01
DHT_i Rms (%)	34,12	11	0,60	0,01
DHT_i Fund (%)	36,30	13	0,82	0,01

5.6.6. Monitor de Sinais Vitais ou de Multiparâmetros

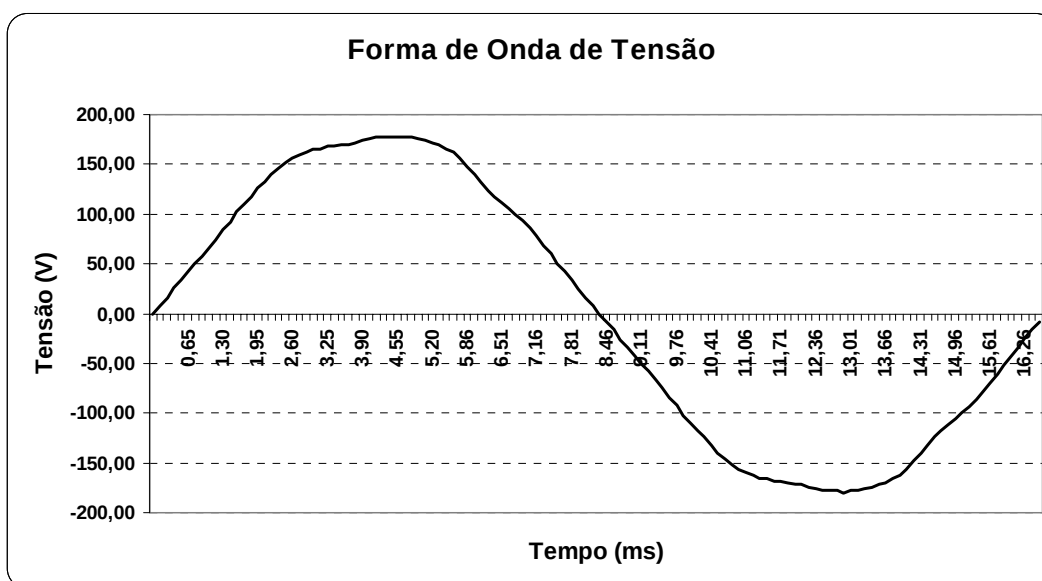
Monitores de sinais vitais são EEMs extremamente práticos para fornecer informações sobre as condições do organismo do paciente. Nos modelos existentes no CC as leituras de sinais dos pacientes podem ser gravadas diretamente em disquetes, pois existe um *drive* embutido. Estes equipamentos são dotados de fontes chaveadas e são tão sensíveis a distúrbios quanto microcomputadores.

Monitores e computadores são fontes de correntes harmônicas de 3ª ordem. Segundo ISLAM (2001), em locais onde existem muitos equipamentos têm sido observadas elevadas correntes no condutor neutro de sistemas trifásicos, mesmo quando suas correntes de fases encontram-se balanceadas. As Figuras 5.17 e 5.18 e o Quadro 5.5 apresentam os altos valores de DHTs deste equipamento assim como suas componentes harmônicas de diversas ordens, porém não estão violando os limites da norma. Observa-se também a diferença entre os Fatores de Deslocamento e Fator de Potência Total.

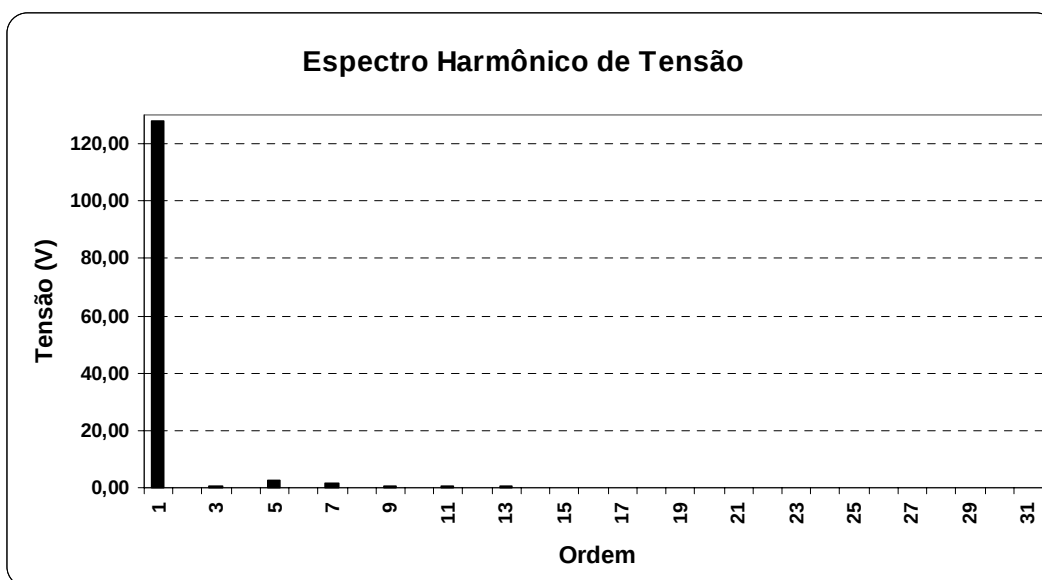
Existem monitores em quase todos os setores do hospital. Recomenda-se um diagnóstico em todo o hospital a fim de estudar o impacto de toda a carga destinada a monitores e microcomputadores nas instalações elétricas.



**Figura 5.17 - Monitor de sinais vitais – (a) Forma de onda de corrente
(b) Espectro harmônico de corrente.**



(a)



(b)

**Figura 5.18 - Monitor de sinais vitais – (a) Forma de onda de tensão
(b) Espectro harmônico de tensão.**

Quadro 5.5 – Monitor de sinais vitais – parâmetros elétricos.

Frequência (Hz)	60,04		Tensão (V)	Corrente (A)
Potências		RMS	128,35	0,43
Ativa (W)	32,00	Pico	178,99	1,27
Aparente (VA)	55,00			
Reativa (Vars)	9,00			
Fator de Potência		Ordem Harmônica		
Total	0,59	1	128,30	0,27
Fator de		3	0,44	0,22
Deslocamento	0,96	5	2,69	0,18
DHT_v Rms (%)	2,61	7	1,67	0,14
DHT_v Fund (%)	2,62	9	0,32	0,09
DHT_i Rms (%)	78,53	11	0,59	0,04
DHT_i Fund (%)	126,84	13	0,66	0,01

5.6.7. Considerações sobre as Medições

Os condutores neutro e fase, transformadores, quadros de distribuição e barramentos das instalações elétricas do CC do HU não foram dimensionados para atender a cargas não-lineares e fluxos harmônicos. No entanto, os registros instantâneos realizados nos EEMs não apresentaram qualquer nível de harmônicas que possa comprometer o funcionamento deles. Os valores registrados encontram-se dentro dos limites regidos por norma, lembrando que foi utilizada a IEC (2005) somente para fins de comparação.

Novas cargas são ligadas às instalações elétricas freqüentemente, portanto sugere-se que suas especificações sigam as normas e regulamentos disponíveis.

Recomendam-se ainda avaliações periódicas das instalações, com enfoque na presença de harmônicas na energia elétrica utilizada no CC, além de estender os estudos a outros setores.

5.7. Instalações Elétricas do CC – Diagnóstico

Por intermédio de visitas ao CC e reuniões com os funcionários responsáveis por cada sala cirúrgica, foi traçada a situação das instalações elétricas e dos EEMs ligados a elas, apontando as principais desconformidades.

Foi verificado que não existe uma cópia dos projetos elétricos em um local específico dentro do CC. Eles ficam em poder do setor de manutenção. Ocorreram diversas modificações nas instalações, porém não são apresentados registros em plantas baixas, o que é comum em todas as unidades hospitalares quando se trata de reforma informal. Ainda que haja um projeto de ampliação e este sofra alterações durante a execução, não existe preocupação com registros gráficos, dificultando a manutenção do EAS e as reformas futuras. O projeto existente foi digitalizado para o auxílio na pesquisa.

5.7.1. Sistema de EEE

O sistema de abastecimento de EEE do CC é realizado a partir de um GMG de 115 kVA que entra em funcionamento em 5 segundos através de transferência automática e atende aos EEMs de monitorização de pacientes (Grupo 2, Classe ≤ 15) e aos demais EEMs (Grupo 2, Classe > 15). Os focos cirúrgicos (Grupo 2) possuem sistemas *No-Break* para estabelecimento de energia em menos de 0,5 segundo por se tratarem de EEMs classe $\leq 0,5$, porém não funcionam.

Ocorreram interrupções no fornecimento de energia elétrica ao HU no período em que se estava realizando o trabalho. O GMG que atende ao CC e que deveria ser acionado automaticamente em até 5 segundos não funcionou. O problema foi resolvido, a partir de acionamento manual após alguns minutos, porém não foi registrado qual foi a causa dos problemas. Segundo informações da enfermeira chefe do CC, neste período estavam sendo realizadas intervenções cirúrgicas e devido aos procedimentos de emergência médica não ocorreu qualquer imprevisto que comprometesse a vida do paciente.

5.7.2. Tomadas Elétricas

Quanto à tomadas destinadas à alimentação dos EEMs verificou-se que:

- As tomadas estão instaladas abaixo de 1,50 m (zona de risco);
- Existe tomada fora do padrão 2P+T universal sem o terceiro furo para o pino de aterramento dos plugues;
- São utilizadas muitas extensões elétricas em todo o CC, além de plugues sem pino de aterramento;
- A quantidade de tomadas distribuídas dentro das salas está, em média, na proporção de 90% para monofásicas (127 V) e 10% (bifásicas), que são utilizadas exclusivamente para os equipamentos de raios-x;
- Existem consoles com 6 ou 7 tomadas em cada sala cirúrgica dispostos em alturas abaixo da zona crítica (1,5 m). Além disso, o aterramento de EEMs é realizado através de improvisações e sem eficácia.

5.7.3. Iluminação

- Em cada sala cirúrgica e na sala de RPA a iluminação geral é realizada através de dez a doze luminárias embutidas com seis lâmpadas cada, com reatores eletromagnéticos de partida rápida. Verificou-se que existem diversas lâmpadas queimadas. O nível de iluminamento geral variou de 170 lux a 770 lux;
- A iluminação destinada às intervenções cirúrgicas é realizada através de dois focos cirúrgicos em cada sala: um principal, composto por 12 lâmpadas halógenas de 25 W / 12 Vdc; e um auxiliar, composto por 6 lâmpadas do mesmo tipo. Muitas lâmpadas encontravam-se queimadas. Tampas de acrílico as protegem contra o contato direto com o meio externo, porém algumas se encontravam empoeiradas e outras quebradas. Os níveis de iluminamento nas mesas cirúrgicas variaram de 8500 lux a 22000 lux para os focos principais, e de 1900 lux a 7600 lux para os focos auxiliares. Conforme já citado, os focos cirúrgicos são compostos de sistemas *No-Break* que não funcionam mais;

- As luminárias das paredes dos corredores das salas cirúrgicas do CC estão ligadas ao sistema elétrico de EEE;
- Os circuitos de destinados à iluminação de cada sala não são independentes entre si.

5.7.4. Quadros de Distribuição

- Os quadros de distribuição estão instalados nos corredores de acesso ao CC. A alimentação é proveniente de um Quadro de Distribuição Geral instalado no interior da subestação do CC, ao lado dela encontra-se a sala do Gerador de EEE. O Quadro de Força de EEE instalado nesta sala, alimenta somente os quadros de força de tomadas e iluminação das salas cirúrgicas;
- Os quadros estão instalados em local adequado, ou seja, seco, ventilado, isento de vapores corrosivos ou gases;
- Não são aplicados dispositivos DR, protetores contra surtos de energia nem transformadores de isolamento contra choques elétricos. As proteções de circuitos são realizadas somente através de disjuntores termomagnéticos que em caso de curto-circuito, desarmam e somente após a solução do problema é que eles são acionados;
- Não existe sistema de aterramento na configuração IT-Médico no CC. A configuração existente é a TN-C-S;
- O sistema de aterramento existente é precário e ineficaz. Foi verificado que na sala D (cirurgia cardíaca), existem casos de choque elétrico próximos aos EEMs de anestesia e monitoramento de pacientes;
- Foi constatada a inexistência de qualquer ligação equipotencial nas instalações do CC. No interior dos quadros de distribuição não existem as barras de terra, de sinal ou de equipotencialidade distintas.

5.7.5. Pisos Semicondutores

Segundo informações do setor de manutenção, as atuais instalações do CC datam de 1992. As salas cirúrgicas foram concebidas com pisos

semicondutores, porém de qualidade duvidosa, visto que em 1994, eles tiveram que ser substituídos. Porém essa substituição foi realizada de forma precária, sem a verificação da resistência ou continuidade da malha de aterramento existente. Nenhum relatório técnico foi realizado para garantir a funcionalidade do piso nem mesmo testes periódicos de condutibilidade do mesmo são realizados.

5.7.6. Compatibilidade Eletromagnética

As principais fontes geradoras de sinais eletromagnéticos de alta frequência no interior das salas cirúrgicas são as unidades eletro-cirúrgicas (bisturis elétricos). As interferências oriundas influenciam o desempenho e funcionamento de outros EEMs. Existem modelos novos que utilizam valores de corrente muito menores em relação aos antigos, causando menos interferências. Como receptores, os monitores de sinais vitais ou monitores de multiparâmetros são os EEMs mais susceptíveis. As interferências podem ocorrer de duas formas: por condução, quando a energia de alta frequência é conduzida para o monitor através do corpo do paciente; e por radiação, quando a transmissão se dá pelo ar induzindo nos monitores e cabos. Ainda, segundo CASTRO (1997), como receptores em potencial de EMI num ambiente cirúrgico podem-se citar os marcapassos cardíacos (utilizados para manter os batimentos cardíacos quando os controles naturais do coração estão com algum problema devido a doenças ou cirurgias), porém no CC do HU não foi constatado nenhum problema relacionado a esses dispositivos.

Nas visitas ao CC foi observada a presença de telefones celulares no interior das salas cirúrgicas. A incompatibilidade destes equipamentos com os EEMs pode causar alterações funcionais, que afetam diretamente os resultados de diagnósticos de pacientes. Torna-se imprescindível a necessidade de medidas que visem a segurança de pacientes.

Não existem circuitos elétricos diferenciados para EEMs geradores de EMI e EEMs mais sensíveis como os de monitoração de pacientes, nem distinção de fases para cada tipo de equipamento.

Nenhum condutor de energia, tanto os destinados aos circuitos quanto dos próprios EEMs, possuem algum tipo de blindagem que possa refletir ou absorver ondas eletromagnéticas. Lembrando que a blindagem atua de forma a evitar que sinais de EMI gerados pelo dispositivo possam se propagar livremente através do ambiente, assim como também evita que sinais de interferência prejudiquem o funcionamento do dispositivo em questão.

Não são adotadas quaisquer medidas para a mitigação do acúmulo de eletricidade estática no interior das salas cirúrgicas, como aterramento de massas ou roupas anti-estáticas.

O SPDA é antigo e não existe qualquer tipo de relatório técnico sobre sua eficácia ou manutenção periódica.

5.7.7. Outras cargas

O CC possui sistema de ar condicionado central. Conforme informações de funcionários, são máquinas precárias e antigas. Não existe mais qualquer tipo de sistema de filtragem como filtros absoluto ou anti-bactéria. São realizadas manutenções a cada 6 meses nas tubulações utilizando materiais de limpeza comuns.

5.8. Considerações Finais

Este capítulo teve como objetivo apresentar a Metodologia utilizada para a elaboração desta dissertação e os Resultados Obtidos a partir de medições de harmônicas e visitas ao CC.

A Metodologia baseou-se em etapas que vão desde as entrevistas preliminares com os responsáveis por cada setor do HU para identificação de locais susceptíveis a problemas, até as medições junto aos EEMs.

As medições foram realizadas em quadros de distribuição e EEM; a partir delas foram registradas as curvas de corrente e tensão, com seus espectros harmônicos.

Nas visitas ao CC procurou-se descrever suas instalações elétricas e identificar deficiências que possam influenciar na execução das atividades. Para tanto foi elaborado um diagnóstico energético do ambiente.

No próximo capítulo será exposta a Discussão sobre os Resultados Obtidos e propostas algumas recomendações, baseadas em normas técnicas, para assegurar o funcionamento das instalações elétricas e garantir a segurança de pacientes e funcionários.

CAPÍTULO 6 - Discussão e Recomendações

6.1. Discussão

O CC é um setor complexo de um EAS para se realizar seu planejamento físico e adequá-lo ao funcionamento dos EEMs. Devido a aplicação de modernas TMHs, muitos fatores devem ser analisados a fim de garantir a integridade de pacientes e funcionários, ou seja, os usuários finais destas tecnologias. Mesmo após a concepção de toda a infra-estrutura planejada, a interatividade entre os diversos equipamentos e/ou entre eles e as instalações elétricas deve ser analisada e discutida a fim de detectar qualquer problema que possa diminuir a eficiência dos processos. Aliado às inadequações da infra-estrutura física, o fator humano também é um elemento que pode contribuir com a perda de segurança e eficácia na execução das atividades, como a realização de muitos procedimentos em desacordo com as especificações dos fabricantes e normas, além da falta de informação do próprio usuário.

Foi verificado, por exemplo, a presença de telefones celulares no interior das salas cirúrgicas, que é uma possível fonte de distúrbios, visto que o equipamento emite ondas eletromagnéticas que interferem no funcionamento de EEMs. Em CABRAL (2001) foi discutido que a presença destes equipamentos não necessariamente causarão interferência em EEMs, mas aumentam a probabilidade de sua ocorrência. Existem no mercado diversos tipos de equipamentos que emitem valores diferentes de campos elétricos, devendo-se ter cautela ao estabelecer uma distância mínima de segurança entre fontes emissoras de radiofrequência e EEMs, pois uma mesma distância pode ser satisfatória para uma fonte e para outra não. A partir dos resultados de seu trabalho foi possível notar que uma parcela significativa dos EEMs testados mostrou-se susceptível aos campos eletromagnéticos emitidos pelos telefones celulares avaliados. Ressaltando-se que tanto os tipos de aparelhos celulares utilizados quanto os EEMs testados sob sua influência, podem ser considerados como os fatores delimitadores de sua pesquisa. No CC do HU existem EEMs com diferentes datas de fabricação, que devido à tecnologia aplicada podem ser mais susceptíveis a problemas de EMI. A redução da incompatibilidade presente entre

as duas tecnologias é lenta devido à necessidade de investimentos em novos EEMs menos susceptíveis. Neste contexto é sugerida a promoção de campanhas de caráter educativo, a fim de orientar os funcionários e pacientes, no sentido de dotá-los de informações necessárias, para que se sintam motivados para a prática de ações que conduzam a utilização segura de energia, enfocando a necessidade do envolvimento de todos na busca dos objetivos propostos, que são a redução de riscos de acidentes.

Ainda em caráter comportamental, conforme informações de funcionários do setor de manutenção do hospital, diversos EEMs são danificados por falta de treinamento dos usuários finais para a sua devida operação. Muitas vezes são descuidos simples, mas que geram prejuízos financeiros e que comprometem as atividades. Por exemplo, existem casos de queimas de EEMs devido à sua ligação em tomadas de força de tensão maior para as quais eles foram projetados.

No entanto, dois componentes são os principais contribuintes com a situação em que se encontra, não só o CC, mas também todo HU: falta de recursos financeiros e humanos. Já nas etapas iniciais da pesquisa, em que foram visitados diversos setores para a determinação do mais propenso a distúrbios e munido de mais EEMs, foram observados locais em que não haviam luminárias em determinados corredores de acesso, pois haviam sido retiradas para serem utilizadas dentro das alas de pacientes. No próprio CC, existem salas em que suas luminárias estão sem lâmpadas ou com a metade de sua capacidade. Numa situação dessas, torna-se difícil exigir um sistema *No-Break* para adequar as instalações no CC no requisito de segurança. Pode-se até condicionar a falta de recursos humanos a falta de recursos financeiros. No CC, conforme constatado, foi informado que determinadas salas cirúrgicas não estão ativadas, pois além da falta de EEMs, faltam recursos humanos para atender a demanda de pacientes.

Verificou-se que as alterações na infra-estrutura do CC foram realizadas de forma desordenada e sem o devido planejamento, devido a ausência de um profissional na área de EC. O resultado disso leva a que o próprio pessoal técnico da manutenção do EAS atenda às necessidades de adequação do espaço físico junto à direção do EAS, apresentando croquis e gerando uma reforma informal.

Os sistemas de aterramento utilizados, por serem antigos e ineficientes, necessitam urgentemente de uma adequação, ou até mesmo a instalação de novos sistemas, principalmente na configuração IT-Médico, que é exigida por norma para CC (ABNT, 1995). Sua relevância deve-se principalmente à segurança de pacientes e funcionários, e a necessidade de mitigar distúrbios relacionados a qualidade de energia. Inerente a este tópico, os pisos semicondutores, mostraram-se ausentes ou precários nas salas de cirurgia. Segundo NUNES (2003), alguns autores levantam dúvidas quanto à validade da aplicação destes itens, pois diversos assuntos ainda são polêmicos e são discutidas as suas eficiências e veracidade nos ambientes de CC.

Os níveis de harmônicas detectados estão de acordo com os níveis admissíveis, lembrando que foram utilizadas referências normativas do exterior para título de comparação. No Brasil não há ainda normas específicas que limitem as harmônicas geradas por equipamentos eletro-eletrônicos. Devido a este panorama, a utilização de EEMs sem qualquer especificação mínima que seja é cada vez maior.

No contexto pedagógico, desde o início dos trabalhos, na obtenção de informações *in loco* e nas realizações das medições, foram utilizados acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica e estagiários do Laboratório de Eficiência Energética do DEL/UFMS. Sua participação, de forma voluntária, visando a busca de conhecimento, colaborou de forma decisiva na pesquisa, dando suporte e participando diretamente dos levantamentos de campo. A proposta de utilizar este trabalho como ferramenta de implementação na aprendizagem dos acadêmicos foi atingida. Visto que tópicos relacionados à EC não fazem parte da grade curricular do curso, a pesquisa serviu de incentivo aos acadêmicos participantes a realizarem futuros trabalhos tanto na área hospitalar quanto na área de qualidade de energia.

Nem tudo são informações desanimadoras na execução deste trabalho. Acredita-se que o pouco que se fez já está contribuindo de forma científica e social com a instituição. Um evento coincidiu com a elaboração da dissertação: o programa PROCEL Hospitalar que a UFMS, ELETROSUL e o Ministério de Energia e Minas, através do PROCEL, estão realizando junto ao HU da UFMS. Em sua primeira etapa, o programa baseia-se na efficientização de

condicionadores de ar e iluminação, através de substituição de equipamentos convencionais por equipamentos mais eficientes. Numa segunda etapa, está previsto o aumento de troca de roupas de uso diário de pacientes, fazendo com que diminua a utilização das cargas da lavanderia do HU. Já foi recomendada a substituição dos focos cirúrgicos de todas as salas do CC, devidamente especificados, com baterias internas para o caso de interrupção por parte da concessionária local ou alguma falha no sistema de EEE do hospital.

6.2. Propostas de Trabalhos Futuros

Sugere-se a aplicação da metodologia deste trabalho em todos os setores do HU.

Caso sejam implementadas as recomendações deste trabalho, seria importante a constatação, através de estudos, das mudanças previstas. Por exemplo, caso estabeleçam adequações aos sistemas de aterramento e piso semicondutivo das salas, deveriam ser diagnosticadas sua funcionalidade, verificando se continuaram ou não a incidência de choques elétricos em determinados locais e os valores de resistências elétricas das partes envolvidas.

Se fossem instalados sistemas *No-Break*, um tópico importante a ser estudado seria qual a sua influência na qualidade de energia utilizada, visto que são equipamentos considerados cargas não-lineares.

Na ausência de um profissionais habilitados em EC, recomenda-se a promoção de cursos e palestras, baseados nesta pesquisa, para funcionários sobre a importância da utilização da energia elétrica de forma segura e eficiente.

6.3. Recomendações

Baseado nas informações obtidas, valendo-se de visitas ao CC, e mediante a pesquisas bibliográficas, algumas recomendações podem ser sugeridas:

- Existem projetos elétricos das instalações do CC, porém desatualizados e somente em cópias heliográficas, nada em arquivos digitais. Alguns foram

digitalizados para serem utilizados na pesquisa. Torna-se necessária a atualização e digitalização de todos os projetos do CC, incluindo os das outras especialidades, como arquitetônico, hidrossanitário, estrutural e outros. Além disso, eles devem estar disponíveis na sala de chefia da enfermagem para eventual consulta;

- É obrigatória por norma a existência de uma fonte de EEE que atenda as áreas classificadas como Classe < 0,5, como as salas de cirurgia. No caso, recomenda-se a utilização de sistemas *No-Break*;
- Quanto aos pontos de força, faz-se necessário a adequação da instalação das tomadas acima de 1,5 m (zona de risco). É proibida a utilização das extensões elétricas. Quando não for possível, elas deverão ser devidamente lacradas para se evitar qualquer acidente. Todas elas deverão possuir um terminal para aterramento;
- O sistema luminotécnico das salas cirúrgicas devem ser eficientizados, pois como é antiquado, esse uso final não está sendo bem aproveitado. Os reatores eletromagnéticos deveriam ser substituídos por eletrônicos de alto fator de potência e as luminárias/lâmpadas devem ser adequadas a fim de propiciar a cada ambiente os Níveis de Iluminamento, IRC e Temperatura de Cor propostos na Tabela 4.3. Os circuitos devem ser independentes entre si, para evitar, que num eventual problema em um circuito de uma sala, as outras sejam prejudicadas;
- Os focos cirúrgicos devem ser substituídos devido ao estado precário em que se encontram. Devem possuir baterias internas que garantam o restabelecimento imediato de energia caso ocorra alguma interrupção no fornecimento principal proveniente da concessionária;
- Todos os quadros deverão ser compostos de barramentos de neutro e terra, além de seus circuitos serem devidamente protegidos e identificados, por tipo

de carga e qual sala eles atendem. Todas as suas partes metálicas não energizadas, como carcaça e portas, deverão ser aterradas;

- Deve ser previsto a instalação de sistema de aterramento IT-Médico em locais do Grupo 2 devidamente equipado com um DSI (ABNT, 1995). Nos locais do Grupo 1, a proteção por seccionamento automático da alimentação deve ser confiada a dispositivos DR (ABNT, 1995). Todos os sistemas deverão ser redimensionados e verificados para garantir sua funcionalidade;
- Caso se opte em se projetar malhas de aterramento distintas, com configurações iguais, tanto para força quanto para referência de sinal para equipamentos eletrônicos, elas deverão ser interligadas através de um condutor único;
- Recomenda-se a instalação de piso semicondutivo nas salas onde exista manipulação de produtos inflamáveis e cirurgias cardíacas. Ressaltando-se que não existe comprovação de sua presença ou qualquer relatório técnico de sua eficiência. Nas salas de cirurgias especializadas do tipo cardíacas esse piso se faz necessário, uma vez que o coração não suporta choque elétrico acima de 500 μ A e as salas de cirurgia que não fizerem uso de piso condutivo devem ser identificadas externamente (“Proibido o uso de agentes anestésicos inflamáveis e explosivos”) (IEC, 1997);
- Deve ser promovida a equipotencialização de toda a instalação elétrica do CC, além das malhas (sistemas e piso) propostas, a fim de se evitar a geração de possíveis diferenças de potencial que possam danificar EEMs e/ou comprometer a segurança de funcionários e pacientes. Ressalta-se ainda a necessidade de se evitar a ocorrência de descargas eletrostáticas;
- Devem ser distintos os circuitos destinados aos EEMs de monitoração de sinais vitais, iluminação e aqueles que possam gerar IEM, como unidades eletrocirúrgicas, respeitando a sugestão de que determinada fase dos quadros

de distribuição deve ser exclusiva para os possíveis geradores de interferência;

- Utilizar valores de potência de saída das unidades eletro-cirúrgicas o mais baixos possíveis para cada procedimento cirúrgico;
- Manter cabos do monitor de multiparâmetros longe dos cabos da unidade eletro-cirúrgica;
- Manter os cabos do monitor de multiparâmetros perpendicular aos cabos da unidade eletro-cirúrgica;
- Procurar utilizar somente cabos blindados em EEMs geradores de IEM e naqueles mais susceptíveis a este tipo de distúrbio;
- Em casos mais críticos são recomendáveis o projeto e construção de filtros adaptativos que consigam eliminar IEM;
- Recomenda-se que os EASS estabeleçam programas de orientação aos usuários dos telefones celulares sobre o risco potencial que possuem em produzir interferência nos EEMs, limitando o seu uso em determinados setores, principalmente no CC e UTI;
- Quanto ao uso de sistemas de ar condicionado, recomenda-se um estudo para adequação do sistema existente, visto que é obsoleto e necessita urgentemente de manutenção e adoção de filtros adequados à necessidade de procedimentos cirúrgicos, além de se optar por equipamentos mais eficientes, com selo PROCEL;
- Torna-se evidente a necessidade de profissionais habilitados no ramo de EC no HU, devido às suas deficiências de infra-estrutura e gerenciamento na utilização da energia elétrica, visando o treinamento de funcionários, assessoramento na compra e instalação de EEMs, programação e fiscalização

de manutenções preventivas e corretivas, além realização de medições de parâmetros elétricos periodicamente a fim controlar sua qualidade. Todos esses procedimentos, conforme citados, devem ser planejados fundamentados em normas, para se garantir a segurança de funcionários e pacientes, além de otimizar os custos de investimentos.

CAPÍTULO 7 – Conclusão

A falta recursos financeiros e humanos não é exclusividade do HU da UFMS, é comum em diversos hospitais. Na maioria das vezes, é inevitável a adoção de improvisações na execução de reformas em locais que possuem características funcionais de emergência, como o CC que não pode parar devido a alta demanda de pacientes que são atendidos diariamente.

Devido ao crescimento da instituição e a necessidade de acolher seus pacientes, verificou-se a falta de um planejamento e de readequação de suas instalações acarretando em deficiências, como ineficácia de sistemas de aterramento, falta de fontes de EEE que atendam a determinadas cargas imediatamente, falta de pisos semicondutores, incompatibilidade de TMHs, utilização de EEMs em estado precário ou mau uso destes equipamentos, ora por falta de conhecimento de normas técnicas ora por descuido.

Quanto aos níveis de harmônicas, por enquanto verificou-se que não existem valores que possam comprometer o funcionamento dos EEMs no CC. Porém, faz-se necessário a realização de medições periodicamente a fim de monitorar em intervalos de tempo maiores a energia utilizada. Além disso, à medida que forem sendo solicitados a disponibilidade de novos EEMs, é aconselhável verificar suas características de funcionamento quanto a níveis de harmônicas, faixas de sensibilidade a variações de tensões e EMI ou se são possíveis geradores de qualquer outro tipo de distúrbio que acarretem o mau funcionamento da instalação ou dos EEMs ligados à ela.

Para a análise dos aspectos eletromagnéticos, tanto quantitativamente quanto qualitativamente, de modo a prevenir a interferência na funcionalidade e na segurança dos EEMs é recomendável a existência e a capacitação de profissionais habilitados no ramo de EC no HU. Esses especialistas devem ser amparados pela aplicação das normas de planejamento e de infra-estrutura dos ambientes que o compõem e que fazem uso de TMHs, visando garantir a eficiência e segurança dos processos, além, é claro, de seus usuários finais, que são os pacientes e funcionários.

Ressalta-se que esta pesquisa, focada num único setor hospitalar, não dispensa a necessidade de um corpo técnico multidisciplinar para o atendimento ao EAS como um todo.

O trabalho é ainda uma contribuição científica e social que é um dos objetivos de um trabalho de um programa de pós-graduação.

ANEXO I – Planilhas para Aplicações de Rotinas Fiscalizadoras

**INFORMAÇÕES GERAIS
PROJETOS DO CC**

N.º do EAS:

1.PROJETO ARQUITETÔNICO

Item de verificação: Projeto Arquitetônico do CC	Sim	Não
Existente		
Modificado		
Modificações registradas em planta		

2.PROJETO ELÉTRICO

Item de verificação: Projeto Elétrico do CC	Sim	Não
Existente		
Modificado		
Modificações registradas em planta		

3.PROJETO DE AR CONDICIONADO

(Consulta no setor de manutenção do EAS)

Item de verificação: Projeto de Ar Condicionado	Sim	Não
Existente		
Modificado		
Modificações registradas em planta		

INFRA-ESTRUTURA ELÉTRICA E ELETRÔNICA PARA CC

No. do EAS:

1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE EEE DO CC E RECUPERAÇÃO PÓS-ANESTÉSICA

Item de verificação: Alimentação de energia elétrica hospitalar	Sim	Não
<i>Duas fontes obrigatórias</i>		
<i>Rede concessionária local</i>		
Conjunto de baterias que garantem o fornecimento para áreas críticas do CC		
Grupo de geradores que garantam o fornecimento para áreas críticas do CC.		
Linha independente da concessionária (fornecimento ininterrupto e simultâneo, com intervalo não superior a 2 horas, comprovado nos últimos 5 anos)		
Dispositivo automático de transferência de uma fonte para outra para áreas críticas		
Dispositivo manual de transferência de uma fonte para outra para áreas semicríticas.		
Autonomia do conjunto: contínuo por 24 hs a todas as cargas alimentadas pelo sistema de EE.		

2. ÁREAS ALIMENTADAS PELO CIRCUITO CRÍTICO DE EEE: Classificação dos locais do CC (G) tipo de equipamento/ (C) alimentação de segurança

Item de verificação: Sala pequena de cirurgia	Sim	Não
Foco cirúrgico: $G2, \leq 0,5$.		
Tomadas selecionadas para EEMs vitais ($G2, C \leq 0,5$)		
Tomadas selecionadas ($G2, C \leq 15$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 0,5$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 15$)		
Nenhuma tomada atende a classificação: $G 2, C \leq 0,5$ (tomadas selecionadas e foco cirúrgico) e $G 2, C \leq 15$		
Luminárias selecionadas ligadas ao sistema de EEE		
Item de verificação: Sala média de cirurgia -	Sim	Não
Foco cirúrgico: $G2, \leq C 0,5$		
Tomadas selecionadas para EEMs vitais ($G2, C \leq 0,5$)		
Tomadas selecionadas ($G2, C \leq 15$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 0,5$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 15$)		
Nenhuma tomada atende a classificação: $G 2, C \leq 0,5$ (tomadas selecionadas e foco cirúrgico) e $G 2, C \leq 15$		
Luminárias selecionadas ligadas ao sistema de EEE		
Item de verificação: Sala grande de cirurgia	Sim	Não
Foco cirúrgico: $G2, C \leq 0,5$		
Tomadas selecionadas para EEMs vitais ($G2, C \leq 0,5$)		
Tomadas selecionadas ($G2, C \leq 15$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 0,5$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 15$)		
Nenhuma tomada atende a classificação: $G 2, C \leq 0,5$ (tomadas selecionadas e foco cirúrgico) e $G 2, C \leq 15$		
Luminárias selecionadas ligadas ao sistema de EEE		
Item de verificação: Sala de indução anestésica	Sim	Não
Tomadas selecionadas ($G2, C \leq 0,5$)		
Tomadas selecionadas ($G1, C \leq 15$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 0,5$)		
Todas tomadas são ($G2, C \leq 15$)		
Nenhuma tomada atende a classificação: $G 2, C \leq 0,5$ (tomadas selecionadas e foco cirúrgico) e $G 2, C \leq 15$		
Luminárias selecionadas ligadas ao sistema de EEE		

3.SISTEMA DE ATERRAMENTO E PROTEÇÃO CONTRA CHOQUE ELÉTRICO EM CC

Item de verificação: Sistema de aterramento	Sim	Não
Aterramento em salas de cirurgia		
Aterramento em sala de RPA		
Aterramento em sala de indução anestésica		
Item de verificação: Proteção contra choques	Sim	Não
Sistema IT Médico para locais do grupo 2		

4.DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Item de verificação: Transformador de segurança	Sim	Não
Transformador separador de segurança		
Complementados com sistema de alarme contra falha de isolamento com monitor de isolamento de linha, ou monitor dinâmico		
Transformador separador suplementar para sala cirúrgica		

5.DISJUNTORES

Item de verificação: Disjuntor para a sala de cirurgia	Sim	Não
Disjuntores setorizados para cada sala de cirurgia		
Identificação de locais de comando		
Local acessível		

6.ILUMINAÇÃO DE ÁREAS DE APOIO E CORREDORES DO CC

Item de verificação: Nível de iluminamento	Sim	Não
Áreas de apoio e corredores = 500 lux		
Item de verificação: Luminárias de áreas de apoio e corredores	Sim	Não
Algumas luminárias ligadas ao sistema de EE		

7.TOMADAS EM ÁREAS DE APOIO E CORREDORES

Item de verificação: Tubulações do sistema elétrico do CC	Sim	Não
Correm em espaço técnico		
Expostas		
Embutidas		
Tomadas instaladas a 1,50m do piso		

REQUISITOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICA E ELETRÔNICA ESPECÍFICAS PARA SALAS DE CIRURGIA PEQUENA – MÉDIA - GRANDE

No. do EAS:

1. REQUISITOS PARA INFRA-ESTRUTURA ELÉTRICA EM SALA DE CIRURGIA

Item de verificação: Instalações elétricas	Sim	Não
Ligadas ao sistema de energia elétrica de EEE		
Ligadas ao sistema de aterramento		
Ligadas a um sistema elétrico específico dependendo do equipamento		
Item de verificação: Tubulações do sistema elétrico	Sim	Não
Embutidas		
Expostas		
Correm em espaço técnico		
Item de verificação: Circuitos elétricos	Sim	Não
Circuitos alimentados por fases diferentes para EEMs geradores de interferências.		
Circuitos alimentados por fases diferentes para equipamentos de monitoração		
Circuito independente para o foco cirúrgico		
Estabilizador de voltagem/ regulador de voltagem		

2. ILUMINAÇÃO

Item de verificação: Iluminação	SIM	NÃO
Lâmpada fluorescente tipo luz do dia		
Luminárias com proteção contra poeira		
Algumas luminárias ligadas ao sistema EE		
Iluminação geral das salas cirúrgicas = 1.000 lux		
Iluminação do campo cirúrgico = mínimo de 10.000 a 20.000 lux		
Luminárias do campo cirúrgico: ligadas ao sistema EE em 0,5 segundos		

3. TOMADAS, INTERRUPTORES E PONTOS DE FORÇA

Item de verificação: Tomadas de Equipamento de Raios-X – Transportável	SIM	NÃO
Ligadas ao sistema de energia elétrica de EEE		
Ligadas ao sistema de aterramento		
Transformador de separação individualizado por aparelho		
Circuito mínimo de 4.500 VA para 30 A		
Identificadas "Para uso de Raios-X"		
Localizadas na sala cirúrgica		
Localizadas no corredor		
Item de verificação: Tomadas, interruptores e pontos elétricos das salas de cirurgia	Sim	Não
Mínimo de 2 Conjuntos com 4 tomadas com voltagem fornecida pela concessionária local (220 V)		
Mínimo de uma tomada com voltagem diferenciada (110 V)		
Item de verificação: Zona de risco	Sim	Não
Tomadas = Altura mínima de 1,50m do piso pronto		
Interruptores = Altura mínima de 1,50m do piso pronto		
Luminária cirúrgica = Instalada a altura mínima de 1,50m do piso pronto		
Instalações de tomadas abaixo de 1,50m blindadas e lacradas		
Tomadas padronizadas		
Uso de extensões elétricas		
Utilização de adaptadores de tomadas		
Tomada específica para bisturi		
Ponto de força para laser		
Tomada para comando de mesa cirúrgica		
Ponto de energia para negatoscópio		
Coluna retrátil		

4. PISOS SEMICONDUTIVOS

2. Item de verificação: Piso semicondutivo	Sim	Não
Pisos semicondutivos em sala cirúrgica		
Malha metálica		

5. SISTEMA DE SINALIZAÇÃO EM SALA DE CIRURGIA

Item de verificação: Sinalização de enfermagem	Sim	Não
Sinalização de enfermagem na sala cirúrgica		
Sinalização de sala ocupada		
Sinalização de Anestesia		

**REQUISITOS DO MANUAL BRASILEIRO DE ACREDITAÇÃO HOSPITALAR (MBAH) PARA CC
REFERENTE A INSTALAÇÕES ELÉTRICAS NÍVEL 1 – NÍVEL 2 – NÍVEL 3**

No. do EAS:

1.ACREDITAÇÃO NÍVEL 1

1.Item de verificação: Aterramento	Sim	Não	Acreditação
As instalações elétricas contam com sistema de aterramento.			Nível –1 CC
2.Item de verificação:Iluminação de emergência	Sim	Não	
Existe sistema de iluminação de emergência			

**VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS DE INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO PARA CC
CONSIDERANDO ASPECTOS QUE INTERFEREM NO FUNCIONAMENTO DOS EEMs**

No. do EAS:

1. CLIMATIZAÇÃO PARA SALA CIRÚRGICA

Item de verificação: Tipo de sistema de ar condicionado	Sim	Não
Ar condicionado central		
Fluxo laminar linear vertical		
Fluxo laminar linear horizontal		
Split		
Aparelho de ar condicionado convencional do tipo “janela”		
Item de verificação: Ar condicionado	Sim	Não
Pressão de ar no ambiente em relação ao ambiente contíguo: <u>positiva</u>		
Umidade relativa do ar entre 45 a 60 %		

**REQUISITOS DO MANUAL BRASILEIRO DE ACREDITAÇÃO HOSPITALAR (MBAH) PARA
CC REFERENTES AOS EEMs
NÍVEL 1 – NÍVEL 2 – NÍVEL 3**

No. do EAS:

1.ACREDITAÇÃO: EEMs - NÍVEL 1

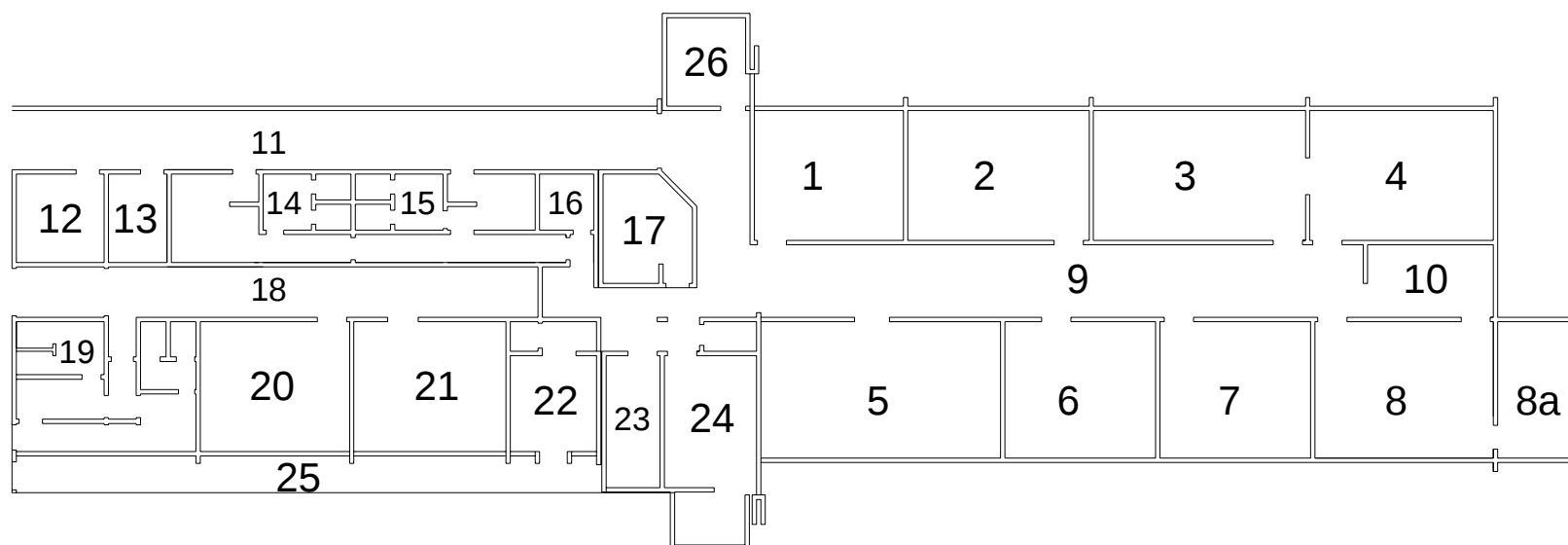
Item de verificação: Condições dos seguintes EEMs em todas as salas de cirurgia	Sim	Não	Acreditação
O aparelho de anestesia apresenta boas condições de uso			Nível – 1 CC
As mesas de cirurgias são adequadas aos procedimentos cirúrgicos			
Item de verificação: Aparelho de Raios-X Portátil	Sim	Não	
Verificar a disponibilidade de aparelho de RX – portátil.			

2.ACREDITAÇÃO: EEMs – NÍVEL 2

Item de verificação: EEMs	Sim	Não	Acreditação
Existe bomba de infusão contínua			Nível – 2 CC
Item de verificação: Controle e manutenção de EEMs	Sim	Não	
Existe controle de equipamento cirúrgico			
Existe programa de manutenção preventiva de equipamentos			

**ANEXO II – Lay-out do Centro Cirúrgico do HU da
UFMS**

LAY-OUT DO CENTRO CIRÚRGICO DO HU DA UFMS



- | | | |
|--------------------|---------------------------------------|--|
| 1 - Sala G | 9 - Corredor de ambiente cirúrgico | 18 - Corredor de acesso a salas de cirurgias de emergência |
| 2 - Sala A | 10 - Farmácia | 19 - Vestiário para cirurgias de emergência |
| 3 - Sala B | 11 - Corredor interno de acesso ao CC | 20 - Sala I |
| 4 - Sala C | 12 - Secretaria | 21 - Sala H |
| 5 - RPA | 13 - Rouparia | 22 - Expurgo |
| 6 - Sala F | 14 - Vestiário Masculino | 23 - Guarda de equipamentos |
| 7 - Sala E | 15 - Vestiário Feminino | 24 - Copa |
| 8 - Sala D | 16 - Depósito de materiais | 25 - Corredor externo de acesso às salas de emergência |
| 8a - Sala de apoio | 17 - Depósito de materiais | 26 - Chefia de enfermagem |

ANEXO III – Dimensões das Salas de Cirurgia e RPA

Dimensões das salas de cirurgia e RPA.

Sala	Dimensões (m)	Área (mm²)	Tipo de Cirurgia	Situação
A	6,20 x 4,40	27,28	Ortopédica, Plástica	Ativada
B	7,25 x 4,40	31,90	Geral, Oncologia, Plástica	Ativada
C	6,30 x 4,40	27,72	Geral	Ativada
D	6,10 x 4,65	28,37	Cardíaca	Ativada
E	5,15 x 4,65	23,95	Geral, Vascular, Urológica	Ativada
F	5,15 x 4,65	23,95	Oftalmológica	Desativada por falta de EEMs e recursos humanos
G	5,10 x 4,40	22,44	Geral, Cirurgia de Emergência, Ortopédica	Ativada
H	5,10 x 4,40	22,44	Cirurgias de emergência	Desativada por falta de EEMs e recursos humanos
I	5,10 x 4,40	22,44	Cirurgias de emergência	Desativada por falta de EEMs e recursos humanos
RPA	8,30 x 4,65	38,60	Recuperação Pós- anestésica	Ativada

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL; 2005. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Módulo 8.– Qualidade de Energia Elétrica. Brasília.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1992. *Iluminância de Interiores*, NBR 5413. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1995. *Instalações Elétricas em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde: Requisitos para Segurança*, NBR 13534. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 1997. *Equipamento Eletromédico - Parte 1 – Prescrições Gerais para Segurança*, NBR IEC 60601-1. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 2004. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*, NBR 5410. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; 2005. *Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas*, NBR 5419. Rio de Janeiro.

BANDOPADHYAY, S.; VARKEY, J.K.; 1995. EMI susceptibility characteristics of electromedical equipment in a typical hospital electromagnetic environment with particular reference to electrocardiography. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE AND COMPATIBILITY (Dec. 1995: India). *Proceedings*. India. p. 266 – 272.

BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; 1999. *Estudo de Custo para Implementar Centros de Engenharia Clínica em Unidades Hospitalares*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

BECK W.C.; HEIMBURGER R F.; 1973. Illumination Hazard in the Operating Room. *Arch. Surg., University of Indiana*, Indianópolis, v. 107, p. 560-562.

BRASIL; 1996. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Departamento de Normas Técnicas. Manual de Orientação para Planejamento, Programação e Projetos Físicos. Brasília.

BRASIL; 2001. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas da Saúde. Manual Brasileiro de Acreditação Hospitalar. Brasília. 3. ed.

BRASIL; 2002. Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada -RDC n.º 50 de 21 de fevereiro de 2002. Regulamento Técnico para Planejamento, Programação, Elaboração e Avaliação de Projetos Físicos de EAS. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília.

BRONZEADO, H.S.; RAMO, Á. J. P.; OLIVEIRA, J. C. et al.; 1997. Uma Proposta de Nomenclatura Nacional de Termos e Definições. In: II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ENERGIA (Ago. 1997: São Lourenço, Minas Gerais). *Anais*. São Lourenço.

BRONZINO, Joseph D.; 1992. Management of Medical Technology. In: *Biomedical Engineering Series*. Massachusetts: Butterworth-Heinemann Publisher.

CABRAL, Suzy Cristina Bruno; 2001. *Interferência Eletromagnética em Equipamento Eletromédico Ocasionalada por Telefonia Móvel Celular*. Campinas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas.

CANESIN, C. A.; 2003. *Fundamentos de Compatibilidade Eletromagnética*. Ilha Solteira. Apostila. UNESP.

CASTRO, Ana Cláudia Rubi; 1997. *Estudo de Funcionalidade e Segurança em Unidades Eletro-Cirúrgicas de Alta Freqüência*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

DECKMANN, S. M.; 1998. *Curso de Extensão - Qualidade da Energia Elétrica nas Instalações Elétricas Industriais*. Campo Grande. Apostila. UFMS.

DEUS, Aluizio Angelo; MELLO, Geferson Augusto; FILHO, José Reis; et al; 2003. *Estudo de Eficiência Energética no Hospital Universitário*. Campo Grande. Monografia (Especialização em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

DIAS, G. A. D.; 1998. *Harmônicas em Sistemas Industriais*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

DOBES, Maurício Ibarra; 1997. *Estudo de Instalações Elétricas Hospitalares para Segurança e Funcionalidade de Equipamentos Eletromédicos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

ELECTRICITÉ DE FRANCE – EDF; 1996. *L' éclairage Intérieur des locaux tertiaires*. Paris, França.

FRANÇA, F. R. R.; SOARES T. P.; 2005. Qualidade da Energia Elétrica como Fator de Redução de Custo em um Hospital. In: VI SEMINÁRIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ENERGIA (Ago. 2005: Belém, Pará). *Anais*. Belém.

FRANCO, A D.; 1970. Iluminação do Centro Cirúrgico. *Revista Paulista de Hospitais*, São Paulo, v. 18, n. 12 (Set.), p. 40-44.

GAMA, P. H. R. P.; NOGUEIRA, L. A. H.; LORA, E. E. S.; et al.; 2001. *Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos*. 2. ed. Itajubá: Editora da EFEI.

HALL, P.W.; BAILEY, B.B.; CAMM, E.H.; 1999. Power Quality Evaluation at Medical Center. In: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION IEEE CONFERENCE (Apr. 1999: New Orleans, Los Angeles). *Proceedings*. EUA. vol. 2. p. 560 – 565.

INSTITUTO BRASILEIRO DO COBRE - PROCOBRE; 2001. *Harmônicas*. São Paulo, Brasil.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; 1990. *Residual Current Safety Circuit-Breaker without Integral Over-Current Protection for Household and Similar Use (RCCBs)*, IEC 1008. Geneva, Switzerland.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; 1991. *Residual Current Operated Circuit-Breaker without Integral Over-Current Protection for Household and Similar Use (RCBOs)*, IEC 1009. Geneva, Switzerland.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; 1998. *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-4: Limits - Limitation of Emission of Harmonic Currents in Low-Voltage Power Supply Systems for Equipment with Rated Current Greater than 16 A*, IEC 61000-3-4. Geneva, Switzerland

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION; 2005. *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 2: Limits for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current < 16 A per Phase)*, IEC 61000-3-2. Geneva, Switzerland.

ISLAM, S. M.; LARSEN, T.; LAWRENCE, W. B.; et al.; 2001. Power Quality Issues in Hospitals. In: AUSTRALIAN UNIVERSITIES POWER ENGINEERING CONFERENCE - AUPEC-2001 (Sep. 2001: Australia). *Proceedings*. Australia.

KARMAN, J.; 1994. *Manual de Manutenção Hospitalar*. São Paulo: Editora Pini.

KINDERMANN, G.; 2002. Choque elétrico. 3. ed. Porto Alegre: MM Editora.

KOUYOUMDJIAN, A.; 1996. *A Compatibilidade Eletromagnética*. São Paulo: MM Editora.

LAMB, P. L.; 2000. *Centro Cirúrgico e Recuperação Pós-Anestésica – Planejamento*. 1. ed. Porto Alegre: Gráficaplub.

LUCATELLI, Marcos Vinícius; 1998. *Estudo de Procedimentos de Manutenção Preventiva de Equipamentos Eletromédicos*. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

LUCATELLI, Marcos Vinícius; 2002. *Proposta de Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médico-Hospitalares*. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

MAMEDE, J.; 1997. *Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis*. 1. ed. São Paulo: Editora Érica.

MARGARIDO, N.F.; 1996. *Ambiente Cirúrgico: Sala cirúrgica. Técnica cirúrgica: Bases Anatômicas, Fisiopatológicas e Técnicas da Cirurgia*. São Paulo: Editora Atheneu.

NETO, S.L.; 2002. O Intercâmbio de Conhecimento Promovendo o Desenvolvimento dos Edifícios Hospitalares. *Revista Guia dos Fornecedores Hospitalares*, São Paulo, (Ago. 2002).

NUNES, Sylara Sulamita Mendes Truppel; 2003. *Proposta de Rotinas Fiscalizadoras para Centro Cirúrgico e Unidade de Terapia Intensiva*.

Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

PEREIRA, F. C.; OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, A.; et al.; 1997. Uma Proposta de Procedimento para a Análise da Qualidade da Energia Elétrica. In: II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE ENERGIA (Ago. 1997: São Lourenço, Minas Gerais). *Anais*. São Lourenço.

RAMIREZ-CASTRO, D.; O'NEILL-CARRILLO, E.; SANTIADO-PÉREZ, J.; 2000. Assessment of Harmonics at a Medical Facility. In: NINTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMONICS AND QUALITY OF POWER (Oct. 2000: Orlando, Florida). *Proceedings*. EUA. vol. 2. p. 619 - 624.

SANTANA, C. J. R.; 1996. *Instalações Elétricas Hospitalares*. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS.

SHMILOVITZ, D.; 2005. On the Definition of Total Harmonic Distortion and its Effect on Measurement Interpretation. *IEEE Transactions on Power Delivery*, New York, v. 20, n. 1, (Jan.), p. 526 – 528.

TOFOLI, F. L.; MORAIS, A. S.; GALLO, C. A. et al; 2003. A study on losses in cables and transformers and analysis of Power quality performance. In: THE 7th BRAZILIAN POWER ELECTRONICS CONFERENCE - COBEP-2003 (Set. 2003: Fortaleza, Ceará). *Anais*. Fortaleza. p. 294-298.

TORRES, M.; MATHIAS, R.S.; 1992. Complicações com o Uso da Monitorização: Segurança no Uso do Equipamento Eletromédico. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 1, p. 91-101.