



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

PABLO BEZERRA VILAR

UMA ANÁLISE ENERGÉTICA DO HOSPITAL PEDRO I

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2011

PABLO BEZERRA VILAR

UMA ANÁLISE ENERGÉTICA DO HOSPITAL PEDRO I

*Relatório de Estágio submetido à Unidade Acadêmica
de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador:

Professor Tarso Vilela Ferreira, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2011

PABLO BEZERRA VILAR

UMA ANÁLISE ENERGÉTICA DO HOSPITAL PEDRO I

Relatório de Estágio submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Tarso Vilela Ferreira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

RESUMO

Este trabalho buscou, de forma geral, otimizar o uso da energia elétrica no Hospital Pedro I, visando sobretudo a redução dos custos. Com este intuito, foram focadas quatro áreas distintas: revisão contratual, utilização de uma fonte secundária de energia, reestruturação da iluminação de ambientes internos e análise das grandezas elétricas das instalações do hospital. Nessa última área, as grandezas foram obtidas com o auxílio de um qualímetro. Das quatro abordagens adotadas para redução de consumo, apenas as modificações da iluminação e as modificações baseadas nos dados obtidos com o qualímetro podem ser aplicadas em curto prazo. A revisão contratual é uma opção bastante viável, porém só poderá ser aplicada a partir de junho de 2011, quando estará formada uma base de dados mais confiável acerca do consumo do hospital. Isto se deve a alterações recentes ocorridas na carga total do hospital. O uso de fonte alternativa de energia mostrou-se pouco viável, devido ao elevado custo do óleo diesel.

Palavras-chave: Eficiência energética, Qualímetro, Consumo de energia, Revisão tarifária, Análise energética.

ABSTRACT

This work attempted to optimize the usage of electrical energy on Hospital Pedro I aiming the reduction of costs. With this goal the work focused on four distinct areas: Contractual Review, The usage of a secondary energy source, Restructuration of the internal illumination of the hospitals' building and the analysis of electrical parameters of the hospitals' installations, this data was acquired using a qualimeter. Only the modifications on the internal illumination and the conclusions about the data acquired with the qualimeter may be applied in short time. The contractual review is a viable option but it cannot be applied at least until June of 2011, when a solid database regarding the hospital consume will be ready due to modifications occurred on the total load of the Hospital. The usage of an alternative energy source is not viable due to the high cost of diesel.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Delimitação do tema	1
1.2	Entidades Envolvidas.....	2
1.3	Motivação	2
1.4	Objetivos.....	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	Sistema Brasileiro de Tarifação de Energia Elétrica.....	4
2.2	Luminotécnica	7
2.3	Monitoramento do uso de energia elétrica	10
3	Resultados	15
3.1	Análise da estrutura e rotina do Hospital Pedro I.....	15
3.2	Estudo de viabilidade econômica do uso do gerador de emergência do hospital como fonte alternativa de energia.....	17
3.3	Avaliação das contas de energia do HPI.....	17
3.4	Análise dos dados obtidos pelo Qualímetro.....	19
3.5	Luminotécnica	33
4	Conclusões.....	38
4.1	Trabalhos de Continuidade Propostos.....	39
	Bibliografia.....	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A cada dia que passa cresce a necessidade do uso consciente e racional de toda forma de energia, seja para preservar a matriz energética nacional, seja para aumentar a eficiência e a produtividade dos mais diversos setores da sociedade. Assim estudos na área de eficiência energética assumem crescente importância por representar as bases técnicas e científicas para o uso racional da energia.

No âmbito dos sistemas elétricos, a eficiência energética objetiva a redução dos custos com energia elétrica, aumento da quantidade de energia disponível sem alterar os sistemas de geração, ou seja, um melhor emprego da energia comprada.

Naturalmente, o primeiro passo para um melhoramento no uso da energia elétrica de uma dada instalação é definir como esta vem sendo utilizada. Surge então a figura do Diagnóstico Energético, que é um conjunto de técnicas que permitem avaliar o grau de eficiência com o qual a energia elétrica esta sendo utilizada.

O presente trabalho empreenderá um diagnóstico energético em um hospital com o intuito de promover um uso mais racional de sua energia elétrica, promovendo uma melhoria na sua qualidade de funcionamento e atendimento do público, além de reduzir seus custos de operação.

1.2 ENTIDADES ENVOLVIDAS

Este relatório apresenta o trabalho desenvolvido no estágio supervisionado realizado no Grupo de Sistemas Elétricos da Universidade Federal de Campina Grande, que proveu todas as ferramentas e orientação necessárias a este trabalho, cujo alvo foi o Hospital Pedro I.

Fundado em sete de setembro de 1932, a partir da iniciativa da sociedade maçônica “Regeneração Campinense”, seria criado o primeiro hospital da cidade de Campina Grande, o Hospital Pedro I (HPI), em homenagem ao fundador da nacionalidade brasileira, o Grão Mestre e Imperador Dom Pedro (Araujo, 2010).

Atualmente, o Hospital Pedro I é uma instituição sem fins lucrativos de grande importância social, onde 80% dos pacientes são atendidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Apesar desta importância, ao longo de sua história o hospital atravessou diversos problemas administrativos, tendo estado inclusive ameaçado de fechar as portas em meados dos anos 90 (Araujo, 2010). Embora hoje goze de uma situação financeira melhor o hospital apresenta gastos muito elevados com energia elétrica.

1.3 MOTIVAÇÃO

Por ser uma estrutura antiga, o HPI não atende aos padrões contemporâneos de uso racional da energia, apresentado muitos ambientes sem iluminação e ventilação natural. Faz-se necessário então um estudo que permita não só redução dos custos da edificação com energia elétrica, mas também um melhoramento dos ambientes do hospital.

1.4 OBJETIVOS

Como objetivos deste trabalho, destacam-se:

- Realizar um diagnóstico energético da estrutura do HPI, compreendendo uma análise do contrato de energia, análise luminotécnica e avaliação das grandezas elétricas da instalação.
- Com base no diagnóstico energético, sugerir mudanças nas instalações elétricas, nos equipamentos e/ou na rotina do hospital que possibilitem um uso mais eficiente da energia elétrica.
- Avaliar a possibilidade de empregar-se o gerador de emergência do hospital como fonte alternativa de energia elétrica, especialmente em horário de ponta, visando redução dos custos.
- Contribuir para a difusão da importância do uso racional da energia na sociedade moderna.

Para apresentar o trabalho desenvolvido este relatório será dividido em quatro capítulos. No Capítulo 2 apresenta-se uma breve revisão bibliográfica acerca dos conceitos importantes na realização e compreensão do trabalho. No Capítulo 3 são apresentados os resultados do diagnóstico energético do HPI, que por sua vez é subdividido numa análise da estrutura e rotina do hospital, estudo de viabilidade econômica do uso do gerador de emergência do hospital como fonte alternativa de energia, avaliação das contas de energia visando uma possível revisão contratual, análise de qualidade de energia utilizando um qualímetro e análise Luminotécnica de ambientes internos do hospital. No Capítulo 4 apresentam-se as conclusões alcançadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA BRASILEIRO DE TARIFICAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os consumidores de energia elétrica mensalmente pagam um valor correspondente à quantidade de energia elétrica consumida, no mês anterior, multiplicada por um valor unitário, denominado tarifa, estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Tal procedimento visa assegurar ao consumidor o pagamento de um valor justo, como também garantir o equilíbrio econômico-financeiro da concessionária de distribuição, para que ela possa oferecer um serviço com a qualidade, confiabilidade e continuidade necessárias

Os consumidores são identificados por classes e subclasses de consumo. São elas (Cadernos Temáticos ANEEL, 2005):

- i. **Residencial** – na qual se enquadram, também, os consumidores residenciais de baixa renda cuja tarifa é estabelecida de acordo com critérios específicos;
- ii. **Industrial** – na qual se enquadram as unidades consumidoras que desenvolvem atividade industrial, inclusive o transporte de matéria prima, insumo ou produto resultante do seu processamento;
- iii. **Comercial, Serviços e Outras Atividades** – na qual se enquadram os serviços de transporte, comunicação e telecomunicação e outros afins;
- iv. **Rural** – na qual se enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural, coletividade rural e serviço público de irrigação rural;
- v. **Poder Público** – na qual se enquadram as atividades dos Poderes Públicos: Federal, Estadual ou Distrital e Municipal;
- vi. **Iluminação Pública** – na qual se enquadra a iluminação de ruas, praças, jardins, estradas e outros logradouros de domínio público de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público;

- vii. **Serviço Público** – na qual se enquadram os serviços de água, esgoto e saneamento;
- viii. **Consumo Próprio** – que se refere ao fornecimento destinado ao consumo de energia elétrica da própria empresa de distribuição.

As tarifas de energia elétrica são definidas com base em dois componentes: demanda de potência e consumo de energia.

A demanda de potência é medida em quilowatts (kW) e corresponde à média da potência elétrica solicitada pelo consumidor à empresa distribuidora, durante um intervalo de tempo de medição especificado, normalmente 15 minutos.

O consumo de energia é medido em quilowatts-hora (kWh) ou em megawatts-hora (MWh), e corresponde ao valor acumulado pelo uso da potência elétrica disponibilizada ao consumidor ao longo de um período de consumo, normalmente de 30 dias.

Para efeito de tarifação os consumidores são divididos em dois grupos: Consumidores do Grupo A, que são atendidos em por tensões entre 2,3 e 230 kV e consumidores do Grupo B que são atendidos tensões inferiores a 2,3 kV (Cadernos Temáticos ANEEL, 2005)

As Tabelas 1 e 2 apresentam as classificações dos consumidores dos grupos A e B respectivamente.

Tabela 1- Classificação dos Consumidores do Grupo A.

Tipo do consumidor	Característica
A1	Nível de Tensão de 230 kV ou mais.
A2	Nível de Tensão de 88 a 138 kV ou mais.
A3	Nível de Tensão de 69 kV ou mais.
A3a	Nível de Tensão de 30 a 44 kV ou mais.
A4	Nível de Tensão de 2,3 a 25 kV ou mais.
AS	Sistemas Subterrâneos

Tabela 2 – Classificação dos Consumidores do Grupo B

Tipo do consumidor	Característica
B1	Classe residencial e Subclasse residencial de baixa renda.
B2	Classe rural, abrangendo diversas subclasses, como agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, Indústria rural, serviço público de irrigação rural;

B3	Outras classes: industrial, comercial, serviços e outras atividades, poder público, serviço público e consumo próprio;
B4	Classe iluminação pública.

Os consumidores do Grupo B (baixa tensão) têm tarifa monômnia, isto é, são cobrados apenas pela energia que consomem.

Os consumidores do Grupo A tem tarifa binômnia, isto é, são cobrados tanto pela demanda quanto pela energia que consomem. Estes consumidores podem ser enquadrados em uma de três alternativas tarifárias a seguir:

- Tarifação Convencional;
- Tarifação horo-sazonal Verde;
- Tarifação horo-sazonal Azul.

A estrutura tarifária convencional é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. A tarifa convencional apresenta um valor para a demanda de potência em reais por quilowatt e outro para o consumo de energia em reais por megawatt-hora.

O consumidor atendido em alta tensão pode optar pela estrutura tarifária convencional, se atendido em tensão de fornecimento abaixo de 69 kV, sempre que tiver contratado uma demanda inferior a 300 kW.

A estrutura tarifária horo-sazonal é caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano. O objetivo dessa estrutura tarifária é racionalizar o consumo de energia elétrica ao longo do dia e do ano, motivando o consumidor, pelo valor diferenciado das tarifas, a consumir mais energia elétrica nos horários do dia e nos períodos do ano em que ela for mais barata.

Para as horas do dia são estabelecidos dois períodos, denominados postos tarifários. O posto tarifário “ponta” corresponde ao período de maior consumo de energia elétrica, que ocorre entre 18 e 21 horas do dia. O posto tarifário “fora da ponta” compreende as demais horas dos dias úteis e as 24 horas dos sábados, domingos e feriados. As tarifas no horário de “ponta” são mais elevadas do que no horário “fora de ponta”.

Já para o ano, são estabelecidos dois períodos: “período seco”, quando a incidência de chuvas é menor, e “período úmido” quando é maior o volume de chuvas.

As tarifas no período seco são mais altas, refletindo o maior custo de produção de energia elétrica devido à menor quantidade de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, provocando a eventual necessidade de complementação da carga por geração térmica, que é mais cara. O período seco compreende os meses de maio a novembro e o período úmido os meses de dezembro a abril.

A tarifa horo-sazonal azul é a modalidade de fornecimento estruturada para a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia. Ela é aplicável obrigatoriamente às unidades consumidoras atendidas pelo sistema elétrico interligado, e com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV.

A tarifa horo-sazonal verde é a modalidade de fornecimento estruturada para a aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, bem como de uma única tarifa de demanda de potência.

Em linhas gerais um consumidor do grupo A deve firmar um contrato numa destas três estruturas tarifárias, contratando uma determinada demanda. No caso da tarifa verde, será contratada uma tarifa para horários de ponta e outra para horários fora de ponta não necessariamente iguais.

Caso o consumidor, ao longo do mês, tenha uma demanda máxima inferior à demanda contratada, ele será tarifado pela demanda que contratou. Caso exceda a demanda contratada, ele será tarifado pela demanda que contratou e a diferença será tarifada como demanda excedente.

Embora não esteja explícito na Resolução normativa 456 da ANEEL que rege estes contratos de demanda, é possível contratar demandas diferentes para os períodos secos e úmidos (Manual de tarifação de energia, 2001).

2.2 LUMINOTÉCNICA

Luminotécnica é o estudo da aplicação de iluminação artificial tanto em espaços interiores como exteriores. Dentro do contexto de eficiência energética, estes estudos

visam conseguir uma iluminação artificial adequada, com um consumo mínimo de energia elétrica.

Para uma melhor compreensão do tema é importante definirem-se algumas grandezas de interesse:

Intensidade Luminosa: Potência da radiação luminosa numa dada direção. A intensidade luminosa é a grandeza de base do sistema internacional para iluminação, e a unidade é a candela (cd).

Fluxo Luminoso: Potência de radiação total emitida por uma fonte de luz, ou é a potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano. O Fluxo Luminoso é medido em Lúmen (lm) (Costa, Moreira, & Ferreira, 2008).

O Lúmen pode ser definido como o fluxo luminoso emitido segundo um ângulo sólido de um esferorradiano, por uma fonte puntiforme de intensidade invariável em todas as direções e igual a 1 candela.

As lâmpadas, conforme seu tipo e potência apresentam fluxos luminosos diversos. Daí, percebe-se que a razão entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência elétrica desta lâmpada depende do seu tipo. A esta razão dá-se o nome de Eficiência Luminosa. Na Tabela 3 podem-se observar exemplos de Fluxo e Eficiência para vários tipos de lâmpadas.

- Lâmpada incandescente de 100 W: 1000 lm;
 - Lâmpada fluorescente de 40 W: 1700 a 3250 lm;
 - Lâmpada vapor de mercúrio 250W: 12.700 lm;
 - Lâmpada multi-vapor metálico de 250W: 17.000 lm
-
- lâmpada incandescente de 100W: 10 lm/W
 - lâmpada fluorescente de 40 W: 42,5 lm/W a 81,5 lm/W.
 - lâmpada vapor de mercúrio de 250W: 50 lm/W
 - lâmpada multi-vapor metálico de 250W: 68 lm/W.

Iluminância ou Iluminamento: Relação entre o fluxo luminoso incidente numa superfície e a superfície sobre a qual este incide; ou seja é a densidade de fluxo luminoso na superfície sobre a qual este incide. A unidade é o LUX, definido como o iluminamento de uma superfície de um metro quadrado, recebendo de uma fonte puntiforme a 1 m de distância, na direção normal, um fluxo luminoso de 1 lúmen, uniformemente distribuído.

Tabela 3- Exemplos de Iluminância de alguns ambientes.

Ambiente	Iluminância Média (lux)
Dia ensolarado de verão em local aberto	100.000
Dia encoberto de verão	20.000
Dia escuro de inverno	3.000
Boa iluminação de rua	20 a 40

Diagrama de isolux: Uma curva de isolux é uma linha traçada num plano de coordenadas adequadas ligando pontos de mesmo Iluminamento, diagrama de isolux é um conjunto de curvas de isolux traçadas num mesmo plano representando um ambiente qualquer. Na figura 1 temos um diagrama de isolux para uma luminária de iluminação pública.

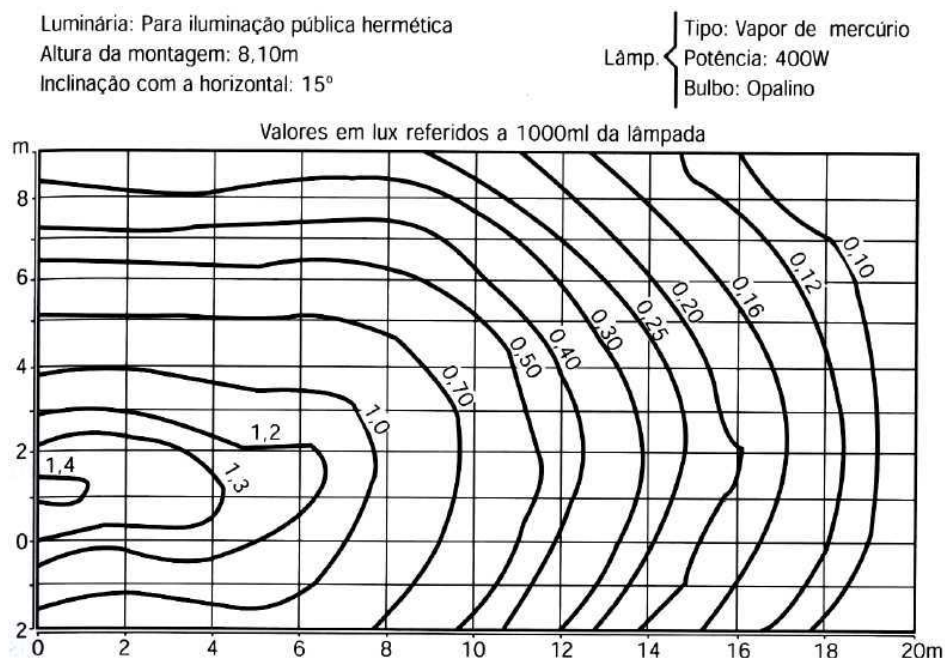


Figura 1: Diagrama de Isolux de uma luminária de iluminação pública (Moreira,1976).

Níveis de Iluminamento: Cada ambiente deve ter um iluminamento adequado a atividade nele desenvolvida, o que se deve considerar como índice adequado é definido em na norma (NBR 5413 , 1992).

Assim para que um ambiente possa ter um iluminamento adequado, é preciso determinar seu diagrama de Isolux ou seu iluminamento médio e verificar se este atende a norma vigente. Um procedimento utilizável em áreas regulares que conduz a erros inferiores a 10% é descrito na norma NBR 5382, 1985. (NBR 5382, 1985)

2.3 MONITORAMENTO DO USO DE ENERGIA ELÉTRICA

Num estudo de Eficiência energética é fundamental o conhecimento de diversas grandezas da instalação, desde as mais básicas como tensão e corrente, a grandezas mais complexas como demanda e distorção harmônica total. Para adquirir estes dados faz necessário um constante monitoramento do sistema analisado, o equipamento utilizado neste monitoramento é chamado qualímetro.

Para análise do Hospital Pedro I foi utilizado o qualímetro Dranetz-BMI PowerXplorer™ PX5, pertencente ao Grupo de Sistemas Elétricos da Universidade Federal de Campina Grande.

O Dranetz-BMI PowerXplorer™ PX5 é um Medidor/Monitorador da qualidade das grandezas elétricas de uma instalação. Este equipamento monitora, armazena e apresenta dados de quatro canais de tensão e quatro canais de corrente simultaneamente, capturando eventos como transitórios de alta, média e baixa frequência, afundamentos e elevações de tensão, etc. Permite também o cálculo de uma vasta gama de grandezas elétricas (Andrade Jr, 2007).

O PX5 foi projetado para atender tanto a norma americana, IEEE 1159, quanto a europeia, IEC 61000-4-30, também adotada no Brasil, de precisão e exatidão de medições (PowerXplorer™ PX5 User's Guide, 2005). (NBR IEC 61000-4-30, 2011)

O equipamento possui as seguintes características:

- Oito canais, quatro para tensão e quatro para corrente;
- Display colorido de cristal líquido com tecnologia touch screen;
- Amostragem de até 256 amostras/ciclo;
- Pode ser usado em aplicações CA/CC;
- Gatilhamento independente de tensão e corrente;
- Amostragem e captura de dados de alta velocidade (1µs/canal);
- Comunicação remota – RS-232, Ethernet ou USB;
- Modo CA ou bateria;
- Memória expansível até 256 MB.

O PX5 pode ser usado para monitorar os seguintes tipos ou configurações de circuitos de potência:

- Monofásicos;

- Bifásicos;
- Trifásicos em estrela;
- Trifásicos em delta;
- Trifásico, dois watímetros em delta;
- Configuração genérica;
- 2½ Elementos sem VB;
- 2½ Elementos sem VC.

A figura 2 apresenta as diferentes vistas do equipamento.

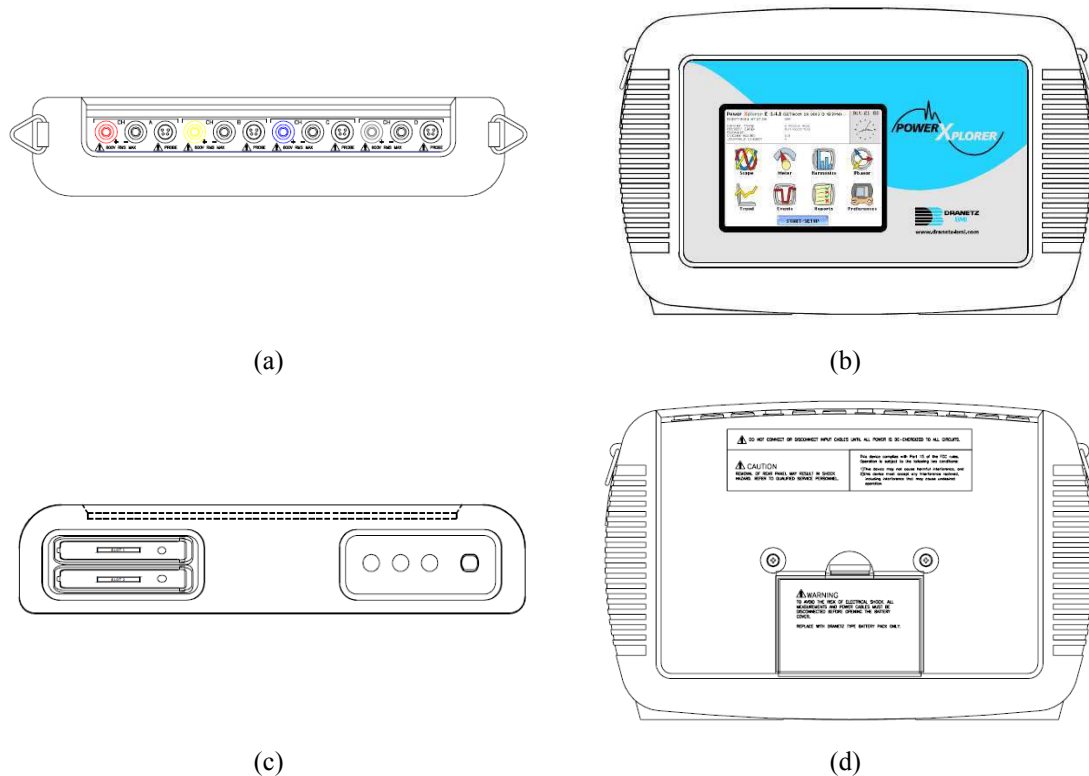


Figura 2: Vistas do PX5, (a) Vista de topo, (b) Vista frontal, (c) Vista inferior e (d) vista traseira.

Dentre as funções do PX5 podem-se citar:

Função osciloscópio: No modo osciloscópio, o PX5 opera mostrando em tempo real as formas de onda de tensão e corrente presente em cada um de seus oito canais, simultaneamente. A figura 3 ilustra esta função do equipamento.

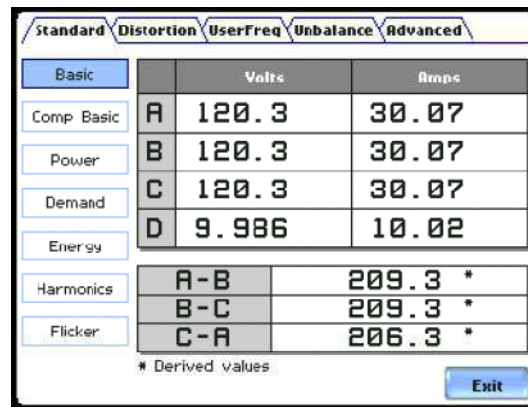


Figura 4: PX5 operando na função de medição em tempo real.

Função medição em Tempo real: Nesse modo equipamento possibilita a medição tipos de dados, agrupados em várias abas, por exemplo, Tensão, Corrente, Potência, Demanda, Energia, Harmônicos, THD, TID, TIF etc. A Figura 4 apresenta esta função do equipamento.

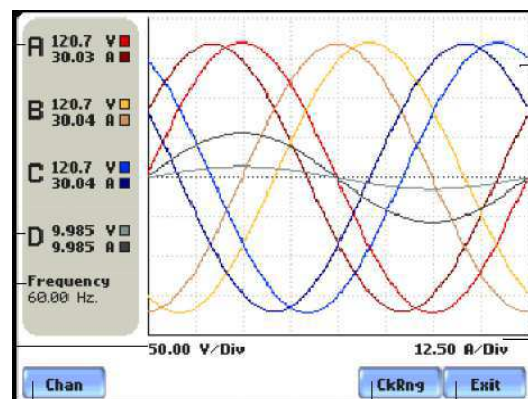


Figura 3: PX5 operando na função osciloscópio.

Função Diagrama Fasorial: Nessa função é mostrado um gráfico que indica as relações de fase entre as tensões e as correntes que estão sendo medidas, baseadas na frequência fundamental, como está mostrado na Figura 5.

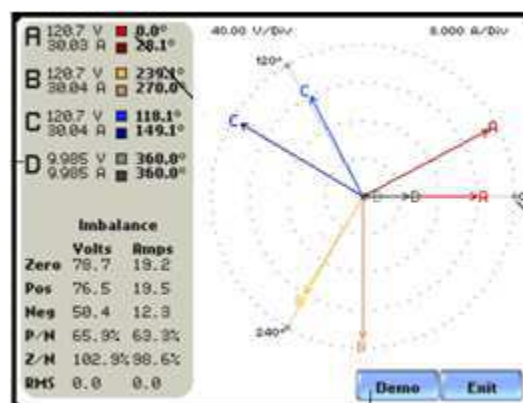


Figura 5: PX5 operando na função de diagrama Fasorial.

Função Magnitude/Duração: O qualímetro pode gerar automaticamente a curva de sensibilidade ou aceitabilidade, onde a magnitude das perturbações no sistema são apresentadas em função de sua duração.

É possível, a partir deste gráfico, definir se a perturbação pode ou não danificar equipamentos sensíveis segundo os limites estabelecidos pela *Computer Business Equipment Manufacturers Association* (CBEMA) ou *Information Technology Industry Council*(ITIC). É comum se referir aos diagramas de Magnitude/Duração como curvas CBEMA ou curvas ITIC, dependendo dos limites adotados.

A Figura 6 apresenta uma curva de aceitabilidade conforme os limites estabelecidos pelo ITIC. O diagrama exibe as perturbações ordenadas por duração e amplitude. Os pontos localizados na região mais clara não comprometem o fornecimento de energia a cargas sensíveis, por outro lado, os pontos localizados acima da curva superior ou abaixo da curva inferior comprometem o fornecimento de energia a cargas sensíveis.

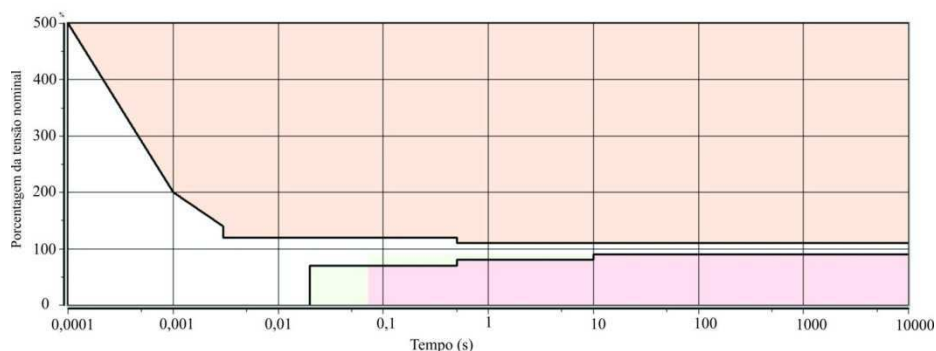


Figura 6: Exemplo de curva dos limites estabelecidos pelo ITIC

Ao ser instalado o PX5 deve ser programado, utilizando a ferramenta *Setup Wizard*, neste momento o usuário deverá definir as variáveis que tem interesse em armazenar, o intervalo de tempo entre medições consecutivas, os eventos que deverão ser armazenados e quantos ciclos antes e depois de cada evento serão armazenados junto ao mesmo.

O equipamento realiza a captura de um evento quando os valores que estão sendo medidos ultrapassam algum limite que foi pré-estabelecido pelo usuário ou por normas.

Os eventos capturados podem ser afundamentos e elevações de tensão, transitórios de alta, média e baixa frequência e efeito *flicker*. O PX5 caracteriza os

eventos de acordo com alguns parâmetros, afundamentos e elevações de tensão são classificados de acordo com a IEEE 1159.

Uma vez adquiridos os dados desejados é possível processá-los utilizando o software *Dran-View* , que é um software para visualizar e analisar os dados armazenados pelo PX5. No ambiente do software é possível visualizar em detalhe os eventos capturados pelo equipamento, gerar os diagramas fasoriais, os espectros de harmônicos e as curvas CBEMA ou ITIC. Os dados registrados pelo PX5 podem ser visualizados em forma de arquivo de texto, sendo possível a futura manipulação pelo *Dran-View* ou outros softwares.

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE DA ESTRUTURA E ROTINA DO HOSPITAL PEDRO I

A estrutura interna do hospital não favorece a iluminação e ventilação natural, de modo que estas funções são realizadas com o uso de energia elétrica. Todavia, a Direção do HPI planeja algumas reformas internas, de modo que aconselha-se levar-se e em consideração uma melhor iluminação.

Preocupada com os gastos de energia a Direção do hospital tem tentado racionalizar seu uso desligando algumas lâmpadas de ambientes como corredores e salas de espera. Em alguns deles todas as lâmpadas foram desligadas, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7: Corredores do hospital com lâmpadas desligadas para redução do consumo.

Esta solução não é a melhor, uma vez que os ambientes passam a não atender as normas de iluminamento.

A solução para este problema é um sistema de iluminação inteligente, que seja acionado pela presença de pessoas no ambiente e tão somente quando for necessário. Para tanto se faz necessário a instalação de sensores de presença providos de fotocélulas. Assim, o acendimento das lâmpadas dos corredores só acontecerá quando o ambiente estiver sendo utilizado. A fotocélula garantirá que a iluminação não seja acionada sem necessidade nos ambientes que possuam iluminação natural.

Há no mercado diversos sensores com diferentes alcances e preços que permitem realizar esta função. Levando-se em consideração as dimensões do hospital, custo,

reputação do fabricante e entrega do produto, percebe-se que uma boa alternativa seria o sensor de presença com fotocélula para lâmpadas vendido pela ALARTEC, ao custo atual de R\$ 23,99, com um alcance de dez metros. A instalação do produto é descrita pelo manual do fabricante e pode ser realizada pelo eletricista do hospital.

É difícil precisar em quanto tempo acontecerá o retorno do investimento uma vez que a economia de energia dependerá do uso do ambiente. Há casos em que o consumo cai cerca de 80 % devido à instalação de sensores como este.

Recomenda-se a instalação do sensor apenas em ambientes com uso casual como escadarias, corredores e banheiros. A instalação dos mesmos em ambientes utilizadas por muito tempo como apartamentos, leitos e escritórios, não é vantajosa. Nesses ambientes a melhor forma de economia é a consciência dos usuários, que não devem deixar ligada a iluminação quando não a estiverem usando, fato muito comum no HPI.

É importante frisar que este sensor só deve ser aplicado em ambientes internos, ele não é dimensionado para suportar intempéries.

3.2 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DO GERADOR DE EMERGÊNCIA DO HOSPITAL COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA

O hospital Pedro I possui um gerador movido a óleo diesel, apto a suprir seu consumo em casos de interrupções do fornecimento de energia por parte da concessionária de distribuição. Na Figura 8 apresenta-se o citado gerador.

Figura 8 : Gerador de energia elétrica do HPI.

O gerador foi adquirido na STEMAC e produzido pela WEG, com potência nominal de 232 kVA, sobrecarga máxima de 260 kVA, com uma corrente nominal de 352 A.

É prática comum em instituições que possuam geradores utilizá-los como fonte de energia no horário de pico para reduzir os gastos com energia elétrica. Para determinar a viabilidade desta prática no HPI, foi realizado um teste para determinação do consumo do gerador quando abastecendo a carga do hospital. O resultado foi de aproximadamente 25 litros de óleo diesel por hora. Considerando o preço do óleo diesel como R\$ 1,97/l¹ e 3 horas por dia de horário de ponta, ter-se-ia um custo de R\$ 4.432,50 por mês.

Analisando-se as contas de energia, percebeu-se que o consumo médio do hospital no horário de ponta é de R\$ 3.716,20, de modo que o uso do gerador não é economicamente viável.

Pensando na possibilidade do consumo do gerador estar demasiado alto entrou-se em contato com o fabricante. No entanto, os dados por ele fornecidos corroboraram com a medição realizada, de modo que o gerador definitivamente não deverá ser usado como fonte alternativa de energia.

3.3 AVALIAÇÃO DAS CONTAS DE ENERGIA DO HPI

¹ Custo do produto em Campina Grande, em novembro de 2010.

O HPI é um consumidor Classe A4, enquadrado na tarifa horo-sazonal verde. A demanda contratada pelo hospital é de 120 kW e segundo a concessionária local de distribuição de energia seu horário de ponta inicia às 17 horas estendendo por 3 horas.

Para realizar a análise das contas de energia do hospital foram adquiridas cópias de 34 contas do HPI pagas. Numa análise inicial é possível observar que usualmente foi cobrada uma tarifa excedente da demanda contratada, o que serve de indicativo para aumentar a demanda contratada.

No entanto nos meses de setembro e outubro de 2010, cujas contas eram as mais recentes durante o levantamento realizado, a demanda do hospital ficou cerca 25% a baixo da demanda contratada. Foi apurado que, por decisão da Direção, o hospital deixou de operar a sua usina de oxigênio, com intuito de reduzir o consumo de energia elétrica. O oxigênio passou a ser comprado em cilindros.

Diante de tamanha mudança no padrão de consumo, não foi possível uma realizar uma revisão contratual confiável com base nas contas anteriores a desativação da usina.

Considerando-se tão somente as contas de setembro e outubro, que tiveram demandas máximas de 91,2 kW e 96 kW respectivamente, seria possível reduzir a demanda contratada para 100 kW o que implicaria numa economia de R\$ 147,60 mensais.

No entanto não é indicado realizar uma revisão contratual baseada numa base de dados de apenas dois meses. Embora não haja na literatura menção ao tamanho de uma base de dados ideal para uma tomada de decisão como esta, sugere-se a análise de pelo menos seis meses de contas de energia e com base nelas estabelecer o valor da demanda a ser contratada.

Com relação ao consumo, mais de 50% do que o hospital paga vêm do consumo no horário de ponta. Sugere-se uma reestruturação dos hábitos do hospital visando reduzir o numero de tarefas que envolvam consumo de energia neste horário, realocando-as para horários mais adequados. Naturalmente estas alterações devem ser tomadas levando em conta a disponibilidade de pessoal do hospital, por tanto foge ao escopo deste trabalho definir que atividades seriam remanejadas.

Como o horário de ponta no hospital acontece ao anoitecer é muito provável que o proposto sistema de iluminação inteligente de corredores surta um sensível efeito na energia consumida no horário de ponta.

O HPI não vem sendo tarifado pelo seu fator de potência nem tão pouco por demanda de energia reativa. A priori não há necessidade de nenhum investimento no sentido de reduzir o consumo de reativos.

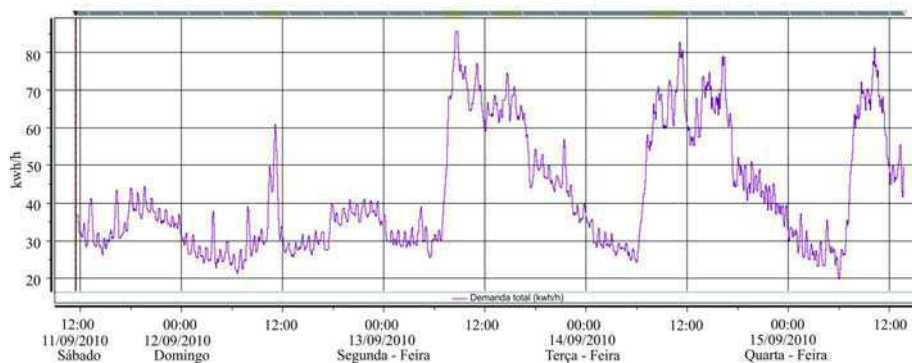
3.4 ANÁLISE DOS DADOS OBTIDOS PELO QUALÍMETRO

Com o intuito de monitorar as instalações elétricas do hospital foi instalado o qualímetro PX5. A instalação ocorreu no dia 11 de setembro de 2010 e o aparelho se manteve coletando dados até o dia 16 de outubro do mesmo ano.

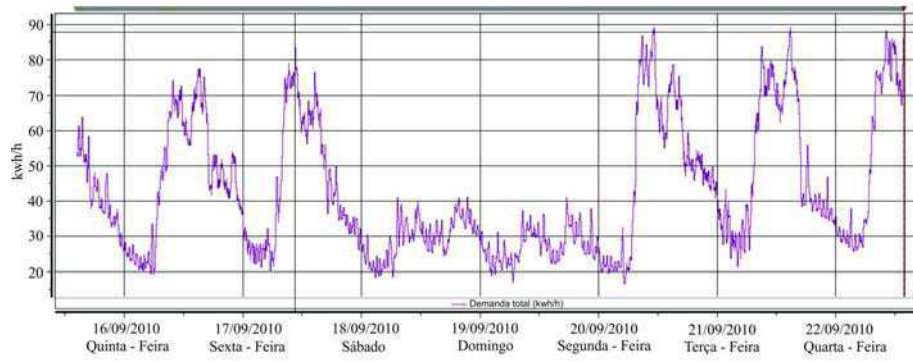
O qualímetro foi programado para fazer medições na rede do HPI a cada 5 minutos, bem como armazenar um ciclo antes, durante e depois de cada evento anômalo no sistema.

Como o número de eventos transitórios ocorridos na rede do HPI bem maior do que esperava-se, a memória do aparelho não é suficiente para armazenar mais do que uma semana de dados. Assim, os dados eram descarregados e armazenados todas as quartas-feiras durante o intervalo que ficou instalado o aparelho.

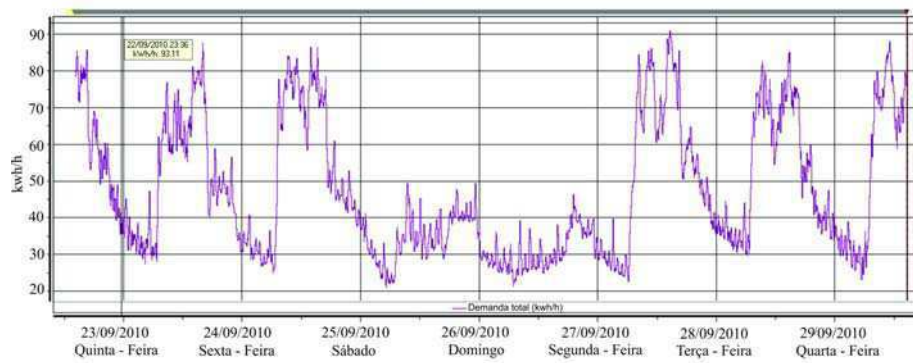
A Figura 8 apresenta as curvas de demanda do Hospital durante o período que o equipamento manteve-se instalado. Vale salientar que o software que processa os dados do qualímetro, *DranView*, não trabalha com português, assim os eixos dos gráficos estão legendados em inglês.



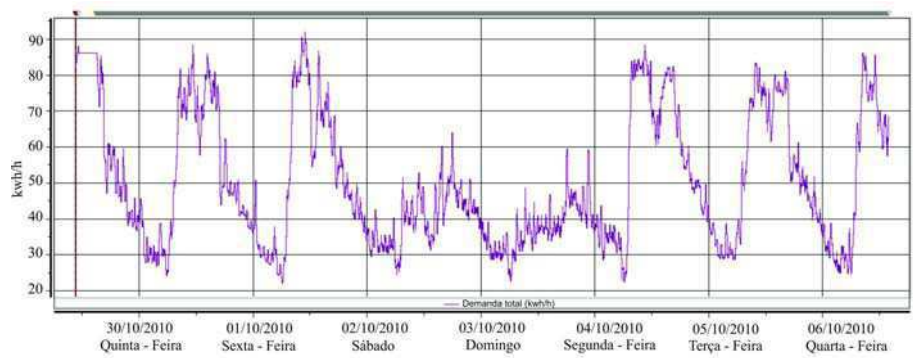
(a)



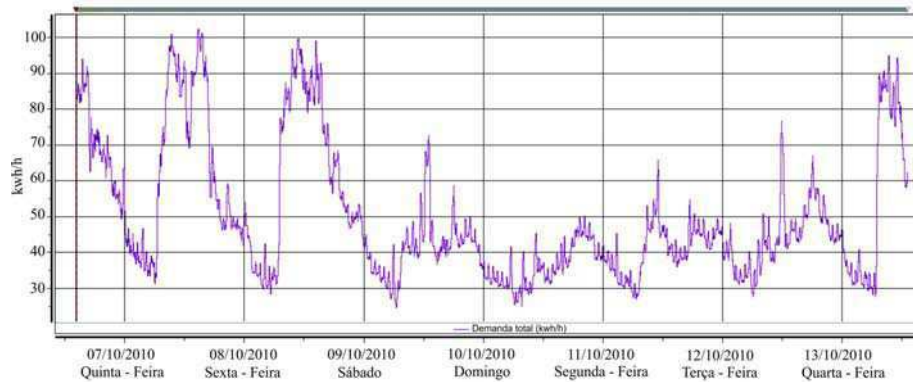
(b)



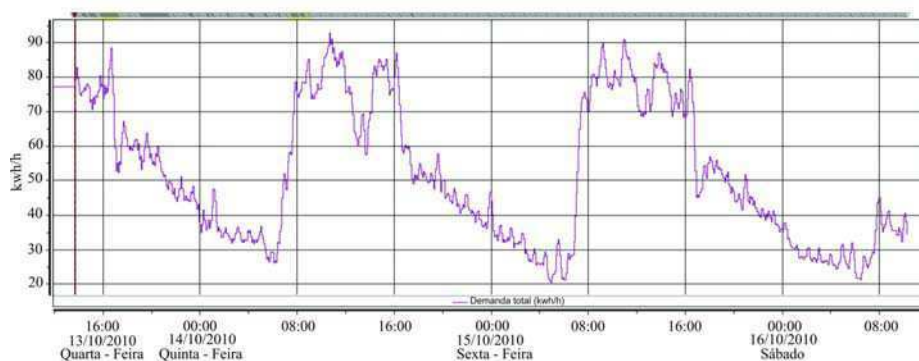
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 8: Demanda de potência do hospital nos intervalos de (a)13/09 a 15/09 (Min:19,86; Max:85,75), (b)15/09 a 22/09 (Min: 16,48; Max: 89,26),(c) 22/09 a 29/09 (Min:20,88; Max 91,11), (d) 29/09 a 06/10 (Min: 21,85;Max 92,12), (e) 06/10 a 13/10 (Min: 24,55; Max :102,4), (f) 13/10 a 16/10 (Min:20,5; Max 92,91) .

Analisando os dados da curva de demanda percebemos que os hábitos de consumo de energia elétrica seguem um padrão esperado, o consumo durante o dia cresce muito por volta das 8 da manhã, ao meio dia há uma queda de demanda, retomada por volta das 13:30, caindo novamente por volta das 18 horas.

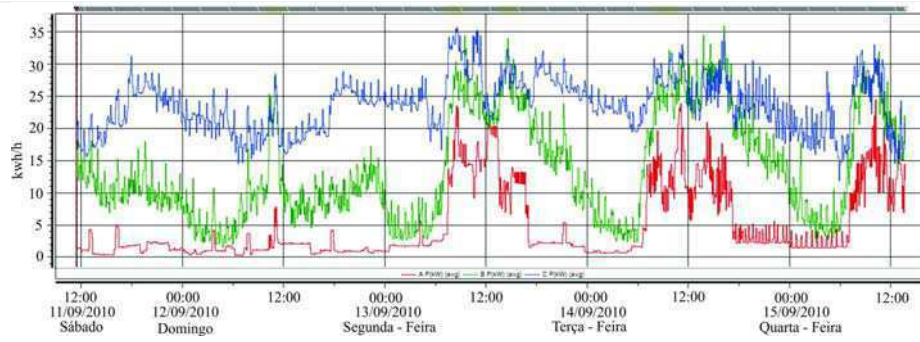
Os picos de consumo acontecem em geral por volta das 9:30 pela manhã e por volta das 14:30 à tarde, sendo que em geral o pico de demanda da manhã é maior que o da tarde, mas há exceções.

Sabe-se que a demanda faturada será a máxima medida ou a contratada, em outras palavras, se num dado momento todos os aparelhos do hospital fossem ligados, a demanda faturada será a mesma que seria se estivessem ligados o mês todo. Assim é importante tentar reduzir o número de aparelhos utilizados nos horários em que ocorram picos de demanda, principalmente aqueles de alta potência.

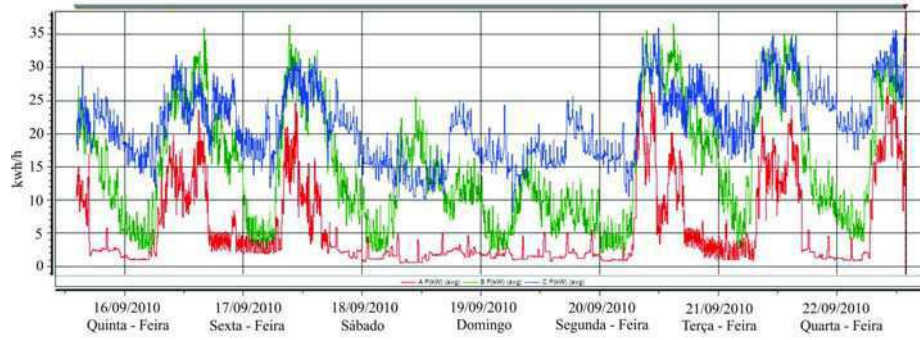
Segundo a concessionária de distribuição, o horário de ponta para o hospital começa às 17 horas, por tanto para reduzir a probabilidade estouro de demanda contratada, é importante que atividades que envolvam equipamentos elétricos, sempre que possível, se concentrem das 8 às 9:30, ou das 15 às 17 horas, horários que segundo os gráficos da figura 8, apresentam uma demanda mais reduzida. Seria ainda mais recomendável transferir as atividades para o turno da noite, naturalmente levando em conta a disponibilidade e custos de pessoal.

O padrão da demanda de reativos é muito próximo da demanda apresentada na Figura 8, de modo que são válidas as mesmas recomendações.

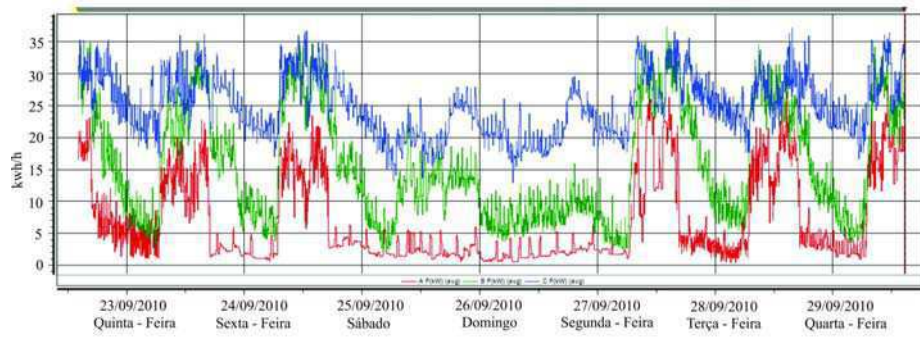
Na Figura 9 observa-se a potência distribuída em cada fase do hospital.



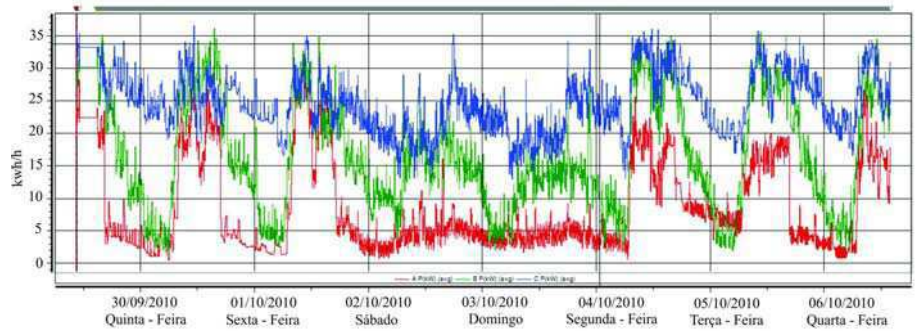
(a)



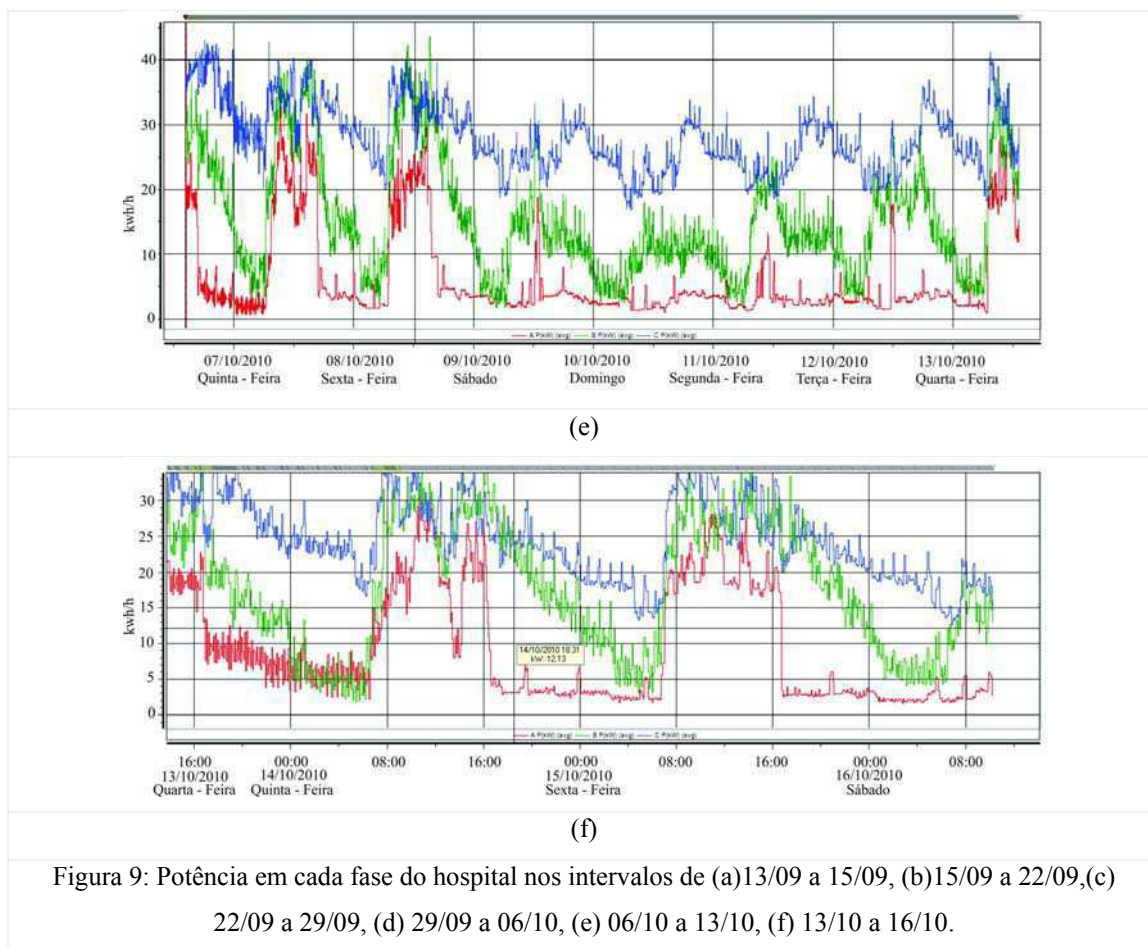
(b)



(c)



(d)

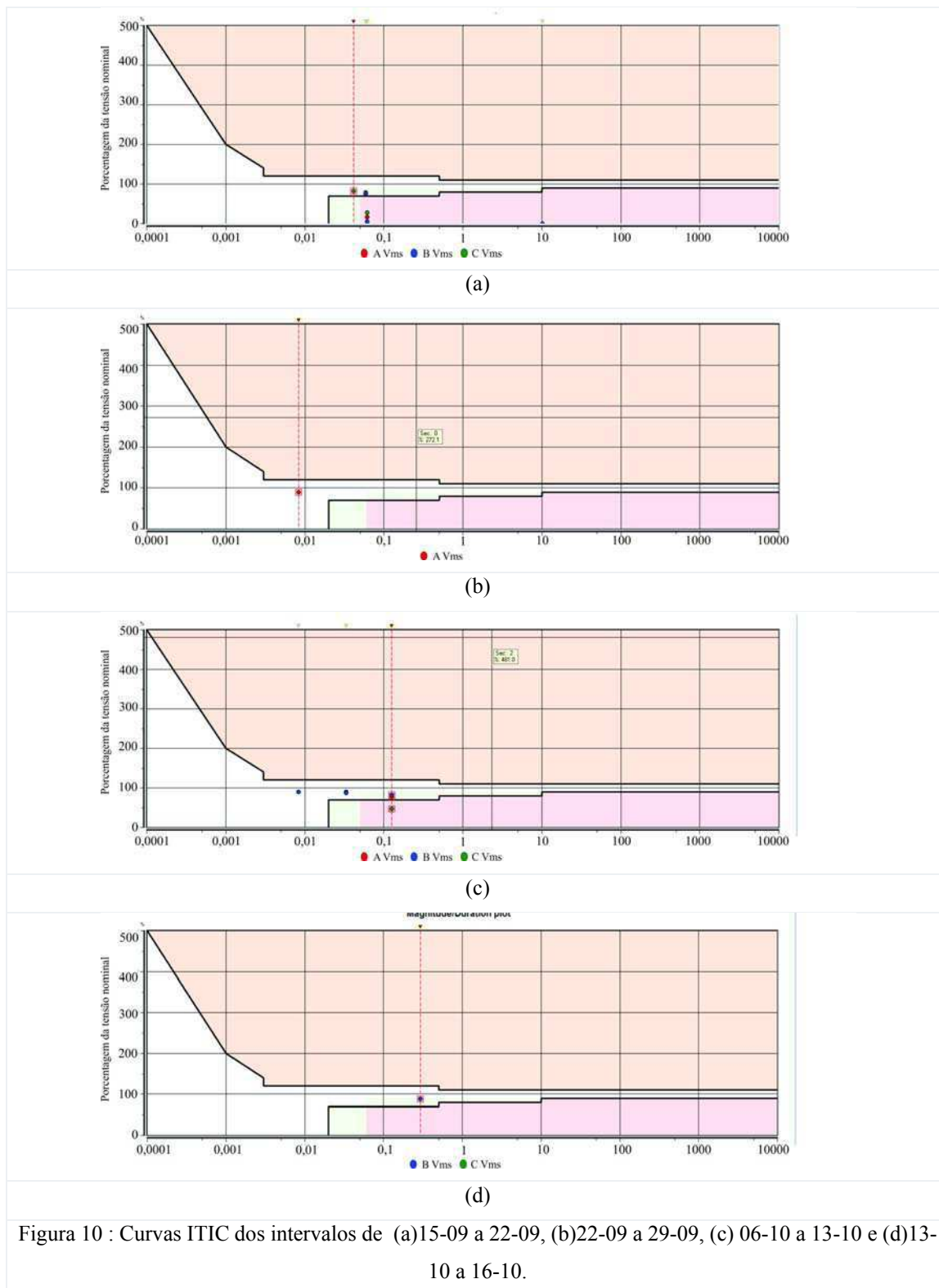


Analisando a Figura 9, percebe-se que a carga não é equitativamente distribuída, sendo que a Fase A (vermelha), está com uma carga bem menor que as outras duas. Na maior parte do tempo a Fase C (azul) esta mais carregada que a Fase B (verde).

O desequilíbrio de cargas provoca vários problemas para as concessionárias de energia, como por exemplo altas correntes de neutro. O desequilíbrio de fases pode levar a diversos problemas como sobre aquecimento de motores de indução, aumento das perdas no rotor de máquinas síncronas, etc. (Revista Lumière edição 61 , 2003). Neste momento estão em fase de construção novas salas para administração do hospital, recomenda-se assim que estas sejam ligadas à Fase A na tentativa de reduzir o desequilíbrio.

Quanto a seu comportamento, as três fases apresentam aspectos próximos, no entanto a Fase A, além de estar menos carregada, apresenta quedas de consumo muito mais acentuada que as outras. À noite o desequilíbrio entre cargas é ainda mais sério, e para amenizar este problema pode-se fazer um levantamento das cargas que permanecem ligadas usualmente à noite e nos fins de semana e redistribuí-las.

Na Figura 10 apresentam-se as curvas ITIC, e nelas as perturbações ocorridas durante o tempo em que esteve instalado o qualímetro.



Analisando a Figura 10 pode-se perceber que ao longo do período em que esteve instalado o qualímetro ocorreram 11 perturbações. Tais perturbações estão apresentadas na Tabela 3, segundo a ordem em que ocorreram:

Tabela 3: Perturbações ocorridas na tensão fornecida ao hospital

Data	Hora	Característica	Classificação na curva ITIC.
19/09	4:15	Afundamento da fase a.	Dentro dos Limites.
25/09	12:20	Curta Interrupção do fornecimento de energia. (10 segundos)	Fora dos Limites
28/09	3:24	Afundamento da fase c.	Dentro dos Limites.
28/09	4:01	Afundamento da fase c.	Dentro dos Limites.
28/09	4:42	Afundamento da fase c.	Dentro dos Limites.
28/09	5:06	Afundamento da fase c.	Dentro dos Limites.
28/09	5:06	Afundamento da fase b.	Dentro dos Limites.
07/10	13:29	Afundamento das 3 fases.	Fora dos Limites
09/10	11:42	Afundamento da fase c.	Dentro dos Limites.
11/10	18:52	Afundamento das fases c e b.	Dentro dos Limites.
15/10	13:10	Afundamento das fases c e b.	Dentro dos Limites.

Analisando a Tabela 2 percebemos que das 11 perturbações apenas 2 estavam abaixo dos limites da curva ITIC, sendo que uma delas foi uma interrupção do fornecimento, sendo sua causa não relacionada à carga do hospital.

Resta o afundamento ocorrido no dia 7 de outubro, o qual está fora dos limites aceitáveis. Na Figura 11 observam-se as formas de onda de tensão e corrente neste momento.

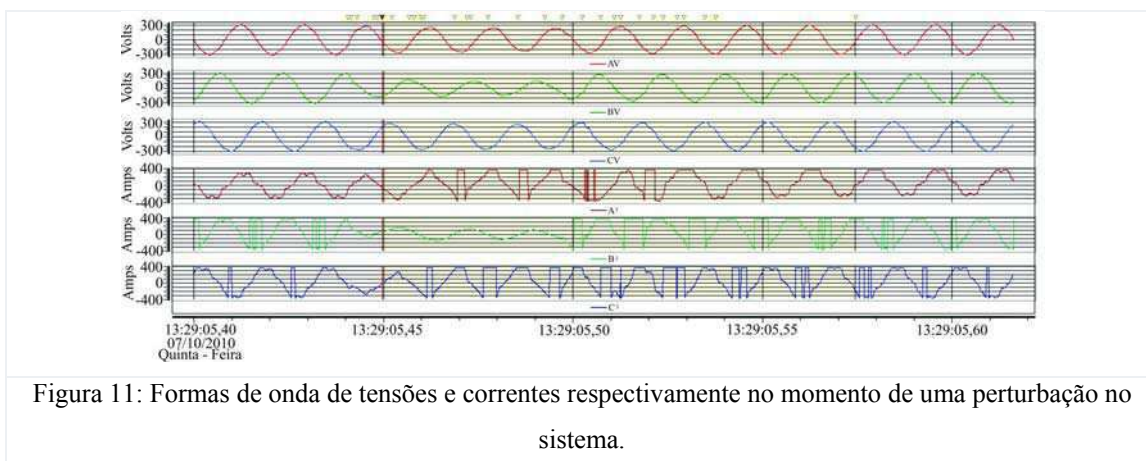


Figura 11: Formas de onda de tensões e correntes respectivamente no momento de uma perturbação no sistema.

Pode-se perceber que no momento do afundamento de tensão houve demanda por uma corrente fortemente distorcida. Este fenômeno deve estar associado a uma carga total fortemente não linear ou a um curto-circuito em alguma parte da instalação ou equipamento. Considerando que este evento teve duração de alguns segundos e só ocorreu uma vez, é provável que trate-se de um curto-circuito.

Os demais afundamentos de tensão foram todos acompanhados de elevações abruptas de corrente caracterizando um transitório provavelmente decorrente da corrente de partida de algum equipamento, como um motor de grande porte. A Figura 12 ilustra esta situação.

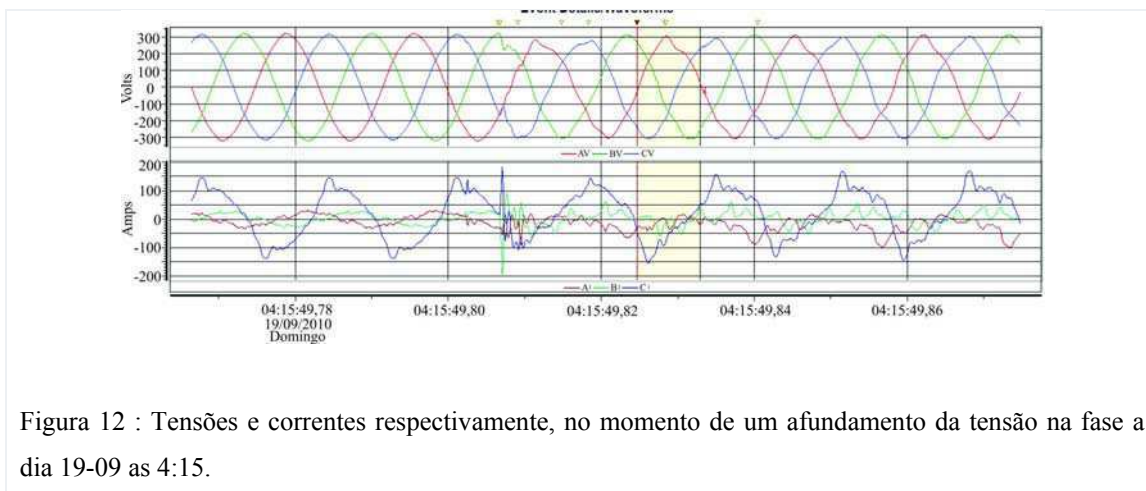
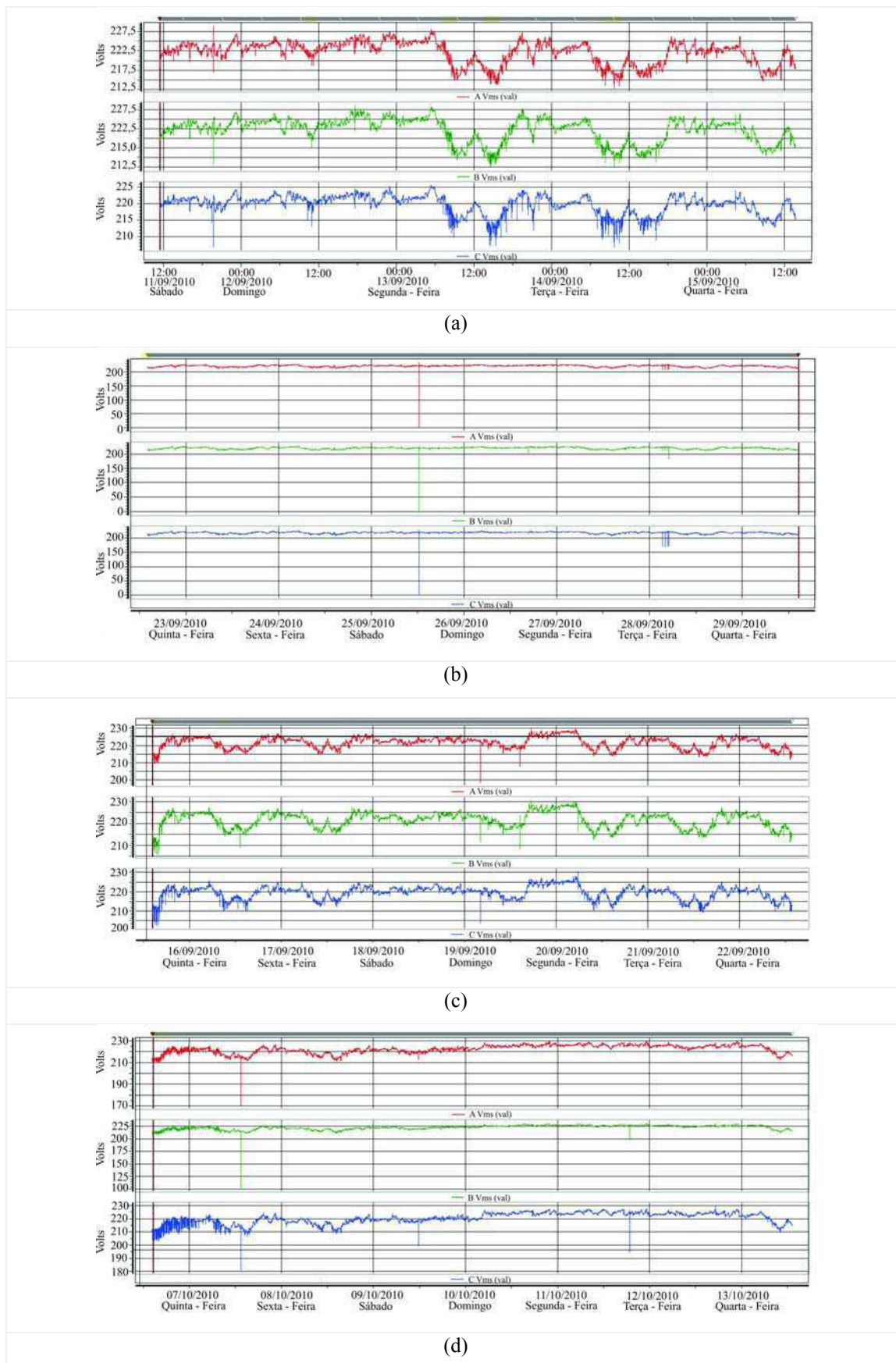
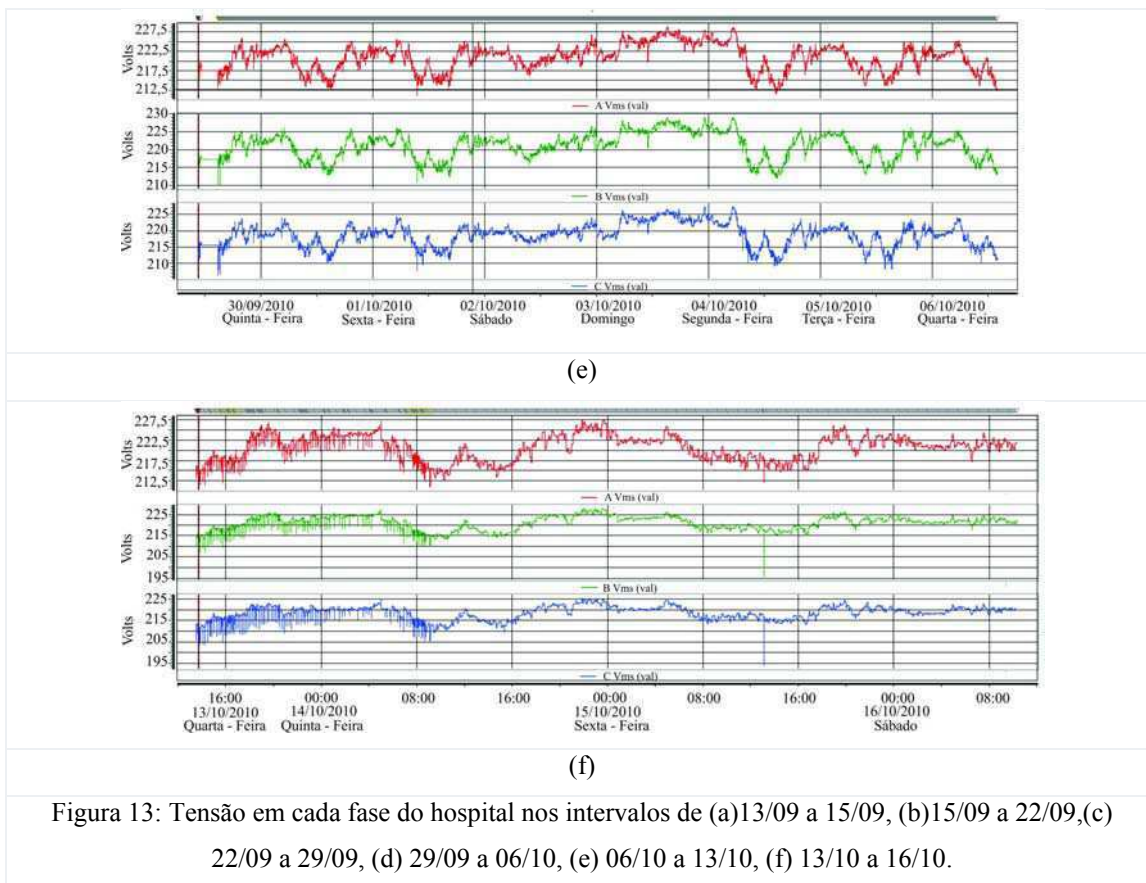


Figura 12 : Tensões e correntes respectivamente, no momento de um afundamento da tensão na fase a dia 19-09 as 4:15.

Ao longo do tempo em que o qualímetro esteve instalado, vários outros transitórios parecidos com aquele apresentado na Figura 12. Todavia, seja pela curta duração dos transitórios ou pela distorção insignificante provocada, sequer chegaram a ser contados na curva ITIC, e portanto não devem ser prejudiciais ao sistema do hospital.

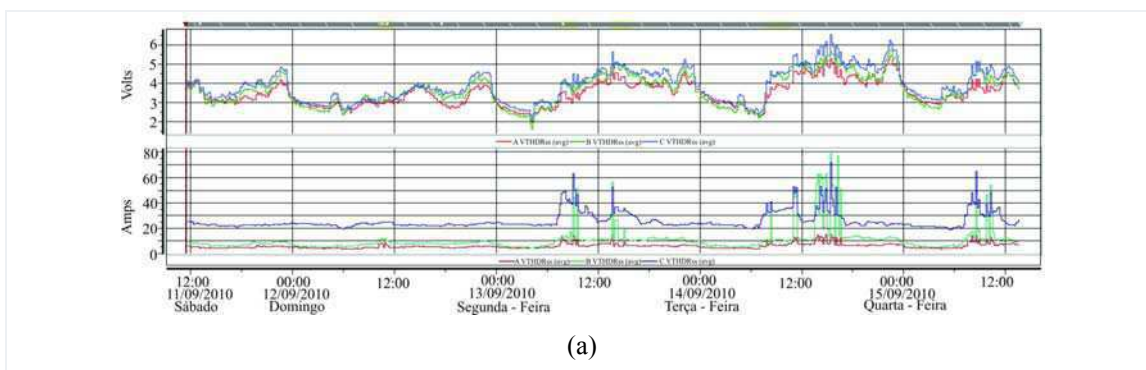
Na figura 13 apresenta-se o valor RMS da tensão ao longo do tempo em que este instalado o qualímetro





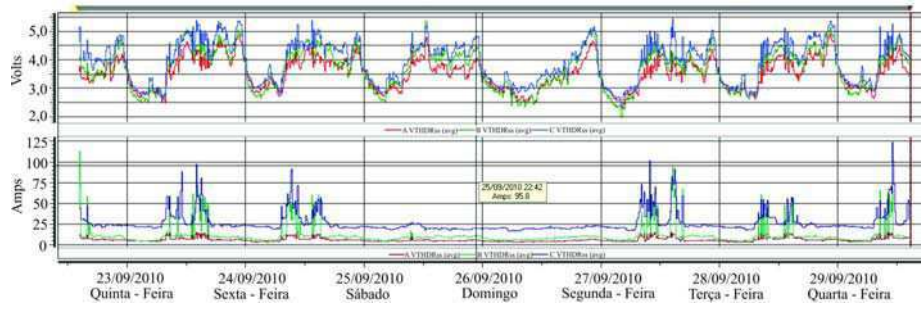
Levando se em conta que o hospital contrata uma tensão com uma flutuação de 12,8 a 14,5 kV, a baixa tensão deve variar entre 205,05 e 231,15 V. Podemos então afirmar que fora os momentos já analisados na curva ITIC a tensão se manteve dentro dos níveis contratados.

A figura 14 apresenta a distorção harmônica total não normalizada medida durante o período de instalação do PX5 no HPI.

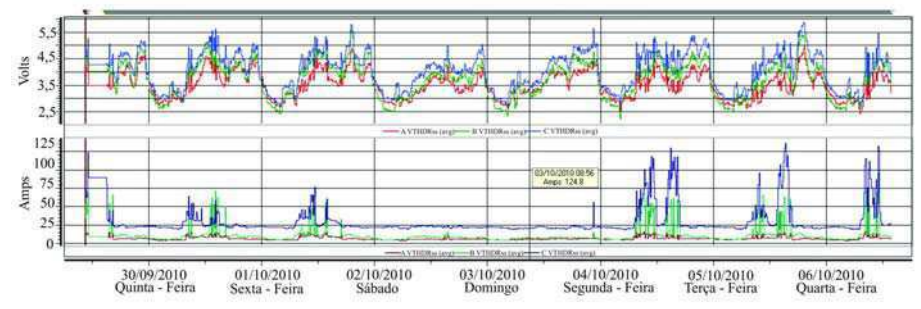




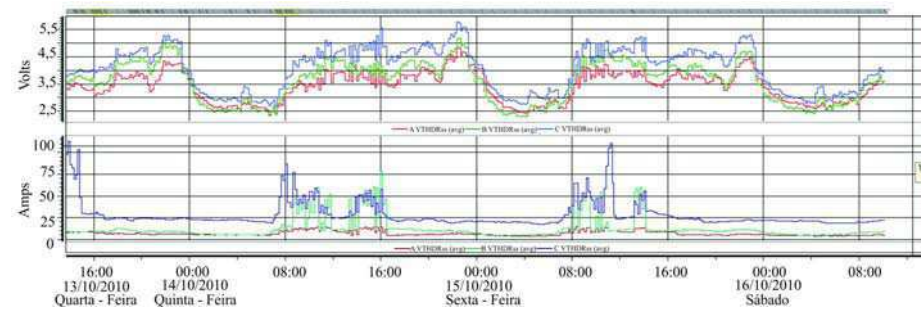
(b)



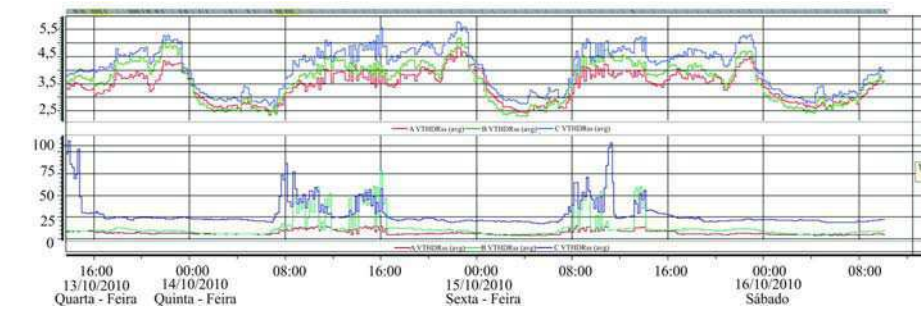
(c)



(d)



(e)



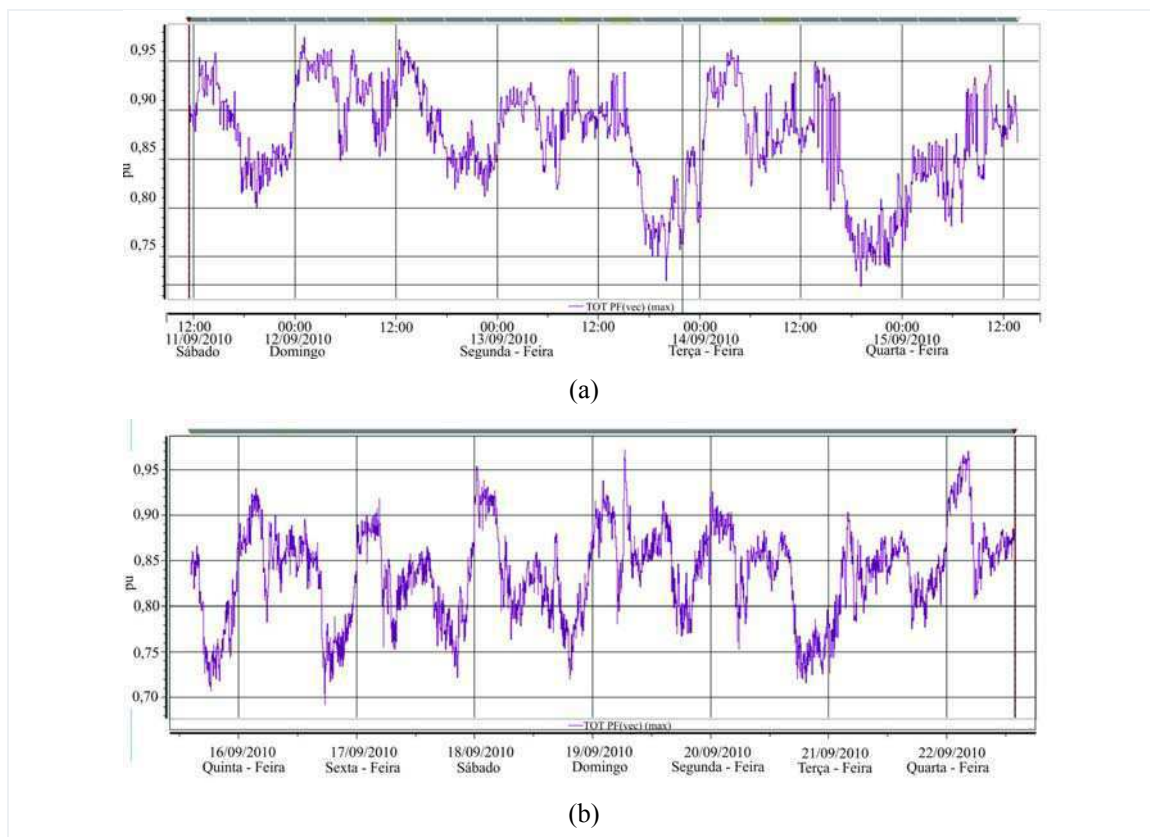
(f)

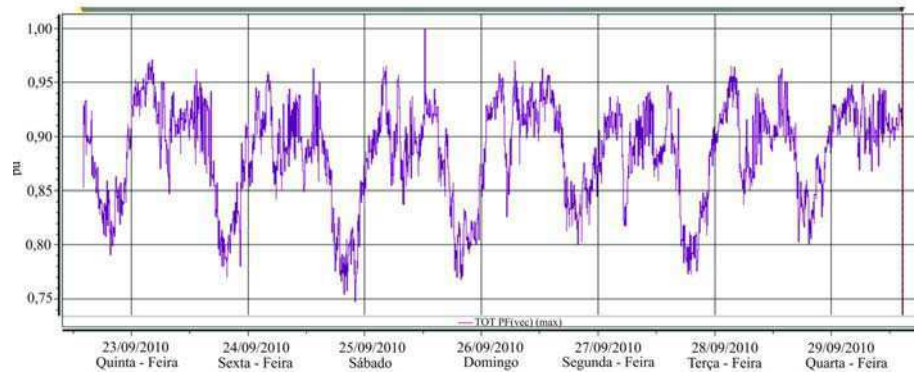
Figura 14: Distorção Harmônica total em: (a) 13/09 a 15/09, (b) 15/09 a 22/09, (c) 22/09 a 29/09, (d) 29/09 a 06/10, (e) 06/10 a 13/10, (f) 13/10 a 16/10.

Pode-se perceber que há altos índices de distorção harmônica, sobretudo de corrente. Esta situação pode trazer diversos problemas, principalmente a queda do fator de potência a danos a equipamentos mais sensíveis a variações de frequência, falhas em motores, acionamentos, fontes ou operação indevida de disjuntores. Os principais problemas causados por harmônicos, no entanto, se dão junto a bancos de capacitores, que podem originar condições de ressonância, caracterizando uma sobretensão nos terminais das unidades capacitivas (Leão, 2010).

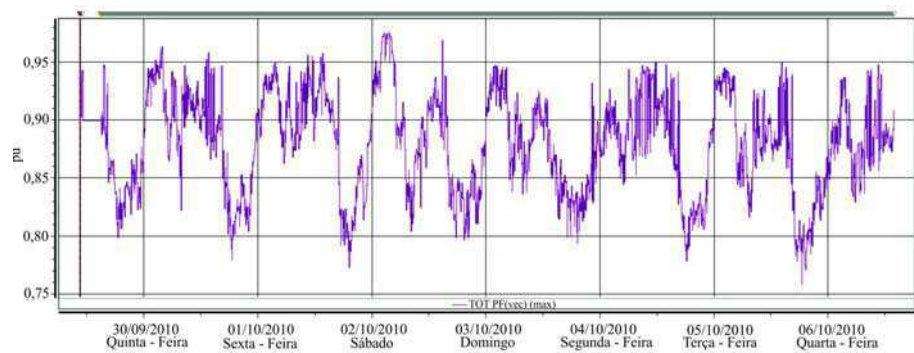
Para amenizar a distorção harmônica devem-se utilizar filtros elétricos centrados em 60 Hz associados aos equipamentos de maior índice de distorção harmônica. No entanto, como o hospital não vem sendo tarifado pelo seu fator de potência, nem tampouco pagando multas devido de seu alto índice de harmônicos, os investimentos neste sentido não são urgentes.

Como já foi citado, a distorção harmônica influi diretamente sobre o fator de potência de uma instalação elétrica, isto pode ser verificado pelos índices de fator de potência apresentados pelo hospital que podem ser visualizados na Figura 15.

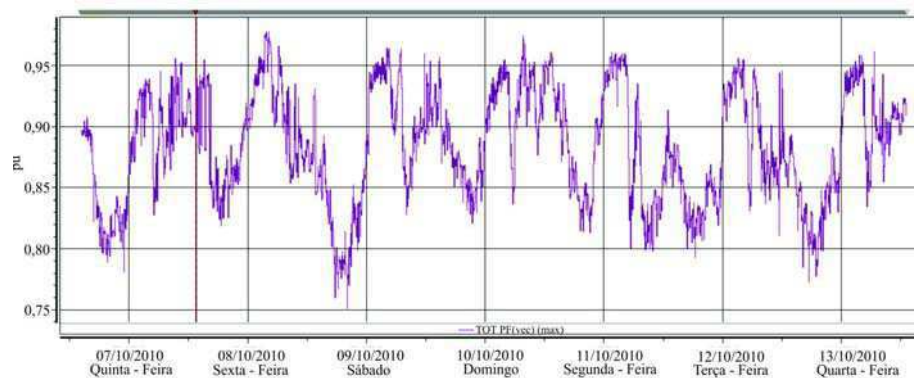




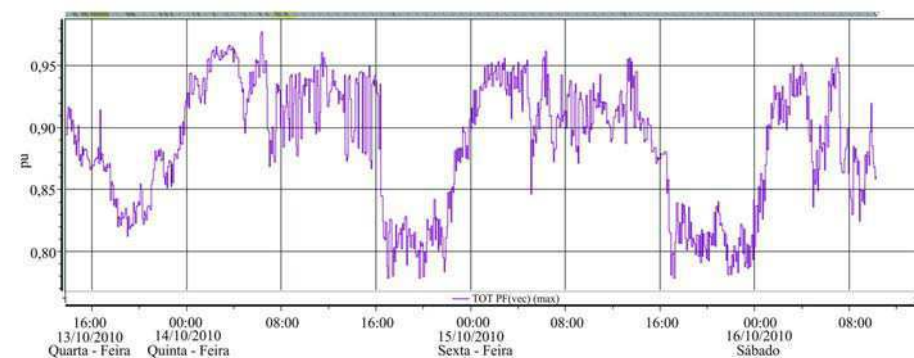
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 15: Fator de potência do Hospital medido em: (a) 13/09 a 15/09, (b) 15/09 a 22/09, (c) 22/09 a 29/09, (d) 29/09 a 06/10, (e) 06/10 a 13/10, (f) 13/10 a 16/10.

É perceptível que, em geral, o fator de potência está abaixo do limite mínimo de 0,92 para tarifação. O hospital não vem sendo tarifado pelo seu fator de potência por que os aparelhos usuais de medição de fator de potência, chamados Cossifímetros, medem tão somente a defasagem entre tensão e corrente, não levando em conta a distorção harmônica que no caso do HPI é muito alta, na legislação brasileira não está previsto cobrança por distorção harmônica para o consumidor final (Relatório Técnico-Análise de Energia, 2007).

Já foi citado que os dados do qualímetro precisavam ser descarregados todas as quartas feiras por que o alto índice de eventos levava a memória disponível a se esgotar rapidamente. Isto acontecia por que um evento ocorria com muita frequência e levava a muitos registros na memória. Tal evento é graficamente apresentado na Figura 16.

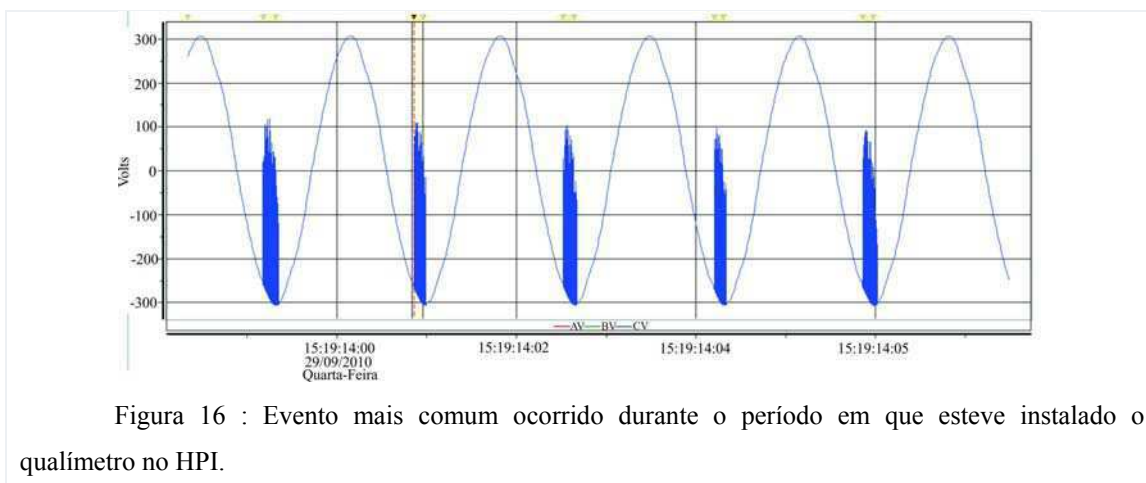


Figura 16 : Evento mais comum ocorrido durante o período em que esteve instalado o qualímetro no HPI.

O PX5 caracterizou estes eventos como múltiplos impulsos na crista da tensão, e em geral isto caracteriza a existência de corona, fenômeno que ocorre em geral em partes metálicas quando o campo elétrico se torna muito intenso e ioniza o meio à sua volta.

Este fenômeno aconteceu várias vezes, na grande maioria dos dias sem distinção de horário ou qualquer padrão aparente. Estas descargas provocam degradação do equipamento em que acontecem no, entanto com os dados disponíveis não é possível definir onde estas estão acontecendo.

3.5 LUMINOTÉCNICA

O interior do HPI carece de iluminação natural em determinados pontos. Além disso, em alguns locais, a falta de iluminação é agravada devido ao procedimento de desligar lâmpadas de corredores para reduzir o consumo de energia elétrica, conforme anteriormente citado. Porém, sem um levantamento do iluminamento nestas áreas, não há garantias de que mesmo ligando-se as lâmpadas lá instaladas, os ambientes passem a ter uma iluminação adequada.

Por isso foi realizado um levantamento do iluminamento de diversos ambientes internos do hospital. Não foi possível o levantamento do iluminamento em todos os ambientes devido à constante presença de pessoas que não podem ser incomodadas, como em enfermarias e ambulatórios.

A intensidade luminosa foi medida utilizando um luxímetro Chauvin Arnoux C. A 810 pertencente ao GSE/UFCG. Os seguintes ambientes foram avaliados, escolhidos por serem os mais comuns no interior do hospital:

- 2 Corredores;
- 1 Apartamento;
- 1 Sala da administração (Sala do Diretor do HPI)

Na figura 17 Apresenta-se a localização destes ambientes na planta baixa do hospital.

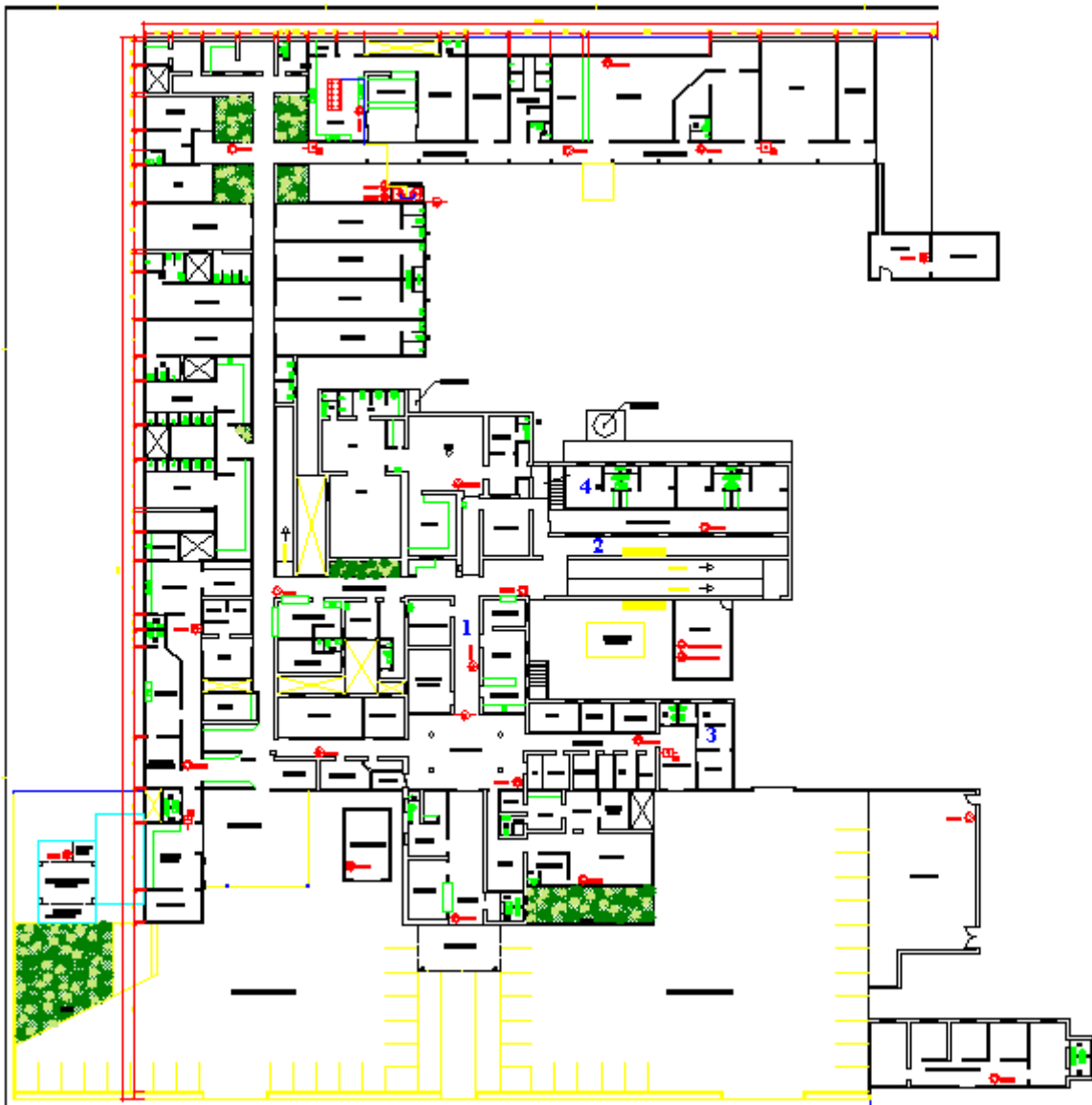


Figura 17 : Planta baixa do térreo do hospital, na figura estão indicados os pontos onde foram realizadas as medições : 1 e 2, Corredores, 3 Sala do diretor e 4 apartamento.

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da medição do iluminamento dos ambientes, comparados com o valor previsto pela norma NBR 5413.

Tabela 4: Resultados das medições de iluminação e Valores previstos em norma.

Ambiente	Iluminamento médio (LUX)	Iluminamento mínimo previsto em norma (LUX).
Corredor 1	18,3	100
Corredor 2	19,7	100
Sala da Administração	47,3	500
Apartamento	277,7	150

Analisando a Tabela 3 pode-se perceber que, conforme o esperado, a iluminação do HPI não é adequada, salvo nos apartamentos, onde o iluminamento médio atende as especificações da norma vigente.

Para propor uma iluminação adequada, foi utilizado na elaboração de pequenos projetos-exemplo o software *DIALux*. Tal software, disponível gratuitamente na internet, realiza o cálculo do diagrama de isolux de um determinado ambiente, permitindo que estimemos o efeito de mudanças na iluminação dos ambientes. Várias outras funcionalidades estão presentes no *DIALux*, como uma interface 3D para diversos objetos, análise de cores e planejamento de iluminação esportiva.

Visando minimizar os custos, optou-se por projetar inicialmente uma iluminação que tivesse o mesmo número de lâmpadas com a mesma potência que as usadas atualmente: lâmpadas fluorescentes de 58 W de potência. Assim, a nova iluminação deverá melhorar a iluminação do hospital sem aumentar seus gastos. A partir deste projeto inicial, caso necessário, serão realizados aperfeiçoamentos para que os resultados das simulações satisfaçam as normas.

As variáveis disponíveis para resolver o problema são a disposição das lâmpadas e as luminárias das mesmas. Foram realizadas simulações cujos resultados apresentam-se nas Figuras 18,19 e 20, ilustrando a simulação para o Corredor 1, Corredor 2 e Sala da Administração, respectivamente.

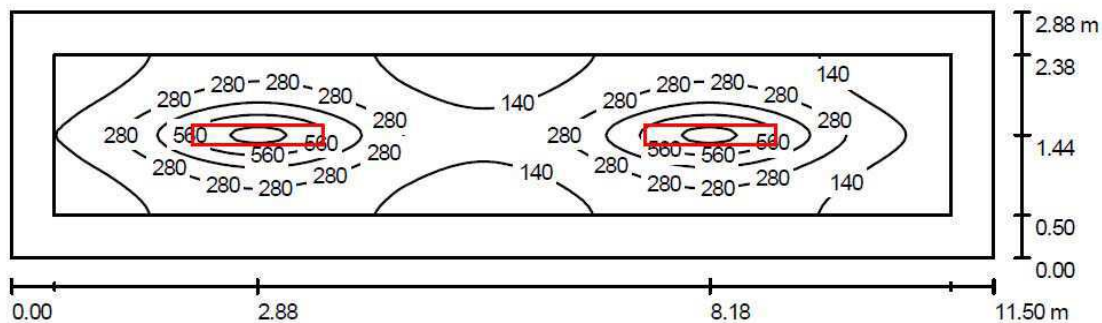


Figura 18 : Curva de Isolux gerada com o auxílio do Software Dialux para o corredor 1.

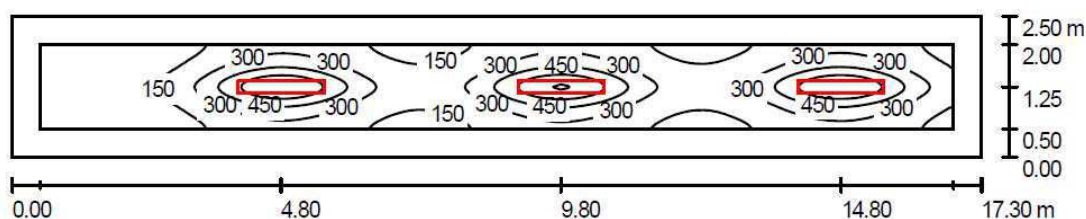


Figura 19 : Curva de Isolux gerada com o auxílio do Software Dialux para o corredor 2.

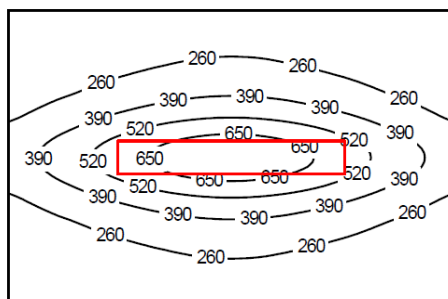


Figura 20: Curva de Isolux gerada com o auxílio do Software Dialux para a sala do diretor

Analisando-se os resultados, percebe-se que em todos os casos os diagramas de isolux estão adequadas à Norma NBR 5413, As mudanças realizadas foram:

- Utilização de luminárias com calhas refletoras.
- O espaçamento entre as lâmpadas não deve ultrapassar 6 m.
- As lâmpadas devem ser dispostas paralelas à maior dimensão do ambiente, atualmente elas estão perpendiculares.

Podemos perceber que medidas simples como estas são suficientes para melhorar a qualidade da iluminação do ambiente, tornando-o mais funcional sem aumentar o gasto com energia elétrica.

Com relação à luminária a ser utilizada, existem no mercado vários tipos de luminárias refletoras de diversas marcas. A simulação foi refeita com varias destas luminárias e os resultados foram muito similares, de modo que não há necessidade de especificar um modelo em particular. Cabe à Direção do hospital escolher com base em critérios econômicos qual calha deverá utilizar.

É importante frisar que esta simulação considera ambientes livres de poeira, que quando acumulada nas lâmpadas diminui consideravelmente sua capacidade de iluminação. Recomenda-se então, a manutenção das lâmpadas sempre limpas. Sugere-se uma rotina de limpeza em rodízio contínuo, no qual a cada dia a poeira é removida das lâmpadas de um determinado ambiente.

4 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou resultados de uma Análise Energética parcial realizada no Hospital Dom Pedro I, em Campina Grande, Paraíba.

Dos objetivos traçados no início deste trabalho apenas um não foi alcançado. O gerador de emergência do hospital não é viável como fonte alternativa de energia nos horários de ponta devido ao custo do óleo diesel para abastecimento do gerador.

A drástica mudança no padrão de consumo do hospital decorrente da desativação da usina de oxigênio inviabiliza mudanças imediatas no contrato de demanda de energia, pois não há ainda um padrão de consumo bem definido. Caso o padrão de demanda apresentado até a finalização da avaliação mantenha-se pelos meses seguintes, uma redução na demanda contratada representará uma economia mensal para o hospital, sem necessidade de investimento de capital.

As mudanças propostas devem melhorar a qualidade de iluminação do hospital sem aumentar o seu consumo mensal de energia. Considerando que o hospital dispõe de uma equipe permanente de manutenção, a adequação do ambiente à nova iluminação requer somente o investimento em novas luminárias com calhas refletoras, ou seja, um preço baixo a ser pago para melhorar a qualidade da iluminação do hospital que está deficiente.

A adequação da iluminação do hospital, somada com o proposto sistema de iluminação inteligente fará com que o hospital passe a pagar menos por uma iluminação de melhor qualidade. A instalação dos sensores propostos é simples e está bem documentada no manual do equipamento, podendo ser progressivamente realizada pela equipe do hospital. Sugere-se que os sensores de presença sejam ajustados para desligarem as lâmpadas em períodos não muito curtos, de digamos 15 minutos, pois períodos inferiores podem reduzir a vida útil da lâmpada.

Os dados obtidos com o qualímetro levaram às seguintes conclusões:

Os harmônicos representam um sério problema ao hospital, no entanto corrigir este problema traria outras benfeitorias que não a redução direta do consumo de energia, o que é o objetivo mais urgente.

Existe uma má distribuição de cargas, que pode ser sanada pela redistribuição das cargas. Além disso, como efeito positivo extra, pode ser que reduza-se a máxima demanda do mês, evitando estouros de demanda e reduzindo a conta de energia.

É preciso um programa de educação energética dos usuários. As sugestões de mudança de hábito realizadas no desenvolvimento deste trabalho devem se somar a redistribuição de cargas, no sentido de reduzir a máxima demanda do hospital e também reduzir o consumo de energia no horário de ponta.

Juntas, essas medidas devem propiciar um ambiente interno agradável e sobretudo econômico ao Hospital Pedro I, para que este possa exercer cada vez melhor seu importante papel.

4.1 TRABALHOS DE CONTINUIDADE PROPOSTOS

São sugeridas as seguintes ações para realizações de trabalhos futuros:

Determinar a fonte dos múltiplos impulsos na crista da onda de tensão, para tanto sugere-se o desligamento de diferentes secções do HPI, num momento em que estejam ocorrendo os impulsos, caso estes cessem um dos equipamentos desligados era a fonte do problema, depois disso pode-se fazer uma inspeção equipamento a equipamento para definir a origem dos impulsos.

Esta medida deve reduzir a distorção harmônica total do hospital.

Sugere-se também a especificação de filtros, que visem reduzir a DHT do hospital, esta medida deve reduzir o fator de potência do hospital.

BIBLIOGRAFIA

(Maio de 2003). *Revista Lumière edição 61* .

Andrade Jr, G. V. (2007). *Estudo de Variações Momentâneas do Valor Eficaz da Tensão no Sistema Saelpa/Celb - SCL*. Campina Grande.

Araujo, A. (13 de 10 de 2010). *Retalhos Históricos de Campina Grande*. Acesso em 10 de 01 de 2011, disponível em <http://cgretalhos.blogspot.com/2009/10/o-hospital-pedro-i.html>

Cadernos Temáticos ANEEL. (2005). *Tarifas de Fornecimento de energia elétrica* . Brasília, DF, Brasil.

Costa, E. G., Moreira, V. D., & Ferreira, T. V. (2008). Guia do laboratório de instalações elétricas, UFCG. *Guia Experimental de Fotometria* . Campina Grande, PB.

Leão, R. P. (2010). *HARMÔNICOS EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA*. Fortaleza.

Manual de tarifação de energia. (Maio de 2001). Brasil.

NBR 5382. (1985). *Verificação de iluminância de interiores* . Rio de janeiro , Brasil: ABNT.

NBR 5413 . (1992). *Iluminância de Interiores* . Rio de Janeiro, Brasil: ABNT.

NBR IEC 61000-4-30. (2011). *Compatibilidade eletromagnética Parte 4-30: Técnicas de medição e ensaio - Métodos de medição de qualidade da energia* . Rio de janeiro, Brasil: ABNT.

PowerXplorer™ PX5 User's Guide. (2005). Edisno, New jersey, United States: Dranetz-BMI.

(2007). *Relatório Técnico- Análise de Energia*. Porto Alegre: Power Service.