



Universidade Federal de Campina Grande

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

**VICTOR DE PAIVA LOPES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

***Uma contribuição para o diagnóstico energético  
da UFCG – Campus de Campina Grande***

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

**VICTOR DE PAIVA LOPES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

***Uma contribuição para o diagnóstico energético  
da UFCG – Campus de Campina Grande***

Trabalho de Conclusão de Curso 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.

Orientador:

Professor Benedito Antonio Luciano

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

**VICTOR DE PAIVA LOPES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

***Uma contribuição para o diagnóstico energético  
da UFCG – Campus de Campina Grande***

Trabalho de Conclusão de Curso 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.

Aprovado em        /        /

**Prof. Benedito Antonio Luciano, UFCG**

Orientador

**Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra**  
Componente da Banca

Campina Grande – Paraíba

Abril de 2011

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me fortalecido nos momentos de fraquezas e me iluminado pelos caminhos que segui.

A minha família que sempre me apoiou nas escolhas que fiz, principalmente aos meus pais, pelo suporte financeiro e emocional nos momentos de angustia.

Aos meus amigos, Tiago da Silva Balbino, Manoel Leoemi, Allan Sousa Silva, Antonio Ferreira Lopes Neto, Flávio Roque Bezerra Salvador, José Danilo, Flávio Soares, Alberto Henrique e Éder Alelaf, pelos momentos de alegrias e superações vivenciadas em minha vida acadêmica.

A todos os funcionários do setor de engenharia da Prefeitura Universitária, que contribuíram para o desenvolvimento deste TCC.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, que sempre foram muito solícitos, sempre a disposição para me ajudar.

A todos aqueles que não foram citados, mas que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha vida acadêmica.

## **Dedicatória**

À minha mãe, *Maria das Graças de Paiva Lopes* e  
Ao meu pai, *Antonio Ferreira Lopes Filho*.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	8
2. OBJETIVO.....	9
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	9
3.2. DEMANDA .....	10
3.3. Demanda Média .....	10
3.4. Demanda Máxima .....	10
3.5. Curvas de Demanda de Carga .....	10
3.6. Fator de Demanda .....	11
3.7. Fator de Carga .....	11
3.8. Fator de Potência.....	12
3.9. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	12
3.10. QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA.....	13
3.11. DISTÚRBIOS DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA.....	13
3.11.1. Harmônicos .....	16
3.11.1.1. Cargas Lineares.....	17
3.11.1.2. Cargas Não-Lineares.....	17
3.11.1.3. Fontes de Harmônicos.....	17
3.11.1.4. Normalização Harmônica.....	18
3.12. PERDAS .....	19
3.13. NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA.....	21
3.13.1. Padrões para avaliação da tensão suprida.....	21
3.13.2. Definições dos equipamentos de medição.....	22
3.14. CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA .....	23
3.14.1. Conceitos.....	23
3.14.2. Custo da energia elétrica .....	24
3.14.2.1. Baixa tensão .....	25
3.14.2.2. Alta tensão.....	25
3.14.3. Tarifas .....	26
3.14.4. Fator de carga.....	27
3.14.5. Preço médio.....	28
3.14.6. Conta de energia.....	28

3.15.	ILUMINAÇÃO .....	31
4.	PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UFCG – CAMPUS I .....	32
4.1.	DESCRIÇÃO DOS PROJETOS .....	34
4.1.1.	Projeto de Eficientização Energética na UFPB – Campus II .....	34
4.1.2.	Projeto do Plano de Gestão de Energia Elétrica da UFPB .....	35
4.1.3.	Melhoria na Infra-estrutura e Gestão do Sistema Energético da UFPB/UFCG ..	36
4.1.4.	Alteração no contrato da Energisa.....	39
5.	TRATAMENTO DOS DADOS NA UFCG – CAMPUS I .....	40
5.1.	METODOLOGIA DAS MEDIÇÕES .....	40
5.2.	DADOS OBTIDOS BLOCO BZ .....	42
5.2.1.	Sugestão para aumento da eficiência energética .....	47
5.3.	DADOS OBTIDOS BLOCO CBS MEDICINA.....	48
5.3.1.	Sugestão para aumento da eficiência energética .....	52
6.	RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA MELHORAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA UFCG .....	53
6.1.	ILUMINAÇÃO .....	53
6.2.	CLIMATIZAÇÃO .....	54
6.3.	EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS .....	55
6.4.	MELHORIA DO PERFIL DE CARGA .....	55
6.5.	COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	56
7.	CONCLUSÕES.....	58
8.	BIBLIOGRAFIA.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Este projeto tem por objetivo realizar uma pesquisa sobre diagnósticos energéticos e projetos de efficientização energética realizados em universidades brasileiras, como um primeiro passo para a adoção futura de um sistema de gestão integrado de recursos energéticos no âmbito da UFCG.

Neste contexto está inserido este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), que tem por objetivo apresentar uma contribuição para o diagnóstico energético da UFCG – Campus de Campina Grande, partindo de estudos realizados e ações de efficientização energética implantadas na citada instituição pública (situação real encontrada) e propondo outras possibilidades do emprego racional dos recursos energético, a partir de uma abordagem sistêmica.

## 2. OBJETIVO

Identificar possíveis fontes de desperdício de energia e apresentar o estudo de eficiência energética e sugestões de solução para o melhoramento da eficiência energética no campus de Campina Grande da UFCG.

### 2.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discorrer sobre diagnósticos energéticos realizados e ações de eficiência energética implantadas na UFCG – Campus de Campina Grande.
- Analisar os dados coletados nos blocos da UFCG.
- Propor novas medidas de eficiência energética a serem implantadas na UFCG – Campus de Campina Grande, com vistas à redução das perdas e eliminação de desperdícios, baseados em diagnósticos energéticos realizados em outras universidades brasileiras e orientações recomendadas pela Eletrobras para a conservação de energia.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Antes de desenvolver o trabalho, é interessante que o leitor tenha conhecimentos sobre algumas definições e conceitos sobre o tema que é abordado, diagnóstico energético e qualidade da energia elétrica.

### 3.1. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Segundo o site da Eletrobras, a definição de diagnóstico energético é “um trabalho de levantamento das condições e características técnicas e funcionais de uma instalação, quanto ao consumo de energia”. Esse diagnóstico se baseia na análise do histórico do consumo de energia, no levantamento dos equipamentos e sistemas energéticos, na identificação dos desperdícios, na elaboração de medidas corretivas para

reduzir perdas e eliminar desperdício da energia, assim como na avaliação econômica destas medidas.

### 3.2. DEMANDA

Demanda de um equipamento ou de um sistema de utilização, de determinada potência nominal, num instante  $t_0$ , é a potência média absorvida por este, durante os próximos minutos, conforme a seguinte expressão:

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_{T_0}^{T_0+\Delta t} p(t) dt \quad (1)$$

na qual  $\Delta t$  é o intervalo da demanda, geralmente usado 15 minutos, e  $p(t)$  é a potência instantânea em kW. (SOUZA, 1997)

### 3.3. Demanda Média

Demanda média significa a média das demandas verificadas num certo período de tempo.

$$\bar{D} = \frac{\int_{T_0}^{T_1} p(t) dt}{T_1 - T_0} \quad (2)$$

A demanda média diária é obtida dividindo-se a energia consumida no dia  $\int_{T_0}^{T_1} p(t) dt$  por  $T_1 - T_2 = 24$ .

### 3.4. Demanda Máxima

Demanda máxima é a maior demanda verificada em um período, seja ele diário, mensal ou anual. Demanda máxima também é considerada ponta da carga. (SOUZA, 1997)

### 3.5. Curvas de Demanda de Carga

A curva de demanda de carga é um gráfico da demanda em função do tempo, sendo que este deverá ser feito quando a instalação que está sendo analisada esteja funcionando no seu regime normal. (SOUZA, 1997)

### 3.6. Fator de Demanda

Fator de demanda é a relação entre a demanda máxima do sistema e a carga total conectada a ele (potência instalada), durante um intervalo de tempo considerado.

A potência instalada é a soma das potências nominais de todos os equipamentos do sistema.

Normalmente, o valor do fator de demanda é menor que um, exceto em situações de sobrecarga. Este fator depende do tipo e tamanho do consumidor, da quantidade de equipamentos, da época do ano, etc.

$$F_d = \frac{D_{\text{máx}}(\text{kW ou kVA})}{P_{\text{inst}}(\text{kW ou kVA})} \quad (3)$$

### 3.7. Fator de Carga

O fator de carga é um índice que permite verificar o quanto que a energia elétrica é utilizada de forma racional. É a razão entre a demanda média, durante um determinado intervalo de tempo, e a demanda máxima registrada no mesmo período.

O fator de carga varia de 0 a 1 e, quanto maior este índice, mais adequado e racional é o uso da eletricidade. (SOUZA, 1997)

$$FC = \frac{\bar{D}}{D_{\text{máx}}} = \frac{\int_{T_0}^{T_1} p(t) dt}{T_1 - T_0} = \frac{\int_{T_0}^{T_1} p(t) dt}{D_{\text{máx}} \cdot (T_1 - T_0)} = \frac{\text{Consumo Total (kWh)}}{\text{Potência Máxima (kW)} \cdot \text{Tempo (h)}} \quad (4)$$

### 3.8. Fator de Potência

Fator de potência é a razão entre a potência ativa e a potência aparente de uma carga ou sistema, é uma forma de indicar o percentual de energia disponível que está sendo convertido em alguma forma de trabalho útil. Com relação à qualidade de energia elétrica, a presença de harmônicos faz com que o fator de potência seja diferente da defasagem entre as componentes fundamentais da tensão e da corrente na carga. (GUERRA, 2010)

A regulamentação do fator de potência pelas concessionárias se deu em 1968 onde se adotou 0,85 indutivo mensalmente a fim de limitar a energia reativa. Em 20 de março de 1992 ficou definido que a partir de 1996 o fator de potência passaria a 0,92 indutivo e capacitivo.

O fator de potência é definido de acordo com a expressão (5):

$$FP = \frac{PA[W]}{S[VA]} = \cos(\theta) \quad (5)$$

na qual  $PA$  significa Potência Ativa,  $S$  é Potência Aparente e  $\theta$  o ângulo entre  $PA$  e  $S$ .

A potência ativa em um sistema com distorções harmônicas será o produto da tensão (senoidal) por todas as componentes harmônicas da corrente. Sendo assim, o fator de potência será a razão entre o valor  $RMS$  da componente fundamental da corrente e a corrente  $RMS$  de entrada, multiplicado pelo cosseno da defasagem entre a tensão e a primeira harmônica da corrente. (POMILIO, 1997)

$$FP = \frac{I_1}{I_{RMS}} \cos(\varphi) \quad (6)$$

### 3.9. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eficiência energética significa otimizar o consumo de energia, maximizando o seu efeito útil, diminuindo as suas perdas e evitando o seu desperdício.

Baseado em (Alvarez, 1998), o custo médio da energia conservada é estimado em 0,024 US\$/kWh, inferior ao custo marginal da expansão do setor elétrico, situado entre 0,047 e 0,100 US\$/kWh, podemos perceber a importância da eficiência energética, já que é mais rentável aplicar medidas para evitar as perdas e o desperdício da energia elétrica do que para produzi-lo.

### 3.10. QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Uma definição encontrada no (PROCEL, 2006), energia elétrica de boa qualidade é aquela que garante o funcionamento contínuo, seguro e adequado de equipamentos elétricos e processos associados, sem afetar o meio ambiente e o bem estar das pessoas.

Em (Deckmann & Pomilio, 2010) qualidade da energia é a medida de como está sendo usada a energia elétrica pelos consumidores, onde é analisada a continuidade de suprimento e a conformidade com certos parâmetros para que o sistema que fornece e as cargas instaladas na rede operem com segurança.

Os parâmetros da qualidade de energia estão relacionados com a qualidade da fonte de tensão e de corrente, e estes são definidos por quatro parâmetros: (PROCEL, 2006)

- Frequência;
- Forma de onda;
- Amplitude da tensão;
- Assimetria em sistemas trifásicos.

### 3.11. DISTÚRBIOS DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Em (BRONZEADO, 1998) encontramos os principais fenômenos eletromagnéticos associados à Qualidade da Energia Elétrica, que são:

a) Variações Instantâneas de Tensão: são variações súbitas do valor instantâneo da tensão, que dependem do montante de energia armazenada nos elementos do sistema, no instante da ocorrência, e do seu comportamento transitório, para atingir o seu novo ponto de operação. Neste grupo estão incluídos:

- surtos de tensão: este fenômeno geralmente é gerado por descargas atmosféricas e são caracterizados pelo tempo de subida, tempo de caída e o valor de pico da tensão.

- transitórios oscilatórios de tensão: são causados pelo chaveamento de equipamentos e linhas de transmissão, e se caracterizam pelo valor instantâneo da tensão sobreposta ao seu valor instantâneo normal.

- cortes na tensão: ocorrem devido a curto-circuito fase-fase durante a comutação da corrente entre as fases do sistema, e são descontinuidades do valor instantâneo da tensão.

b) Variações momentâneas de Tensão: são variações momentâneas no valor eficaz (*rms*) da tensão entre dois níveis consecutivos, com duração incerta, porém menor que um minuto. Estas variações podem ser classificadas como:

- Subtensões Momentâneas: também chamada de Depressão Momentânea de Tensão, são reduções momentâneas do valor *rms* da tensão entre 10% e 90% da tensão nominal em uma ou mais fases do sistema elétrico, e com duração entre 1/2 ciclo e um minuto.

- Sobretensões Momentâneas: ou Elevações Momentâneas de Tensão, são elevações momentâneas do valor *rms* da tensão acima de 110% da tensão nominal em uma ou mais fases do sistema elétrico, e com duração entre 1/2 ciclo e um minuto.

- Interrupções Momentâneas de Tensão: são reduções momentâneas do valor *rms* da tensão inferiores a 10% da tensão nominal em uma ou mais fases do sistema elétrico, e com duração entre 1/2 ciclo e um minuto. Estas interrupções podem ser classificadas como: Curtíssima duração (1/2 ciclo a 30 ciclos), Curta duração (30 ciclos a 3 segundos) e Temporária (3 segundos a um minuto). (PROCEL, 2006)

c) Variações Sustentadas de Tensão: são variações de valor *rms* da tensão entre dois níveis consecutivos, com duração incerta, porém maior ou igual a um minuto. Estas variações podem ser classificadas como:

- Subtensão Sustentada: valores de tensão entre 10% e 90% da tensão nominal.

- Sobretensão Sustentada: valores de tensão acima de 110% da tensão nominal.

- Interrupção Sustentada de Tensão: valores de tensão abaixo de 10% da tensão nominal ou faltas de tensão.

d) Variações Momentâneas de Frequência: são pequenos desvios momentâneos do valor da frequência fundamental da tensão. A duração e magnitude deste fenômeno dependem da dimensão do desequilíbrio, da característica dinâmica da carga e do tempo de resposta do sistema de geração às variações de potência.

e) Distorção Harmônica Total, Flutuação de Tensão, Cintilação e Desequilíbrio de Tensão: estes distúrbios são causados pela operação de cargas não-lineares, e devido ao crescimento do uso destas cargas com funcionamento baseado na eletrônica de potência, estes distúrbios são considerados “quase-permanentes”.

- Distorção Harmônica Total: este termo tem a finalidade de quantificar o nível de distorção da forma de onda da tensão e da corrente com relação a sua forma de onda ideal, que é a senoidal.
- Flutuação de Tensão: são variações de tensão sistemáticas e intermitentes com valores entre 95% e 105% da tensão nominal.
- Cintilação: devido às flutuações de tensão no sistema elétrico, este gera uma variação no fluxo luminoso nas lâmpadas elétricas percebido visualmente, já que ocorre na faixa de modulação da tensão entre 0 e 30 Hz, sendo máxima em torno de 8,8 Hz.
- Desequilíbrio de Tensão: são variações desiguais em amplitude e/ou fase das tensões trifásicas. Ou seja, é a razão entre a componente de sequência positiva e negativa da tensão do sistema trifásico, levando em consideração suas magnitudes e seus ângulos de fase. O *IEEE*, também leva em consideração a relação entre a componente de sequência zero e a positiva para medir o equilíbrio da tensão (PROCEL, 2006)

Na tabela 3.1 pode se verificar estes distúrbios citados acima com suas causas e efeitos no sistema.

<b>Distúrbios</b>	<b>Causas</b>	<b>Efeitos</b>
Afundamento da tensão	degrau de carga, curto-circuito	perda de potência, falha de operação
Cintilação luminosa	cargas variáveis	incômodo visual, estresse
Colapso da tensão	falta de suporte de reativos	perda de sincronismo, desligamentos
Descarga eletrostática	sobre-tensões	ruptura de isolantes, sobre-correntes
Desequilíbrio de tensões	cargas desiguais, curto entre fases	sobre-tensão, sobre-corrente, vibração em máquinas
Elevação da tensão	redução da carga, excesso de reativos, curto desequilibrado	estresse de dielétrico, sobrecarga
Flutuação da tensão	cargas variáveis, oscilação de potência	cintilação, modulação de torque
Harmônicas	cargas não lineares, chaveamento, descontinuidades	ressonância, perdas adicionais, ruído, aquecimento, interferência telefônica
Impulso da tensão	descarga eletrostática	ruptura de dielétrico
Interferência eletromagnética	mau contato, chaveamento em alta frequência	aquecimento localizado, falha de sistemas digitais
Interferência telefônica	correntes harmônicas em linhas	ruído telefônico
Inter harmônicas	cargas não lineares variáveis	modulação harmônica, interferências
Interrupção momentânea	curto circuito momentâneo	falha de equipamentos sensíveis
Interrupção temporária	curto circuito temporário, atuação da proteção	perdas em processos produtivos
Interrupção permanente	manutenção programada, falha imprevista	parada de produção
Micro interrupção	curto circuito momentâneo	falha de equipamentos sensíveis
Modulação de amplitude	carga cíclica, ressonância	cintilação, oscilação de torque
Oscilação eletromecânica	desbalanço entre geração e carga	modulação da potência gerada, variação da frequência
Oscilação transitória	manobra de disjuntor, curto circuito	sobre-tensões, ressonâncias
Oscilação sub-transitória	descontinuidade brusca em circuitos reativos	surtos de tensão
Recorte de comutação	curto circuito momentâneo devido a comutação de conversores eletrônicos	estresse de dielétricos, modulação harmônica, poluição sonora
Ressonância sub-síncrona	compensação capacitiva série de linha	vibração mecânica entre turbina e gerador
Ruído	descargas e arcs elétricos, mau contato	interferências, falha de sistemas digitais
Sobre-tensão	curto desequilibrado, entrada de capacitor, redução de carga	ruptura de dielétricos, sobre-corrente, aumento de perdas, queima de aparelhos, redução da vida útil
Sub-tensão	curto circuito, partida de motores, falta de suporte reativo	sobre-corrente, falha na operação, desligamento
Surto de tensão	descarga eletrostática, curto circuito	ruptura de dielétrico, queima de equipamentos

Tabela 3.1 – Tabela Resumo de Eventos.  
 Fonte: (Deckmann & Pomilio, 2010)

### 3.11.1. Harmônicos

O termo “harmônico” foi originado no campo da acústica, onde ele foi relacionado à vibração de uma corda ou uma coluna de ar numa frequência que é uma múltipla da frequência base.

Um componente harmônico num sistema elétrico CA é definido como uma componente senoidal de uma forma de onda periódica que possui uma frequência igual a um múltiplo inteiro da frequência fundamental do sistema. (La Rosa, 2006)

Harmônicos é o nome dado para uma distorção na forma de onda do sinal elétrico que não possui somente a frequência fundamental em sua composição, mas também, sinais cujas frequências são múltiplas da fundamental. (PROCEL, 2006)

#### 3.11.1.1. Cargas Lineares

As cargas lineares seguem a Lei de Ohm, onde a sua corrente é proporcional à tensão aplicada dividida pela sua impedância. Assim, caso a forma de onda da tensão seja senoidal, a da corrente também será. (PROCEL, 2006)

#### 3.11.1.2. Cargas Não-Lineares

Com o avanço da eletrônica de potência, atualmente, em torno de 50% da energia elétrica passa por um dispositivo de eletrônica de potência antes de ser utilizada.

Estes dispositivos funcionam basicamente em dois estados: Condução e bloqueio. Devido a estes estados de funcionamento aonde o dispositivo conduz ou bloqueia a corrente, a forma de onda da corrente em um circuito com cargas não-lineares será não senoidal. (PROCEL, 2006)

#### 3.11.1.3. Fontes de Harmônicos

Em (PROCEL, 2006), vários são os tipos de cargas não lineares que geram frequências harmônicas. A maioria delas trabalha com correntes não senoidais. Existem também outros tipos de fenômenos ou arranjos que podem levar um dispositivo

ou equipamento a se comportar como uma carga não linear. Na tabela 3.2 é apresentada uma lista de equipamentos, acompanhados de sua taxa de distorção harmônica correspondente.

Equipamento Avaliado	Distorção Harmônica Total de Corrente - THDi (%)
Aparelho de ar condicionado	123
Microcomputador com impressora conectada	86,8
Televisão com decodificador para TV a cabo	92,3
Chuveiro com tap's para ajuste de temperatura	36,6
Geladeira	7,2
Lavadora de roupas	5,7
Lavadora de louças	10,3
Forno microondas	46,1
Exaustor	32,1
Aparelho de som com CD	103,5
Televisão com vídeo cassete	129,1
Vídeo Game	32,1
Lâmpada fluorescente	35,8
Ventilador	4,2
Cafeteira	2,3
Torradeira	2,1
Carregador de bateria	83,1
Telefone sem fio	39,5
Telefone sem fio com secretária eletrônica	47,0
Rádio relógio	52,1
Transformadores de uso doméstico (50W)	33,3
Portão eletrônico	13,0

Tabela 3.2 – Emissão de harmônicos de alguns equipamentos residenciais, comerciais e industriais.  
Fonte: (Procel, 2006)

#### 3.11.1.4. Normalização Harmônica

No contexto internacional existem normas relativas ao monitoramento da qualidade da energia elétrica (*IEEE-1159*, 1995) e outras normas que estabelecem limites harmônicos para sistemas elétricos de energia em altas tensões

(IEEE-519, 1992) e em sistemas a níveis de tensões de distribuição (IEC-1000, 1990). (PROCEL, 2006)

A recomendação brasileira (ELETROBRÁS, 1993) sugere limites harmônicos (globais e por consumidor) para sistemas de tensões inferiores e superiores a 69 kV. Como apresentados na tabela 3.3 e 3.4.

V < 69 kV				V > 69 kV			
Ímpares		Pares		Ímpares		Pares	
Ordem	Valor	Ordem	Valor	Ordem	Valor	Ordem	Valor
3 a 25	1,5 %	Todos	0,6 %	3 a 25	0,6 %	Todos	0,3 %
> 27	0,7 %			> 27	0,4 %		
THD <sub>v</sub> = 3 %				THD <sub>v</sub> = 1,5 %			

Tabela 3.3 – Limites de tensão por consumidor expressos em % da tensão fundamental  
Fonte: (Procel, 2006)

V < 69 kV				V > 69 kV			
Ímpares		Pares		Ímpares		Pares	
Ordem	Valor	Ordem	Valor	Ordem	Valor	Ordem	Valor
3, 5, 7,	5 %	2, 4, 6	2 %	3, 5, 7	2%	2, 4, 6	1 %
9, 11, 13,	3%			9, 11, 13,	1,5%		
15 a 25	2%	> 8	1 %	15 a 25	1%	> 8	0,5%
> 27	1%			> 27	0,5%		
THD <sub>v</sub> = 6 %				THD <sub>v</sub> = 3 %			

Tabela 3.4 – Limites globais de tensão em % da tensão fundamental  
Fonte: (Procel, 2006)

### 3.12. PERDAS

O grau com que harmônicas podem ser toleradas em um sistema de alimentação depende da susceptibilidade da carga (ou da fonte de potência). Os equipamentos menos sensíveis, geralmente, são os de aquecimento (carga resistiva), para os quais a forma de onda não é relevante. Os mais sensíveis são aqueles que, em seu projeto, assumem a existência de uma alimentação senoidal. No entanto, mesmo para as cargas de baixa susceptibilidade, a presença de harmônicas (de tensão ou de corrente) pode ser prejudicial, produzindo maiores esforços nos componentes e isolantes. (POMILIO, 2007)

- **Motores e geradores:** o maior efeito dos harmônicos em máquinas rotativas é o aquecimento devido ao aumento das perdas nos circuitos elétricos e magnéticos. Outro fenômeno é a presença de harmônicos no fluxo, produzindo alterações no acionamento, como componentes de torque que atuam no sentido oposto ao da fundamental como o 5º harmônico. Alguns pares de componentes (por exemplo, 5ª e 7ª) podem produzir oscilações mecânicas em sistemas turbina-gerador ou motor-carga, devido a uma potencial excitação de ressonâncias mecânicas. (POMILIO, 2007)

- **Transformadores:** a existência de harmônicos na tensão aumenta as perdas no núcleo, enquanto harmônicos na corrente aumentam as perdas nas bobinas, e o efeito das reatâncias de dispersão fica ampliado, já que seu valor aumenta com a frequência.

Tem-se ainda uma maior influência das capacitâncias parasitas entre as espiras e entre o enrolamento, que podem realizar acoplamentos não desejados e, eventualmente, produzir ressonâncias no próprio dispositivo. (POMILIO, 2007)

- **Cabos de alimentação:** o efeito pelicular dos cabos restringe a seção condutora para componentes de frequência elevada, também os cabos de alimentação têm um aumento de perdas devido às harmônicas de corrente. Considerando os cabos longos e que os sistemas conectados tenham suas ressonâncias excitadas pelas componentes harmônicas, podem aparecer elevadas sobretensões ao longo da linha, danificando o cabo.

- **Capacitores:** a ocorrência de ressonâncias devido à excitação pelas harmônicas pode produzir níveis excessivos de corrente e/ou de tensão. E como a reatância capacitiva diminui com a frequência, tem-se um aumento nas correntes originadas pelas harmônicas na tensão.

- **Equipamentos eletrônicos:** alguns equipamentos podem ser muito sensíveis a distorções na forma de onda de tensão. E se as harmônicas penetrarem na alimentação do equipamento por meio de acoplamentos

indutivos e capacitivos pode alterar, ou mesmo inviabilizar, seu funcionamento. (POMILIO, 2007)

### 3.13. NORMATIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA

Existe uma tendência mundial em discutir as normas de âmbito nacional para se chegar a um consenso internacional. As iniciativas nesse sentido partiram justamente dos órgãos que historicamente têm suportado a maior parte da documentação normativa, como o *IEEE* nos Estados Unidos e o *CIGRÉ* na Europa. A convergência deverá ocorrer em longo prazo e, por enquanto, o que se dispõe são normas nacionais ou recomendações internacionais. (Deckmann & Pomilio, 2010)

A ABNT não estabelece normas relativas à qualidade da energia elétrica, mas define especificações para equipamentos eletro-eletrônicos, incluindo aspectos de fator de potência, emissão de harmônica, etc.

No Brasil, algumas dessas normas estrangeiras são seguidas integralmente ou adaptadas parcialmente para uso. Mesmo assim a falta de unificação de procedimentos e critérios normativos prejudica os consumidores.

A ANEEL e ONS estão coordenando grupos de técnicos e especialistas, com o intuito de elaborar um conjunto de procedimentos e recomendações aplicáveis tanto no nível da rede básica como das redes de distribuição, para viabilizar os contratos de conexão entre os diversos agentes na nova estrutura do setor elétrico. (Deckmann & Pomilio, 2010)

#### 3.13.1. Padrões para avaliação da tensão suprida

A ANEEL elaborou os Procedimentos de Distribuição – PRODIST, que são normas que disciplinam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e demais agentes (unidades consumidoras e centrais geradores) conectados aos sistemas de distribuição, que incluem redes e linhas em tensão inferior a 230 quilovolts (kV). Tratam, também, do relacionamento entre as distribuidoras e a Agência, no que diz respeito ao intercâmbio de informações. (ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica)

O PRODIST é composto por oito módulos, e o Módulo Oito é sobre a qualidade da energia elétrica, que tem como objetivos: (PRODIST - Módulo 8 revisão 2, 2011)

- Estabelecer os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica - QEE, abordando a qualidade do produto e a qualidade do serviço prestado.
- Para a qualidade do produto, este módulo define a terminologia, caracteriza os fenômenos, parâmetros e valores de referência relativos à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão, estabelecendo mecanismos que possibilitem à ANEEL fixar padrões para os indicadores de QEE.
- Para a qualidade dos serviços prestados, este módulo estabelece a metodologia para apuração dos indicadores de continuidade e dos tempos de atendimento a ocorrências emergenciais, definindo padrões e responsabilidades.

Os aspectos considerados da qualidade do produto em regime permanente ou transitório são: tensão em regime permanente, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e variação de frequência.

### 3.13.2. Definições dos equipamentos de medição

Segundo (Deckmann & Pomilio, 2010), os equipamentos de medição para verificação de tensão de regime permanente devem atender os seguintes requisitos mínimos: taxa amostral com 16 amostras/ciclo, conversor A/D (analógico/digital) de sinal de tensão com 12 bits, precisão de até 1% da leitura.

Já no caso da medição do fator de potência, o instrumento de medição que irá registrar os valores reativos, deve ser de preferência eletrônico, utilizar o princípio de amostragem digital e ser aprovado pelo órgão responsável pela conformidade metrológica. O valor do fator de potência deverá ser calculado a partir

dos valores registrados das potências ativa ( $P$ ) e reativa ( $Q$ ) ou das energia ativa ( $EA$ ) e reativa ( $ER$ ), utilizando-se as seguintes fórmulas:

$$f_p = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad \text{ou} \quad f_p = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}} \quad (7)$$

Observando a equação (10), o procedimento de medição não deixa claro o tratamento dado às harmônicas, uma vez que a definição da parcela reativa não é especificada. No PRODIST é informado de uma forma geral que os instrumentos de medição devem observar o atendimento aos protocolos de medição e às normas técnicas vigentes, para a análise de harmônicos de variações de tensão de curta duração e de desequilíbrio.

### 3.14. CUSTO DA ENERGIA ELÉTRICA

#### 3.14.1. Conceitos

- Tarifa de demanda é o valor em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal.
- Tarifa de consumo é o valor em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal.
- Tarifa de ultrapassagem é a tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que superar o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância.
- Horário de ponta (HP) é o período definido pela concessionária, onde a energia elétrica é mais cara. Este período é composto por três horas consecutivas, compreendidas entre 17 h e 22 h, menos aos sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, Sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados definidos por lei federal: 1º de janeiro, 21 de abril, 1º de maio, 7 de setembro, 12 de outubro, 15 de novembro e 25 de dezembro. Representa o período do dia em que o sistema demanda mais carga.

- Horário fora de ponta (HFP) é o valor mais barato da energia elétrica, e são compostas pelas horas que complementam as três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, incluindo as horas dos sábados e domingos e dos onze feriados, onde a energia elétrica é mais barata.
- Curva de Carga do Sistema é a curva de carga do sistema elétrico para um dia típico.
- Período seco significa o período de sete meses consecutivos, de maio a novembro de cada ano.
- Período úmido é o período de cinco meses consecutivos, de dezembro a abril do próximo ano.
- Segmentos horários e sazonais, também conhecido como "segmentos horo-sazonais", são formados pela composição dos períodos úmido e seco com os horários de ponta e fora de ponta, ou seja, horário de ponta em período seco (PS), horário de ponta em período úmido (PU), horário fora de ponta em período seco (FS) e horário fora de ponta em período úmido (FU).

Esses segmentos horo-sazonais visam compatibilizar a demanda com a oferta de energia. Isto é, por meio da sinalização tarifária, preço mais elevado no período seco e mais baixo no período úmido, mostra-se o custo da energia, conforme a lei de oferta e procura. (ELETROBRÁS, 2005)

- Tarificação horo-sazonal é o sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para estabelecer o preço da energia.

#### 3.14.2. Custo da energia elétrica

O custo da energia elétrica para o consumidor irá depender de uma série de fatores. Além dos equipamentos e suas condições operacionais, a forma de contratação da energia poderá causar enormes diferenças de preços entre plantas semelhantes. (ELETROBRÁS, 2005)

A classificação dos consumidores é feita baseado na tensão a que estiverem ligados: se baixa ou alta.

#### 3.14.2.1. Baixa tensão

É considerado consumidor de baixa tensão aquele que está ligado em tensão inferior a 3.300 V e estes estão sujeitos às tarifas do grupo B, subdivido de acordo com as classes:

- a) Subgrupo B1 - residencial; residencial baixa renda;
- b) Subgrupo B2 – rural; cooperativa de eletrificação rural; irrigação;
- c) Subgrupo B3 - demais classes;
- d) Subgrupo B4 - iluminação pública.

Na baixa tensão apenas é cobrado o consumo, então o preço médio da energia elétrica é igual, e há também o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS), que varia conforme a legislação tributária de cada estado. (ELETROBRÁS, 2005)

#### 3.14.2.2. Alta tensão

É considerado consumidor de alta tensão aquele ligado em tensão superior a 3.300 V, onde sua tarifa é binômica, diferente da tarifa de baixa tensão que é monômica.

É cobrado aos consumidores deste grupo além do consumo e do ICMS, a demanda contratada ou medida.

Estes consumidores estão sujeitos às tarifas do grupo A, subdivido de acordo com os níveis de tensão:

- a) Subgrupo A1 – 230 kV ou mais;
- b) Subgrupo A2 – 88 kV a 138kV;
- c) Subgrupo A3 – 69 kV;
- d) Subgrupo A3a – 30 kV a 44 kV;

e) Subgrupo A4 – 2,3 kV a 25 kV;

d) Subgrupo AS – subterrâneo.

O subgrupo A3a, A4 e AS, são considerado pelo setor elétrico como ligados em média tensão.

### 3.14.3. Tarifas

A ANEEL homologa as tarifas de energia por concessionária, após analisar as planilhas de custos apresentada. Assim, as tarifas variam para cada área de concessão e seus reajustes ocorrem em meses diferentes. (ELETROBRÁS, 2005)

Na modalidade convencional, as tarifas independem dos horários de ponta e fora de ponta, bem como dos períodos seco e úmido.

Na modalidade horo-sazonal, as tarifas são para os consumidores de média tensão e existem dois tipos de tarifa: azul e verde. Na tabela 3.5 podemos ver a diferença entre estas tarifas.

TIPO DE TARIFA	VALORES A SEREM FATURADOS		
	CONSUMO (KWH)	DEMANDA (KW)	ULTRAPASSAGEM DE DEMANDA
<b>CONVENCIONAL</b> Aplicada como opção para consumidores com demanda menor que 300kW. A demanda contratada mínima é de 30kW. Ver observação 1.	Total registrado x Preço único	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preço único Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%.
<b>VERDE</b> Aplicada como opção para consumidores da MT. Ver observação 3.	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preço único Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%.
<b>AZUL</b> Aplicada de forma compulsória para clientes com demanda maior ou igual a 300 kW e opcional para aqueles com demanda entre 30 a 299 kW. Ver observação 3.	Total registrado no HFP x Preços HFP para períodos seco e úmido. + Total Registrado no HP x Preços HP para períodos seco e úmido.	Maior valor entre: - a medida ou - a contratada x Preços diferenciados para HFP e HP Exceção Ver observação 2.	Aplicável quando a demanda medida superar a contratada em 10%, na MT e 5%, na AT, nos respectivos horários.

Tabela 3.5: Regras para Enquadramento Tarifário Fonte: ELETROBRÁS, 2005

#### 3.14.4. Fator de carga

O Fator de carga (FC) foi definido no setor 3.2.6 e para os consumidores da modalidade azul, o fator de carga é definido por segmento horo-sazonal (ponta e fora de ponta), conforme as seguintes expressões:

$$FC_{HP} = \frac{\text{Consumo no HP (kWh)}}{\text{Demanda do HP (kW)} \times NHP} \quad (8)$$

$$NHP = N^{\circ} \text{ de dias úteis} \times 3 \quad (9)$$

nas quais o número de horas de ponta (NHP) irá depender do número de dias úteis no período de medição.

$$FC_{HFP} = \frac{\text{Consumo no HFP (kWh)}}{\text{Demanda do HFP (kW)} \times NHFP} \quad (10)$$

$$NHFP = (\text{N}^\circ \text{ de dias de medição} \times 24) - NHF \quad (11)$$

O número de horas fora de ponta (NHFP) irá depender do período de medição e das horas de ponta.

O aumento do fator de carga implica num melhor aproveitamento da instalação elétrica, na otimização dos investimentos nas instalações e diminui o preço médio pago pela energia elétrica consumida.

#### 3.14.5. Preço médio

O preço médio (PM) no fornecimento de energia em alta e em média tensão é diferente do preço médio dos consumidores da baixa tensão. Apesar de todos os consumidores de uma mesma modalidade tarifária estarem sujeitos às mesmas tarifas, podem ter preços médios diferentes, devido ao fator de carga. (ELETROBRÁS, 2005)

$$PM = \frac{\text{Fatura (R\$)}}{\text{Consumo Total (kWh)}} \quad (12)$$

Substituindo a equação (4) na (15), obteremos:

$$PM = \frac{\text{Fatura (R\$)}}{\text{Demanda (kW)} \times \text{Tempo (h)} \times FC} \quad (13)$$

A partir da equação (16) podemos verificar o que foi dito anteriormente sobre a importância de ter um bom fator de carga para diminuir o preço médio.

#### 3.14.6. Conta de energia

A conta de energia é muito importante para o gerenciamento energético, pois nela consta as informações importantes como: leituras anteriores, leitura atual, valor, modalidade contratada, etc.

A conta de energia da concessionária ENERGISA é composta pelos seguintes campos: (ENERGISA PARAÍBA - Agência.net - Conta de Energia - Conheça sua conta, 2009)

- Identificação do Consumidor: neste campo estão o nome e o endereço do consumidor.
- Dados da Unidade Consumidora: informa se o consumidor é residencial, comercial, industrial, rural ou poder público e também o tipo de ligação da unidade consumidora, se é monofásica ou trifásica. Indica ainda o número do roteiro da medição do consumo de energia e também o número do medidor que está instalado na unidade consumidora.
- Reservado ao Fisco: este número identifica a cobrança da conta junto à Receita Federal.
- Identificador para Débito Automático: este é o número que o consumidor fornece à sua agência bancária para colocar a sua conta de energia em cobrança de débito automático.
- CDC (Código do Consumidor): identifica o titular da conta de energia.
- Indicadores de Qualidade: expressão o desempenho de qualidade da sua distribuidora de energia elétrica e o limite de tensão que a Energisa é obrigada a entregar da energia na unidade consumidora.
- Dados do Cliente: além do nome e endereço, também o CNPJ/CPF do titular.
- Dados da Conta: é informado o mês de referência da conta em cobrança, a data de sua apresentação e também a data da próxima leitura.
- Canal de Contato: Exibe comunicados da Energisa para seus clientes.
- Faturas em Atraso: Informa se há débitos anteriores do consumidor com a Energisa.

- **Histórico de Consumo:** São informados os valores de consumo nos últimos 12 meses, expressos em kWh, incluindo a média dos três meses anteriores.
- **Composição do Valor Total da Sua Conta:** Detalha todos os valores que o consumidor paga na sua conta de energia elétrica.
- **Atenção:** Campo destinado a mensagens da Energisa.
- **Dados Bancários:** o Código de Barras contém todas as informações da conta de energia do consumidor que serão repassadas pelo agente arrecadador credenciado à Energisa no ato do pagamento.
- **Cálculo de Consumo:** informa a data da leitura anterior, o valor da leitura, a data atual da leitura, o valor apurado da leitura, o consumo em kWh e o número dias entre a última leitura e a leitura atual.
- **Demonstrativo:** este campo se subdivide em três partes, onde a primeira parte exibe o valor do consumo multiplicado pelo valor da tarifa de energia do consumidor, que varia para cada classe de consumidor. Na segunda parte, mostra os valores cobrados em impostos e encargos sobre a energia elétrica consumida. E, por último, os valores de outros serviços prestados ao cliente, como a cobrança do Bem Seguro ou autorizações de doações a entidades filantrópicas.
- **Vencimento e Total a Pagar:** informa a data de vencimento e o valor a ser pago pelo consumidor.



projeto do sistema de ar condicionado, onde 2 kW de iluminação em um edifício deve ser compensada por 1kW extra de energia elétrica para ar condicionado.

Com base nesta compensação, podemos ver a necessidade da utilização da iluminação natural nos ambientes interno, já que a carga térmica inserida no ambiente pela iluminação natural é menor do que a criada pela artificial. (GHISI, 1997)

Condições de iluminação	Eficiência luminosa (lm/W)
Sol direto (altitude solar 60°)	90 a 115
Radiação global com céu claro	95 a 125
Radiação difusa com céu claro	100 a 145
Céu encoberto	100 a 130
Fluorescente de 30W	67 a 70
Fluorescente de 32W	66 a 95
Fluorescente de 34W	71 a 93
Fluorescente de 36W	39 a 93
Fluorescente de 40W	53 a 92
Fluorescente de 58W	69 a 90

Tabela 3.6 – Eficiência luminosa da iluminação natural e artificial  
Fonte: (GHISI, 1997)

#### 4. PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UFCG – CAMPUS I

A Universidade Federal de Campina Grande - UFCG foi criada a partir do desmembramento da Universidade Federal da Paraíba, conforme a Lei 10.419, de 09 de abril de 2002, publicada no Diário Oficial da União (DOU) de 10 de abril de 2003.

A UFCG é uma instituição autárquica pública federal de ensino, pesquisa e extensão, vinculada ao Ministério da Educação, com sede e foro na cidade de Campina Grande, e âmbito de atuação no Estado da Paraíba.

A Universidade Federal de Campina Grande está em constante crescimento. Este crescimento é percebido por sua expansão física, pelo número de alunos, docentes, e funcionários, e outros meios como: consumo de energia elétrica, água e outros

recursos para manter a funcionalidade da instituição. O crescimento físico da universidade pode ser comparado pelas fotos 4.1 e 4.3.



Figura 4.1: Vista aérea da UFPA na década de 80  
Fonte: Site Jornal Guarabira, dia 14/09/2009



Figura 4.2: Vista atual aérea da UFPA  
Fonte: Site do CCT da UFPA, <http://cct.ufpa.edu.br/mapa/>

Atualmente, a UFCG possui em torno de 87 blocos prontos e 11 em construção.

#### 4.1. DESCRIÇÃO DOS PROJETOS

De acordo com a pesquisa realizada neste trabalho de conclusão de curso, foram identificados quatro projetos de eficiência energética realizados na UFCG campus Campina Grande.

##### 4.1.1. Projeto de Eficientização Energética na UFPB – Campus II

Este projeto foi realizado pelo professor Benedito Antônio Luciano, entre os meses de janeiro e fevereiro de 2003, tendo como objeto de estudo alguns transformadores utilizados para a distribuição de energia elétrica e a energia consumida nos seguintes blocos do DEE: CG, CH, CI e CJ, no Laboratório de Alta Tensão (LAT) e no quadro de distribuição do bloco do DSC, assim como no Hospital Universitário.

Para o levantamento dos dados, foi utilizado o analisador de energia, modelo RE2000, fabricado pela EMBRASUL, que é um medidor/registrador digital de grandezas elétricas, em tempo real. Estes dados foram tratados mediante o emprego do *software* ANÁLISE 1000, fornecido pelo fabricante do equipamento.

Inicialmente, foi feito um comparativo sobre as perdas nos núcleos dos transformadores, tomando como base os valores admitidos pela NBR 5440/1999 para transformadores classe 15 kV, conforme apresentado na tabela 4.1.

Potência aparente, kVA	Número de transformadores	Perdas totais em vazio, W		
		FeSi	Amorfo	Redução
30	2	170	34	136
45	4	220	44	176
75	20	330	66	264
112,5	7	440	88	352
Total	33	10.900	2.180	8.720

Tabela 4.1: Perdas nos núcleos de transformadores trifásicos instalados na rede de distribuição do Campus II Fonte: (LUCIANO, 2002)

Após este comparativo, foi feita uma estimativa mensal das perdas em kWh, considerando 33 transformadores de FeSi e amorfo, funcionando 18 horas fora do pico de demanda. A expressão utilizada para esse cálculo foi à seguinte:

$$E = \text{Perdas totais em vazio} * \text{horas fora do pico} * \text{quantidade de dias} \quad (14)$$

Com base nestas estimativas mensais, foram utilizadas três fórmulas para a capitalização, a da CEMIG, da LIGHT e da WEG. E calculou o tempo de retorno do investimento através destas duas formulas.

$$T_r = \frac{\text{Custo Remanescente (CR)}}{\text{Economia Anual de Energia (EAE)}} \quad (15)$$

$$EAE = 365 \text{ dias} * 18 \text{ horas} * \text{perdas reduzidas MWh} * \text{custos novas usinas (R\$/MWh)} \quad (16)$$

O próximo item do relatório do projeto mostra os resultados e análises das medições de tensão e corrente realizadas pelo analisador de energia.

De acordo com os dados conclusivos apresentados no citado projeto, há como reduzir as perdas nos transformadores de distribuição, mediante o redimensionamento de suas potências nominais ou pela substituição dos transformadores FeSi por transformadores com núcleos de liga amorfa. E que, dependendo da potência nominal desses transformadores, o retorno do investimento pode ser estimado em torno de 3 anos.

Com relação aos resultados das medições de tensões e correntes elétricas realizadas nos blocos do DEE, no Hospital Universitário e no quadro de distribuição DSC foi comprovado que existem desequilíbrios de cargas entre algumas fases, e que se faz necessário adotar medidas para corrigir estes desequilíbrios. (LUCIANO, 2002)

#### 4.1.2. Projeto do Plano de Gestão de Energia Elétrica da UFPB

Este projeto foi desenvolvido em 2002, com o objetivo a implantação de um sistema de gestão de energia elétrica para todas as unidades da UFPB, com um foco maior para o campus II (Campina Grande).

As metas deste sistema era determinar com exatidão, os hábitos de consumo de cada unidade da UFPB, para poder implantar medidas corretivas necessárias para conservação da energia.

Este sistema de gerenciamento estaria interligado a internet, e seria responsável por organizar o fluxo e as transações de informação entre os diversos pontos de medição do sistema.

Ele estaria interligado ao ponto de entrega de energia do Campus II, I, III, IV, V, VI, VII e em todos os transformadores do Campus II.

O *software* de gerenciamento deveria conter módulos de análise, do fator de potência, da demanda contratada, simulação e validação de tarifas, segregação e expedição de faturas, e emissão de relatórios.

Estes relatórios deveriam conter os parâmetros de energia, tais como: Consumo Ativo, Reativo e Aparente, Demanda Ativa, Reativa e Aparente, fator de potência, correção capacitiva, etc. E os índices mínimos de qualidade, como o DIC/FIC, Tensão máxima do intervalo de integração, etc.

Para a implantação deste sistema foi definido 3 fases:

- A Primeira Fase: implantação do sistema de aquisição de dados e gestão de energia global do campus através do monitoramento das informações fornecidas pelos medidores.
- A Segunda Fase: implantação dos conjuntos de medição das unidades individualizadas.
- Na Terceira Fase: construção de um laboratório de qualidade de energia elétrica.

No projeto há uma descrição dos materiais e equipamentos a serem usados em cada fase, juntamente com o valor individual e total.

A primeira fase custaria um total R\$ 41.600,00, a segunda fase R\$ 56.100,00 e a terceira R\$ 4.250,00. O valor total do projeto foi orçado em R\$ 125.950,00, já que foi informado um custo adicional de R\$ 24.000,00 para a implantação do gerenciamento nos pontos de energia nos campus I, III, IV, V, VI e VII.

Este projeto não foi implantado. Mas, atualmente o setor de engenharia da Prefeitura Universitária está planejando implantar um sistema de gerenciamento de energia no Campus da UFCG, em Campina Grande.

#### 4.1.3. Melhoria na Infra-estrutura e Gestão do Sistema Energético da UFPB/UFCG

Este projeto foi coordenado pelos professores Moema Soares de Castro e Benedito Antonio Luciano, contando com a participação de alunos como estagiários: Carlos Alberto E. C. Júnior, Fábio Alcântara Rocha, Jonnas Costa da Silva, José Mauricio R. de Souza Neto e Sheysa Danyelle de Freitas Leite. Foi financiando com

recursos do CT-INFRA e FNDCT disponibilizados pelos Fundos Setoriais. Este projeto não foi concluído, e os detalhamentos a seguir foram baseados em um relatório parcial dos alunos.

O objeto de estudo deste projeto foram: dois transformadores, localizados na subestação do Laboratório de Alta Tensão (LAT) e entre os blocos CG e CH (DEE). E as faturas de energia elétrica da UFCG – Campus I, durante o período de Janeiro de 2003 a Maio de 2005.

A metodologia deste projeto consistiu em 5 etapas.

A primeira etapa fez um levantamento da percepção da comunidade universitária sobre uso racional de energia através de um questionário aplicado durante 01/06 a 10/12/2004, junto aos professores, funcionários e alunos.

A segunda etapa realizou uma vistoria nos ambientes da UFCG, para verificar o estado de conservação dos equipamentos, lâmpadas, funcionamento de interruptores e tomadas. E realizou também medição das grandezas como tensão elétrica, intensidade luminosa, medição da área do ambiente e o levantamento das potências dos equipamentos. O intuito desta etapa era determinar o perfil de consumo das instalações elétricas da instituição.

A próxima etapa consistiu em instalar um analisador de energia, RE6000/B produzido pela Embrasul, nos transformadores, quadros de distribuição de alguns blocos e departamentos, com a finalidade de determinar o perfil de consumo da instalação, identificando os picos de demanda, horários de maior e menor consumo, o fator de potência, distorções harmônicas e faltas de energia elétrica.

A quarta etapa fez a análise das tarifas das faturas de energia elétrica, para identificar qual modalidade de tarifação seria mais adequada a instituição.

A última etapa realizou um tratamento dos dados coletados, a partir de um software desenvolvido para facilitar os cálculos percentuais, e um banco de dados do levantamento de dados por inspeção realizada na segunda etapa.

A medição nos dois transformadores citados anteriormente, através do analisador de energia, constatou que o transformador da subestação do LAT funcionou

bem abaixo do seu carregamento nominal que é de 112,5 kW, isso devido a não utilização dos equipamentos que mais demandam energia.

No transformador do DEE, foi constatado o inverso do transformador do LAT, funcionou muito próximo ao carregamento nominal que é de 112,5 kW.

Outros aspectos analisados com o analisador de energia foram as distorções harmônicas e as variações de tensão e ambas estavam dentro das normas, EN 50160 e resolução nº 505, de 26 de novembro de 2001, respectivamente.

Já sobre a análise tarifária, verificou-se que o contrato que estava em vigor, aplicava a tarifa horo-sazonal azul com uma potência contratada de 700 kW em horário de ponta e 900 kW em fora de ponta. Baseado nos gráficos abaixo observou que em 2005 a demanda de potência é cada vez maior do que a contratada, gerando uma despesa de aproximadamente R\$ 25.000,00 em consequência da ultrapassagem de demanda contratada. Então, conclui-se que se fazia necessária uma revisão atualizada do contrato de demanda de potência.

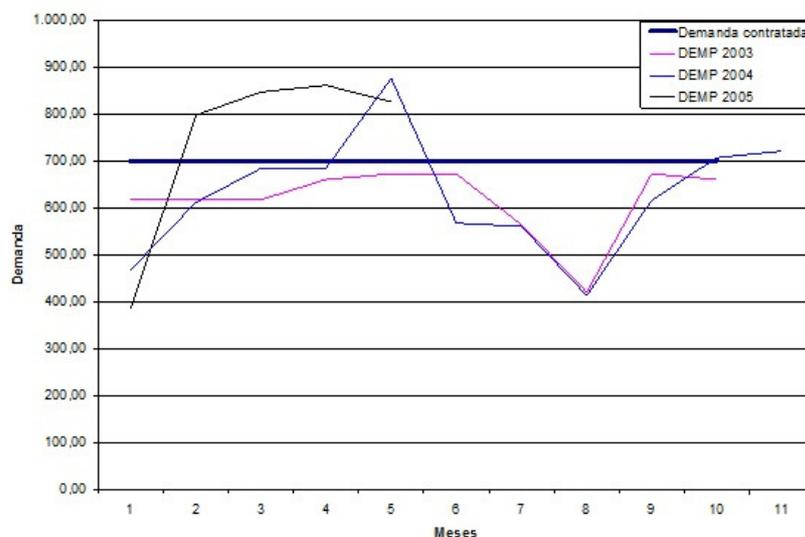


Figura 4.3: Evolução da Demanda no horário de ponta  
Fonte: (CASTRO, 2005)

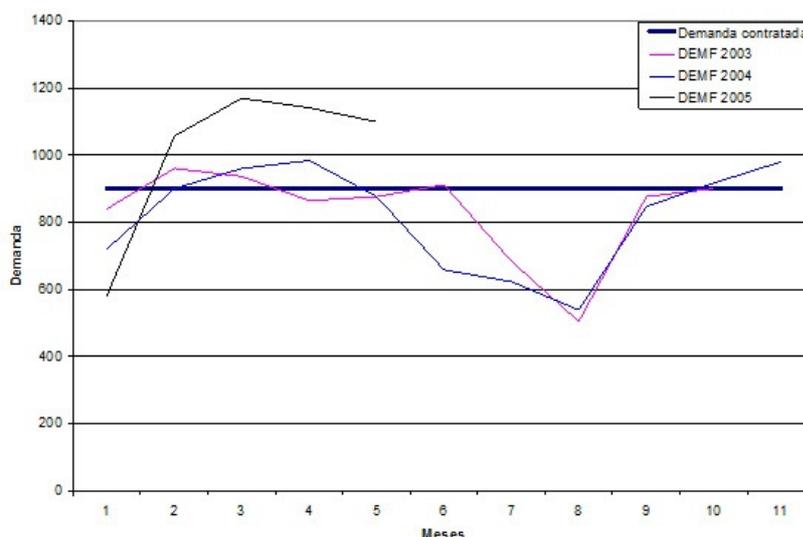


Figura 4.4: Evolução da Demanda no horário fora de ponta  
Fonte: (CASTRO, 2005)

#### 4.1.4. Alteração no contrato da Energisa

O setor de engenharia da Prefeitura Universitária solicitou junto à Energisa, a alteração na demanda contratada.

A demanda contratada no horário de ponta é de 850 kW e a de fora de ponta é de 1.115,00 kW. Esta solicitação altera a demanda contratada no horário de ponta para foi baseada num estudo feito sobre as faturas de energia no período de 2010, a seguir será demonstrado nas figuras 4.5 e 4.6 como se comportou as demandas total e de ultrapassagem em 2010.

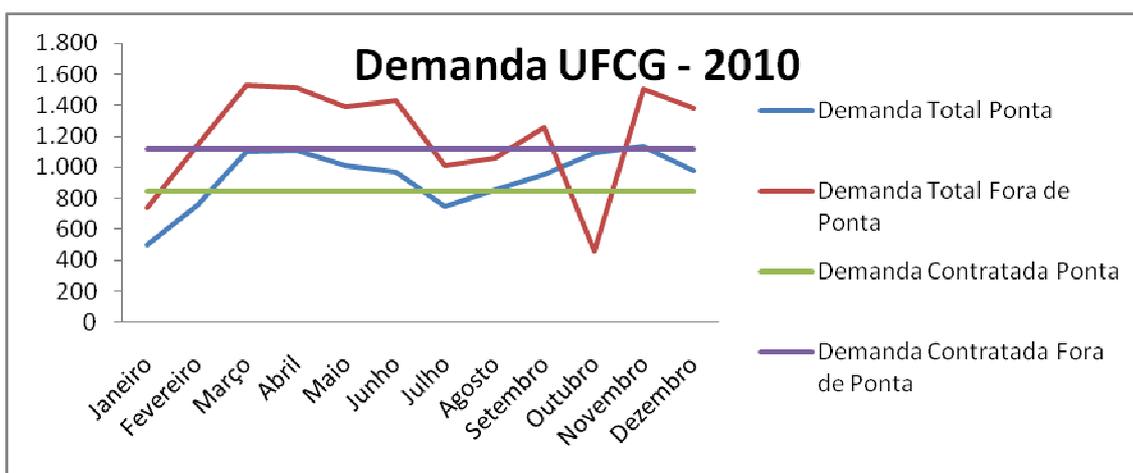


Figura 4.5: Demanda no horário de ponta e fora de ponta

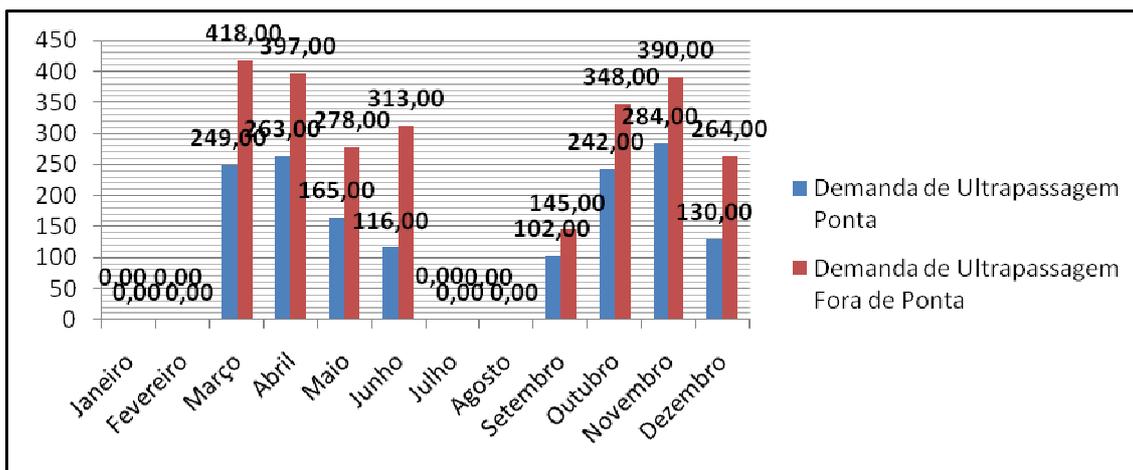


Figura 4.6: Demanda de ultrapassagem no horário de ponta e fora de ponta

A nova tarifação da Universidade será a tarifa verde com a demanda contratada de 1500 kW.

## 5. TRATAMENTO DOS DADOS NA UFCG – CAMPUS I

### 5.1. METODOLOGIA DAS MEDIÇÕES

Antes de instalar o analisador de energia, foi feito uma análise do local onde ele seria instalado, no intuito de verificar a possibilidade de furto e de bom funcionamento do equipamento.

Foi feito também um levantamento e inspeção das cargas instaladas no bloco para poder determinar a sua potência instalada.

A instalação do analisador de energia consiste em três fases e um neutro, onde um alicate amperímetro juntamente com a garra para medir a tensão foram conectados a um barramento que representa uma fase, esta mesma operação se repete as outras duas fases. A garra do neutro foi conectada ao barramento do neutro.

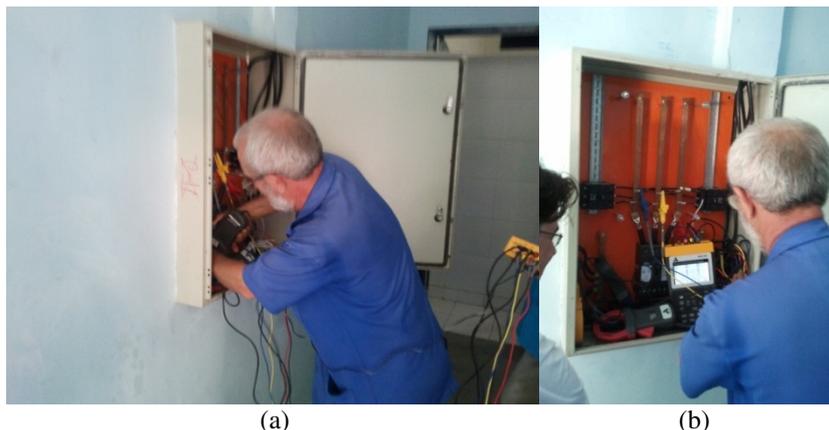


Figura 5.1(a) e (b): Instalação do analisador de energia.

Um detalhe observado, durante a instalação do analisador de energia pelo eletricitista da prefeitura universitária, é que o mesmo só estava usando um equipamento de proteção individual, a bota de PVC. A luva de borracha e os óculos de proteção não foram utilizados.

O analisador de energia é alimentado pela rede elétrica com uma tensão de 220 V, e com uma alimentação extra feito por baterias, para no caso de uma falha na alimentação da rede elétrica.

Este analisador de energia foi conectado aos PAC dos blocos BZ e CBS (Medicina).

As medições coletadas para elaboração deste projeto foram realizadas através do analisador de energia, NDMIS modelo 808, fabricado pela Homis. Este equipamento, além de realizar as medições das grandezas elétricas usuais como: tensão, corrente, potência e energia. Realiza também a medição de harmônicas, afundamento e elevação de tensão e transitórios.

Através de um software fornecido com o equipamento foi possível visualizar em um computador todas as grandezas medidas pelo instrumento.



Figura 5.2: Analisador de Energia utilizado.



Figura 5.3: Analisador de Energia instalado em um PAC.

O analisador de energia passou em torno de nove dias coletando os dados em cada bloco. A partir destes dados foram feitas a curva de carga diária, a curva média do fator de potência, o fator de carga, fator de demanda e a média do fator de potência de cada dia.

## 5.2. DADOS OBTIDOS BLOCO BZ

O bloco BZ, construído em 2008, funciona como uma central de aulas, composto por dois pavimentos, onde cada pavimento possui sete salas e dois banheiros. O horário de funcionamento é das 8 h às 12 h e das 14 h às 22 h.



Figura 5.4: Foto da fachada do bloco BZ.

O analisador de energia ficou instalado durante os dias 28/10/10 até o dia 03/11/10 e 09/11/10 até 11/11/10.

A potência instalada é de 56,82 kW e foi definida com base no levantamento dos equipamentos instalados no bloco, de acordo com a tabela 5.1.

CENTRAL DE AULA		
Equipamento	Potência (kW)	Qtidade
Lâmpada fluorescente 20	0,3	15
Lâmpada fluorescente 40	7,76	194
Lâmpada incandescente	0,24	4
Refletor	1	4
Ar condicionado	33,32	28
Bebedouro	0,2	1
Datashow	4,9	14
Computador	4,2	14
Retroprojektor	4,9	14
<b>TOTAL</b>	<b>56,82</b>	

Tabela 5.1: Potência instalada no bloco BZ.

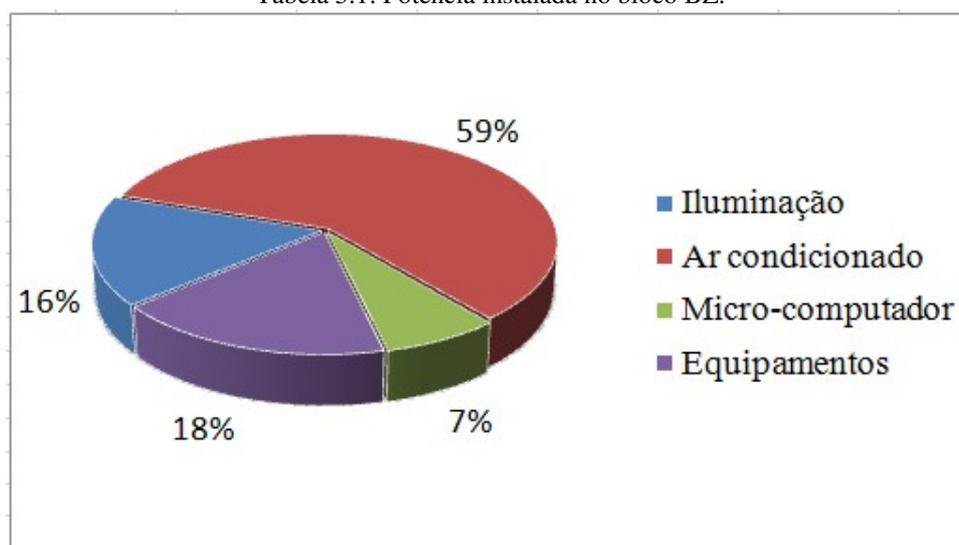


Figura 5.5: Distribuição das potências instaladas no BZ.

Podemos observar pela figura 5.5 que o ar condicionado com 59% da potência total instalada no bloco é o maior consumidor de energia, seguido dos equipamentos com 18%, da iluminação com 16% e micro-computador com 7%.

		Dia	Consumo diário (kWh)	Demanda diária (kW)
Quinta	28/out	1	40,50	8,43
Sexta	29/out	2	14,50	1,50
Sábado	30/out	3	21,20	2,31
Domingo	31/out	4	172,10	19,11
Segunda	01/nov	5	15,80	5,33
Terça	02/nov	6	16,80	3,73
Quarta	03/nov	7	261,40	32,89
Terça	09/nov	9	210,80	26,59
Quarta	10/nov	10	205,10	27,56

Tabela 5.2: Consumo e Demanda Diária do bloco BZ.

O consumo médio diário foi de 106,47 kWh e a Demanda máxima diária registrada foi de 32,89 kW. A tabela 5.2 está informando o consumo diário e a demanda diária de cada dia.

O consumo diário no dia 28/10/10 foi baixo porque o bloco só funcionou meio expediente. Nos dias 29/10/10, 30/10/10, 01/11/10 e 02/11/10 o bloco permaneceu fechado por motivo da justiça eleitoral nos dois primeiros dias citados e nos demais dias devido ao feriado. Já no dia 31/10/10 foi eleição e o bloco funcionou no horário da eleição.

A oscilação da tensão de linha está dentro do permitido pelo PRODIST. Porém, uma tensão de fase (V31) registrou uma oscilação maior do que permitido 396 V, ver tabela 5.3

	V1	V2	V3	V12	V23	V31
<b>Maior</b>	229,70	226,50	229,10	393,90	393,80	398,10
<b>Menor</b>	211,00	211,50	210,60	364,70	365,80	368,40
<b>Média</b>	221,27	220,74	221,22	381,62	382,77	384,20

Tabela 5.3 – Tabela das Tensões de linha e de fase.

Analisando a figura 5.6, pode observar que entre aproximadamente às 23 h até as 5 h a carga é constituída pelos refletores externos, bebedouro e algumas lâmpadas internas. A partir das 5 h a carga do bloco é aproximadamente zero, já que os refletores são desligados.



Figura 5.6: Perfil médio de carga diário do bloco BZ.

De acordo com gráfico apresentado na Figura 5.6, podemos observar que a carga acompanha o horário das aulas, no período que ocorre a aula há um aumento do consumo, nos intervalos de aula há uma diminuição. E nos períodos de almoço e jantar há uma queda mais acentuada do consumo.

O fator de carga diário foi definido pela média de consumo diário dividido pela demanda máxima diária multiplicada por 24 horas. E o resultado indica que durante o período em que o analisador esteve medindo, a energia consumida não foi usada de forma racional.

$$FCd = \frac{\text{Média do Consumo Diário}}{\text{Demanda Máxima} \times 24h} = \frac{106,47}{82,89 \times 24} = 0,13 \quad (17)$$

O fator de demanda diário foi obtido pela divisão entre a demanda máxima diária pela potência instalada.

$$FDd = \frac{\text{Demanda Máxima Diária}}{\text{Potência Instalada}} = \frac{82,89}{156,82} = 0,58 \quad (18)$$

O baixo fator de potência durante a madrugada é devido principalmente pelos reatores eletromagnéticos do sistema de iluminação externo. Após a entrada das demais cargas, o fator de potência tende a aumentar, já que são cargas com alto fator de potência como as lâmpadas com reatores eletrônicos, ver figura 5.7.

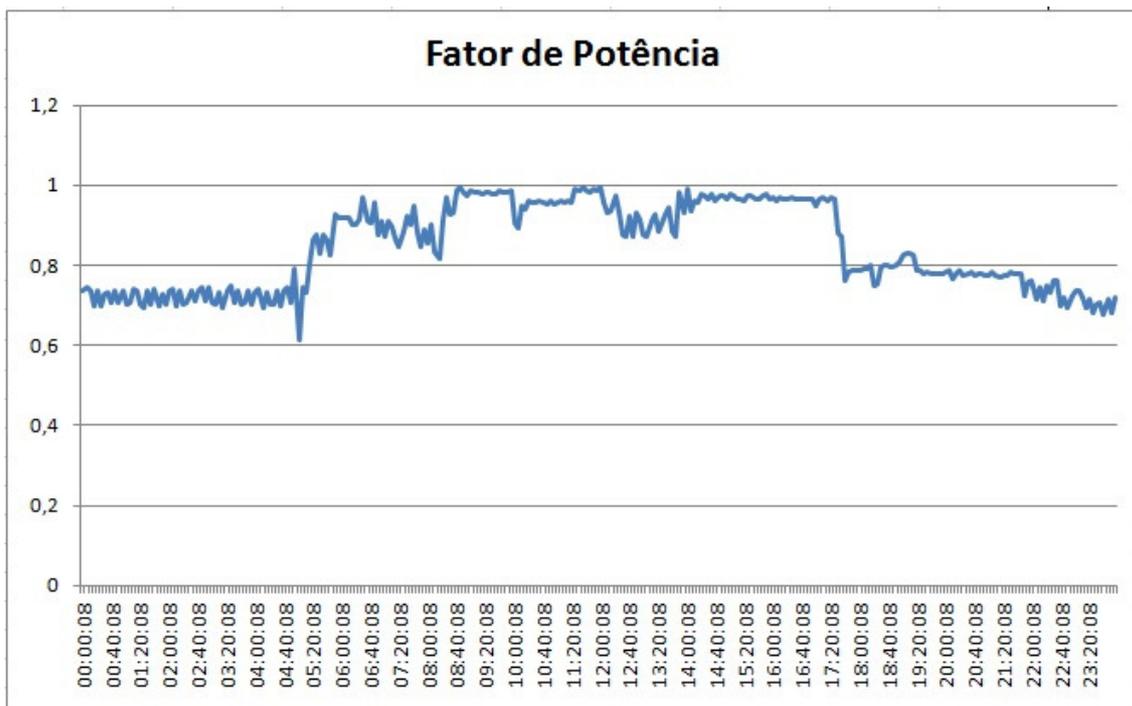


Figura 5.7: Curva do fator de potência do BZ.

A média do fator de potência durante o horário de não funcionamento do bloco foi de 0,71. Esta média foi baixa devido à carga utilizada possuir um baixo fator de potência, como os reatores eletromagnéticos dos refletores externos e o motor do bebedouro.

Fator de Potência Médio Diário	
Dia	Fator de Potência
28/out	0,80
29/out	0,59
30/out	0,68
31/out	0,83
01/nov	0,56
02/nov	0,57
03/nov	0,84
09/nov	0,86
10/nov	0,87

Tabela 5.4: Média diária do fator de potência do bloco BZ

Se a medição da concessionária fosse por bloco, a universidade seria provavelmente multada, já que o seu fator de potência está abaixo do permitido, 0,92.

Os equipamentos utilizados no bloco tais como ar condicionado tipo *split*, computadores, reatores eletrônicos para as lâmpadas fluorescentes internas, *datashow* e bebedouros são novos e estão com boa manutenção.

### 5.2.1. Sugestão para aumento da eficiência energética

Apesar de o bloco BZ ter sido construído em 2008, ainda há algumas falhas quanto à eficiência energética.

A luminária utilizada é de sobrepor para lâmpadas fluorescentes sem calha refletora. Para uma melhor eficiência energética pode-se utilizar uma luminária com calha refletora.



Figura 5.8: Foto da luminária utilizada no bloco BZ

O melhor uso da iluminação natural poderia ajudar a diminuir o consumo de energia elétrica pela iluminação artificial, ver figura 5.9, como foi sugerido por Ghisi em sua dissertação que tinha como estudo de caso a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).



Figura 5.9: Foto de uma sala no bloco BZ

Outra medida que poderia racionalizar o consumo de energia seria a utilização de detectores de presença ou *Timmers* para o acionamento das lâmpadas dos corredores e banheiros. O diagnóstico energético realizado na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), alterou o controle de acendimentos para *Timmers*.

### 5.3. DADOS OBTIDOS BLOCO CBS MEDICINA

Este bloco foi construído no ano de 2010 e é composto por dois pavimentos, onde cada pavimento possui sete salas e dois banheiros. O horário de funcionamento é das 8 h às 12 h e das 14 h às 22 h.

Atualmente o bloco possui salas de aulas, salas de coordenação e depósitos, futuramente só terá salas de aulas, quando outros blocos acabarem de ser construídos.

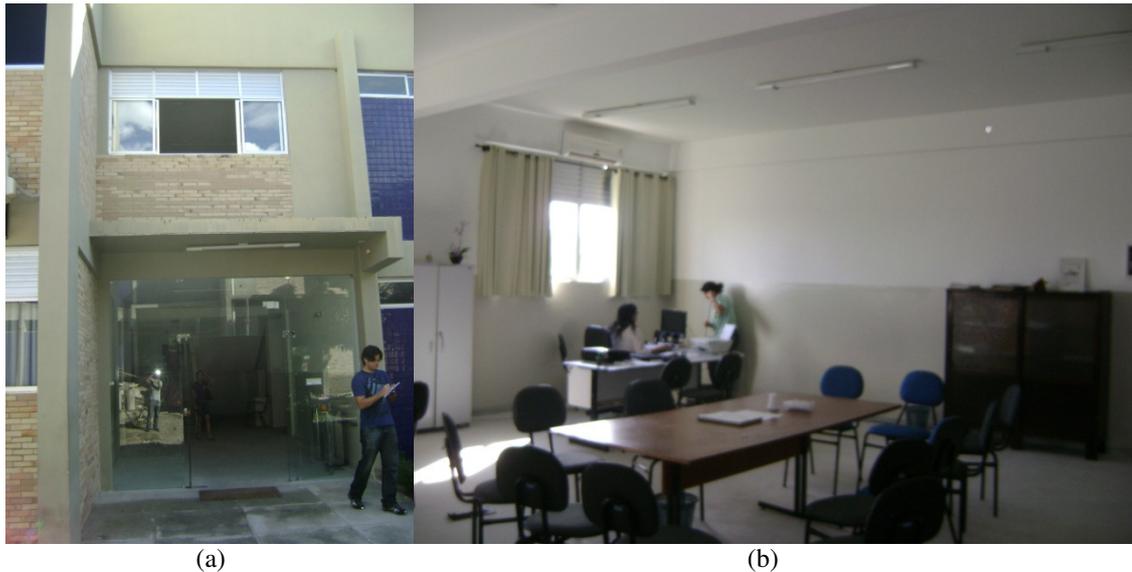


Figura 5.10 – (a) – Fotos da fachada do CBS Medicina; (b) – sala da coordenação de Psicologia.

O analisador de energia ficou instalado durante os dias 22/02/11 até o dia 01/03/11, e as medições foram satisfatórias.

A potência instalada é de 48,32 kW e foi definida com base no levantamento dos equipamentos instalados no bloco, de acordo com a tabela 5.5.

CENTRAL DE AULA		
Equipamento	Potência (kW)	Qtidade
Lâmpada fluorescente 20	0,52	26
Lâmpada fluorescente 40	7,68	192
Lâmpada incandescente	0	0
Refletor	0,5	2
Ar condicionado	33,32	28
Bebedouro	0,4	2
Datashow	2,1	6
Computador	3	10
Retroprojektor	0	0
Lâmpada de Emergência	0,208	26
Caixa de som	0,15	2
Televisão 14"	0,042	1
Geladeira	0,4	1
<b>TOTAL</b>	<b>48,32</b>	

Tabela 5.5: Potência instalada no bloco CBS Medicina.

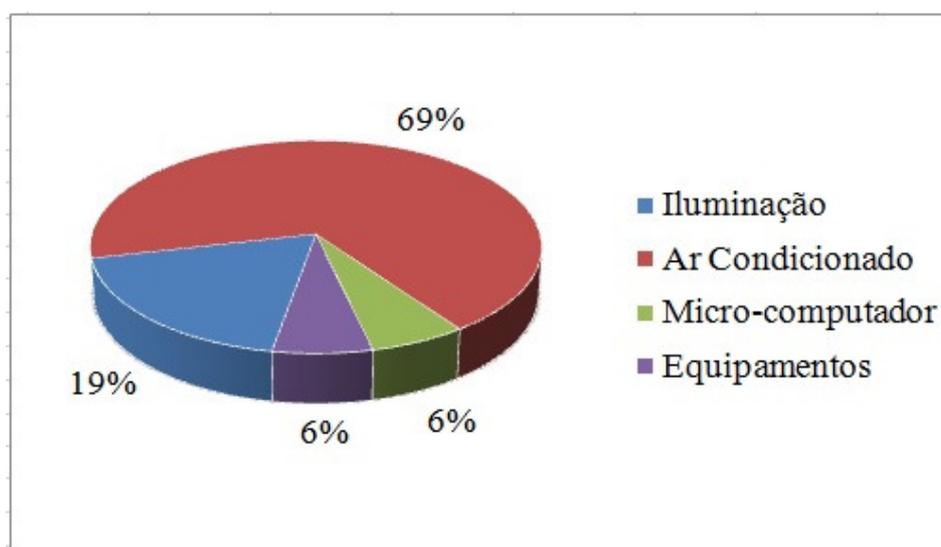


Figura 5.11 – Distribuição das potências instaladas no CBS

Conforme podemos observar na figura 5.11, o ar condicionado (69%) é responsável pelo maior consumo de energia, seguido da iluminação (19%), equipamentos (6%) e micro-computador (6%).

A oscilação da tensão de linha e de fase está dentro do permitido pelo PRODIST, como podemos ver na tabela a seguir.

	V1	V2	V3	V12	V23	V31
<b>Maior</b>	225,00	226,90	227,10	389,90	394,10	391,70
<b>Menor</b>	209,90	213,60	214,90	366,30	370,00	369,50
<b>Média</b>	218,30	220,89	221,40	379,41	383,60	381,02

Tabela 5.6 – Tabela de oscilação das Tensões de linha e de fase.

O consumo médio diário foi de 141,68 kWh e a demanda máxima diária registrada foi de 20,05 kW. A tabela 5.7 está informando o consumo diário e a demanda diária de cada dia.

		Dia	Consumo diário (kWh)	Demanda diária (kW)
terça-feira	22/fev	1	194,60	20,05
quarta-feira	23/fev	2	203,10	18,75
quinta-feira	24/fev	3	141,30	16,79
sexta-feira	25/fev	4	169,10	19,99
sábado	26/fev	5	36,80	5,44
domingo	27/fev	6	31,10	3,88
segunda-feira	28/fev	7	157,40	18,77
terça-feira	01/mar	8	200,00	18,67

Tabela 5.7: Consumo e Demanda Diária do bloco CBS Medicina.

Não houve nenhuma interrupção no funcionamento deste bloco, onde de segunda a sexta-feira teve expediente normal. No final de semana o bloco permaneceu fechado e obteve-se a curva do perfil médio de carga diário, conforme mostrado na figura 5.12.



Figura 5.12: Curva do perfil médio da carga diário do CBS Medicina.

Observando-se a Figura 5.12, pode-se verificar que entre aproximadamente as 23 h até as 5 h a carga é constituída pelo sistema de iluminação externa, algumas lâmpadas internas e a geladeira. A partir das 5 h a carga do bloco é aproximadamente zero, já que os refletores são desligados.

Observa-se, também, que a carga acompanha o horário das aulas, no período que ocorre a aula há um aumento do consumo. E nos períodos de almoço e jantar há uma queda mais acentuada do consumo, já que parte da carga é retirada.

O fator de carga diário foi definido pela média de consumo diário dividido pela demanda máxima diária multiplicada por 24 horas.

$$FCd = \frac{\text{Média do Consumo Diário}}{\text{Demanda Máxima} \times 24h} = \frac{141,62}{20,05 \times 24} = 0,29 \quad (19)$$

O fator de demanda diário foi obtido pela divisão entre a demanda máxima diária pela potência instalada.

$$FDd = \frac{\text{Demanda Máxima Diária}}{\text{Potência Instalada}} = \frac{20,05}{49,32} = 0,41 \quad (20)$$

Foi traçado também a curva média do fator de potência e calculado a média do fator de potência, 0,94.

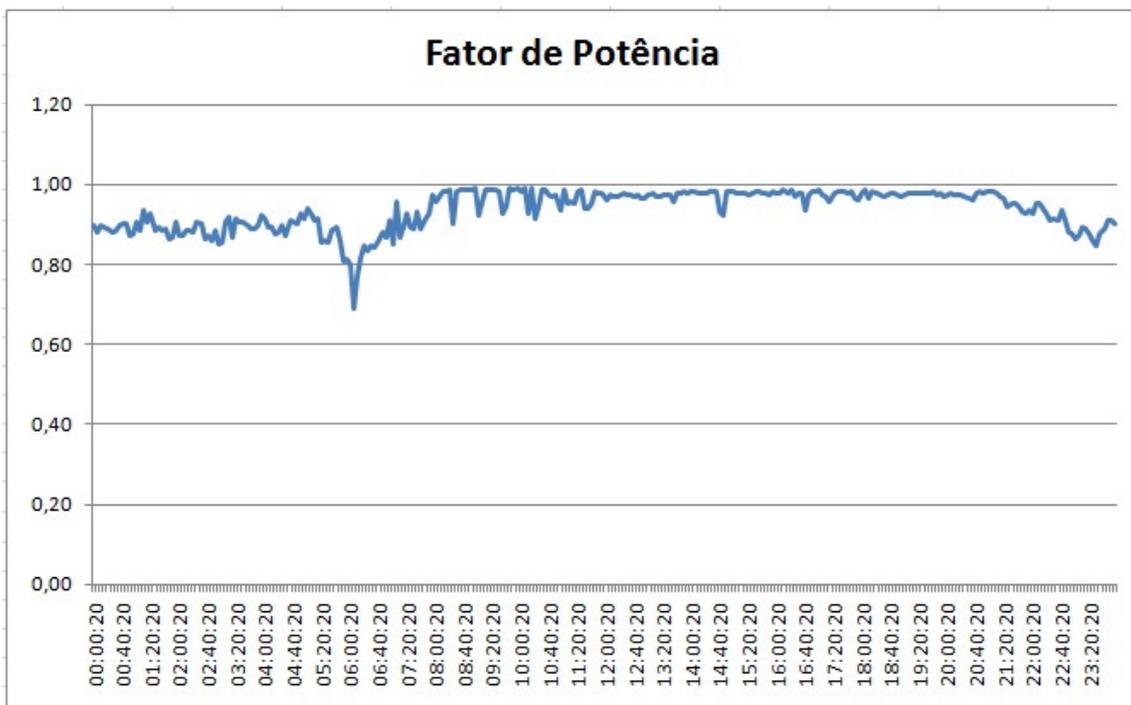


Figura 5.13: Curva do fator de potência do CBS Medicina.

Fator de Potência Médio Diário	
Dia	Fator de Potência
22/fev	0,93
23/fev	0,97
24/fev	0,94
25/fev	0,96
26/fev	0,91
27/fev	0,89
28/fev	0,93
01/mar	0,96

Tabela 5.8: Média diária do fator de potência do bloco CBS.

O baixo fator de potência durante a madrugada é devido principalmente pelos reatores eletromagnéticos do sistema de iluminação externo, uma geladeira antiga e os bebedouros. Após a entrada das demais cargas, o fator de potência tende a aumentar. Foi calculado também o fator de potência médio de cada dia, que está exibido na tabela 5.8.

A luminária utilizada é de sobrepôr para lâmpadas fluorescentes com calha refletora.



Figura 5.14: Foto da luminária utilizada no bloco CBS

A iluminação natural é bem aproveitada neste bloco, como mostrado na figura 5.15.



Figura 5.15: Foto de uma sala no bloco CBS.

O ar condicionado tipo *split*, os reatores eletrônicos para as lâmpadas fluorescentes internas, *datashow*, computadores e bebedouros são novos e estão com boa manutenção.

Há alguns equipamentos antigos, como a geladeira e a televisão 14”, no qual o fator de potência é baixo, mas como são cargas temporárias, e que no projeto não pertence a este bloco, não há a necessidade de reparar ou trocar.

### 5.3.1. Sugestão para aumento da eficiência energética

Da mesma forma que foi sugerido ao bloco BZ, a utilização de detectores de presença ou *Timmers* para o acionamento das lâmpadas dos corredores e banheiros pode ajudar a racionalizar o consumo de energia.

## 6. RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA MELHORAMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA UFCG

De acordo com as observações em loco, dos projetos elétricos dos blocos analisados e da bibliografia do trabalho são sugeridas recomendações para melhoramento da eficiência energética como um todo.

Os problemas encontrados nos blocos analisados de uma forma geral se repetem em outros blocos da universidade, havendo casos mais graves e outros nem tão sérios de desperdícios de energia elétrica.

Estes problemas podem ter sua origem devido ao mau uso dos equipamentos ou a época da construção do bloco, já que não havia normas para um melhor aproveitamento energético.

A seguir são apresentadas sugestões para uma melhoria da eficiência energética nos âmbitos de iluminação, climatização, equipamentos eletro-eletrônicos e melhoria do perfil de carga. Outra sugestão recomendada pela Eletrobras para conservação de energia em prédios públicos é a implantação da CICE – Comissão Interna de Conservação de Energia.

### 6.1. ILUMINAÇÃO

No aspecto da iluminação são feitos as seguintes sugestões:

1. Substituição dos reatores eletromagnéticos, já que os mesmos possuem baixo fator de potência e um consumo elevado, por reatores eletrônicos que ao contrário destes possuem um melhor desempenho. A UFSC e a UFAM realizaram isto em seus projetos de eficiência energética.

2. Realização de estudos luminotécnicos para adequação da iluminação dos ambientes nas normas vigentes. Na UFAM este estudo reduziu 50% da quantidade de luminárias.
3. Emprego de luminárias com melhor distribuição luminosa, melhorando a eficiência da iluminação.
4. Utilização de *Timmers* ou sensores de presença em corredores e banheiros. A UFAM utilizou *Timmers* em seus corredores.
5. Maior utilização da iluminação natural.
6. Uso de sistemas com controle fotoelétrico, no qual este sistema possuirá sensores que identificará a presença de luz natural, fazendo a diminuição ou até mesmo bloqueio da luz artificial através de *dimmers* controlados automaticamente. (RODRIGUES, 2002)
7. Manutenção e limpeza periódica do sistema de iluminação existente. A UFAM realizou isto, e o resultado foi a substituição de 6.400 lâmpadas, 3.420 reatores e 1.038 luminárias.
8. Uso de cores mais claras nas pinturas dos ambientes internos. Esta pintura foi realizada em cerca de 350 salas na UFSC.

## 6.2. CLIMATIZAÇÃO

1. Desligamento das luzes, já que a luz artificial implica em uma carga térmica. (GHISI, 1997)
2. Limpeza dos filtros de ar, pois o filtro sujo implicará no aumento no consumo de energia devido ao motor do ventilador ser obrigado a trabalhar contra um acréscimo da pressão. (PENA, 2002)
3. Ajustes de acionamentos, porque os motores dos ventiladores funcionam com correias. E esta quando esta desgastada produz uma perda de energia considerável.

4. Manutenção programada, para um melhor funcionamento do equipamento, a fim de reduzir o consumo ou impedir paradas não desejadas. (PENA, 2002)
5. Redução da infiltração de ar externo, já que o ar externo traz uma carga térmica indesejável para o sistema, sendo refletida no aumento do consumo de energia elétrica. Esta é uma atividade contínua do projeto de eficiência energética da UFSC.
6. Substituição dos aparelhos de ar condicionado antigos por mais novos, pois dependendo da potência e idade, os rendimentos poderão ser baixos em torno de 75%. A UFSC e a UFAM fizeram esta substituição.

### 6.3. EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS

1. Utilização de *software* de gerenciamento de energia como o *Energy Star*, que possibilitam o desligamento ou a função “modo de espera” dos equipamentos eletro-eletrônicos tais como computadores, monitores antigos e *datashow*, visto que eles consomem energia desnecessariamente e geram uma carga térmica de aproximadamente 200 W. (PENA, 2002)
2. Substituição de computadores e monitores antigos por modelos mais novos, pois estes possuem um menor consumo de energia.
3. Manutenção periódica dos equipamentos, proporcionando um melhor funcionamento.

### 6.4. MELHORIA DO PERFIL DE CARGA

1. Gerenciamento da energia consumida na universidade, com o intuito de obter dados de forma anual, para elaborar um perfil de carga preciso e calcular os coeficientes de qualidade da energia, possibilitando na melhor escolha da tarifação e identificando possíveis desperdícios. A UFSC, a UFJF e a UFAM implantaram um sistema de gerenciamento.

2. Redistribuição das cargas para um melhoramento do perfil da mesma, mediante a redistribuição das aulas para horário fora de ponta quando possível, exemplo: evitar ministrar aulas de laboratórios de informática ou de equipamentos com alto consumo de energia elétrica nos horários de ponta.
3. Utilização total das salas de aulas dos blocos, evitando que a carga do bloco, sem serem as da sala de aula, seja ligada para atender a poucas aulas.

#### 6.5. COMISSÃO INTERNA DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

As CICEs foram instituídas na administração pública federal pelo decreto 99.656 de 26/10/90 e têm o encargo de propor, implementar e acompanhar as medidas efetivas de conservação de energia, bem como controlar e divulgar as informações mais relevantes e, embora dirigida a prédios federais, sua concepção aplica-se a todo prédio, seja ele federal, municipal, estadual ou até mesmo privado. (MAGALHÃES, 2001)

As principais atribuições das CICEs são:

- Promover análise das potencialidades de redução de consumo de energia e em função dessa análise, estabelecer metas de redução;
- Acompanhar o faturamento de energia elétrica e divulgar os resultados alcançados, em função das metas que forem estabelecidas;
- Nos prédios em que a energia elétrica é faturada por tarifa binômica (demanda e energia), gerenciar o fator de carga de forma a obter o menor preço médio possível de energia;
- Gerenciar o fator de potência da instalação de forma que o mesmo resulte em valor mais próximo possível da unidade;
- Designar agentes ou coordenadores para atividades específicas relativas à conservação de energia;

- Estabelecer índices e comparativos visando subsidiar os estudos de conservação de energia;
- Estabelecer gráficos e relatórios gerenciais visando subsidiar o acompanhamento do programa e tomada de decisões;
- Controlar o consumo de energia por setores e/ou sistemas;
- Controlar e avaliar os planos de distribuição e recuperação de energia;
- Realizar cursos específicos para o treinamento e capacitação do pessoal; Avaliar os resultados anuais alcançados e propor metas e objetivos para o ano subsequente;
- Promover alterações nos sistemas consumidores de energia visando eliminar desperdícios;
- Divulgar resultados das metas e objetivos;
- Participar da elaboração de especificações técnicas para projetos, construção e aquisição de bens e serviços que envolvam consumo de energia;
- Orientar e subsidiar as comissões de licitação para que as aquisições sejam feitas considerando-se também a economicidade do uso, avaliado pelo cálculo do custo-benefício ao longo da vida útil. Aquisição preferencial de equipamentos com o Selo Procel.
- Conscientizar e motivar os empregados.

## 7. CONCLUSÕES

Neste TCC foi apresentada de forma conceitual a importância das medidas de eficiência energética no âmbito da UFCG quanto no âmbito do sistema elétrico nacional, já que é mais rentável reduzir o consumo de energia elétrica do que produzi-la.

Além disso, foi apresentada uma contribuição para o diagnóstico energético da UFCG campus Campina Grande, no qual se identificou o mau uso da energia elétrica, sendo estes recorrentes nos blocos analisados e que se estendem aos demais blocos da UFCG. E mediante a este problema, foram sugeridas medidas corretivas para melhoria da eficiência energética do bloco e da universidade de um modo geral.

Estas medidas de eficiência energética tiveram como base as orientações da Eletrobras e os programas de eficiência energética implantadas em outras universidades brasileiras, no qual obtiveram como resultados: a redução em torno de 30% do consumo de energia elétrica e o impacto social causado pelos programas de eficiência energética, no qual a expectativa do uso racional e eficiente da energia elétrica ultrapasse os limites físicos da universidade.

Todas estas medidas de eficiência energética também sugeriram um sistema de gerenciamento de energia elétrica, no qual terá a função de monitoramento do consumo de energia elétrica, contribuindo para adoção de medidas para a conservação de energia.

Seguindo o exemplo de outras universidades que tiveram uma preocupação sobre o uso racional da energia elétrica, a UFCG deveria implantar um programa de eficiência energética, pois não somente estará contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica do campus, mas também para a redução do consumo de energia elétrica do país.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Site da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 21 Fevereiro 2010.

BRONZEADO, H. E. A. Uma proposta de nomenclatura nacional de termos e definições. **Eletricidade Moderna**, São Paulo, n. 288, p. 50-56, Março 1998.

CASTRO, M. S. D. **Melhoria da Infra-estrutura e Gestão do Sistema Energético da UFCG**. UFCG. Campina Grande, p. 37. 2005.

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. Campinas: UNICAMP/FEEC/DSCE, 2010.

ELETROBRÁS. **Guia Teórico: Gestão Energética**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

ENERGIA, BRASÍLIA: MINISTÉRIO DE MINAS E. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL (BEN)**, diversos anos. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 2011.

ENERGISA PARAÍBA - Agência.net - Conta de Energia - Conheça sua conta. **ENERGISA**, 2009. Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/paraiba/Paginas%20Internas/ConhecasuaConta.aspx>>. Acesso em: 26 Fevereiro 2001.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. UFSC. Florianópolis, p. 305. 1997.

GUERRA, F. C. F. **Apostila de Proteção de Sistemas Elétricos**. Campina Grande: UFCG, 2010.

LA ROSA, F. C. D. **Harmonics And Power Systems**. Hazelwood: LLC, 2006.

LUCIANO, B. A. **PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**. UFPB - Campus 2. Campina Grande. 2002.

MAGALHÃES, L. C. **Orientações Gerais para Conservação de Energia Elétrica em Prédios Públicos**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: PROCEL, 2001.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E. C. **Eficiência Energética - Teoria e Prática**. 1ª Edição, Eletrobrás/PROCEL Educação. ed. Itajubá: UNIFEI, 2007.

MOURA, D. F. P. **Diagnóstico energético do Departamento de Engenharia Elétrica**. Relatório Final do Projeto de Iniciação Científica e Tecnológica. ed. Campina Grande: PICT/REENGE/CCT/UFPB, 1998.

- PENA, S. M. **Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: PROCEL, 2002.
- POMILIO, J. A. **Pré-reguladores de Fator de Potência**. Campinas: UNICAMP, 2007.
- POMILIO, J. A. E. A. **Harmônicos e Fator de Potência um Curso de Extensão**. Campinas: UNICAMP, 1997.
- PROCEL, E. **Conservação de Energia - Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, FUPAI, 2006.
- PRUEN, P. D. R. D. U. D. E. **Projeto FINEP**. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina. 2000.
- RODRIGUES, P. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: Eletrobrás, 2002.
- ROMERO, M. D. A. Conservação de energia elétrica em estabelecimento de ensino. **Revista Eletricidade Moderna**, n. 245, p. 62-67, 1994.
- SOUZA, B. A. **Distribuição de Energia Elétrica**. Campina Grande: UFPB, 1997.