

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

CRISTIANO JOSÉ GOBER

**MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

CRISTIANO JOSÉ GOBER

**MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

Monografia apresentada, do Curso Especialização em Eficiência Energética do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – DAELT, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

Orientador: M.Sc Luiz Amilton Peplow.

CURITIBA

2013

CRISTIANO JOSÉ GOBER

**MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO**

Esta monografia para pós-graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Eficiência Energética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Curitiba, _____ de _____ de 2013.

Profa. M. Sc. Luiz Amilton Pepplow
Coordenador do Curso de Especialização em Eficiência Energética
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da UTFPR

BANCA EXAMINADORA

Prof.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. M. Sc. Luiz Amilton Pepplow
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Dedico este trabalho a:

A Deus, Único Deus, Criador, Pai, Senhor e Salvador, sem o qual não teria alcançado o tempo e as condições para a conclusão deste trabalho. A Ele seja dada, toda a honra e todo o louvor.

A minha família, principalmente a minha esposa, Juliana de Lourenzi Gober, por compreender e apoiar nos momentos de ausências com companheirismo, paciência e muito carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao Colégio Técnico Industrial e às pessoas que contribuíram para realização deste trabalho.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, que faz parte de minha história, pela oportunidade da obtenção deste grau de Especialista.

Ao professor Luiz Amilton Pepplow, meu orientador, pela sua competência e pelo apoio concedido, pela orientação e sugestões, as quais enriqueceram o conteúdo e a forma deste trabalho.

Aos professores do DAELT pela contribuição valiosa nas aulas ministradas.

Aos colegas do Curso de Especialização em Eficiência Energética pelo apoio e companheirismo.

“Feliz é a pessoa que acha sabedoria e que consegue compreender as coisas” (Provérbios 3.8, Bíblia Jovem, 2002).

RESUMO

GOBER, Cristiano Jose. **Medidas de eficiência energética na Utilização de Energia Elétrica em uma Instituição de Ensino.** 2013, 100p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

Este trabalho tem por objetivo identificar e caracterizar a utilização da energia elétrica em uma instituição, de modo a permitir avaliar os seus desempenhos no consumo de energia elétrica e inferir o respectivo potencial de melhoria da eficiência energética, neste quesito, existente nesta instituição. A ausência do gerenciamento do consumo de energia elétrica, que é o caso da instituição, objeto de estudo deste trabalho, enseja um potencial expressivo para a aplicação de medidas de melhoria da eficiência energética no consumo de energia elétrica, as quais são propostas e apresentadas neste trabalho. O desenvolvimento desse trabalho foi baseado na fundamentação teórica, no levantamento de campo, na utilização de informações do consumo de energia elétrica e históricos de faturas de energia elétrica, de uma Instituição de ensino fundamental e técnico profissionalizante da região metropolitana de Curitiba.

Palavras-Chaves: Energia Elétrica, Eficiência Energética, Iluminação.

ABSTRACT

GOBER, Cristiano Jose. **Energy efficiency measures in the Use of Electricity in a Teaching Institution.** 2013, 100p. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Pós-graduação em Eficiência Energética, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

This work aims to identify and characterize the use of electricity in the institution, so as to allow evaluate their performances in electricity consumption and to infer their potential for improving energy efficiency, in this regard, existing in this institution. The absence of the management of electricity consumption, which is the case of the institution, the object of study of this work, entails significant potential for the application of measures to improve energy efficiency in electricity consumption, which will be proposed and presented in this work . The development of this work will be based on the theoretical foundation, the field survey, the use of information of the consumption of electricity and historical electricity bills, an institution of vocational and technical school in the metropolitan region of Curitiba.

Key words: Electricity, Energy Efficiency, Lighting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Oportunidade de MEE.	37
Figura 3.1 – Diagrama Unifilar da Entrada de Energia.....	41
Figura 3.2 – Divisão em Blocos da Instituição.....	43
Figura 3.3 – Atendimento ao Níveis de Iluminamento	52
Figura 5.1 – Agência Virtual COPEL	69
Figura 5.2 – Consulta a Memória de Massa do Medidor.	70

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 3.1 – Vista Aérea FUNDACEN.....	40
Fotografia 3.2 – Iluminação com Lâmpadas Incandescentes.....	47
Fotografía 3.3 – Medição da Iluminância Mantida.	49
Fotografia 3.4 – Iluminação Externa.	50
Fotografia 3.5 – Cabine de Entrada de Energia.....	51
Fotografia 3.6 – Foto do Medidor de Energia.	52
Fotografia 3.7 – Imagem Termográfica- Inspeção.	52
Fotografia 3.8 – Analisador de Energia RE7000.....	53
Fotografia 3.9 – Instalação do Analisador de Energia, Barramento Geral.....	53
Fotografia 5.1 – Limpeza Cabine de Entrada de Energia.....	71
Fotografia 5.2 – Manutenção Cabine de Entrada de Energia.....	72
Fotografia 5.3 – Lâmpadas e Luminária dos Banheiros.....	73
Fotografia 5.4 – Dados de Placa do Transformador.....	74
Fotografia 5.5 – Iluminação Laboratório de Mecânica.	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 – Consumo Anual de Energia.....	22
Gráfico 1.2 – Perfil do Consumo Anual no Setor de Comércio.....	22
Gráfico 3.1 – Distribuição de Cargas Elétricas.	47
Gráfico 3.2 – Demanda Utilizada na Instituição.	48
Gráfico 3.3 – Fator de Potência da Instituição.	49
Gráfico 3.4 – Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Equipamento.	49
Gráfico 3.5 – Distribuição da Carga de Iluminação por Ambiente.....	50
Gráfico 3.6 – Atendimento aos Níveis de Iluminamento	53
Gráfico 4.1 – Histórico de Consumo de Energia Elétrica e Fatura.	60
Gráfico 4.2 – Consumo de Energia Elétrica.	61
Gráfico 4.3 – Histórico da Demanda Registrada.....	63
Gráfico 4.4 – Demanda Máxima da Instalação por Hora.....	64
Gráfico 4.5 – Histórico de Multas por Excedentes Reativos.....	65
Gráfico 4.6 – Fator de Potência da Instalação.....	65
Gráfico 4.7 – Histórico do Fator de Carga da Instalação.	66
Gráfico 4.8 – Preço Médio do Mega Watt Hora.	67
Gráfico 4.9 – Comparação entre Modalidades Tarifárias.	70
Gráfico 4.10 – Custo Médio por Modalidade Tarifaria.....	71
Gráfico 4.11 – Destinação Financeira Fatura de Energia Elétrica- Ago/2013.....	71
Gráfico 5.1 – Potência do Capacitor, para Correção do Fator de Potência.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Iluminância no Entorno Imediato	33
Tabela 2.2 – Temperatura de Cor Correlata	33
Tabela 3.1 – Dados Energia Elétrica na Instituição.	42
Tabela 3.2 – Consumo de Energia Elétrica da Iluminação Interna.	47
Tabela 3.3 – Quantidade de Luminárias por Tipo.....	47
Tabela 4.1 – Quantidade de Alunos	57
Tabela 4.2 – Histórico da Demanda	58
Tabela 4.3 – Perfil de Consumo de Energia Elétrica na Ponta e Fora de Ponta.....	64
Tabela 5.1 – Comparativo Sistema de Iluminação Banheiros.....	778
Tabela 5.2 – Orçamento Instalação do Capacitor.....	78
Tabela 5.3 – Comparativo Sistema de Iluminação Laboratório de Mecânica.....	80
Tabela 5.4 – Comparativo Sistema de Iluminação Laboratório de Mecânica.....	80
Tabela 5.5 – Comparativo Sistema de Iluminação Externa	81
Tabela 5.6 – Orçamento Substituição das Lâmpadas Mistas	81
Tabela 5.7 – Quantidade de Luminárias.....	82
Tabela 5.8 – Iluminância após substituição das lâmpadas	84
Tabela 5.9 – Comparativo substituição das lâmpadas 65 W	84
Tabela 5.10 – Custo da substituição das lâmpadas 65 W	85
Tabela 5.11 – Iluminância após substituição das lâmpadas.	86
Tabela 5.12 – Comparativo substituição das luminárias 4x40W	87
Tabela 5.13 – Custo da substituição das luminárias 4 x40 W	87
Tabela 5.14 – Custo Substituição das Luminárias 4 x40 W.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

A – Ampère

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CTI – Colégio Técnico Industrial

COPEL – Companhia Paranaense de Energia Elétrica

FP – Fator de Potência

FF – Fator de Fluxo Luminoso

GWh – Giga Watt Horas

FUNDACEN – Fundação Instituto Tecnológico Industrial

ISO – International Organization for Standardization

IEC – International Electrotechnical Commission

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IRC – Índice de Reprodução de Cor

kWh – Quilo Watt Hora

kVA_{rh} – Quilo Volt Ampère Reativo hora

kVA_r – Quilo Volt Ampère Reativo

kW – Quilo Watt

LED – *light-emitting diode*

lm – Lúmens

min – Minutos

m – Metros

MEE – Medidas de Eficiência Energética

MWh – Mega Watt Hora

NBR - Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

TUSD – Tarifas de uso do sistema de distribuição

TE – Tarifa de Energia

THD – Distorção Harmônica Total

VASP – Vapor de Sódio de Alta Pressão

V – Volt

W – Watt

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	17
1.1 ASPECTOS GERAIS.....	17
1.2 ASPECTOS ESPECÍFICOS	18
1.3 TRABALHOS RELEVANTES	19
1.4 JUSTIFICATIVA	20
1.5 PROBLEMAS E PREMISSAS	21
1.6 OBJETIVOS	21
1.6.1 Objetivo geral	21
1.6.2 Objetivos específicos.....	22
1.7 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	22
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1 ASPECTOS GERAIS.....	24
2.2 ESTRUTURA TARIFÁRIA	24
2.3 FATOR DE POTÊNCIA	26
2.3.1 Excedentes reativos	26
2.3.2 Correção do fator de potência.....	28
2.4 ILUMINAÇÃO	31
2.4.1 Eficiência energética em sistemas de iluminação	32
2.4.2 Cálculo de iluminação	32
2.4.3 Projeto eficiente de iluminação	33
2.4.4 Lâmpadas e luminárias	34
2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	36
2.6 ANÁLISE DO CONSUMO	36
2.6.1 Consumo específico-indicador energético	36
2.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	37
2.7.1 Análise de oportunidades de melhorias.....	38
2.7.2 Elaboração de projeto de eficiência energética	38
2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
3.LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	40
3.1 ASPECTOS GERAIS.....	40
3.2 CONTEXTO DA APLICAÇÃO.....	40

3. 3 LEVANTAMENTO DE CARGAS	42
3.3.1 Iluminação interna	46
3.3.1.1 Medição do nível de iluminamento das salas de aula.....	48
3.3.2 Iluminação externa	50
3.3.2.1 Iluminação da quadra poliesportiva.....	50
3.4 VERIFICAÇÕES DOS QUADROS, PAINÉIS E CABINE DE TRANSFORMAÇÃO ..	50
3.5 INSTALAÇÃO DO MEDIDOR DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA	53
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
4. ANÁLISE TARIFARIA.....	55
4.1 ASPECTOS GERAIS.....	55
4.2 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA.....	55
4.2.1 Análise do consumo de energia elétrica	55
4.2.2 Análise da demanda de energia elétrica	58
4.2.3 Análise do fator de potência	60
4.2.4 Análise do fator de carga.....	62
4.3 ANÁLISE DO PREÇO MÉDIO DE ENERGIA ELÉTRICA	63
4.3.1 Análise dos sistemas tarifários	64
4.3.2 Metodologia dos cálculos	65
4.3.3 Análise do faturamento do mês de agosto de 2013	67
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
5.1 PROPOSTAS E AÇÕES.....	69
5.1 ASPECTOS GERAIS.....	69
5.2 AÇÕES IMEDIATAS	69
5.2.1 Solicitação de senha de acesso ao sistema da copel.....	69
5.2.2 Substituição do medidor de energia elétrica.....	70
5.2.3 Readequação das salas de aulas com a quantidade de alunos	70
5.2.4 Manutenção da cabine de entrada de energia	71
5.2.5 Substituição das lâmpadas incandescentes dos banheiros.....	72
5.2.6 Redução do valor da demanda.....	73
5.3 AÇÕES DE MÉDIO PRAZO	74
5.3.1 Correção do fator de potência no transformador.....	74
5.3.1 Correção do fator de potência para as cargas	76
5.3.2 Substituição das lâmpadas incandescentes e mista do laboratório de mecânica.....	78
5.3.3 Substituição do sistema de iluminação externa	80
5.4 AÇÕES LONGO PRAZO	82

5.4.1 Substituição de lâmpadas e luminárias da iluminação interna	82
5.4.1.1 Substituição das lâmpadas fluorescentes de 65 w	83
5.4.1.2 Substituição das luminárias fluorescentes de 4 x 40 w	85
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
6.CONCLUSÃO	90
6.1 ASPECTOS GERAIS.....	90
6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS	90
6.3 COMPROVAÇÃO DOS PROBLEMAS, PREMISSAS E OBJETIVOS	91
6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DA MONOGRAFIA	91
6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
6.7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	92
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXO A-CONCEITOS TARIFAÇÃO DE ENERGIA.....	96
ANEXO B-AUTORIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO	963

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

Com o aumento significativo do consumo de energia elétrica, da globalização e consequente aumento da concorrência, as empresas foram obrigadas a buscar saídas para se tornarem cada vez mais competitivas. Para atender as exigências de seus clientes quanto à qualidade, custos, prazo de entrega, segurança e preservação do meio ambiente, as empresas dependem de equipamentos e instalações compatíveis com os níveis dos produtos a serem produzidos e com foco na redução do custo.

A conservação de energia, não é só uma questão de custo, apesar do uso racional da energia elétrica ter impacto direto neste quesito, também tem um aspecto ambiental. O racionamento de 2001 mostrou que a energia não é abundante e que ela tem preço de oportunidade nulo, como tem mostrado nos aumentos das tarifas. (GARCIA, 2003, p.2).

O uso de equipamentos e hábitos que reduzem o consumo da energia elétrica para auferir o mesmo serviço prestado – recebem o nome de “Medidas de Eficiência Energética - MEE” (Plano Nacional de Energia 2030, 2007 p.13). Numa instituição de ensino, a participação da iluminação em relação à demanda máxima situa-se na média em 33,7% e a idade média dos equipamentos são de 15,3 anos, conforme relatório do PROCEL (Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos 2005, p.12).

O gerenciamento energético é uma ação indispensável na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético das instalações. Sua ausência enseja um potencial expressivo para a aplicação de medidas de melhoria da eficiência energética das mesmas. A alta demanda no consumo de energia elétrica concentrada no sistema de iluminação, somada à constante evolução tecnológica dos equipamentos de iluminação, à idade média dos equipamentos de iluminação e à falta de um gerenciamento energético, são os o grande focos de MEE.

1.2 ASPECTOS ESPECÍFICOS

O aumento do consumo de energia nos últimos anos tem motivado ações de MEE nos vários setores da sociedade. Em 2011, a indústria no Brasil consumiu por meio da rede 183,6 mil GWh, 2,3% mais eletricidade que no ano anterior. Ressaltando que em 2010 foram registradas elevações significativas no consumo, refletindo a recuperação da indústria frente à crise econômica de 2009 (Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica, 2012, N°52, p.1). No gráfico 1.1 é apresentado o consumo anual de energia elétrica, no Brasil.

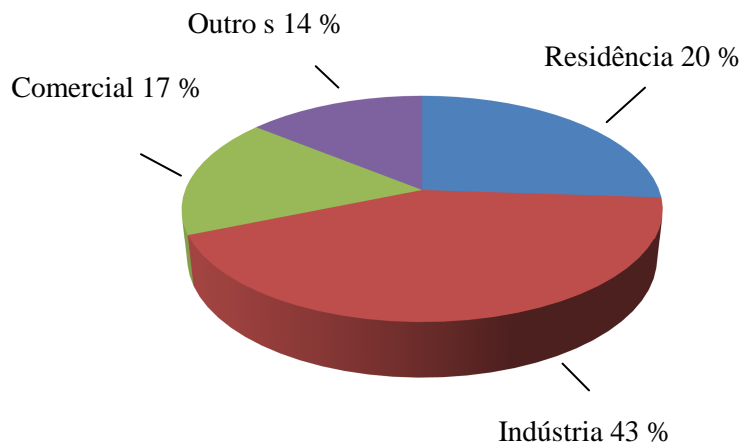


Gráfico 1.1 – Consumo Anual de Energia.

Fonte: Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica - 2012.

A utilização de energia elétrica no comércio representa 17% da energia elétrica consumida no país. A destinação desta energia no setor de comércio é apresentada conforme no gráfico 1.2.

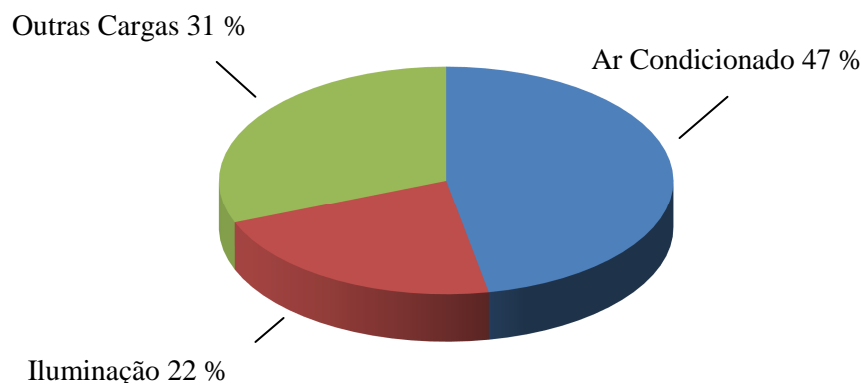


Gráfico 1.2 – Perfil do Consumo Anual no Setor de Comércio.

Fonte: Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso - 2008.

A participação do custo da energia elétrica nos custos operacionais das instituições de ensino determina, em parte, a propensão a investir em medidas de eficiência energética. (Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos 2005, p.7).

1.3 TRABALHOS RELEVANTES

Custódio (2011) aborda a questão da eficiência energética na análise de alguns edifícios escolares intervencionados pela empresa Parque Escolar. O autor mostra a necessidade de analisar a adoção de medidas técnicas e comportamentais como forma a minimizar os custos associados ao consumo de eletricidade das escolas, com o auxílio de duas ferramentas computacionais. A primeira ferramenta permite efetuar a desagregação dos perfis de consumos da escola secundária identificando os setores de maior consumo no edifício, e desvios em relação a valores padrão e testar medidas de eficiência energética de natureza comportamental e de gestão de processos. A segunda ferramenta avalia a potencialidade de aplicação de miniprodução fotovoltaica por meio de diferentes tipos de estratégias de gestão da energia produzida e integração com os consumos da escola.

Santos (2008) analisa a influência do ambiente físico, no processo de ensino-aprendizagem de forma a contribuir positivamente no desempenho das atividades desenvolvidas por alunos e professores. Neste contexto, o conforto térmico e lumínico são elementos fundamentais na garantia de uma boa condição ambiental. O mencionado autor realizou o estudo de caso em duas salas de aula de uma escola estadual situada na cidade de Cuiabá-MT. Este trabalho mostrou a necessidade de adequação da arquitetura local às reais condições climáticas da cidade, de maneira a atenuar o desconforto térmico e lumínico, favorecendo desta forma a eficiência na utilização da energia elétrica e contribuindo na produção de novos espaços escolares.

Silva e outros (2006) analisam a eficiência energética e o conforto lumínico das salas de aula de duas escolas municipais de João Pessoa/PB, segundo as NBRs 5413/91 e 5382/85 em consonância com a eficiência energética sugerida.

Ações de eficiência energética em sistemas de iluminação têm um impacto significativo no consumo de energia elétrica, em instituições de ensino, pois em geral é uma das principais cargas consumidoras destas instalações.

1.4 JUSTIFICATIVA

A instituição que servirá de objeto de estudo para o desenvolvimento deste trabalho é o Colégio Técnico Industrial. Desde sua inauguração no ano de 1999, foram realizadas inúmeras ampliações da área construída, com a inserção e ligação de novas cargas elétricas.

Ausência de um profissional com conhecimento técnico no assunto, para análise e acompanhamento do perfil de consumo de energia elétrica, enseja, um potencial elevado de melhorias neste quesito.

A Idade dos aparelhos de iluminação, equipamentos e máquinas dos laboratórios é um fator considerado no despenho energéticos da instalação em geral, sendo que não houve atualizações tecnológicas destes equipamentos desde o início das atividades da instituição. Isso caracteriza a necessidade de atualização tecnológica dos equipamentos de iluminação, sendo uma boa oportunidade MEE do consumo energético destes equipamentos.

Nesta instituição de ensino, existem problemas referentes ao fator de potência, gerando um custo considerável na fatura de energia elétrica. Também existe a necessidade de adequação da demanda contratada, de acordo com a necessidade da instituição. O fornecimento de energia elétrica é em média tensão de 13800 V, e atualmente a instituição é tarifada no sistema tarifário convencional.

Conforme alteração da estrutura tarifária do setor de distribuição de energia, aprovada em novembro de 2011 pela diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que altera as sistemáticas para a opção da tarifa convencional de alta tensão, caracterizada pela cobrança de uma tarifa única de demanda, em R\$/kW, e de uma tarifa de consumo, em R\$/MWh, terá seu limite de enquadramento alterado de 300 kW de demanda contratada mensal para 150 kW, com prazo de 12 meses para migração. No 4º Ciclo de Revisões Tarifárias, a partir de julho 2016, será extinta a modalidade convencional.

Os consumidores compulsoriamente serão enquadrados na modalidade tarifária horária Azul ou Verde. Considerando que o maior consumo é no horário de ponta, está mudança poderá impactar significativamente no valor da conta de energia elétrica, se não houver mudanças no perfil de consumo de energia elétrica.

Com fundamento nestas informações observa-se que a instituição tem um grande potencial de aplicação de medidas de eficiência energética. Desta hipótese surge a questão principal norteadora deste trabalho:

- Identificar quais alternativas para a melhoria energética podem ser aplicadas à instituição de ensino com vista a reduzir e racionalizar o consumo de energia elétrica na instituição de ensino.

A metodologia a ser adotada deve levar em conta: métodos matemáticos, dados obtidos em levantamento de campo, à documentação da manutenção, dos equipamentos existentes e informações relacionadas aos processos realizados em aulas práticas.

1.5 PROBLEMAS E PREMISSAS

Com a identificação e caracterização do perfil de consumo de energia elétrica será possível avaliar os potenciais de medidas de eficiência energética e propor ações de curto, médio e longo prazo, visando à eficiência energética, respeitando as necessidades e característica da instituição. Os seguintes ganhos são esperados:

- Redução da demanda de energia elétrica;
- Redução do consumo de energia elétrica;
- Modernização do sistema de iluminação;
- Melhorias no fator de potência;
- Avaliação dos benefícios técnicos e econômicos de substituição destes equipamentos;
- Adequação do perfil de consumo de energia elétrica para a modalidade tarifária horária, mitigando os impactos desta mudança no custo da energia elétrica desta instituição.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é identificar quais alternativas para a melhoria energética podem ser aplicadas à instituição de ensino com vista a reduzir e racionalizar o consumo de energia elétrica, em consonância com as características e necessidades da organização.

1.6.2 Objetivos Específicos

Este trabalho atenderá aos seguintes objetivos específicos, para cumprimento de seu objetivo geral:

- Revisar a bibliográfica, para conhecer conceitos fundamentais referentes à eficiência energética no consumo de energia elétrica;
- Realizar o levantamento de campo e instalar um de analisador de energia elétrica;
- Realizar a análise tarifária;
- Propor ações de gerenciamento do consumo de energia elétrica;
- Validar a teoria apresentada no trabalho, com a implementação de ações imediatas.

1.7 METODOLOGIA DA PESQUISA

Silva e Menezes (2002) classificam uma pesquisa: quanto aos procedimentos adotados, quanto à natureza, quanto à forma de abordagem e quanto aos objetivos.

Em relação aos procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho, tem-se uma pesquisa-ação, caracterizada segundo Silva e Menezes (2002), quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, o problema e a possível resolução são representados por perdas no consumo de energia elétrica na instituição sob estudo.

Quanto à sua natureza, esta pesquisa se caracteriza como aplicada, que, segundo os mencionados autores, gera conhecimento para aplicações práticas e dirigida à solução de problemas específicos.

Neste trabalho a aplicação prática é caracterizada pelas ações que serão implantadas, para solução dos problemas específicos relacionados com o perfil de consumo de energia elétrica da instituição.

Em relação à abordagem, este trabalho se classifica, em sua maioria, como sendo quantitativo, e alguns tópicos há abordagem qualitativa. Quantitativa, pois serão analisados dados do consumo de energia elétrica, tratadas com auxílio de ferramentas estatísticas para auxiliarem a se chegar às conclusões.

Quanto aos objetivos, Segundo Gil (2008, p.46), este trabalho se classifica como exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o diagnóstico energético no consumo de energia elétrica. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos (GIL, 2008, p.47)

a pesquisa é classificada como Pesquisa Bibliográfica, pois é elaborada a partir de material já publicado, envolvendo levantamento bibliográfico e alguns tópicos de levantamento através de entrevistas com especialistas, estudo e análise de caso.

A partir das pesquisas bibliográficas e com a aplicação das metodologias propostas neste trabalho, tais como o levantamento de campo, mapeando, identificando e caracterizando o perfil de utilização de energia elétrica, foram realizadas as análises do consumo de energia elétrica. Com as informações do consumo de energia elétrica, geradas por medidores eletrônicos de energia elétrica e provenientes do histórico de faturas de energia elétrica, realizou-se a análise tarifária, de uma instituição de ensino da região metropolitana de Curitiba, identificando oportunidades de melhoria visando sua eficiência energética

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta 5 capítulos, excluindo-se o presente capítulo, os demais, possuem o seguinte conteúdo:

- Capítulo 2: é realizada a fundamentação teórica, abordando noções fundamentais, tais como: tarifação de energia, luminotécnica, correção do fator de potência e conceitos relacionados à eficiência energética;
- Capítulo 3: apresenta a metodologia utilizada no levantamento de campo;
- Capítulo 4: analisa as faturas de energia elétrica, estudo e simulações sobre as modalidades tarifárias;
- Capítulo 5: define-se as propostas de ações de curto, médio e longo prazo com a implementações de ações de curto prazo e planejamento de ações de médio e longo prazo;
- Capítulo 6: apresenta as principais conclusões deste trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ASPECTOS GERAIS

Neste capítulo serão abordados conceitos sobre os principais pontos a serem levantados na pesquisa contemplando, energia elétrica, tarifação de energia elétrica, fator de potência, iluminação e eficiência energética, que nortearam as ações propostas, para melhoria da eficiência energética na instituição de ensino, objeto de estudo deste trabalho.

2.2 ESTRUTURA TARIFÁRIA

O conhecimento sobre a estrutura tarifária, bem como das opções de contratação de energia elétrica, se torna uma ferramenta que possibilita a redução do custo de energia elétrica, em função de migração entre os sistemas tarifário que seja mais vantajoso de acordo com as características e as necessidades da organização/empresa, e também a com a adaptação no perfil de utilização da energia, em função das características da modalidade tarifária do consumidor.

A Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, criada em 1996 é responsável pela regulação e fiscalização do serviço prestado pelas distribuidoras e transmissoras de energia elétrica. A Resolução da ANEEL, nº 414 de 9 de setembro de 2010, estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada.

Em 03 de abril de 2012, foi publicada a Resolução nº 479, que altera a Resolução nº 414, em função da Audiência Pública, onde foram recebidas sugestões de diversos agentes do setor elétrico, bem como da sociedade em geral, que contribuíram para o aperfeiçoamento deste ato regulamentar.

Conforme determinação da ANEEL, a partir de 1º de setembro de 2012 a fatura de energia passa a apresentar, devidamente separados, o valor, pelo uso do sistema elétrico, e pelo que é efetivamente consumido. A tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) remunera todas as instalações, equipamentos e componentes da rede de distribuição utilizados para levar a energia com qualidade e continuidade. Já a tarifa de energia (TE) refere-se ao valor da energia consumida.

As bandeiras verde, amarela e vermelha indicarão se a energia custará mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade. Para facilitar a compreensão das

bandeiras tarifárias, 2013 será o ano teste. Em caráter educativo, a ANEEL divulga mês a mês as bandeiras que estariam em funcionamento. O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha e indicam o seguinte:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 1,50 para cada 100 quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 3,00 para cada 100 kWh consumidos.

Outros conceitos referentes à tarifação de energia são apresentados conforme segue:

- Demanda: média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado;
- Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento;
- Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quiloW (kW);
- Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada em intervalos de 15 (quinze) minutos durante o período de faturamento;
- Posto tarifário ponta: período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, com exceção feita aos sábados, domingos, terça-feira de carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, e feriados nacionais;
- Posto tarifário intermediário: período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o Grupo B, admitida sua flexibilização conforme Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária;

- Posto tarifário fora de ponta: período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta e, para o Grupo B, intermediário;
- Tolerância da demanda medida: trata-se de um percentual sobre a demanda contratada que varia de acordo com o a tensão de fornecimento. Uma vez superado este valor, o consumidor paga a tarifa de ultrapassagem em toda a parcela que exceder a demanda contratada.

Os demais conceitos, sobre tarifação de energia elétrica, são melhores detalhados na sessão de anexos deste trabalho.

2.3 FATOR DE POTÊNCIA

O fator de potência é o ângulo de defasagem da tensão em relação à corrente, é a relação entre a potência ativa e a potência aparente. Como exemplo, um motor consome potência ativa que é convertida em trabalho mecânico e calor (perdas), e também consome potência reativa, necessária para magnetização, porém não produz trabalho. O fator de potência de referência “FR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras, o valor de 92% (ANEEL,2010,p.54), desta forma o sistema elétrico é otimizado, pois reduz a energia reativa nas linhas e cabos elétricos, aumentando a disponibilidade de potência ativa no sistema, já que a energia reativa limita a capacidade de transporte de energia útil. Existem alguns métodos para a correção do fator de potência de forma que fique dentro dos critérios estabelecidos pela ANEEL, que serão apresentados no próximo tópico deste trabalho.

2.3.1 Excedentes Reativos

Aos montantes de energia elétrica e demanda de potência reativos que excederem o limite permitido, aplicam-se as cobranças de multas a serem adicionadas ao faturamento regular. Os limites estabelecidos pela Resolução nº 414, são:

- Período de 6 (seis) horas consecutivas, compreendido, a critério da distribuidora, entre 23h30min e 6h30min, apenas os fatores de potência “fr” inferiores a 0,92 capacitivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora “T”;

- Período diário complementar ao definido no item anterior, apenas os fatores de potência “f_T” inferiores a 92% indutivo, verificados em cada intervalo de 1 (uma) hora “T”.

O valor da multa é calcula conforme seguinte equação:

$$E_{RE} = \sum_{T=1}^n \left[EEAM_T \times \left(\frac{f_R}{f_T} - 1 \right) \right] \times VR_{ERE} \quad \text{Eq.[1]}$$

$$D_{RE}(p) = \left[\underset{T=1}{MAX}^n \left(PAM_T \times \frac{f_R}{f_T} \right) - PAF(p) \right] \times VR_{DRE} \quad \text{Eq.[2]}$$

Onde:

ERE = valor correspondente à energia elétrica reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “f_R”, no período de faturamento, em Reais (R\$);

EEAMT = montante de energia elétrica ativa medida em cada intervalo “T” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento, em megawatt-hora (MWh);

f_R = fator de potência de referência igual a 0,92;

f_T = fator de potência da unidade consumidora, calculado em cada intervalo “T” de 1 (uma) hora, durante o período de faturamento;

VRERE = valor de referência equivalente à tarifa de energia “TE” aplicável ao subgrupo B1, em Reais por megawatt-hora (R\$/MWh);

DRE(p) = valor, por posto tarifário “p”, correspondente à demanda de potência reativa excedente à quantidade permitida pelo fator de potência de referência “f_R” no período de faturamento, em Reais (R\$);

PAMT = demanda de potência ativa medida no intervalo de integralização de 1 (uma) hora “T”, durante o período de faturamento, em quilowatt (kW)

PAF(p) = demanda de potência ativa faturável, em cada posto tarifário “p” no período de faturamento, em quilowatt (kW);

VRDRE = valor de referência, em Reais por quilowatt (R\$/kW), equivalente às tarifas de demanda de potência - para o posto tarifário fora de ponta - das tarifas de fornecimento aplicáveis aos subgrupos do grupo A para a modalidade tarifária horária azul e das TUSD-Consumidores-Livres, conforme esteja em vigor o Contrato de Fornecimento ou o CUSD, respectivamente;

MAX = função que identifica o valor máximo da equação, dentro dos parênteses correspondentes, em cada posto tarifário “p”;

T = indica intervalo de 1 (uma) hora, no período de faturamento;

p = indica posto tarifário ponta ou fora de ponta para as modalidades tarifárias horárias ou período de faturamento para a modalidade tarifária convencional binômia;

n1 = número de intervalos de integralização “T” do período de faturamento para os postos tarifários ponta e fora de ponta; e

n2 = número de intervalos de integralização “T”, por posto tarifário “p”, no período de faturamento.

Alguns aparelhos elétricos, como os motores, em um determinado período de tempo, além de consumirem energia ativa solicitam também energia reativa necessária para criar o fluxo magnético que seu funcionamento exige. Quando o fator de potência é baixo, surgem uma série de inconvenientes elétricos para a empresa/organização e para a concessionária.

A legislação do setor elétrico prevê a cobrança de uma multa devido ao baixo fator de potência para aquelas unidades consumidoras que apresentam este fator inferior a 92%.

Vários são os fatores que causam o baixo fator de potência. A solução para adequar o fator de potência de uma instalação elétrica envolve o conhecimento e análise de suas causas, as quais podem estar relacionadas a:

- Motores de indução operando em vazio, com pequenas cargas ou superdimensionados.
- Transformadores operando em vazio ou com pequenas cargas;
- Expressivas quantidades de lâmpadas de descarga;
- Cargas especiais com elevado consumo reativo.

2.3.2 Correção do fator de potência

A correção do fator de potência requer uma análise criteriosa para determinação das causas que estão provocando o baixo fator de potência. Um problema inicial refere-se a determinar o local de instalação e o método a ser adotado, os mais utilizados são : (SÓRIA,2010, p.93)

- Compensação pelo aumento do consumo de energia ativa;
- Compensação por motores síncronos;
- Compensação por capacitores.

Quanto ao local de instalação, os capacitores podem ser instalados nos seguintes locais:

- Na entrada de energia em alta tensão;

- No barramento geral de baixa tensão;
- Na extremidade dos circuitos alimentadores;
- Junto as grandes cargas indutivas (motores, transformadores, etc.).

A forma de eliminação de excedentes reativos depende do sistema tarifário da instalação, portanto antes de realizar um projeto para correção do fator de potência, se faz necessário a análise de qual sistema tarifário é o mais adequado à instalação, e proceder ao reenquadramento, se necessário. O dimensionamento de capacitores, para correção do fator de potência, requer a definição da tensão nominal, potência e localização física. Quanto as características de atuação dos capacitores, estas podem ser:

- Modo Fixo: consiste na instalação de capacitores que são ligados/chaveados junto com as cargas que causam o baixo fator de potência.
- Semiautomático: obtido pela utilização de programadores horários ou *timers*, acionando ou desligando, conforme programação horária;
- Automático: consiste na utilização de um controlador, que calcula o fator de potência na instalação e realiza a ligação/chaveamento de capacitores conforme a necessidade da instalação, para que se mantenha o fator de potência dentro do limite estabelecido pela concessionária.

De maneira geral o estudo é baseado em resultados passados, sendo que se houverem acréscimo de carga ou mudanças significativa na forma de utilização da mesma, pode haver necessidade de algum ajuste complementar.

Os cálculos são realizados baseados na trigonometria, reduzindo a energia reativa indutiva, através da inserção de capacitores gerando um percentual necessário de energia reativa indutiva, para se corrigir o fator de potência. A potência dos capacitores podem ser determinadas através das seguintes equações: (Walencia,2010,p.93)

- Correção no transformador;

$$Q_c = \sqrt{\left(i_0\% \times \frac{S_n}{100}\right)^2 - (P_0)^2} \quad \text{Eq.[3]}$$

$$i_0\% = \left(\frac{i_0}{I_{ns}}\right) * 100 \quad \text{Eq.[4]}$$

Onde :

Q_c = Potência reativa do capacitor (kVAr)

$i_0\%$ = Corrente a vazio %

i_0 = Corrente a vazio do transformador;

I_{ns} = Corrente nominal do transformador;

S_n = Potência nominal do transformador (kVA);

P_0 = Perdas a vazio do transformador (kW).

- Instalações Faturadas no Grupo B;

$$Q_c = kWh \cdot \frac{\{\tan[\text{acos}(f_m)] - \tan[\text{acos}(f_r)]\}}{\text{horas mensais}} \quad \text{Eq.}[5]$$

- Instalações Faturadas no Grupo A ;

$$Q_c = kW \cdot \{\tan[\text{acos}(f_m)] - \tan[\text{acos}(f_r)]\} \quad \text{Eq.}[6]$$

Onde :

Q_c = Potência nominal do capacitor (kVAr);

f_m = Ângulo do fator de potência atual;

f_r = Ângulo do fator de potência desejado;

kWh = Consumo mensal médio da Instalação;

kW = Demanda máxima mensal (kW).

- Cálculo da corrente nominal do capacitor;

$$I_{ncap} = \frac{Q_c}{V_n \cdot \sqrt{3}} \quad \text{Eq.}[7]$$

Onde :

Q_c = Potência Nominal do Capacitor (kVAr);

V_n = Tensão Nominal do Capacitor.

- Cálculo do Fusível.

$$I_{fus} = 1,65 * I_{ncap} \quad \text{Eq.}[8]$$

Onde:

I_{fus} = Corrente Nominal do fusível;

I_{ncap} = Corrente Nominal do Capacitor.

Devem-se utilizar condutores superdimensionados em 1,43 vezes (NBR 5060) a corrente nominal do capacitor e levar em consideração outros critérios, tais como: maneira de instalar, temperatura ambiente, etc.

Para unidades consumidoras que possuem medidores eletrônicos com memória de armazenamento de dados é necessário dimensionar o capacitor em função da pior situação a cada hora. Para unidades consumidoras que não possuem medidores eletrônicos, o fator de potência apresentado na fatura se refere à média mensal, sendo que este valor não se refere a

pior situação e neste caso pode se dimensionar o banco de capacitor em função do valor apresentado na fatura.

2.4 ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação apresentam o maior número de medidas de eficiência de energia de fácil aplicação (SÓRIA, 2010, p.226). Além do aspecto de eficiência energética, uma boa qualidade de iluminação no ambiente é um fator importante do desempenho da atividade desempenhada neste local. Os principais conceitos e grandezas relacionados a iluminação são :

- Fluxo Luminoso (Φ): radiação total da fonte luminosa, entre os limites de comprimento de onda visíveis (unidade – lm);
- Intensidade Luminosa (I): fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (unidade – cd);
- Curva de Distribuição Luminosa (CDL): representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano;
- Iluminamento (E): indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada à uma certa distância desta fonte (unidade – lux);
- Eficiência luminosa (K) :é a relação entre a quantidade de lumens produzidos por uma lâmpada e a potência (W) da lâmpada ; (unidade – Lúmens/W)
- Refletância: Relação entre o fluxo luminoso refletido e o fluxo luminoso incidente sobre uma superfície. É medida geralmente em porcentagem;
- Índice de reprodução de cor (IRC):é a correspondência entre a cor real de um objeto e sua aparência diante de uma determinada fonte de luz, tendo como parâmetro de comparação a luz do sol;
- Temperatura de cor: é a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, quanto mais alta a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz. A unidade de medida de temperatura da cor é o Kelvin. (unidade – K)
- Ofuscamento: corresponde ao efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano, o qual pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho da atividade neste local.

2.4.1 Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação

Eficiência luminosa é um indicador de desempenho de uma fonte luminosa (SÓRIA, 2010, p.227). É estabelecido pela relação entre o fluxo luminoso em lúmens (lm) e a potência consumida em W . Os sistemas de iluminação, sendo uma das principais cargas dos estabelecimentos comerciais, ensejam uma oportunidade de melhoria da eficiência energética.

Os problemas mais frequentes, relacionados com a iluminação, consistem em:

- Aproveitamento inadequado da iluminação natural;
- Utilização de equipamentos com baixa eficiência luminosa;
- Utilização de equipamentos e lâmpadas inadequados em função da atividade e local;
- Falta de comando para acionamento de grupo de luminárias;
- Ausência de manutenção preventiva, o que leva a comprometer a eficiência do sistema;
- Fatores relacionados com o ambiente, tais como *layout* e disposição e cor das divisórias, cor do piso, teto, paredes e mobiliário.

2.4.2 Cálculo de Iluminação

A Norma Brasileira “Iluminância de Interiores” - NBR-5413, foi extinta/substituída com a entrada da norma ABNT NBR ISO/CIE 8994-1, publicada da 21/04/2013. A Norma Regulamentador NR 17, que trata de ergonomia, ainda não foi atualizada, após a publicação desta nova norma, e define os níveis mínimos de iluminamento a ser observada nos locais de trabalho de acordo com os valores de iluminância estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO.

Dentre as principais mudanças nesta nova norma, destacam-se os seguintes conceitos:

- Iluminância mantida – estabelece a iluminância mantida na superfície de referência para um determinado ambiente, tarefa ou atividade.
- Iluminância no entorno imediato – deve estar relacionada com a iluminância da área da tarefa, e convém que proveja uma distribuição bem balanceada de iluminância no campo de visão;

Tabela 2.1 – Iluminância no Entorno Imediato

Iluminância da Tarefa (lux)	Iluminância do entorno Imediato (lux)
Maior = 750	500
500	300
300	200
Menor =200	Mesma Iluminância da Área de Tarefa

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

- Ofuscamento unificado – valor referente ao ofuscamento desconfortável de uma instalação de iluminação (UGRL), sendo seu limite estabelecido nesta norma;
- Índice de reprodução de cor mínimo (Ra) – estabelece o índice de cor mínimo de acordo ao tipo de ambiente do sistema de iluminação
- Aparência da cor – refere-se a cor aparente (cromaticidade da lâmpada) da luz que a lâmpada emite. É caracterizada pela temperatura da cor correlata. Para alguns casos, a norma estabelece a temperatura de cor que dever ser utilizada para determinado ambiente.

Tabela 2.2 – Temperatura de Cor Correlata

Aparência da Cor	Temperatura de Cor Correlata
Quente	Abaixo de 3.300 K
Intermediária	3.300 K a 5.300 K
Fria	acima de 5.300 K

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Em salas de aulas comuns, todas a sala é considera uma área de trabalho, e de acordo com na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, a Iluminância mantida deverá ser de 300 lux para escolas primárias e secundárias , e 500 lux para aulas noturnas e educação de adultos.

2.4.3 Projeto Eficiente de Iluminação

A eficiência do sistema de iluminação está relacionada com as características construtivas da edificação e também com o rendimento dos elementos componentes do sistema de iluminação. (BARROS,2010, P.112). Na elaboração de um projeto luminotécnico, devem ser observados os seguintes aspectos:

- O índice de reprodução de cores requerido e, conseqüentemente, o tipo de lâmpada adequado;

- As características elétricas dos aparelhos de iluminação (tipo de reator, fator de potência, etc.);
- Determinação da luminária e lâmpada em função das características e necessidades do ambiente;
- Nível de iluminamentos exigido pela norma;
- Dimensionamento do número de acionamento de circuitos.

A não observação destes quesitos pode influenciar na eficiência do sistema de iluminação, tanto no aspecto energético, como ao conforto do ambiente. A iluminação adequada proporciona conforto visual, produtividade e exhibe adequadamente produtos expostos nos estabelecimentos comerciais.

2.4.4 Lâmpadas e Luminárias

As lâmpadas e luminárias são os principais itens que compõem o sistema de iluminação. Devem ser escolhidas, em função das características e necessidade do ambiente. Dentro do contexto de eficiência energética, um critério importante para determinação deste equipamentos, é sua eficiência energética. Ao longo dos anos, em função da evolução tecnológica, percebe-se um aumento da eficiência destes equipamentos, bem com o surgimento de novas tecnologias como exemplo a iluminação por LED. No quadro seguinte é apresentado a eficiência dos diversos tipos de lâmpadas existentes no mercado, e a eficiência energética.

Tipo de lâmpada	Rendimento luminoso
Incandescente	10 a 15 lm/W
Halógenas	15 a 25 lm/W
Mista	20 a 35 lm/W
Vapor de mercúrio	45 a 55 lm/W
Led	35 a 70 lm/W
Fluorescente comum	55 a 75 lm/W
Fluorescente compacta	50 a 80 lm/W
Multivapores metálicos	65 a 90 lm/W
Fluorescentes econômicas	75 a 90 lm/W
Vapor de sódio	80 a 140 lm/W

Quadro 2.1 – Eficiência Lâmpadas.

Fonte: BARROS, 2010, P.110

Os equipamentos de iluminação são o conjunto, lâmpada, luminária e reator/ignitor ou transformador. Seguem algumas características por tipo de lâmpada:

- Lâmpadas mistas: Têm rendimento melhor e vida útil maior (6.000 horas) comparada às incandescentes e apresentam a vantagem de não necessitar equipamento auxiliar de partida, mas, quando a prioridade é minimizar o consumo de energia elétrica, podem ser substituídos pelas lâmpadas fluorescentes compactas de maior potência e pelas lâmpadas de descarga a vapor de mercúrio, sódio e multivapores metálicos;
- Lâmpadas a vapor de mercúrio: Possuem vida útil elevada (24.000 horas), custo relativamente baixo e requerem reator para o seu funcionamento. Sua luz é branca e seu índice de reprodução de cores (IRC) é de 40 (luz do sol possui IRC = 100). Podem ser substituídas com vantagem energética pelas lâmpadas a vapor de sódio e de multivapores metálicos.
- Lâmpadas a vapor de sódio: Têm vida útil elevada (18.000 a 24.000 horas), custo relativamente baixo e requerem reator para o seu funcionamento. Seu rendimento energético é o melhor das lâmpadas de descarga, porém apresentam o inconveniente de proporcionar uma luz de coloração amarela e um baixo índice de reprodução de cores IRC = 20. Podem ser utilizadas em ambientes industriais em que não haja necessidade de identificação de cores, como fundições, caldeirarias, estoques de matérias-primas, áreas externas e estacionamento;
- Lâmpadas a multivapores metálicos: Apresentam vida útil de 10.000 horas, proporcionam luz branca e boa reprodução de cores (IRC = 80 a 90) e requerem reatores para o seu funcionamento. Seu custo é maior que as outras lâmpadas de descarga de mercúrio e sódio, mas o seu rendimento energético e qualidade da luz justificam o seu uso;
- Lâmpadas fluorescentes econômicas: Com vida útil de 7.500 horas, proporcionam boa reprodução de cores (IRC = 80 a 85) e podem utilizar reatores eletrônicos (mais eficientes) para o seu funcionamento. Proporcionam melhores resultados com alturas de fixação de 3 a 4 metros, mas podem ser utilizadas com alturas de fixação de até 5 metros, desde que utilizem luminárias espelhadas. Seu baixo custo e rendimento luminoso justificam o seu uso.

A escolha de uma luminária adequada, ao tipo de lâmpada e ambiente potencializa a eficiência do sistema de iluminação, porém deve-se sempre atender as necessidades e

características do ambiente, considerando aspectos relacionados com a facilidade de manutenção do conjunto luminária e lâmpada.

2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Melhorar a eficiência energética implica em diminuir o consumo de energia primária necessária para produzir um determinado serviço de energia (PANESI, 2006, p.29). O uso de programas e medidas de eficiência energética trazem diversos benefícios dentre os quais se destaca o aumento de produtividade e da competitividade nas empresas. Outros benefícios estão relacionados com o meio-ambiente e a sustentabilidade, pois o foco das MEE é evitar o desperdício e otimizar a utilização dos recursos energéticos.

2.6 ANÁLISE DO CONSUMO

O acompanhamento do consumo de eletricidade tem como objetivos principais: conhecer em detalhes as despesas mensais com esse insumo; verificar sua evolução ao longo do tempo e identificar ações que possam ser adotadas para minimizar os dispêndios com esse item. Em um primeiro momento, o consumo pode ser acompanhado a partir de análise mensal das faturas apresentadas pelas concessionárias, monitorando sua evolução ao longo dos meses.

2.6.1 Consumo Específico-Indicador Energético

Para possibilitar um melhor gerenciamento do consumo de energia elétrica, é importante, estabelecer critérios que indiquem a quantidade de energia necessária para cada produto manufaturado pela empresa, relacionando o kWh conforme se segue:

- kWh por quilograma de peça tratada;
- kWh por metro de produto;
- kWh por unidade produzida;
- kWh por metro cúbico de produto;
- kWh por ave congelada;
- kWh por litro de produto.

Neste trabalho, em função de se tratar de uma instituição de ensino, o indicador apropriado, se trata de kWh por aluno. Porém o que influencia diretamente no consumo de energia elétrica, é a quantidade de salas de aulas ocupadas/utilizadas, pois a taxa de ocupação de uma sala de aula (quantidade de alunos) não afeta o consumo de energia elétrica. Pode-se relacionar entre estes dois quesitos para estratificar melhor o indicador.

2.7 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O processo de diagnóstico energético significa analisar as condições de utilização de energia nas instalações, conhecendo quanto e como a energia é utilizada em cada processo.

Existem oportunidades de redução do consumo de energia em diversos setores dentro de uma indústria. De acordo com o perfil de utilização da energia têm-se diversas oportunidades de medidas de eficiência energética (MEE), conforme representado na figura 2.1.

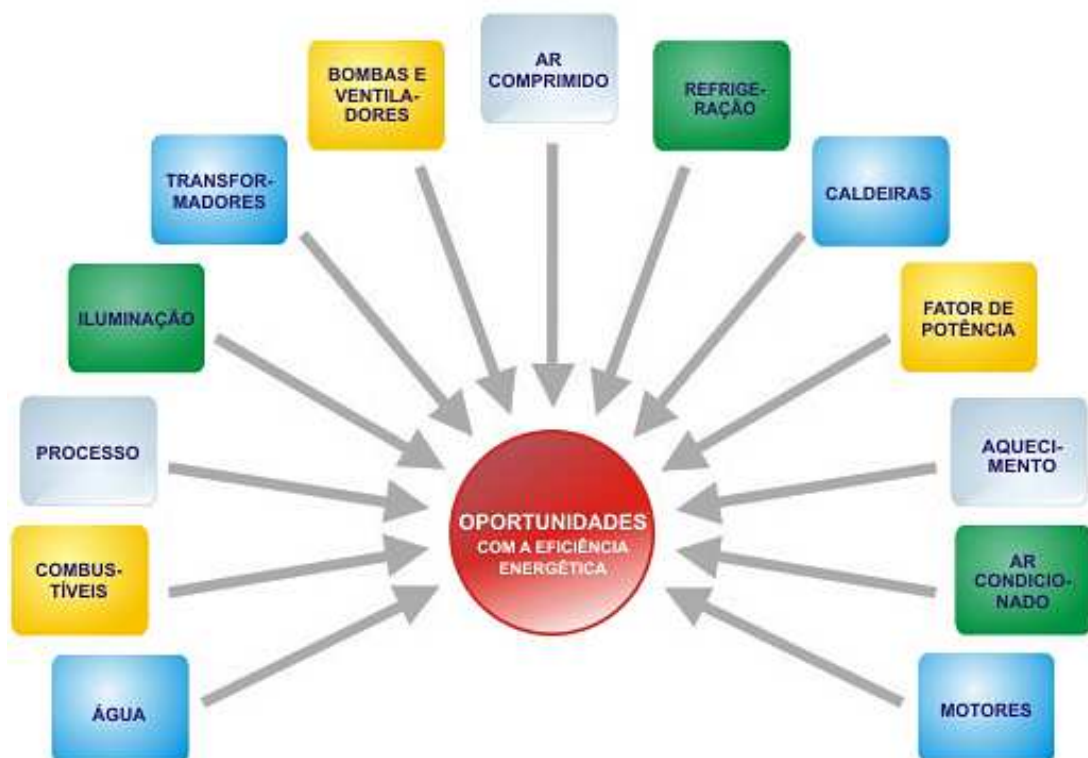


Figura 2.1 – Oportunidade de MEE.

Fonte: Adaptado de www.apsengenharia.com.br

2.7.1 Análise de oportunidades de melhorias

Baseando-se no diagnóstico energético são identificadas as oportunidades de melhorias. Nesta etapa é realizada a identificação preliminar do potencial de economia e investimento para o desenvolvimento das MEE.

Sendo confirmada a viabilidade da MEE é definido o projeto para implantação, o qual deve considerar as seguintes etapas:

- Custos de mão de obra e materiais;
- Instalação/implementação;
- Financiamento;
- Medição e verificação
- Treinamento (se for o caso).

2.7.2 Elaboração de projeto de eficiência energética

Em atendimento à cláusula do Contrato de Concessão de Distribuição de Energia Elétrica e à Lei nº 9.991/2000, as concessionárias de energia elétrica, no caso do Paraná a COPEL DISTRIBUIÇÃO S.A, é executado anualmente o Programa de Eficiência Energética. As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica devem aplicar, anualmente, um percentual de sua receita operacional líquida anual no desenvolvimento de programa para o incremento da eficiência energética no uso final de energia elétrica, através de projetos executados em instalações de clientes. Atualmente não existe nenhuma chamada pública para projetos de eficiência mas, espera-se, que seja aberto ainda no decorrer deste ano. Pelo que se pode observar na instalação, os usos finais da energia elétrica são, especialmente, para iluminação. As informações apresentadas neste trabalho, servem de base para, para a implementação de um projeto, quando houver um edital de eficiência energética aberto, porém não sendo definitivas, pois dependerá das condições e valores impostos pelo novo edital aberto.

2.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tópicos apresentados neste capítulo, serão fundamentais para realização do estudo proposto nos objetivos deste trabalho. Através do levantamento de informações em campo,

somado aos conceitos de eficiência energética, expostos neste capítulo, possibilitou-se um pré diagnóstico energético da instituição sob estudo e potencializou-se o sucesso na implementação das MEE.

3. LEVANTAMENTO DE CAMPO

3.1 ASPECTOS GERAIS

Neste capítulo será abordada a etapa de levantamento de informações gerais da instituição, que possibilitaram a análise e estudos técnicos para um diagnóstico do consumo de energia elétrica. Esta etapa contempla o levantamento de histórico das faturas de energia elétrica, levantamento e mapeamento de cargas, levantamento de informações e dos circuitos unifilares dos quadros de distribuição de energia elétrica, medição de grandezas elétricas, instalação do analisador de energia elétrica, entre outras ações.

3.2 Contexto da Aplicação

A FUNDACEN é uma entidade civil sem fins lucrativos, com a missão de ser a mantenedora do CTI - Colégio Técnico Industrial, com cursos de Ensino Fundamental, Ensino Médio, Ensino Técnico nas áreas de Mecânica, Eletrônica, Eletrotécnica, Alimentos, Meio Ambiente, Segurança do Trabalho, Informática, Mecatrônica e Química Industrial além de colaborar e manter Projetos Sociais e Projetos Culturais. Possui uma área privilegiada de 60.977 m², totalizando uma construção de 9.781,61 m², destinando-se a salas de aula, laboratórios, secretaria e administração.



Fotografia 3.1: Vista Aérea Fundacen
Fonte: FUNDACEN,2003.

A instituição é atendida pela COPEL através de uma rede aérea de 13,8 kV, possuindo um transformador de 500 kVA que faz a redução da energia elétrica para baixa tensão para o atendimento das cargas da instalação. Inicialmente pode-se constatar que a instituição

possui um transformador operando com pouca carga, ou seja, com um carregamento de 15% de sua capacidade nominal. Na figura 3.1 é apresentado o diagrama unifilar da cabine de entrada de energia.

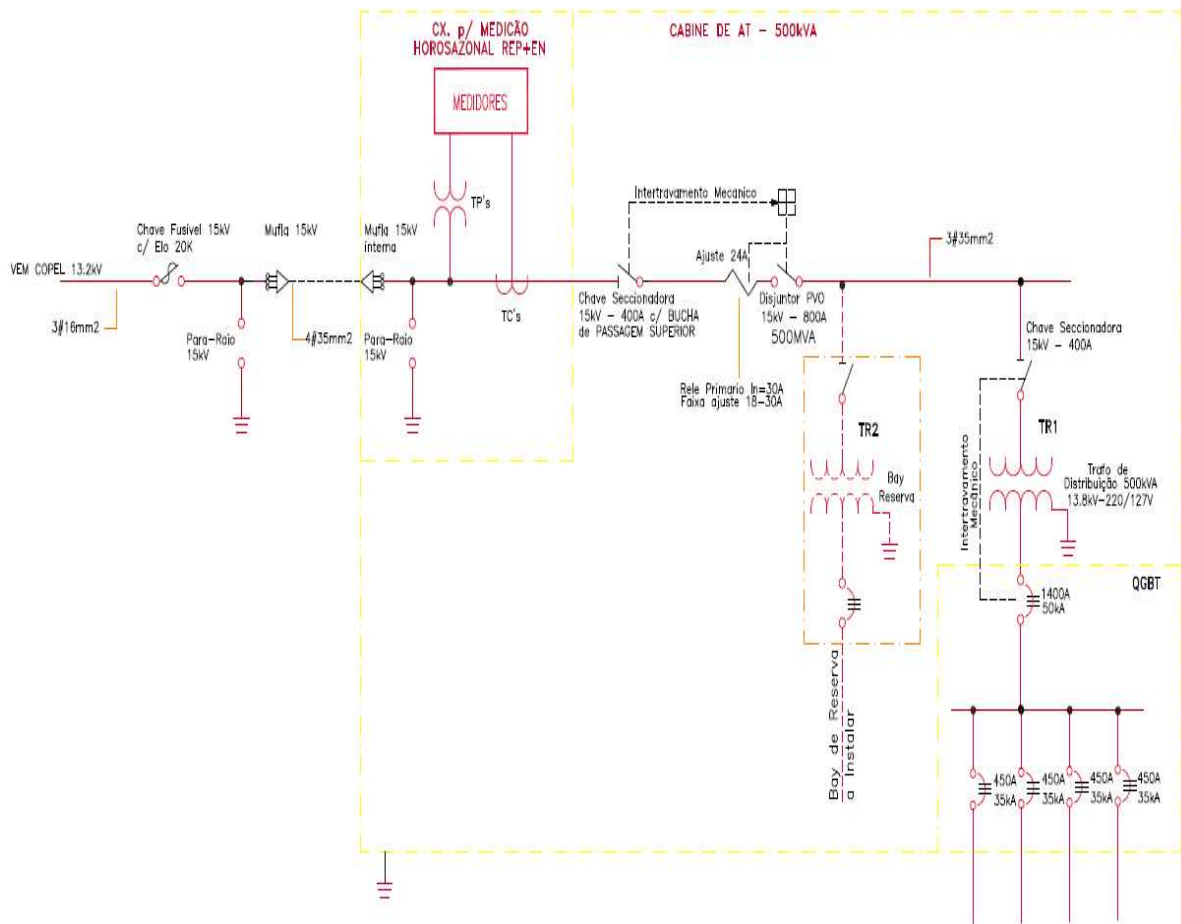


Figura 3.1: Diagrama Unifilar da Entrada de Energia.
Fonte: Autor, Baseado no Levantamento de Campo.

A FUNDACEN é reconhecida como uma instituição de utilidade pública municipal, através da Lei 854 de 29/12/92, como instituição de utilidade pública estadual através da Lei 10448 de 21/09/1993. Também é reconhecida como instituição de utilidade pública federal pela portaria nº 688 do Ministério da Justiça, de 10 de Agosto de 2000.

A instalação é faturada no grupo “A4” pelo sistema Convencional com uma demanda contratada de 75 kW. A tabela 3.1 nos mostra os dados referente à energia elétrica utilizadas na instalação e que nortearam as análises:

Tabela 3.1 – Dados Energia Elétrica na Instituição.

Mês/ Ano	Consumo Faturado	Demanda Medida	Demanda Contratada	Demanda Tolerância	Fator de Carga	Importe Total	Preço Médio
08/2011	12360,00	72,48	75,00	78,75	0,23	6623,10	535,85
09/2011	16200,00	84,48	75,00	78,75	0,26	9914,04	611,98
10/2011	14400,00	81,12	75,00	78,75	0,24	8285,38	575,37
11/2011	11880,00	80,16	75,00	78,75	0,20	8309,13	699,42
12/2011	12600,00	77,28	75,00	78,75	0,22	7749,21	615,02
01/2012	6840,00	49,44	75,00	78,75	0,19	5966,43	872,29
02/2012	6720,00	57,12	75,00	78,75	0,16	5910,74	879,57
03/2012	10920,00	63,36	75,00	78,75	0,24	6782,15	621,08
04/2012	13920,00	75,36	75,00	78,75	0,25	7531,47	541,05
05/2012	12960,00	69,60	75,00	78,75	0,26	7264,82	560,56
06/2012	13800,00	69,60	75,00	78,75	0,27	7520,86	544,99
07/2012	12360,00	61,44	75,00	78,75	0,28	6666,67	539,37
08/2012	9120,00	54,72	75,00	78,75	0,23	5334,86	584,96
09/2012	14040,00	62,88	75,00	78,75	0,31	6699,89	477,20
10/2012	11760,00	60,96	75,00	78,75	0,26	6140,24	522,13
11/2012	11400,00	66,24	75,00	78,75	0,24	5771,20	506,25
12/2012	11160,00	58,56	75,00	78,75	0,26	5732,12	513,63
01/2013	7200,00	51,36	75,00	78,75	0,19	4740,84	658,45
02/2013	6240,00	52,32	75,00	78,75	0,16	4093,03	655,93
03/2013	11640,00	62,88	75,00	78,75	0,25	4833,88	415,28
04/2013	11640,00	67,20	75,00	78,75	0,24	5049,33	433,79
05/2013	13472,00	68,68	75,00	78,75	0,27	5081,70	377,20
06/2013	14333,00	68,83	75,00	78,75	0,29	5237,04	365,38
07/2013	13075,00	60,62	75,00	78,75	0,30	4726,66	361,50

Fonte: Autor Baseado no histórico de Consumo da Instituição.

3. 3 Levantamento de cargas

As atividades desenvolvidas na instituição no período matutino são aulas do ensino médio, dos cursos técnicos em mecânica e mecatrônica e atividades administrativas. No período vespertino concentram-se atividades administrativas e no período noturno funcionam alguns setores administrativos (secretária e reprografia) e turmas de todas as modalidades dos cursos técnicos oferecidos pela instituição. Pode-se observar a distribuição das cargas através do gráfico 3.1:

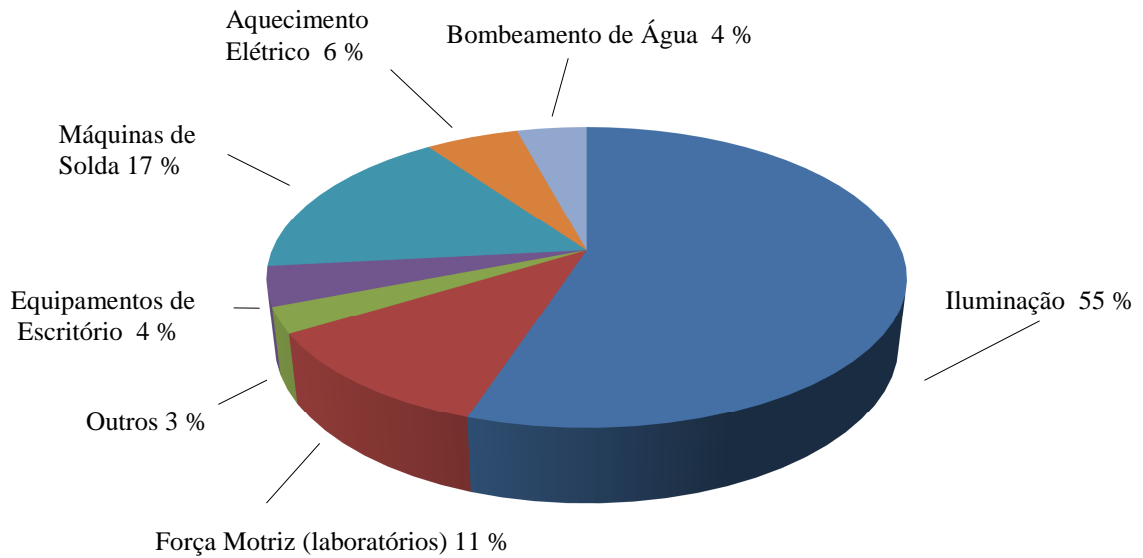


Gráfico 3.1: Distribuição de Cargas Elétricas.
Fonte: Autor, Baseado no Levantamento de Campo.

Estes dados foram obtidos através do levantamento de campo, onde foram identificados todos os equipamentos existentes em cada ambiente, verificando sua respectiva potência elétrica.

A principal carga da instituição é a iluminação interna, considerando que os equipamentos dos laboratórios de mecânica, eletrotécnica e mecatrônica, funcionam por curto período de tempo, pois são utilizados apenas em aulas práticas e não representam consumo significativo de energia elétrica.

A instituição é dividida blocos A,B, C e administração e estes em pavimentos (superior e inferior).



Figura 3.2: Divisão em Blocos da Instituição.
Fonte : Autor.

O perfil de consumo de energia elétrica da instituição caracteriza-se conforme os seguintes dias típicos:

- Dia letivo: período normal de atividades de aulas e atividades administrativas;
- Dia não letivo: período onde não há aulas, porém o funcionamento administrativo da instituição funciona normalmente;
- Final de semana, recessos e feriados: não há atividades na instituição.

O perfil de consumo de energia elétrica desta instituição referente aos dias letivos e não letivos, caracterizam conforme os seguintes intervalos diários.

- Matutino (das 07:00 as 13:00) horas;
- Vespertino (das 13:00 as 18:00) horas;
- Noturno (das 18:00 as 23:00) horas;
- Madrugada (das 23:00 as 07:00) horas.

No gráfico 3.2 é apresentada a demanda em kW, integralizada em 30 min, dividido por perfil de consumo, conforme os dias típicos de atividades da instituição .

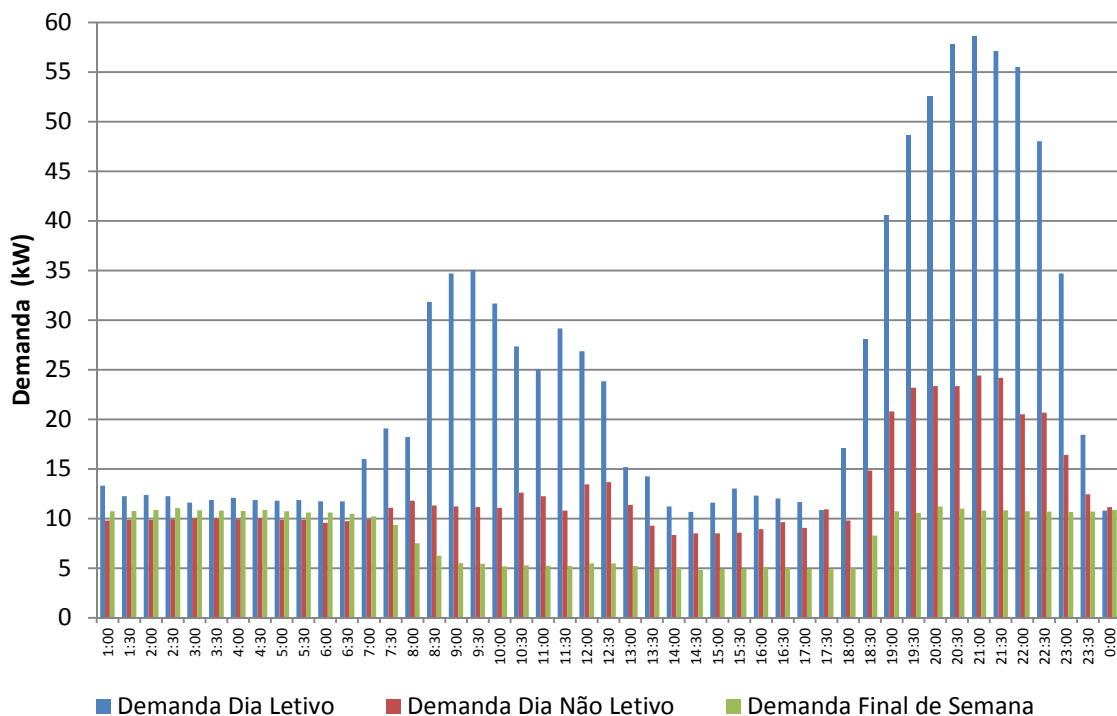


Gráfico 3.2: Demanda Utilizada na Instituição.

Fonte: Autor, Baseado nos Dados da Copel.

No gráfico 3.3 é apresentado o fator de potência médio da instituição, de acordo com seus dias típicos de carga: (dia letivo, dia não letivo e final de semana).

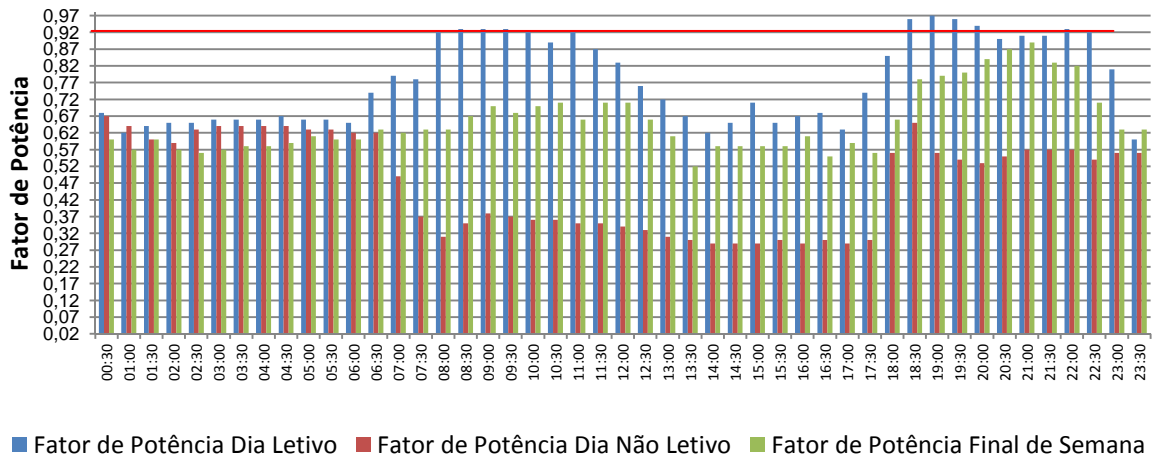


Gráfico 3.3: Fator de Potência da Instituição.
Fonte: Autor, Baseado nos Dados da Copel.

Analisando os gráficos 3.2 e 3.3, podemos perceber, que a demanda de energia da instituição é muito baixa, em relação da potência do transformador, que é de 500 kVA. O transformador praticamente está funcionando a vazio. Em função disso, quando há pouco consumo de energia elétrica, o fator de potência é muito baixo, em função da potência reativa indutiva proveniente do transformador que não é compensada pelo consumo de potência ativa das demais cargas da instituição.

Analisando a memória de massa do medidor da COPEL e através de dados coletados do analisador de energia elétrica e das informações dos equipamentos consumidores de energia elétrica, pode-se caracterizar a distribuição do consumo de energia elétrica conforme gráfico 3.4:

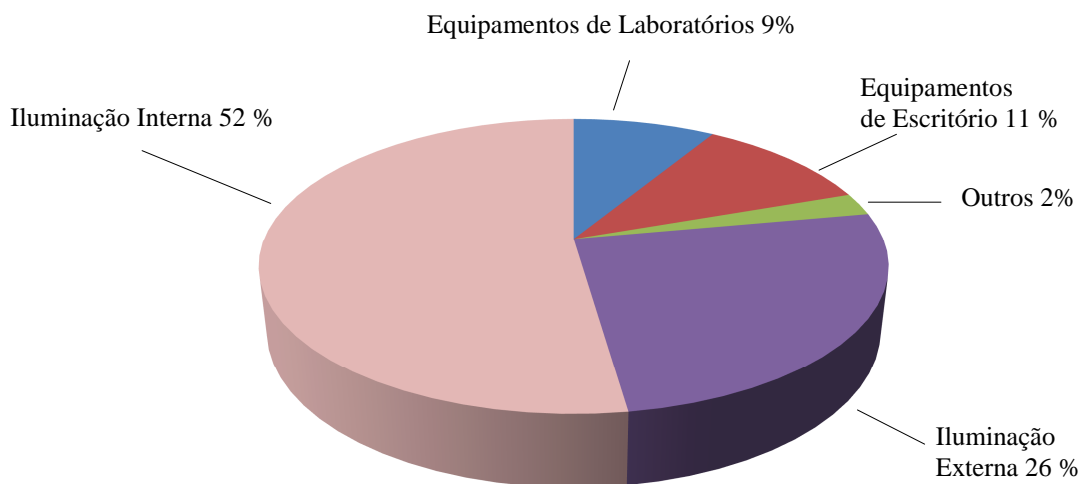


Gráfico 3.4: Distribuição do Consumo de Energia Elétrica por Equipamento.
Fonte: Autor, baseado no Levantamento de Campo.

O consumo de energia elétrica, dos sistemas de iluminação representam aproximadamente 78% do consumo total na instituição, podendo ser um grande potencial de melhoria, visando à eficiência energética da instituição. No gráfico 3.5 é apresentada a distribuição da carga da iluminação.

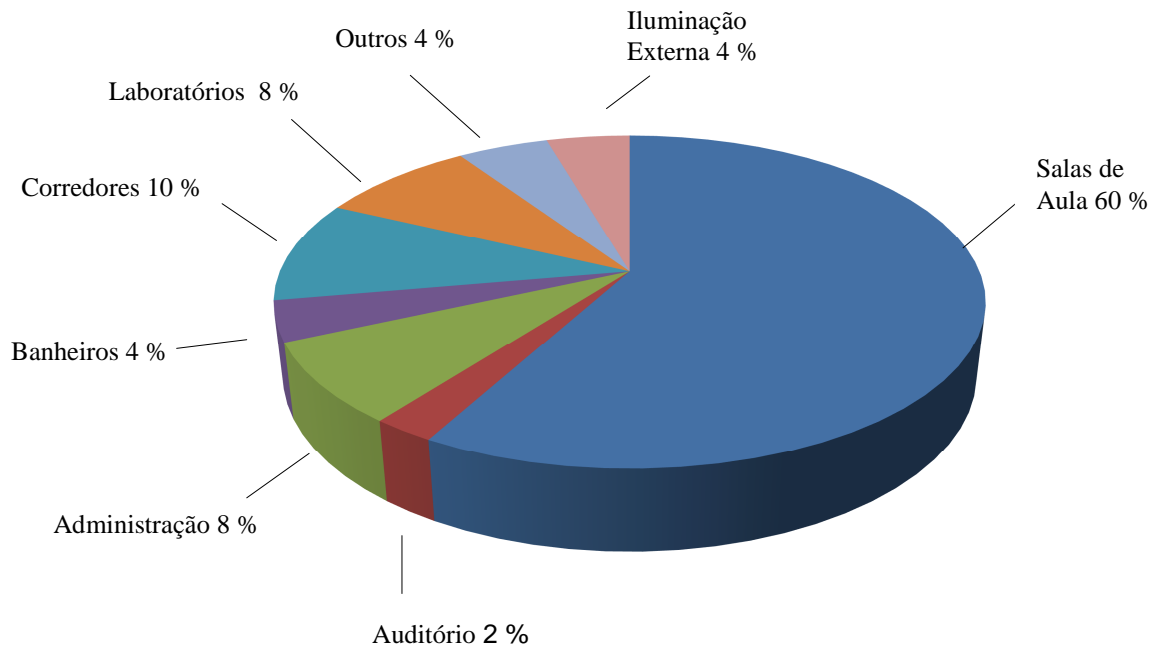


Gráfico 3.5: Distribuição da Carga de Iluminação por Ambiente.
Fonte: Autor, baseado no Levantamento de Campo.

Para definição e identificação de possíveis ações para melhoria de eficiência energética é necessária um levantamento das informações das cargas elétricas. Observa-se que a maior parte do consumo de energia elétrica é nas salas de aulas.

3.3.1 Iluminação Interna

Nesta etapa foram levantadas as informações relacionadas ao sistema de iluminação, sendo observados os tipos de luminária, lâmpada e potência dos equipamentos. Na Tabela 3.2 é,mostrado a distribuição do consumo de energia elétrica nos sistema de iluminação por tipo de ambiente interno.

Tabela 3.2 – Consumo de Energia Elétrica da Iluminação Interna.

Classificação	(%)
Sala de Aula	48,84
Auditório	0,78
Administrativo	14,73
Banheiros	12,40
Corredores	6,20
Laboratórios	4,65
Cantina	0,78
Outros	11,63

Fonte: Autor, Baseado no Levantamento de Campo.

Na tabela seguinte é apresentada a quantidade e o tipo de luminária e lâmpada presente em cada bloco da instituição.

Tabela 3.3 – Quantidade de Luminárias por Tipo.

Tipos e Quantidade de Luminárias					
Sistema	Tipo de Luminária	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Adm
Fluorescente	2xF65W	342	112	50	108
Fluorescente	4xF40W	0	57	0	0
Fluorescente	2xF40W	0	101	0	0
Fluorescente	2XF20W	0	0	6	0
Incandescente	1xI150W	16	20	0	0

Fonte: Autor, Baseado no Levantamento de Campo.

Conforme apresentado na tabela 3.3, 77,22% do sistema de iluminação, é composto por luminárias fluorescente com duas lâmpadas de 65W tipo T12, com reator eletromagnético, 20,75% é composto por luminárias fluorescente com lâmpadas de 40 W T12, com reator eletromagnético. No atual sistema de iluminação também existem lâmpadas incandescentes de 150 W, em alguns banheiros e no laboratório de mecânica.

**Fotografia 3.2: Iluminação com Lâmpadas Incandescentes.**

Fonte : Autor.

O bloco A é o mais antigo e os equipamentos de iluminação, são os mesmos desde o início das atividades na instituição, evidenciando a desatualização tecnológica destes sistemas. Observou-se que 100% são de controle manual (liga-desliga).

3.3.1.1 Medição do nível de iluminamento das salas de aula

Em salas de aula comuns, toda a sala é considerada como uma área de trabalho, e conforme a NBR 8995-1, a iluminância mantida, deve ser de 300 lux para escolas primárias e secundárias, e 500 lux para aulas noturnas e educação de adultos, que é o caso desta instituição. A altura de referência para iluminância é de 0,75 m acima do piso.

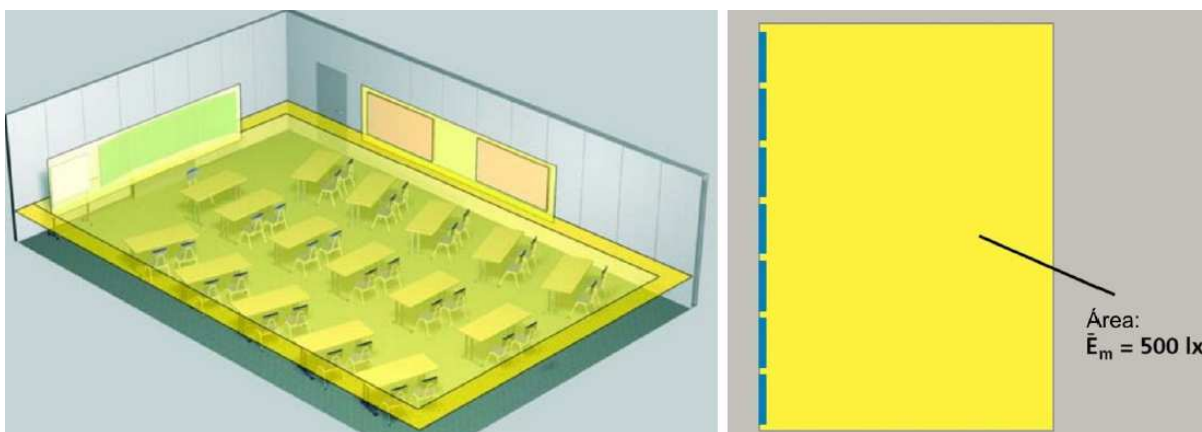


FIGURA 3.3: Atendimento aos Níveis de Iluminamento .
Fonte: NBR 8995-1.

Utilizando o aparelho destinado para medição da iluminância, luxímetro, foram realizadas as medições, em todas salas de aulas. Na fotografia 3.2, é apresentado a medição realizada em um sala das instituição.



Fotografia 3.3: Medição da Iluminância Mantida.
Fonte: Autor.

No gráfico 3.6 é apresentado o percentual das salas que atendem ao nível estabelecido pela NBR 8995-1.

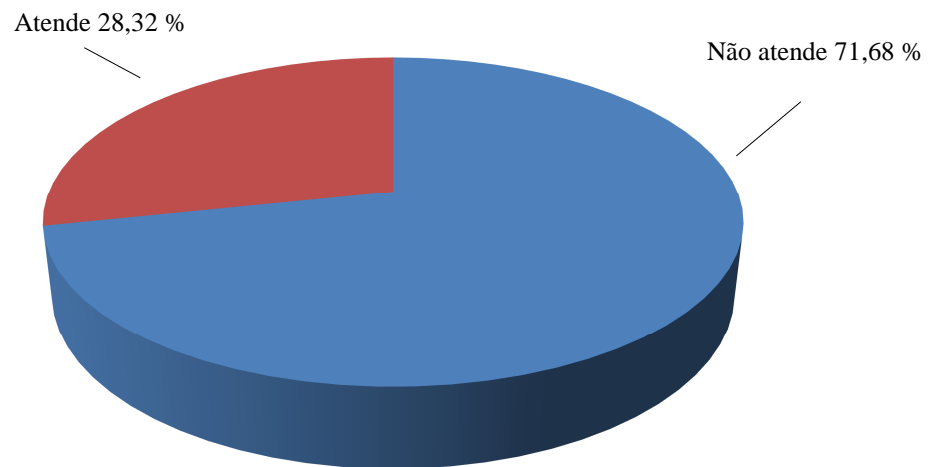


Gráfico 3.6: Atendimento ao Níveis de Iluminamento .
Fonte: Autor, baseado no Levantamento de Campo.

Apenas 28,32% das salas, proporcionam um nível de iluminação acima do valor de referência de iluminância estipulada pela norma. Pode-se atribuir esta deficiência a fatores tais como: lâmpadas queimadas e falta de Manutenção (limpeza das luminárias), que foram observados em várias salas, influenciando diretamente na eficiência do sistema de iluminação.

3.3.2 Iluminação Externa

O sistema de iluminação externa é composto por 26 refletores instalados na cobertura dos blocos, com lâmpadas mistas de 250 W. Também existem 7 luminárias tipo pétalas, todas com lâmpadas mistas de potência de 250 W, cada luminária tipo pétalas, possui 4 lâmpadas. No período noturno (18:00 as 23:00 horas), funcionam todos os equipamentos de iluminação externa e durante a madrugada ficam ligadas apenas alguns setores, que totalizam 6 refletores.



Fotografia 3.4: Iluminação Externa.
Fonte : Autor.

3.3.2.1 Iluminação da quadra poliesportiva

O sistema de iluminação da quadra poliesportiva é composto por refletores instalados em postes de concreto, de 12 m de altura. Existem 6 postes e cada poste com 4 refletores, totalizando 24 refletores com lâmpadas mista de 400 W. O sistema de iluminação da quadra poliesportiva, quando 100% ligado acrescenta em 9,6 kW no registro de demanda da instituição, porém a utilização deste sistema de iluminação, não é significativa, pois atualmente não são realizadas atividades esportivas no período noturno, e este sistema é utilizado poucas vezes durante o ano.

3.4 Verificações dos quadros, painéis e cabine de transformação

Nesta etapa foram avaliadas as condições físicas das instalações elétricas em geral, com o objetivo de identificar possíveis problemas que podem estar relacionados com perdas de energia elétrica. Através do levantamento de diagramas elétricos foram identificados os

locais para a inspeção. Nesta inspeção foram observados e realizados os seguintes procedimentos:

- Inspeção visual;
- Inspeção com Equipamento Termográfico;
- Atualização dos diagramas elétricos;
- Medições.

De um modo geral, dentre os pontos verificados, identificou-se a necessidade de uma manutenção preventiva na cabine de entrada de energia elétrica. Foram observados os seguintes problemas:

- Grande quantidade de poeira;
- Vazamento de óleo no disjuntor de AT;
- Falta de extintor de incêndio.



**Fotografia 3.5: Cabine de Entrada de Energia.
Fonte: Autor.**

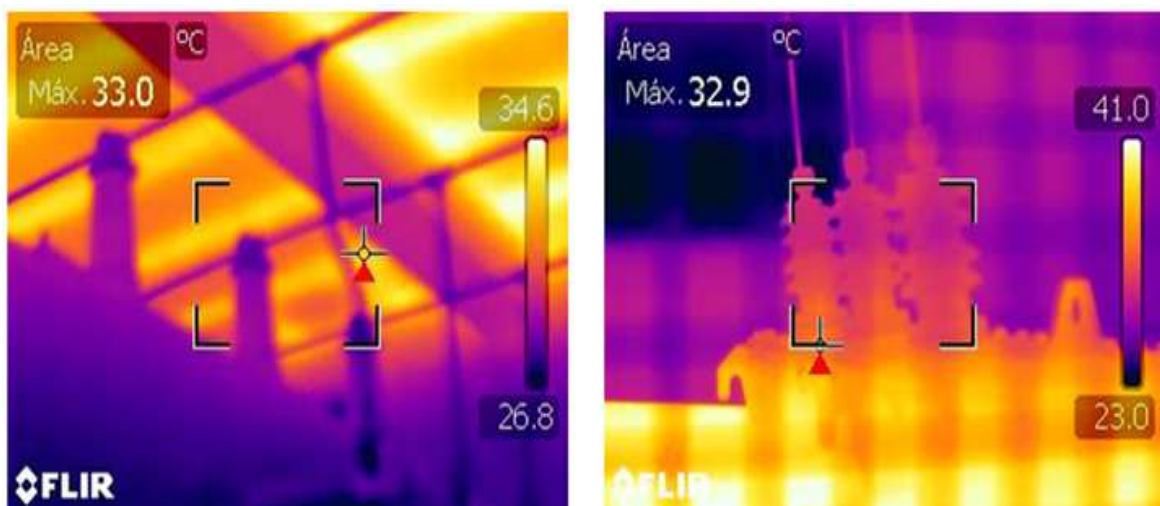
Conforme registros, a última revisão foi realizada em 28 de junho de 1999, e se faz necessária uma intervenção urgente, uma vez que a cabine de entrada de energia é o componente principal no suprimento de energia elétrica da instituição, uma pane/defeito neste local ocasiona a falta de energia elétrica em todo o colégio. Nesta inspeção, realizada em março de 2013, também foi verificado, que o medidor da COPEL não possui memória de massa.



Fotografia 3.6: Foto do Medidor de Energia.
Fonte: Autor.

Para possibilitar maiores informações e dados sobre o perfil de consumo de energia elétrica, durante a realização do levantamento de campo, foi solicitado junto a COPEL, a substituição do atual medidor, que é sem memória de massa, por um medidor com memória de massa, bem como a senha de acesso as informações sobre a instituição, no *Site* da COPEL. Esta solicitação foi atendida, sendo que em abril de 2013, o medidor foi substituído e também foi disponibilizada a senha de acesso às informações no *Site* da COPEL.

Foi realizada a inspeção instrumentalizada, com equipamento de termovisão para verificar possíveis pontos de aquecimento que possam vir a causar falhas no suprimento de energia elétrica, porém não foram encontrados pontos de aquecimento.



Fotografia 3.7: Imagem Termográfica- Inspeção.
Fonte: Autor.

3.5 Instalação do medidor de qualidade de energia elétrica

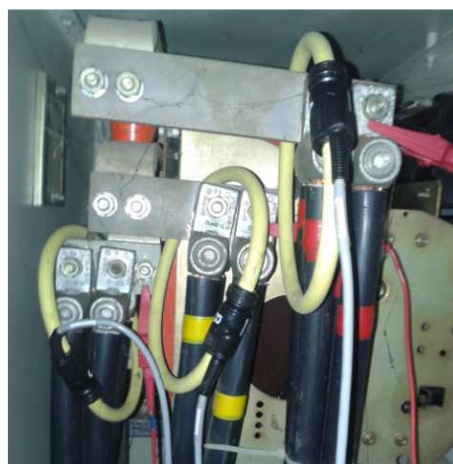
Para possibilitar a análise sobre o perfil de utilização de energia elétrica e da qualidade de energia elétrica na instituição, foi instalado um analisador de energia da Embrasul Modelo RE-7000.



Fotografia 3.8: Analisador de Energia RE7000.
Fonte: Autor.

O equipamento foi instalado no barramento geral de baixa tensão, em três períodos distintos:

- Dia 23/02/2013 as 19:05h até 28/02/2013 as 19:05h;
- Dia 07/03/2013 as 18:52h até 08/03/2013 as 22:22h;
- Dia 13/03/2013 as 19:07h até 15/03/2013 as 21:41h.



Fotografia 3.9: Instalação do Analisador de Energia, Barramento Geral.
Fonte: Autor.

Através dos dados das leituras foi possível analisar, com o auxílio do *Software* do analisador, itens relacionados com a qualidade de energia e também traçar um perfil sobre a utilização de energia na instituição.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta etapa de levantamento de campo, foram obtidos dados e informações sobre o consumo de energia elétrica foram fundamentais para realização do estudo proposto nos objetivos deste trabalho. Isso somado aos conceitos de eficiência energética, aumentaram o potencial de sucesso na implementação de MEE. Nesta etapa foi possível identificar que há problemas com o fator de potência desta instalação, pois existem horários em que os valores ficaram abaixo do valor de referência causando multas de excedentes reativos na fatura de energia elétrica.

As cargas de iluminação requerem uma atenção especial, pois representam a maior parcela no consumo de energia elétrica e tratam-se em sua maioria de sistemas ultrapassados, sendo necessária a adequação do sistema de iluminação noturna dos ambientes externos, pois o consumo de energia no período da madrugada é expressivo, sendo que na madrugada (após as 23:00 horas) não há nenhuma atividade na instituição. Existe ainda a necessidade de adequação do sistema de iluminação dos ambientes internos (sala de aulas), por representar a maior parcela de consumo de energia elétrica na instituição e se tratar de um sistema de iluminação desatualizado tecnologicamente.

4. ANÁLISE TARIFARIA

4.1 ASPECTOS GERAIS

Este capítulo tem como objetivo realizar a análise das faturas de energia elétrica, verificando as possíveis distorções existentes, bem como, o estudo e as simulações das modalidades tarifárias, propondo ações para correção de eventuais desvios encontrados.

4.2 ANÁLISE DAS FATURAS DE ENERGIA ELÉTRICA

O sistema atual da instituição é o convencional que é o indicado para esta instituição devido a sua característica de grande utilização de energia elétrica no horário de ponta (das 18 às 21 horas dos dias úteis). Possui uma demanda contratada de 75 kW.

O horário de concentração de maior consumo de energia elétrica da instituição ocorre no horário de ponta, tendo seu pico as entre 20:00 e 21:00 horas. Em função da potência do transformador instalado na instituição, ser de 500 kVA, a possibilidade de tarifação no grupo B, é descartada, restando apenas as opções, convencional, modalidade tarifaria horária azul e modalidade tarifaria verde.

Como o medidor de energia elétrica da instalação com memória de massa, foi instalado em abril de 2013, o histórico e as informações disponíveis que possibilitam os cálculos detalhados para comparação entre estes diferentes sistemas tarifários são apenas de três meses. Porém como o perfil de utilização de energia elétrica da instituição, são característicos e definidos, possibilitou uma análise e comparação entre os sistemas tarifários, considerando o histórico do consumo do último ano.

4.2.1 Análise do Consumo de Energia Elétrica

O consumo de energia elétrica se concentra nos meses de período letivo, neste caso, onde a “produção” da instituição (ensino) é maior. No gráfico 4.1 é apresentado o valor das faturas de energia elétrica deste agosto de 2011 até julho de 2013.

Consumo Energia Elétrica & Fatura de Energia Elétrica

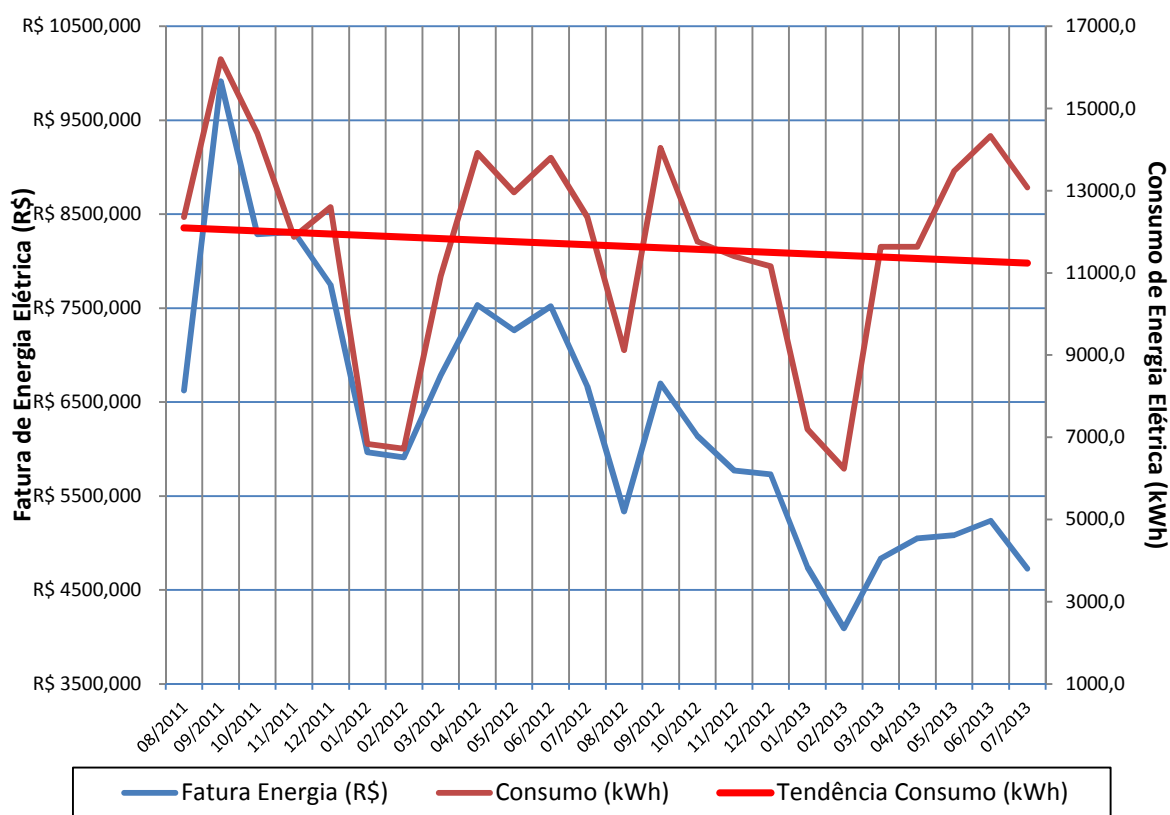


Gráfico 4.1 – Histórico de Consumo de Energia Elétrica e Fatura.
Fonte: Autor, com Base no Histórico de Faturas de Energia Elétrica

Os consumos dos meses de fevereiro a junho e entre os meses de agosto a novembro são sensivelmente maiores que os demais, em função do período letivos de aula, sendo que entre os meses de dezembro a janeiro e no mês de julho não existem atividades acadêmicas na instituição, apenas atividades administrativas. O maior consumo ocorreu no mês setembro de 2011, quando ocorreu a ultrapassagem da demanda contratada. Pode-se verificar que o valor da tarifa diminuiu consideravelmente no último semestre, porém o mesmo não aconteceu com o consumo de energia elétrica, pois houve um aumento de 1,93 % no consumo de energia elétrica no primeiro semestre de 2013, em relação ao ano de 2012 conforme apresentado no gráfico 4.2.

Em função da homologação pela ANEEL das novas tarifas de energia, resultado do reajuste tarifário de junho de 2013, conforme Resolução nº 1.565, de 9 de julho de 2013, com validade até 23 de junho de 2014, as tarifas de energia elétrica da COPEL ficam, em média, reajustadas em 9,55%, impactando diretamente no custo da energia elétrica, porém sem a necessidade de aumento do consumo de energia elétrica.

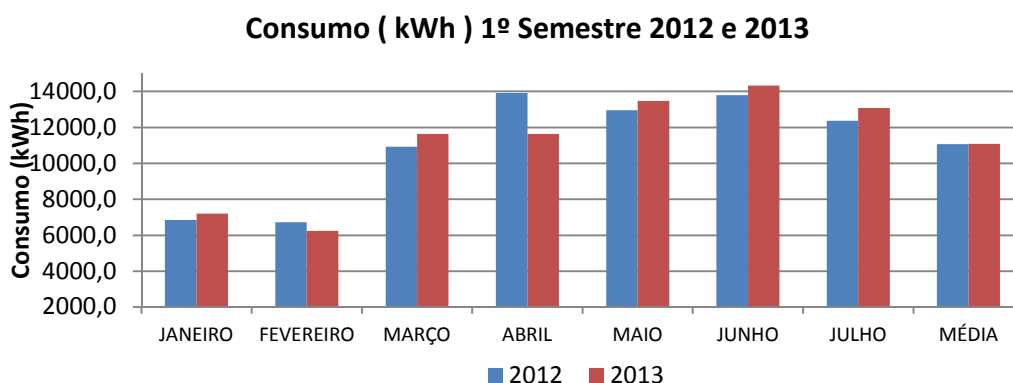


Gráfico 4.2 – Consumo de Energia Elétrica.

Fonte: Autor, com Base no Histórico de Faturas de Energia Elétrica.

Atualmente a instituição conta com 71 professores e 39 funcionários administrativos, totalizando 110 funcionários. Na tabela 4.1, é apresentada a quantidade de alunos, por turno e curso, no total a instituição conta com 1074 alunos matriculados no 1º Semestre de 2013.

Tabela 4.1 – Quantidade de Alunos

Quantidade de Alunos	
Total de Alunos	Quantidade
Total de alunos do Fundamental e Médio	258
Total de alunos dos cursos técnicos	816
Total de alunos do turno da manhã	367
Total de alunos do turno da noite	707
Total Geral de Alunos	1074

Fonte: Autor com Base em Dados Fornecidos pela Secretaria da Instituição de Ensino.

Pode-se estabelecer indicadores do consumo de energia elétrica, considerando a média do consumo do 1º Semestre de 2013 de 11.085 kWh/mês, conforme segue:

- 10,32 kWh / Aluno mês;
- 100,77 kWh / Funcionário mês;
- 9,36 kWh / Alunos + Funcionários.

Apesar, da quantidade de alunos não interferir diretamente no consumo de energia de uma sala, está informação serve como um parâmetro/indicador, tanto para o planejamento, como também para o controle e gestão do consumo de energia elétrica.

4.2.2 Análise da demanda de energia elétrica

A demanda contratada da instituição é de 75 kW, e tarifada no sistema convencional. Pode-se observar o histórico da demanda registrada conforme a tabela 4.2, onde são apresentados os valores históricos da demanda contratada, medida e o valor financeiro referente a demanda.

Tabela 4.2 – Histórico da Demanda

Histórico Demanda			
Mês	Contratada (kW)	Medida (kW)	Total (R\$)
08/2011	75	72,48	1824,7
09/2011	75	84,48	2391,6
10/2011	75	81,12	2125,87
11/2011	75	80,16	1753,84
12/2011	75	77,28	1860,13
01/2012	75	49,44	1009,78
02/2012	75	57,12	992,07
03/2012	75	63,36	1612,11
04/2012	75	75,36	2055
05/2012	75	69,6	1913,28
06/2012	75	69,6	2037,29
07/2012	75	61,44	1977,49
08/2012	75	54,72	1564,8
09/2012	75	62,88	2408,97
10/2012	75	60,96	2017,77
11/2012	75	66,24	1956
12/2012	75	58,56	1914,82
01/2013	75	51,36	1235,37
02/2013	75	52,32	977,9
03/2013	75	62,88	1639,6
04/2013	75	67,2	1639,6
05/2013	75	68,68	1897,65
06/2013	75	68,83	2018,94
07/2013	75	60,62	1841,73

Fonte: Autor, com base no histórico das faturas.

A Resolução ANEEL nº414/2010, permite que a concessionária atenda às solicitações de redução de demanda em até 180 dias e de aumento de contrato em um prazo em torno de 30 dias.

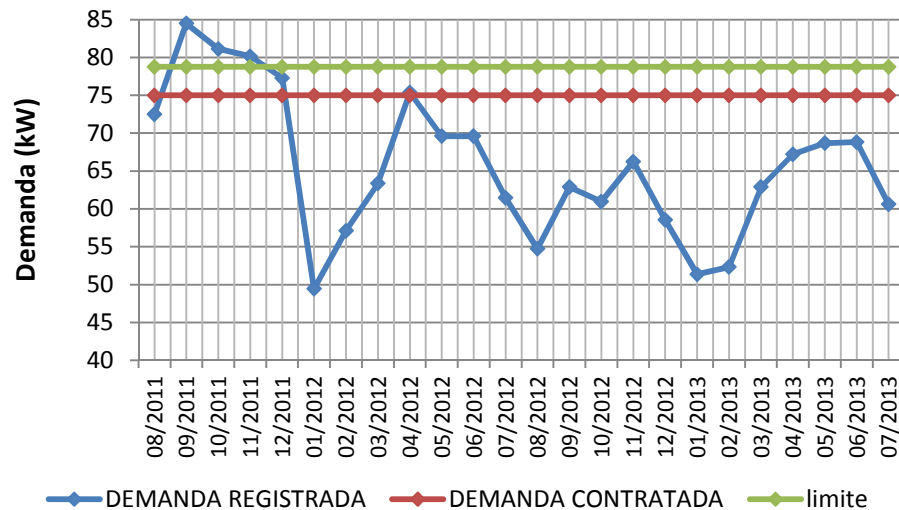


Gráfico 4.3 – Histórico da Demanda Registrada.

Fonte: Autor.

Pode-se observar que a instituição tem um valor de demanda contratada acima de sua necessidade atual. Exceto para os meses de setembro, outubro e novembro de 2011, quando houve ultrapassagem no valor da demanda contratada.

Uma redução no valor da demanda contratada sem o gerenciamento contínuo do perfil de utilização de energia elétrica pode acarretar em um aumento financeiro no custo da demanda, o aumento ou remanejamento das cargas, bem como a forma de utilização das mesmas, pode alterar os valores solicitados, e esta ação poderá ter um efeito inverso. Para uma melhor análise se faz necessário considerar valores atuais, histórico recente do último ano ou semestre e também verificar a possibilidade de valores de demanda diferenciados para o horário de ponta e fora de ponta, neste caso na tarifa modalidade tarifária horária azul. No gráfico 4.5, são apresentados os valores de demandas máximas ao longo do dia, integralizadas em intervalos de 15 min, entre o período de 08/04/2013 a 07/07/2013, que correspondem ao cenário atual da instituição.

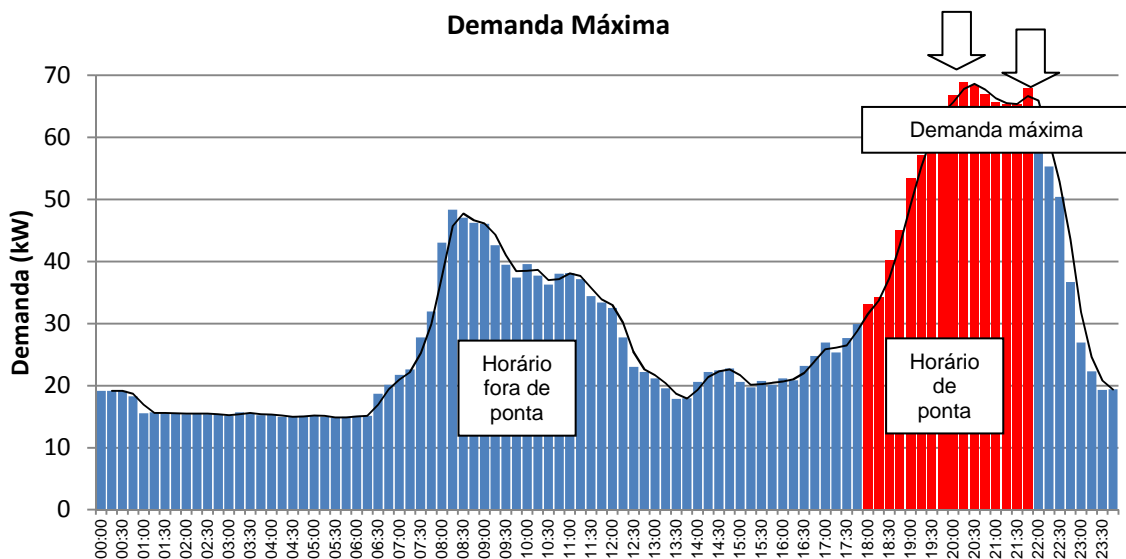


Gráfico 4.4 – Demanda Máxima da Instalação por Hora.

Fonte: Autor.

No horário de verão, o horário de ponta no caso da COPEL, inicia-se as 19:00 horas e encerra-se as 21:59 horas, porém fora do horário de verão este intervalo inicia-se as 18:00 e encerra-se as 20:59. Para o horário de ponta foram considerados os intervalos entre 18:00 as 21:59 horas. No horário fora de ponta, o valor da demanda máxima foi de 67,97 kW, registrado dia 29/04/2013 as 21:45 horas. No horário de ponta, o valor de demanda máxima foi de 68,83 kW, registrado dia 08/05/2013 as 20:15 horas. Neste caso, de acordo com a situação atual, o valor possível de redução da demanda contratada é para 70 kW, considerando uma pequena sobra, caso ocorra um acréscimo na demanda medida.

Considerando os valores de demanda do último ano, este valor, representa uma redução de 4% no custo da demanda contratada. Para possibilitar uma maior redução no valor da demanda contratada, o ideal é a redução do valor da demanda contratada, somada às ações de eficiência energética que reduzam o consumo de energia elétrica e consequentemente a demanda de energia.

4.2.3 Análise do Fator de Potência

Conforme a legislação em vigor, o valor de referência para o fator de potência é de 92%, caso esteja abaixo deste valor haverá cobrança de multa de excedentes reativos. Na gráfico 4.5 seguinte são apresentados os valores históricos financeiros do pagamento de multas de excedentes reativos, conforme faturas de energia elétrica da instituição.

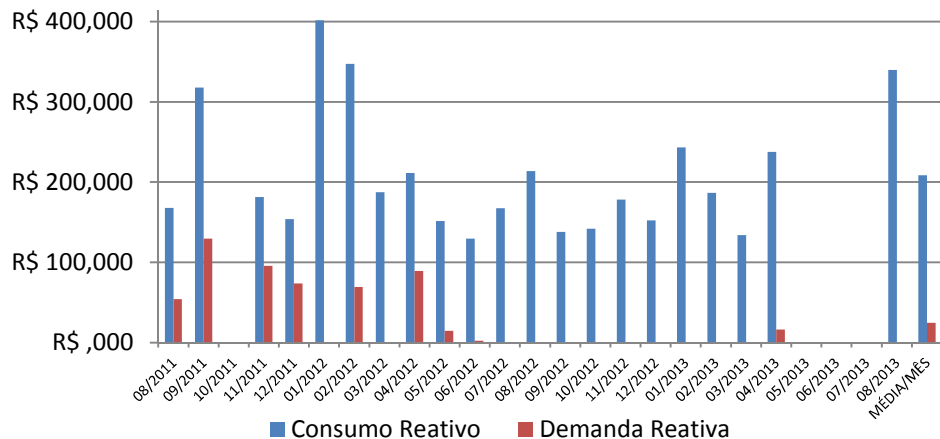


Gráfico 4.5 – Histórico de Multas por Excedentes Reativos.
Fonte: Faturas do Consumo de Energia Elétrica.

O valor médio mensal pago em multas de excedentes reativos é de R\$ 208,00. Nos meses de maio a julho de 2013, não houveram multas por excedentes reativos, em função da substituição do medidor efetuada em abril de 2013, sendo concedido um período de teste de 90 dias, pois com a instalação do novo medidor, a medição do valor do fator de potência passou a ser horário. Quando expirou este prazo, novamente foi cobrada a multa por excedente reativos na fatura do mês de agosto, no valor de R\$ 339,34 reais. Como houve um aumento em média de 9,55% nas tarifas, a estimativa é que este custo anual fique em torno de R\$ 3500,00.

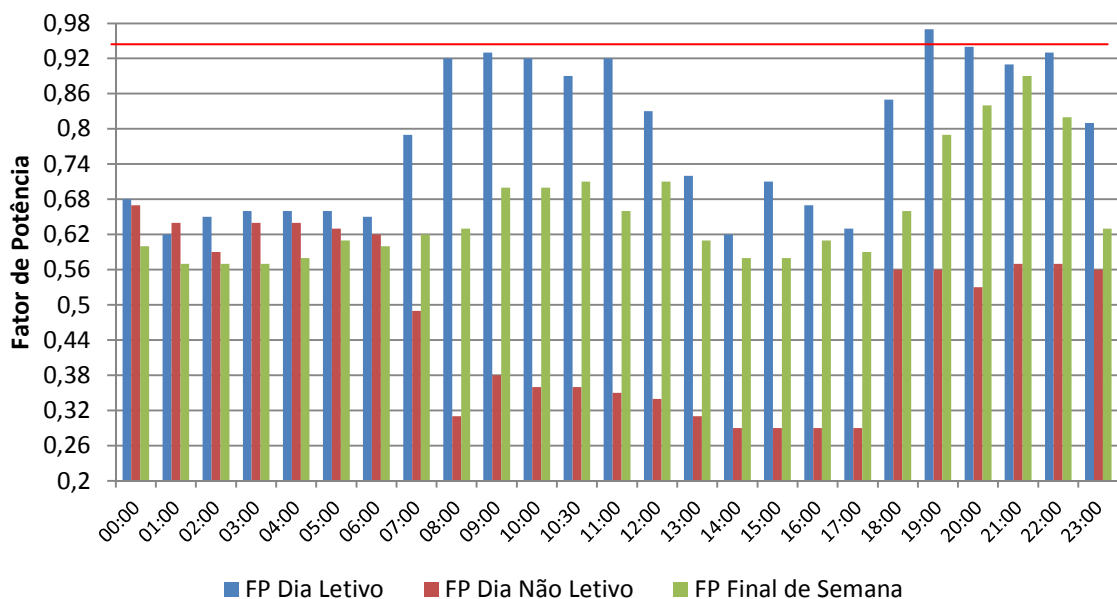


Gráfico 4.6 – Fator de Potência da Instalação.

Fonte: Autor.

O gráfico 4.6 apresenta o fator de potência conforme os dias típicos da instituição. São poucas as horas do dia, em que o fator de potência fica dentro do valor limite de 92% estabelecido pela Resolução 414/2010 da ANEEL.

A pior situação ocorre em dias não letivos, devido a poucas cargas ligadas na instituição e o alto consumo reativo gerado pelo transformador, devido a estar operando com pouca carga.

4.2.4 Análise do fator de carga

O fator de carga representa um uso racional e eficiente da energia elétrica, colocada à disposição do consumidor pela concessionária. É uma das informações mais importantes da fatura, estando diretamente ligado à forma de utilização de energia. O gráfico 4.7 apresenta os fatores de carga mensal do período analisado.

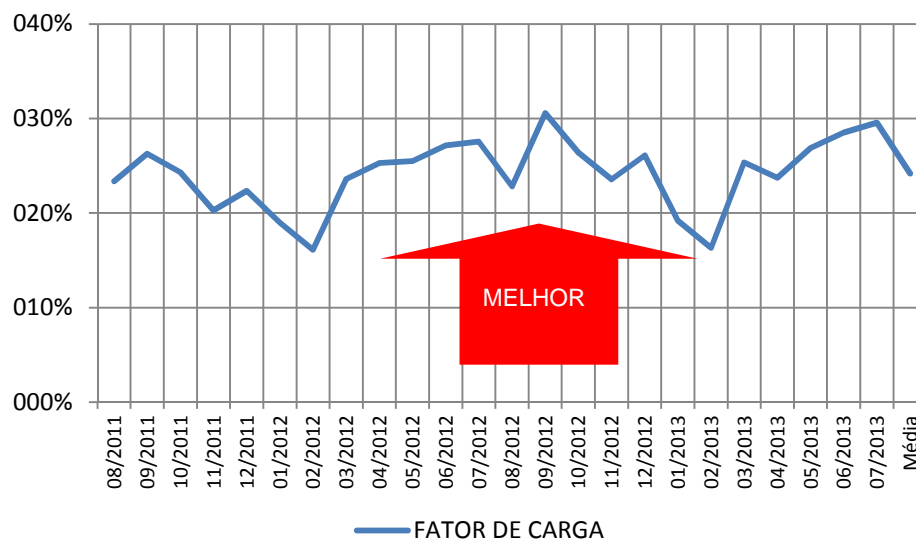


Gráfico 4.7 – Histórico do Fator de Carga da Instalação.

Fonte: Autor.

Observa-se que, os fatores de carga são baixos pelo uso concentrado da energia elétrica. A curva do fator de carga está relacionada diretamente com o período letivo, onde se tem o maior consumo, conseqüentemente um melhor fator de carga.

4.3 ANÁLISE DO PREÇO MÉDIO DE ENERGIA ELÉTRICA

O custo do consumo mensal se refere ao perfil de utilização de energia, sendo que quaisquer distorções ou inadequações em sua utilização impactam diretamente no valor da fatura de energia elétrica. Pode-se citar como exemplo de inadequações, o pagamento de demandas de ultrapassagem, de demandas pagas sem utilização, do pagamento de excedentes reativos, da inadequação do sistema tarifário entre outros. Estes fatores podem ser corrigidos diminuindo o custo da energia elétrica. O gráfico 4.8 apresenta os preços médios da energia elétrica no período analisado.

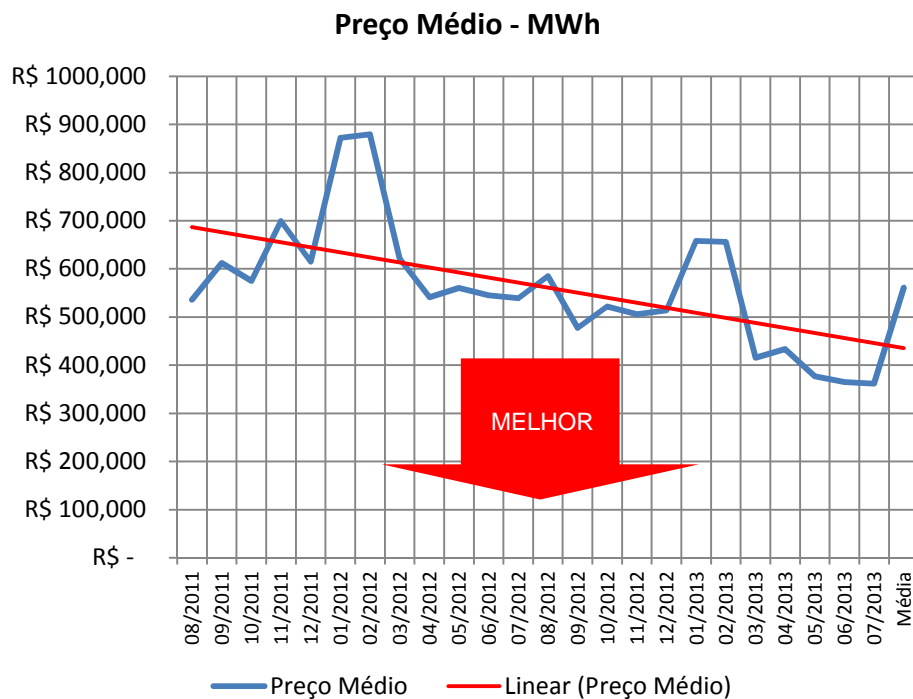


Gráfico 4.8 – Preço Médio do Mega Watt Hora.

Fonte: Autor.

Os valores apresentado foram calculados, conforme a equação seguinte:

$$\text{Preço médio (MWh)} = \frac{\text{Importe total da fatura de Energia (R\$)} \times 1000}{\text{Consumo de energia elétrica no mês (kWh)}} \quad \text{Eq.}[9]$$

Apesar da linha de tendência ser decrescente, não significa que houve uma diminuição no consumo de energia elétrica. Este fato se deve à redução do valor da tarifa em 2012, porém com o aumento ocorrido no mês de junho de 2013, a tendência é que haja um aumento do preço médio da energia da instituição, pois o consumo de energia elétrica aumentou em 1,93%. Nos meses de janeiro e fevereiro, o valor médio por MWh aumentou em função da redução de consumo, devido a se tratar de período de férias.

4.3.1 Análise dos Sistemas Tarifários

Conforme a Resolução da ANEEL nº 479, de 2012, no 4º ciclo de revisões tarifárias, a partir de julho de 2016, será extinta a modalidade convencional. A instituição, que atualmente é tarifada no sistema convencional, compulsoriamente terá que se enquadrar na modalidade tarifária horária azul ou verde.

Devido ao perfil de utilização de energia da instituição, aproximadamente 24% da energia elétrica consumida, ocorre do horário de ponta, onde o custo do MWh se torna mais caro. Utilizando-se os dados da memória de massa dos três últimos meses (maio, junho e julho de 2013), verifica-se que dos 40.880 kWh consumidos, foram utilizados 9.811 kWh (23,39% do total) em horário de ponta. A demanda máxima neste período foi de 68,63 kW. Na Tabela 4.3 é apresentado o perfil de consumo da energia elétrica da instituição por horário.

Tabela 4.3 – Perfil de Consumo de Energia Elétrica na Ponta e Fora de Ponta.

Consumo de Energia Elétrica (kWh)					
Consumo	Hora	Dia	Mês	Ano	(%)
Ponta	30,56	91,68	2750,39	33004,64	23,39%
Fora de Ponta	14,30	300,32	9009,62	108115,45	76,61%
Total		392,00	11760,01	141120,09	

Fonte: Autor, Baseado na Memória de Massa do Medidor de Energia.

Baseados nestas informações foram realizados as simulações do faturamento nos diferentes sistemas tarifários, possíveis de enquadramento da instituição. Não foram consideradas eventuais ultrapassagens de demanda e outras multas, bem como não foram considerados os valores de impostos.

4.3.2 Metodologia dos cálculos

A composição da fatura de energia elétrica para consumidores do grupo A é composta pelas parcelas referentes ao consumo de energia elétrica e demanda faturável conforme as seguintes tarifas:

- TE: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao consumo de energia;
- Tarifa de uso do sistema de distribuição – TUSD: valor monetário unitário determinado pela ANEEL, em R\$/MWh ou em R\$/kW, utilizado para efetuar o faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema.

Para simulações foram utilizadas as seguintes as seguintes formulas:

$$\text{Custo do Consumo de Energia } (p) = \text{Consumo de energia } (p) \times TE (p)$$

$$\text{Custo da Demanda } (p) = \text{Demanda Faturável } (p) \times TUSD(p)$$

$$\text{Fatura de Energia Elétrica} = \text{Custo do Consumo de Energia} + \text{Custo da Demanda}$$

Onde:

Consumo de energia (kWh);

Demanda faturável (kW);

p = indica posto tarifário, ponta ou fora de ponta, para as modalidades tarifárias horárias.

Conforme as metodologias apresentadas foram realizadas as simulações entre as modalidades tarifárias horárias, referente ao mês de julho, onde o consumo total de energia foi de 13.075 kWh, e a demanda faturável foi de 60,62 kW.

Considerando que 23,39% são consumidos na ponta, ou seja, 3.058,24 kWh e 10.016,75 kWh fora do posto horário de ponta. A demanda faturável será considerada a mesma para o posto horário fora e na ponta, correspondente ao valor da demanda contratada de 75 kW. Considerando os valores de tarifas atuais, nas equações seguintes são apresentados os cálculos para as modalidades disponíveis para a instituição.

- Convencional

$$\text{Consumo} = 13.075 * 0,15783 = 2057,74$$

$$\text{Demanda} = 75 * 18,45 = 1383,75$$

$$\text{Total Convencional} = 2057,74 + 1383,75 = R\$ 3.341,49$$

- Verde

$$\text{Consumo Ponta} = 3058,24 * 0,66828 = 2043,76$$

$$\text{Consumo Fora} = 10116,75 * 0,15027 = 1505,21$$

$$\text{Demanda} = 75 * 5,49 = 411,75$$

$$\text{Total Verde} = 2043,76 + 1505,21 + 411,75 = \text{R\$ } 3.960,73$$

- Azul

$$\text{Consumo Ponta} = 3058,24 * 0,23551 = 720,24$$

$$\text{Consumo Fora} = 10116,75 * 0,15027 = 1505,21$$

$$\text{Demanda Fora} = 75 * 5,49 = 411,75$$

$$\text{Demanda Ponta} = 75 * 17,99 = 1349,25$$

$$\text{Total Azul} = 720,24 + 1505,21 + 411,75 + 1349,25 = \text{R\$ } 3.986,46$$

No gráfico 4.9 pode-se observar a comparação entre os três sistemas tarifários, desde julho de 2012, até julho de 2013.

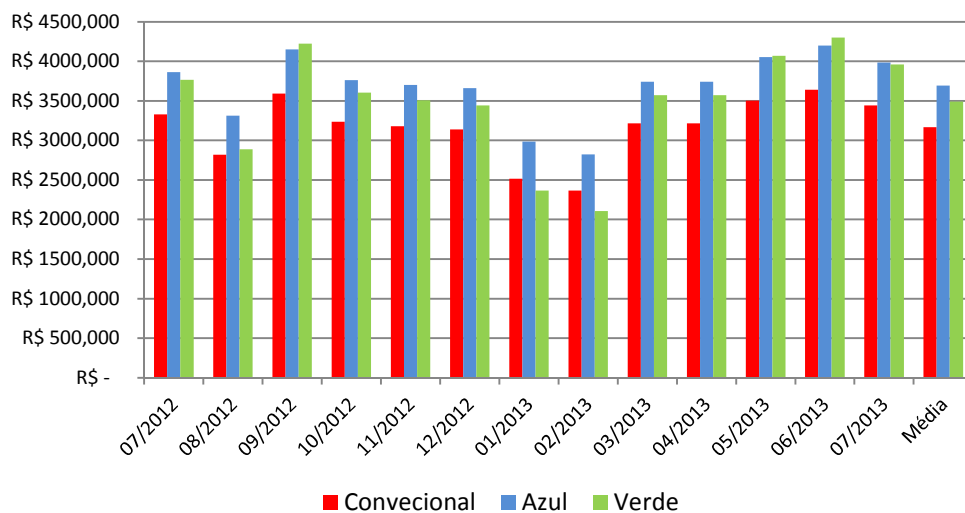


Gráfico 4.9 – Comparação entre Modalidades Tarifárias.

Fonte: Autor.

No sistema tarifário convencional, o valor da fatura médio mensal é de R\$ 3.168,68 com um preço médio de R\$ 279,38 por MWh. Na modalidade tarifária horária azul o custo médio é de R\$ 3.691,42 com um preço médio de R\$ 325,47 por MWh. Na modalidade tarifária horária verde o valor médio é R\$ 3.490,21 com um preço médio de R\$ 307,43 por MWh. O melhor sistema tarifário para a instalação é o atual (convencional), conforme pode ser observado no gráfico 4.10.

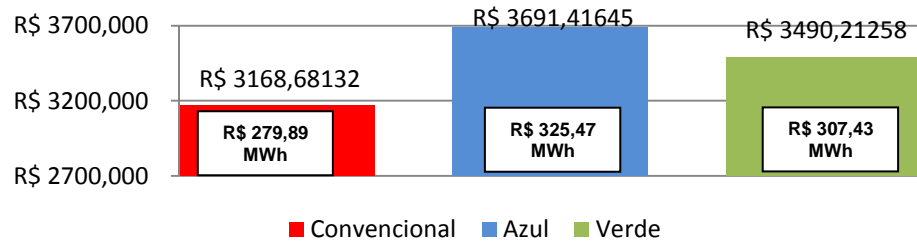


Gráfico 4.10 – Custo Médio por Modalidade Tarifaria.
Fonte: Autor.

Quando ocorrer a migração compulsória, para a modalidade tarifária horária azul ou verde, de acordo com o cenário atual, a modalidade mais vantajosa é tarifária horária verde.

Conforme a Resolução da ANEEL nº 479 de 2012, esta migração está prevista para ocorrer em julho de 2016, e será necessária uma nova simulação, em data próxima a ocorrer à mudança, para verificação do melhor modalidade de acordo com o perfil de utilização de energia elétrica da época.

4.3.3 Análise do faturamento do mês de agosto de 2013

O faturamento do mês de agosto de 2013 foi de R\$ 5.006,90 representando um preço médio de R\$ 520,84 por MWh. O gráfico 4.11 apresenta as destinações financeiras deste faturamento.

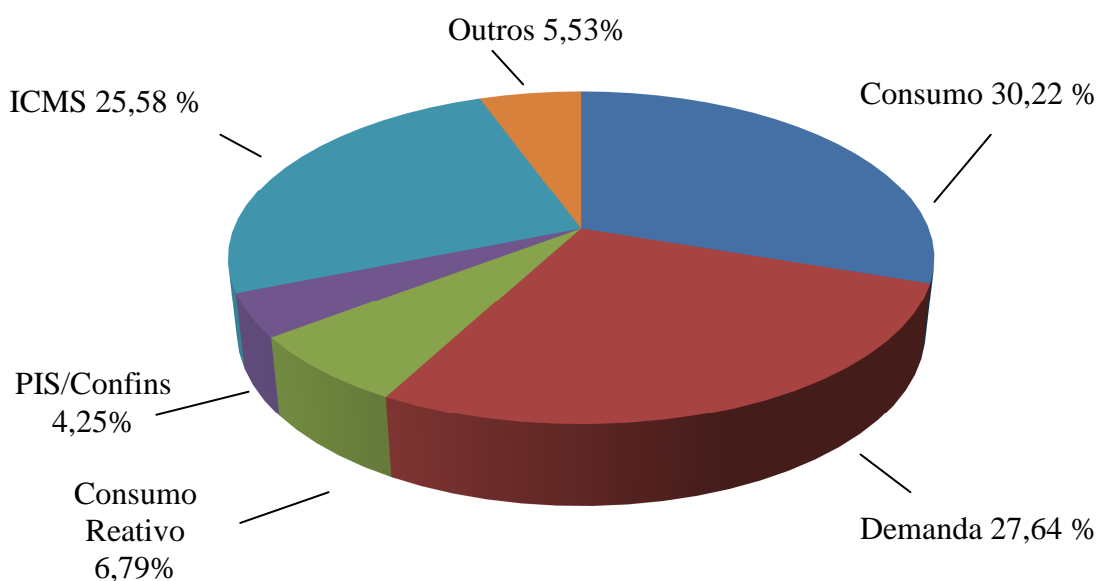


Gráfico 4.11 – Destinação Financeira Fatura de Energia Elétrica- Ago/2013.
Fonte: Autor.

No mês de julho, a instituição encontrava-se no período de férias escolares, fato que elevou o preço médio do MWh, em função da redução do consumo de energia elétrica. Pode-se observar que o consumo por excedentes reativos, representa 6,79% do valor da fatura de energia elétrica, sendo que este valor poderá ser suprimido através da instalação de capacitores para correção do fator de potência.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A definição do melhor sistema tarifário está relacionada com a maneira como a energia elétrica está sendo utilizada. Os estudos realizados na instalação e nos dados históricos do último ano, indicaram que dentre as possíveis modalidades tarifárias, a instalação está no melhor sistema tarifário (convencional). Também foi indicada a modalidade tarifária horária verde, como mais vantajosa, quando da extinção da modalidade convencional, em julho de 2016.

O fator de potência tem se situado abaixo dos 92% solicitados pela legislação, o que faz incidir multas à instalação, sendo necessária a correção do fator de potência da unidade. Também é possível a redução do valor da demanda contratada em 5 kW, a que também traria uma redução no valor do preço médio do kWh da instalação. O prazo para atendimento a solicitação de redução de demanda é de 180. Na instituição se faz necessário a implantação de um gerenciamento contínuo, com análises constantes nas faturas de energia, controlando e agindo rapidamente nas distorções do uso da energia.

5. PROPOSTAS E AÇÕES

5.1 ASPECTOS GERAIS

Na etapa de levantamento de campo foram definidas ações que visam à melhoria da eficiência energética da instalação. Neste capítulo serão apresentadas as ações realizadas, bem como, as definições de ações de médio e longo prazo possíveis de ser implementadas.

5.2 AÇÕES IMEDIATAS

5.2.1 Solicitação de senha de acesso ao sistema da COPEL

A COPEL proporciona aos seus clientes acesso às informações sobre o consumo de energia elétrica e sobre a fatura de energia elétrica, via *internet*, “Agência Virtual” em seu *site*, conforme a figura 5.1.

COPEL
Companhia Paranaense de Energia

Agência Virtual

Identificação

- Cliente
- Prestador
- Consultar Solicitação Serviços

Serviços ao Cliente

Digite o número da sua Unidade Consumidora (Identificação) e seu CPF ou CNPJ.
Os números devem ser digitados sem separação.

Unidade Consumidora:

Tipo do Documento: CPF CNPJ

Nº do Documento: ?

Entrar Limpar

Figura 5.1 – Agência Virtual COPEL
Fonte: COPEL, 2013.

Como a instituição não possuía a senha atribuída a este serviço, solicitou-se a COPEL a sua geração, que foi enviada via *e-mail*, possibilitando assim acesso as informações da unidade consumidora.

5.2.2 Substituição do medidor de energia elétrica

Na etapa de levantamento de campo foi identificado que o medidor de energia elétrica da instituição não possuía memória de massa. Isto significava um limitante no diagnóstico do perfil de utilização de energia elétrica, pois este tipo de equipamento não possibilita a consulta sobre a utilização de energia elétrica no decorrer do tempo, apenas o total consumido.

Conforme contato realizado a COPEL foi verificado a possibilidade da substituição do medidor sem memória de massa, por um medidor que possui memória de massa. Obteve-se uma resposta positiva, pois segundo a resposta da COPEL, todos os medidores que não possuem memória de massa, serão gradativamente substituídos, e o medidor do colégio, já estava com a substituição prevista e apenas seria priorizado. No dia 05/04/13, o medidor foi substituído por um medidor com memória de massa.

Cliente

- Página inicial
- Segunda via online
- Pagamento Homebanking
- Histórico de faturamento (R\$)
- Histórico de Consumo e Demanda (kW)
- Histórico de demanda sub e sobre contratada
- Histórico de pagamentos
- Gráfico demanda
- Gráfico energia ativa e reativa
- Gráfico fator de potência
- Impacto do consumo e demanda reativos
- Simulação de modalidade tarifária
- Simulação de faturas
- Memória de massa

Consulta Fichas de leitura

Consulte aqui as fichas de leituras da memória de massa

Dados Cadastrais

Nome: FUNDAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL
 CNPJ: 80810484000173
 Unidade Consumidora: 39771520
 Endereço: R. PEDRO FILA, 55
 Telefone: 4196943414
 Celular: 4196943414
 Fax:
 E-mail: diretoria@fundacen.com.br

Atenção

- A data inicial deve ser maior que a data 06/04/2013 13:55, pois esta é a primeira data disponível no banco

Data Inicial: 06/04/2013 13:55

**Figura 5.2 – Consulta a Memória de Massa do Medidor.
 Fonte: COPEL, 2013.**

Na figura 5.2 é apresentado a informação sobre o período disponível para consulta no banco de dados, a partir do dia 06/04/13 às 13h55min.

5.2.3 Readequação das salas de aulas com a quantidade de alunos

A divisão das salas de aulas era realizada de acordo com o curso, cada curso técnico no período noturno, ocupava um determinado pavimento do bloco. Foi observado em várias situações salas maiores com pouca quantidades de alunos, por falta de uma sala menor, em

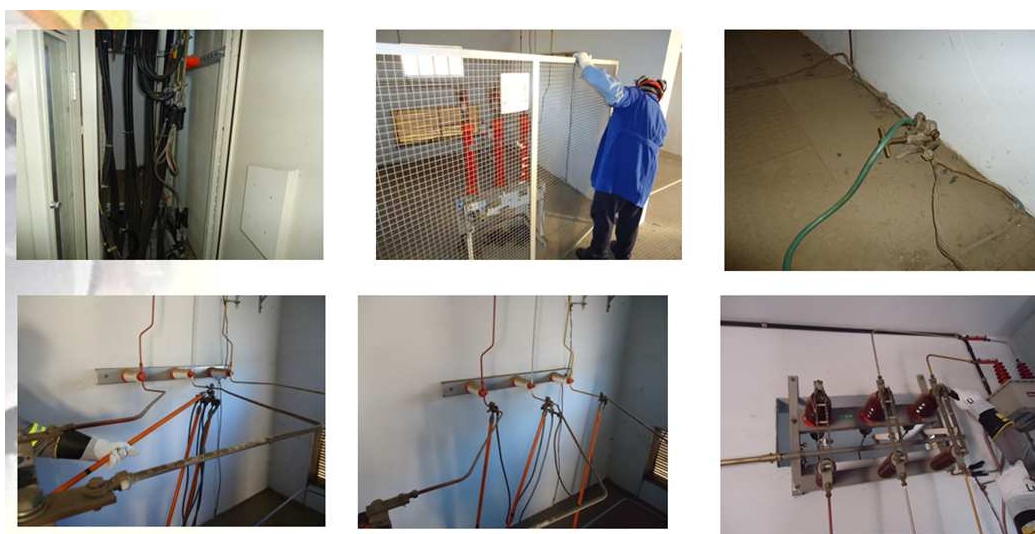
determinado bloco. Com foco na eficiência energética, este fato caracterizava um desperdício de energia, havendo uma grande quantidade de luminárias ligadas, para iluminar um ambiente, com uma quantidade pequena de alunos, e percebeu-se também que em alguns blocos haviam salas de aulas menores vazias. Foi realizado um mapeamento da quantidade de alunos que cada sala comportava, e no início do 2º semestre de 2013, as turmas foram realocadas em função da quantidade de alunos, conforme capacidade de cada sala de aula.

5.2.4 Manutenção da cabine de entrada de energia

Na etapa de levantamento de campo foi identificado a necessidade da realização de uma manutenção corretiva/preventiva na Cabine Primária de 13,8 kV do Colégio Técnico Industrial – FUNDACEN. Conforme informações e documentos, o registro da última revisão foi efetuado em 28 de junho de 1999.

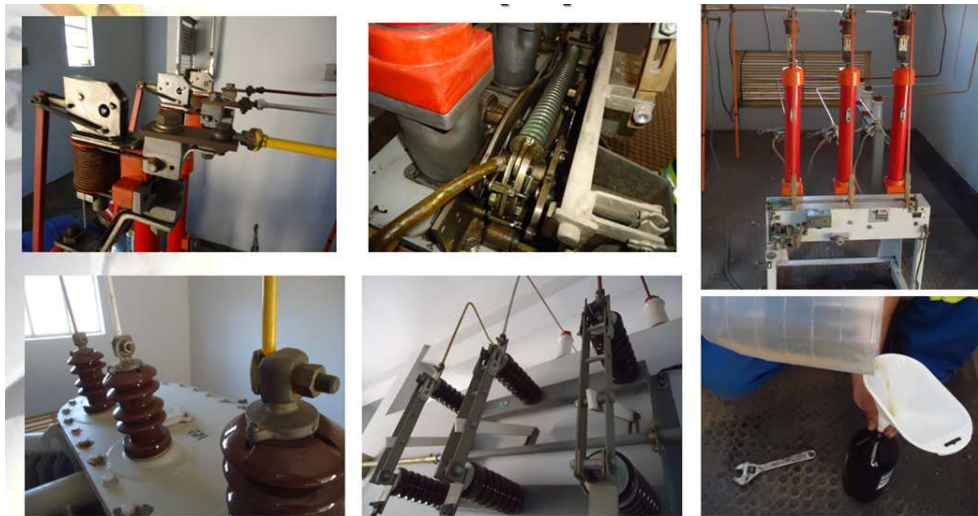
Uma vez que a cabine de entrada de energia é o componente principal no suprimento de energia elétrica da instituição, uma pane/defeito neste local ocasionaria a falta de energia elétrica em todo o colégio.

A execução dos trabalhos de manutenção da cabine primária foi realizada no dia 04 de maio de 2013 no horário das 8:00 às 11:30 horas. Na figura 5.3 são mostradas as fotos da etapa de limpeza que possibilitou a realização da manutenção.



**Fotografia 5.1 – Limpeza Cabine de Entrada de Energia.
Fonte: Autor.**

Na fotografia 5.2 são apresentadas resumidamente as atividades desenvolvidas na manutenção, como lubrificação, teste do relé do disjuntor ABB SACE, lubrificação com óleo nos conjuntos de comando mecânico e molas, e montagem do disjuntor após reparos. Foi também efetuado teste de torque em todas as conexões, a limpeza e lubrificação nos contatos das seccionadoras com “Penetrox” composto com partículas de zinco em suspensão em um fluido viscoso.



**Fotografia 5.2 – Manutenção Cabine de Entrada de Energia.
Fonte: Autor.**

5.2.5 Substituição das Lâmpadas incandescentes dos banheiros

Na etapa de levantamento de campo, foi identificado que as lâmpadas de alguns banheiros eram do tipo incandescente. Este tipo de lâmpada possui um consumo de W/m^2 maior ou lumem/Watt menor se comparada a outros tipos de lâmpadas. Por se tratar de uma ação simples, de retorno imediato, as lâmpadas foram substituídas por luminárias fluorescentes de 2x32 W, melhorando significativamente o nível de iluminação do ambiente bem como reduzindo o consumo de energia elétrica. Esta ação foi realizada em março de 2013.



a) Antes

b) Depois

Fotografia 5.3 – Lâmpadas e Luminária dos Banheiros.**Fonte: Autor.**

Ao todo foram substituídas 16 lâmpadas incandescentes de 150 W, por 16 luminárias fluorescentes de 2x32 W. Na tabela 5.1 é apresentado à comparação entre estes dois sistemas.

Tabela 5.1 – Comparativo Sistema de Iluminação Banheiros

Comparativo da Iluminação dos Banheiros		
	Antes	Depois
Equipamento	Lâmpada Incandescente	Lâmpada Fluorescente
Quantidade	16	16
Potência por luminária (W)	150	64
Potência Instalada (W)	2400	1101
Consumo ano (kWh)	4032	1849
Economia de energia / ano (kWh)		2183
Economia /ano (R\$)		1135

Fonte: Autor.

Houve uma redução de 1,3 kW na demanda da ponta e considerando 210 dia letivos no ano, a estimativa de economia de energia elétrica é de 1849 kWh/ ano. O custo total desta instalação foi de R\$1.530,00 considerando o preço médio do kWh como R\$ 0,52 , a economia proporcionada de R\$1.135,00 o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 17 meses.

5.2.6 Redução do valor da demanda

Também existia a necessidade de adequação da demanda contratada, de acordo com a necessidade da instituição. Conforme abordado no capítulo 4, item 4.2.2, de acordo com a

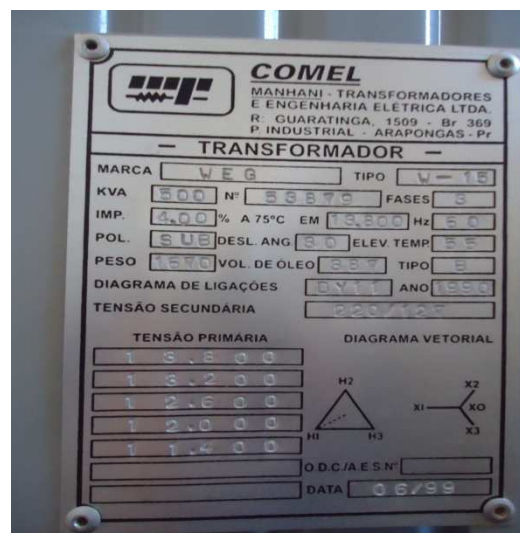
situação atual era possível a redução da demanda contratada em 5 kW, ou seja para 70 kW que, representa uma redução de 4% no custo da demanda contratada. Para possibilitar uma maior redução no valor da demanda contratada o ideal, e a redução do valor da demanda contratada, somada às ações de eficiência energética que reduzam o consumo de energia elétrica, conseqüentemente a demanda de energia.

5.3 AÇÕES DE MÉDIO PRAZO

5.3.1 Correção do fator de potência no transformador

Na instituição existia problemas referentes ao fator de potência, gerando um custo considerável na fatura de energia elétrica. Conforme abordado no capítulo 4, item 4.2.3, ocorre o pagamento de multas por excedentes reativos, e a estimativa que este custo anual, em função destas multas fique em torno de R\$ 3500,00 reais.

A correção do fator de potência, de maneira que fique dentro do valor 92%, pode ser realizada através da instalação de banco de capacitores. Como a medição é realizada no lado de alta, o fator de potência causado pela corrente de magnetização do transformador operando a vazio, é significativo e neste caso se faz necessário à correção no transformador.



Fotografia 5.4 – Dados de placa do transformador.
Fonte: Autor.

Através da memória de massa do medidor, foi possível constatar o valor do fator de potência e a corrente do transformador, quando está operando a vazio. Quando foi realizada a

manutenção na cabine primária, após a energização por parte da COPEL, o disjuntor geral da instituição permaneceu desligado por 15 min, com o medidor registrando apenas as grandezas relativas ao transformador. O valor da corrente a vazio do transformador é de 19,7 A, com fator de potência de 22%, representando um total de perdas a vazio de 1640 W. O capacitor necessário para correção do fator de potência causado pela corrente de magnetização do transformador operando a vazio foi dimensionado conforme cálculos abaixo:

$$I0\% = \frac{19,7}{(500000/220 * \sqrt{3})} * 100 = 1,49\%$$

$$Qc = \sqrt{\left(\frac{1,49 \times 500000}{100}\right)^2 - (1640)^2} = 7,26 \text{KVA}r$$

O valor comercial mais próximo é de 7,5 kVA_r, neste caso o valor do fator de potência será capacitivo de 1,009. Este capacitor poderá ficar ligado 24 horas por dia, ainda mantendo o fator de potência dentro dos limites estabelecidos pela ANEEL. A seguir são apresentados os cálculos para dimensionamento dos demais componentes da instalação do capacitor.

- Cálculo da corrente nominal do capacitor;

$$I_{ncap} = \frac{7,5k}{220 * \sqrt{3}} = 19,73 \text{ A}$$

- Cálculo do fusível;

$$I_{nFus} = 1,65 * 19,73 = 32,5 \text{ A}$$

O valor comercial do fusível a ser utilizado será de 35 A (gL/gG) (A)

- Dimensionamento do contator de manobra; a especificação do contator a ser utilizado deverá ser da categoria AC-6b, para uma corrente de 20 A.
- Dimensionamento dos condutores;
- Condutor PVC 70° C, maneira de instalar B1, FCA =1 e FCT =0,87

$$I_p = \frac{19,73 * 1,43}{1 * 0,87} = 32,42 \text{ A}$$

O condutor a ser utilizado será PVC de 16 mm², protegido por um disjuntor de 40 A, e será instalado na saída do transformador.

5.3.1 Correção do Fator de Potência para as Cargas

Para correção do fator de potência das cargas, foram adotados os seguintes procedimentos. Calculados o valor do fator de potência, considerando o capacitor instalado no transformador, sendo verificados os valores máximos da potência do capacitor, para cada hora entre 06:00 e 23:59, para um novo valor de fator de potência de 95%.

No gráfico 5.1, são apresentados os valores da potência do capacitor para correção do fator de potência para 95% a cada intervalo de uma hora, ordenado do maior valor da potência do capacitor até o menor valor.



Gráfico 5.1 – Potência do Capacitor, para Correção do Fator de Potência.
Fonte: Autor.

Os valores apresentados, se referem a maior potência do capacitor para cada hora, entre 06:00 e 23:59, horário de funcionamento do capacitor. Segue o exemplo do cálculo realizado:

- Considerado a pior situação, com uma demanda ativa de 61,42 kWh e uma demanda reativa de 36,68 kVAh:

$$Fp = \cos\left(\operatorname{atan}\left(\frac{(36,68 - 7,5)}{61,42}\right)\right) = 0,90$$

- Cálculo do capacitor.

$$Q_c = 61,42 \text{ k} * \{ \tan[\text{acos}(0,90)] - \tan[\text{acos}(0,95)] \} = 8,99 \text{ kVAr}$$

O valor comercial do Capacitor a ser utilizado será de 10 kVAr.

- Cálculo da corrente nominal do capacitor;

$$I_{ncap} = \frac{10k}{220 * \sqrt{3}} = 26,31 \text{ A}$$

- Cálculo do fusível;

$$I_{nFus} = 1,65 * 26,31 = 43,42 \text{ A}$$

O valor comercial do fusível a ser utilizado será de 50 A (gL/gG) (A)

- Dimensionamento do contator de manobra; a especificação do contator a ser utilizado deverá ser da categoria AC-6b, para uma corrente de 26,31 A.
- Dimensionamento dos condutores;
- Condutor PVC 70° C, maneira de instalar B1, FCA =1 e FCT =0,87

$$I_p = \frac{26,31 * 1,43}{1 * 0,87} = 43,24 \text{ A}$$

O condutor a ser utilizado será PVC de 16 mm², protegido por um disjuntor de 45 A. Deverá ser instalador um *timer* para o capacitor seja desligado no horário da madrugada das 00:00 as 06:00 da manhã, pois neste horário não é permitido exceder o limite de 92% do fator de potência capacitivo, e caso o capacitor permanecer ligado, o fator de potência ficará abaixo de 92% capacitivo. Na tabela 5.2 é apresentado o custo para instalação do capacitor no transformador, e capacitor para correção do fator de potência das demais cargas.

Tabela 5.2 – Orçamento Instalação do Capacitor

Orçamento Instalação Capacitor			
Quantidade	Unidade	Descrição	Preço (R\$)
1	pç	Capacitor Trifásico 10 kVAr /220 V	350
1	pç	Capacitor Trifásico 7,5 kVAr /220 V	250
1	pç	Contator AC6-B para 20 A	180
1	pç	Contator AC6-B para 26 A	180
20	m	Condutor PVC 16 mm ²	70
5	m	Condutor PVC 1,5 mm ²	3
1	pç	Disjuntor trifásico 45 A	85
1	pç	Disjuntor trifásico 40 A	85
1	pç	Rele Temporizador 1 a 30 Segundos/127 V	50
1	pç	Interruptor Horário- 1 saída	280
2	pç	Caixa Elétrica 300 x 200 x170	200
1	m	Trilho DIN	20
6	pç	Fusível gl/gG 16A	85
3	pç	Fusível gl/gG 35A	45
3	pç	Fusível gl/gG 50A	65
12	pç	Base para fusível NH00	105
8	pç	Conector Terminal para Cabo à Barra QAB	80
1		Mão de Obra	1200
		Total	3333

Fonte: Autor.

Considerando que a estimativa do custo anual, em função do pagamento de excedentes reativos é de R\$3.500,00, o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 12 meses.

5.3.2 Substituição das lâmpadas incandescentes e mista do laboratório de mecânica

O sistema de iluminação conta com lâmpadas incandescentes de 150 W e mistas de 160 W. O projeto propõe a instalação de lâmpadas fluorescentes compactas de 46 W, e a instalação de luminárias para diminuir o efeito do ofuscamento e maximizar o fluxo luminoso da lâmpada. As lâmpadas fluorescentes compacta de alta potência 46 W, possuem o fluxo luminoso equivalente a lâmpadas incandescentes de 160 W. Na fotografia 5.5 é apresentada a situação atual do local.



**Fotografia 5.5 – Iluminação Laboratório de Mecânica.
Fonte: Autor.**

Neste sistema foram identificados os seguintes problemas:

- Nível de iluminância inferior ao estabelecido pela NBR-8995-1-2013;
- Iluminância mínima exigida pela norma: 500 Lux;
- Iluminância média verificada nas áreas A3, A6 e A7 (locais onde as lâmpadas destinadas exclusivamente à iluminação das máquinas serão substituídas): 218 Lux;
- Deficiência de 56 % em iluminância;
- Nível elevado de ofuscamento visual;
- Baixa eficiência energética no sistema.

As principais causas dos problemas identificados se referem aos seguintes quesitos:

- Má distribuição das luminárias que comportam as lâmpadas fluorescentes;
- Uso de lâmpadas incandescentes que são dispositivos de baixa eficiência energética;
- Lâmpadas instaladas sem luminárias, causando grande ofuscamento visual.

Na tabela 5.3 é apresentado a comparação entre o sistema atual e o sistema proposto.

Tabela 5.3 – Comparativo Sistema de Iluminação Laboratório de Mecânica

Comparativo Iluminação Laboratório de Mecânica		
	Antes	Depois
Equipamento	Mista	Fluorescente / Compacta
Quantidade	20	20
Potência por luminária (W)	160	46
Potência instalada (W)	3200	922
Eficiência luminosa (Lm/W)	22	76
Consumo /ano (kWh)	5376	1549
Economia de energia / ano (kWh)		3827
Economia / ano (R\$)		1990

Fonte: Autor.

Esta ação possibilitará uma redução de 3,8 kW na demanda da ponta e considerando 210 dias letivos no ano, a estimativa de economia de energia elétrica é de 3827 kWh/ ano. Na tabela 5.4 são apresentados os detalhes da especificação e orçamento desta proposta.

Tabela 5.4 – Comparativo Sistema de Iluminação Laboratório de Mecânica

Orçamento do Projeto				
Descrição do Item	Vida Útil (horas)	Preço Máximo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Lâmpada fluorescente compacta 46 W, com selo PROCEL	6000	40	20	800,00
Luminária prismática acrílico 16 polegadas	87600	60	20	1200,00
Mão de obra		25	20	500,00
Total				2500,00

Fonte: Autor.

O custo total desta instalação está orçado em de R\$ 2500,00 considerando o preço médio do kWh de R\$ 0,52 o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 10 meses.

5.3.3 Substituição do sistema de iluminação externa

O sistema de iluminação externa é composto por 26 refletores instalados na cobertura dos blocos, 7 luminárias do tipo pétalas, todas com lâmpadas mistas com potência de 250 W. No período noturno (18:00 as 23:00 horas), funcionam todos os equipamentos de iluminação externa, e durante a madrugada, ficam ligadas apenas alguns setores, no total 6 refletores.

Nesta ação, é proposta a substituição das lâmpadas do tipo mistas de 250 W, por

lâmpadas do tipo vapor de sódio alta pressão 70 W. Na tabela 5.5, seguinte, e apresentado à proposta para substituição das lâmpadas dos refletores, mantendo a mesmo refletor.

Tabela 5.5 – Comparativo Sistema de Iluminação Externa

Comparativo Iluminação Externa		
	Antes	Depois
Equipamento	Mista	Vapor de Sódio
Quantidade	54	54
Potência por luminária (W)	250	70
Potência instalada (W)	13511	4590
Eficiência luminosa (lm/W)	22	86
Consumo /ano (kWh)	14186	4820
Economia de energia / Ano (kWh)		9367
Economia / ano (R\$)		4871

Fonte: Autor.

Considerando um funcionamento por 5 horas, esta ação possibilitara uma redução de 9,3 kW na demanda da ponta e considerando 210 dias letivos no ano a estimativa de economia de energia elétrica é de 9.367 kWh/ Ano. Na tabela seguinte 5.6 é apresentado o detalhamento dos custos e especificação dos materiais desta proposta.

Tabela 5.6 – Orçamento Substituição das Lâmpadas Mistas

Descrição do Item	Vida Útil (horas)	Preço Máximo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Lâmpada vapor de sódio alta pressão 70 W com selo PROCEL, E27	24000	25	54	1350,00
Reator eletromagnético VSAP 0070 W com selo PROCEL, externo, 220 V	87600	60	54	3240,00
Mão de obra	15	15	54	810,00
Total				5400,00

Fonte: Autor.

O custo total da substituição destas lâmpadas está orçado em de R\$ 5.400,00. Com o preço médio do kWh de R\$ 0,52 será proporcionado uma economia de R\$ 4.871,00 e o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 13 meses.

5.4 AÇÕES LONGO PRAZO

5.4.1 Substituição de lâmpadas e luminárias da iluminação interna

As cargas de iluminação interna requerem uma atenção especial, pois representam a maior parcela no consumo de energia elétrica e tratam-se em sua maioria de sistemas ultrapassados, sendo que não houveram atualizações tecnológicas destes equipamentos, luminárias de 2x65 W, desde o início das atividades da instituição, sendo uma boa oportunidade melhoria deste sistema. Os principais problemas encontrados são destacados a seguir:

- Sistema obsoleto;
- Reatores eletromagnéticos não encontrados facilmente no comércio e de difícil reposição;
- Reatores eletromagnéticos danificados com problemas;
- Lâmpadas no fim de sua vida útil com queimas constantes;
- Grande quantidade de lâmpadas apagadas/queimadas.

Foram verificados os níveis de iluminamento em todas as salas de aulas. Nas salas onde o nível de iluminamento, ficou abaixo da norma, foi constatado que haviam grande quantidade luminárias apagadas/queimadas, bem como a falta de manutenção (limpeza) das luminárias. A iluminação interna é composta pela seguinte quantidade de luminárias fluorescentes:

Tabela 5.7 Quantidade de Luminárias.

Quantidade de Luminárias Fluorescentes	
Tipo de Luminária	Quantidade
2xF65W	612
4xF40W	57
2xF40W	101
2XF20W	6

Fonte: Autor.

De acordo com norma NBR 8995-1- 2013, os requisitos para o planejamento da iluminação para sala de aula, noturna para adultos devem ser:

- Iluminância mantida = 500 Lux;
- Limite de ofuscamento Unificado = 19;

- Índice de reprodução de cor = 80.

As propostas apresentadas a seguir, atendem aos requisitos estabelecidos pela norma supramencionados.

5.4.1.1 Substituição das lâmpadas fluorescentes de 65 W

A proposta desta ação prevê a substituição das lâmpadas das luminárias de 2xF65 W e reatores eletromagnéticos, por lâmpadas fluorescentes tubulares de 32 W e reatores eletrônicos, mantendo a mesma distribuição e quantidade de luminárias. Para atendimento aos requisitos estabelecidos pela norma NBR 8995-1, a especificação da lâmpada deverá atender aos seguintes requisitos mínimos:

- Lâmpada fluorescente 32 W, trifósforo/standart, T8,
- Fluxo Luminoso ≥ 2750 lm;
- IRC $\geq 80\%$;
- Vida útil mínima = 7500 Horas;
- Comprimento = 1200 mm;
- Base G13.

A especificação do reator deverá atender aos seguintes requisitos mínimos:

- Reator Eletrônico 2xF32 W, 127/220 V;
- FP - Fator de Potência - FP $\geq 0,92$;
- THD - Distorção Harmônica Total - THD $\leq 15\%$;
- FF - Fator de Fluxo Luminoso e FF $\geq 0,90$;

Para determinação dos parâmetros para o cálculo luminotécnicos, foram considerados os seguintes Fatores:

- Teto claro – Reflexão 80%
- Parede clara - Reflexão 50%
- Piso médio – Reflexão 30%
- Fluxo Luminoso da lâmpada = 2750 Lumens (ϕ)
- Fator de utilização = 0,8 (Fu)
- Fator de manutenção = 0,85 (Fm)

A formula utilizada para o cálculo luminotécnico do sistema proposto e mostrada a seguir (SANTOS,2007,P.62):

$$E = \frac{2 * \phi * Fu * Fm * n^{\circ} \text{Luminárias}}{\text{Área}} = \text{Lux}$$

Na tabela 5.8 são apresentados os resultados considerando os tamanhos diferentes de salas existentes na instituição:

Tabela 5.8 Iluminância após substituição das lâmpadas

Iluminância Atual x Iluminância Projeto						
Sala/Tipo	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m²)	n° Luminárias	Iluminância- Atual (Lux)	Iluminância - Projeto (lux)
Tipo -1	6,35	4,8	30,48	4	659	512
Tipo-2	6,35	9,7	61,6	9	733	570
Tipo-3	6,35	9,6	60,96	8	659	512
Tipo-4	7,2	9,7	69,84	11	790	614
Tipo-5	7,2	11	79,2	10	671	502

Fonte: Autor.

Conforme apresentado na tabela 5.8, diminuiu a iluminância, porém se manteve dentro dos níveis mínimo estabelecido pela norma, (500 Lux). A lâmpada de 32 W apresenta um fluxo luminoso inferior ao da lâmpada de 65 W. A eficiência luminosa do sistema atual, também se encontra prejudicada devido a fatores tais como; a lâmpadas queimadas existentes nas salas de aulas, falta de limpeza das luminárias, e também devido ao fato das lâmpadas estarem no fim de sua vida útil, com a diminuição de sua eficiência. Na tabela 5.9, é apresentado à proposta para substituição destas lâmpadas.

Tabela 5.9 Comparativo substituição das lâmpadas 65 W

Comparativo da iluminação interna		
	Antes	Depois
Equipamento	Fluorescente 2xF65 W	Fluorescente 2xF32 W
Quantidade	612	612
Potência por luminária (W)	152	75
Potência instalada (W)	93024	45900
Demanda 50% (W)	46512	22950
Eficiência Luminosa (lm/W)	68	86
Consumo no ano (kWh)	68373	33737
Economia de Energia no ano (kWh)		34636
Economia ano (R\$)		18011

Fonte: Autor.

Foram considerando as perdas no reator eletromagnético de 20 W, no reator eletrônico de 3 W, uma taxa de utilização de 50% (demanda) e 210 dias letivos no ano. A substituição da lâmpadas de 65 W possibilitará uma redução de 14 kW na demanda da ponta e estima-se uma economia de energia elétrica de 34.636 kWh/ ano. Pode-se observar o custo total deste projeto, na tabela 5.10.

Tabela 5.10 Custo da substituição das lâmpadas 65 W

Orçamento do projeto				
Descrição do Item	Vida Útil (horas)	Preço Máximo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Lâmpada fluorescente 32 W, trifósforo/standart, T8, FL \geq 2750, IRC \geq 80%	7500	15	1224	18360,00
Reator eletrônico 2x32 W, FP \geq 0,92, THD \leq 15% e FF \geq 0,90	87600	30	612	18360,00
Mão de Obra		20	612	12240,00
Total				48960,00

Fonte: Autor.

O custo total da substituição destas lâmpadas, está orçado em de R\$ 48.960,00. Considerando que o preço médio do kWh é de R\$ 0,52 proporciona-se uma economia de R\$ 18.811,00 por ano e o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 33 meses. Após a implementação desta ação, será possível reduzir o valor da demanda contratada em 14 kW.

5.4.1.2 Substituição das luminárias fluorescentes de 4 x F40 W

Conforme medição do nível de iluminância, nas salas de aulas com luminária 4xF40 W, os valores encontrados, estão acima do valor estipulado pela norma. Para que o nível de iluminância do projeto fique dentro do valor estabelecido pela NBR 8995-1, a luminária escolhida para esta substituição será a fluorescente de 2xF32 W, mantendo a mesma distribuição e quantidade de luminárias, apenas substituindo as luminárias de 4xF40W.

A especificação da lâmpada deverá atender aos seguintes requisitos mínimos

- Lâmpada Fluorescente 32 W, trifósforo/standart, T8,
- Fluxo Luminoso \geq 2750;

- IRC $\geq 80\%$;
- Vida útil mínima = 7500 Horas;
- Comprimento = 1200 mm;
- Base G13.

A especificação do reator deverá atender ao seguintes requisitos mínimos:

- Reator Eletrônico 2xF32W, 127/220 V;
- FP - Fator de Potência - FP $\geq 0,92$;
- THD - Distorção Harmônica Total - THD $\leq 15\%$;
- FF - Fator de Fluxo Luminoso e FF $\geq 0,90$;

Para determinação dos parâmetros para o calculo luminotécnicos, foram considerados os seguintes Fatores:

- Teto claro – Reflexão 80%
- Parede claro - Reflexão 50%
- Piso médio – Reflexão 30%
- Fluxo luminoso lâmpada = 2750 Lumens (ϕ)
- Fator de utilização = 0,8 (Fu)
- Fator de manutenção = 0,85 (Fm)

A formula utilizada para o cálculo luminotécnico do sistema proposto é apresentada a seguir. (SANTOS,2007,P.62)

$$E = \frac{2 * \phi * Fu * Fm * n^{\circ} \text{Luminárias}}{\text{Área}} = \text{Lux}$$

Na tabela 5.11 são apresentados os resultados considerando os tamanhos diferentes das salas .

Tabela 5.11 Iluminância após substituição das lâmpadas.

Sala/Tipo	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m²)	n° Luminárias	Iluminância- Atual (Lux)	Iluminância - Projeto (Lux)
Tipo -1	6,35	4,8	30,48	4	774	521
Tipo-2	6,35	9,7	61,6	9	862	581
Tipo-3	6,35	9,6	60,96	8	774	521
Tipo-4	7,2	9,7	69,84	11	929	626
Tipo-5	7,2	11	79,2	10	745	502

Fonte: Autor.

Conforme apresentado na tabela 5.11, diminuiu a iluminância, porém se manteve dentro dos níveis mínimo estabelecido pela norma, (500 Lux). Este fato está relacionado, ao sistema atual estar dimensionado para um valor de iluminância acima da valor previsto pela norma. Na tabela 5.12, seguinte, é apresentado o comparativo do sistema atual com o sistema proposto.

Tabela 5.12 Comparativo substituição das luminárias 4x40W

Comparativo iluminação interna		
	Antes	Depois
Equipamento	Fluorescente 4x40W	Fluorescente 2x32W
Quantidade	57	57
Potência por luminária (W)	180	75
Potência Instalada (W)	10260	4275
Demanda 50% (W)	5130	2138
Eficiência Luminosa (lm/W)	65	86
Consumo no ano (kWh)	7541	3142
Economia de Energia no ano (kWh)		4399
Economia no ano (R\$)		2287

Fonte: Autor.

Considerando as perdas no reator eletromagnético de 20 W e no reator eletrônico de 3 W, e uma taxa de utilização de 50% (demanda) e 210 dias letivos no ano, esta ação possibilitará uma redução de 1,8 kW . A estimativa de economia de energia elétrica é de 2.608 kWh/ ano. Pode-se observar o custo total deste projeto, na tabela 5.13.

Tabela 5.13 Custo da substituição das luminárias 4 x40 W

Orçamento do Projeto				
Descrição do Item	Vida Útil (horas)	Preço Máximo (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Lâmpada fluorescente 32 W, trifósforo/standart, T8, FL \geq 2750, IRC \geq 80%	7500	15	114	1710,00
Reator eletrônico 2x32 W, FP \geq 0,92, THD \leq 15% e FF \geq 0,90	87600	30	57	1710,00
Luminária de sobrepor 2xF32W		60	57	3420,00
Mão de Obra		20	57	1140,00
Total				7980,00

Fonte: Autor.

O custo total desta ação está orçado em de R\$ 7.980,00. Considerando o preço médio do kWh de R\$ 0,52 que proporciona se uma economia de R\$ 2.287,00 por ano o *payback* simples desta ação ocorrerá em aproximadamente 30 meses.

5.5 RESUMO DAS AÇÕES

As ações de substituição dos sistemas de iluminação, além de proporcionar uma economia no consumo de energia elétrica, também proporcionaram uma redução no valor da demanda utilizada, que não foi considerada no cálculo do retorno do investimento das ações apresentadas. Na tabela 5.14, é apresentada uma síntese das ações propostas, considerando as economias e investimento de cada ação e considerando a redução no valor da demanda contratada, que neste caso fará com que o retorno do investimento aconteça em menor tempo.

Tabela 5.14 Resumo da ação propostas

Resumo da Ações					
Item	Economia de Energia (kWh)	Redução da Demanda (kW)	Investimento (R\$)	Economia Energia (R\$)	Economia Demanda (R\$)
Iluminação Banheiros	3827	2,1	1530	1135	464,94
Iluminação Laboratório Mecânica	3827	4	2500,00	1990	841,32
Iluminação Externa	9367	9,3	5400	1530	2059,02
Iluminação Interna	37778	17	56940,00	20298	3785,94
Total	54799	32	66370	24953,21	7151,22

Fonte: Autor.

Após implementação desta ações, o valor da demanda contratada poderá ser reduzida em 32 kW, que proporcionará uma economia anual de R\$ 7.151,22. Considerando o valor total do investimento das ações no sistema de iluminação, que é de R\$ 66.370,00, e a estimativa da economia total que é de R\$ 32.104,00 o *payback* simples destas ações será de 25 meses.

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como a principal carga se refere à iluminação, as ações que causam maior impacto no consumo de energia elétrica são neste segmento, iluminação. Além do apelo energético nas propostas de melhoria do sistema de iluminação, existem outros benefícios, trazidos por estas ações, tais como: melhoria do nível de iluminamento, maior confiabilidade e maior intervalo de manutenção, considerando que as lâmpadas atuais já se encontram com elevadas horas de utilização. A correção do fator de potência não é uma ação de eficiência energética, pois não

reduz significativamente o consumo de energia, apenas reduz a perdas, pois a corrente elétrica é reduzida, porém impacta diretamente do preço da energia, sendo um problema de fácil solução. As ações de longo prazo não estão aprovadas, e requerem um planejamento mais apurado porém servem de base para implementação de possíveis editais da concessionária de energia referentes à de programas de eficiência energética.

6. CONCLUSÃO

6.1 ASPECTOS GERAIS

O custo da energia elétrica tem influência direta na lucratividade e competitividade das empresas. Medidas que visam a melhor utilização da energia elétrica também possuem um aspecto de sustentabilidade, então pode-se definir a eficiência energética conforme a seguinte equação:

$$\textit{Eficiência Energética} = \textit{Lucratividade} + \textit{Sustentabilidade}$$

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram relacionados conceitos sobre eficiência energética, tarifação de energia elétrica, correção do fator de potência, iluminação, medições de grandezas elétricas, dentre outros. De uma forma geral, estes conceitos, relacionados na teoria, e utilizados na aplicação prática, enriqueceram e complementaram o conhecimento adquirido ao longo do curso. As principais ponderações sobre este trabalho são apresentadas nos próximos itens.

6.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS

A grande dificuldade encontrada para realização desse trabalho foi encontrar uma empresa/instituição que servisse de laboratório para o desenvolvimento da teoria onde fosse possível aplicar grande parte dos conceitos deste trabalho.

Outra dificuldade foi o entendimento sobre os aspectos técnicos relacionados à área da iluminação, em função da recente alteração na norma de iluminação de interiores.

Também houve dificuldades no acesso às informações sobre o perfil da utilização de energia, pois o medidor da instituição até então não possuía memória de massa, impossibilitando o acesso a estas informações, este problema foi resolvido com a instalação pela COPEL de um medidor com memória de massa.

6.3 COMPROVAÇÃO DOS PROBLEMAS, PREMISSAS E OBJETIVOS

A proposta desse trabalho de analisar o perfil do consumo de energia elétrica da instituição e apresentar ações visando à redução no consumo de energia elétrica e o aumento da eficiência energética, em consonância com as características e necessidades da instituição foi atingida com o desenvolvimento dos seguintes capítulos:

- Capítulo 3: com o levantamento de campo e informações referente ao perfil da carga, e utilização da energia elétrica na instituição;
- Capítulo 4: através da análise das faturas de energia elétrica, verificou-se as possíveis distorções existentes e o foi realizado as simulações das modalidades tarifárias.

Os objetivos específicos foram atendidos com a revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2 e no capítulo 5, foram apresentadas as ações realizadas no desenvolvimento do trabalho, e as ações de médio e longo prazo, que visaram à redução no consumo de energia elétrica e o aumento da eficiência energética.

6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONTRIBUIÇÃO DA MONOGRAFIA

Este trabalho procurou contribuir com os profissionais que atuam com a gestão da energia elétrica, dentro de uma organização/sistema e especialmente para os gestores da própria instituição, pois foram apresentados os principais problemas relacionados com a utilização de energia e as ações visando à eficiência energética.

Os principais resultados alcançados com o presente trabalho:

- Aplicação dos conhecimentos técnicos adquirido no curso;
- Conhecimento mais abrangente sobre análise tarifária;
- Conhecimento mais abrangente sobre correção do fator de potência;
- Conhecimento sobre aspectos relacionados à eficiência energética.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos nesta monografia, foi proposto para a instituição a redução do valor da demanda contratada, foi indicada a modalidade tarifaria mais adequada quando da migração para a modalidade tarifária horária azul ou verde em 2016, foram implementadas

ações para redução do consumo de energia elétrica e foram propostas ações para melhoria do sistema de iluminação visando a eficiência energética, possibilitou aos gestores, o diagnóstico sobre a utilização de energia elétrica na instituição.

6.7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros a serem desenvolvidos sugere-se:

- Realizar a análise após a instalação do capacitor para correção do fator de potência, para comparação e comprovação dos resultados obtidos;
- Realizar a análise após a migração para a modalidade tarifária horária azul ou verde, para verificação e comprovação sobre a melhor modalidade tarifaria considerando as características e necessidades da instituição na atualidade;
- Realizar o estudo da viabilidade técnica e econômica da substituição do sistema de iluminação interna atual, para luminárias de LED's.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção. **A Situação da Manutenção no Brasil no Ano de 2011: Documento Nacional.** Disponível em: <http://www.abraman.org.br/docs/DocNacional-2011.pdf> Acesso em 22 de Fevereiro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-ISSO/CIE 8995-1:Iluminação de Ambientes de Trabalho Parte 1 : Interior.** São Paulo, 2008.

ANEEL, Módulo 7: **Estrutura tarifária das concessionárias de distribuição** Brasília, ANEEL, 2012

ANEEL, Módulo 8: **Qualidade da energia elétrica,** Brasília, ANEEL, 2012

BARROS, Benjamim Ferreira de. BORELLI Reinaldo. GEDRA, Ricardo Luis. **Gerenciamento de energia.** 1.ed. São Paulo:Érica,2011.pp 103-105-129-131.

BARROS, Benjamim Ferreira de. GEDRA, Ricardo Luis. **Cabine primária: subestação de alta de consumidor.** 2.ed. São Paulo:Érica,2011.pp 78.

CUSTÓDIO, Mauro Gonçalo Guerreiro. **Eficiência energética em edifícios escolares.** 2011, 106f. Dissertação apresentada à Universidade Técnica de Lisboa, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica, Lisboa, 2011.

FILHO, João Mamede, **Instalações elétricas industriais,** Editora LTC, 6.ed. Ed.,Rio de Janeiro,1995.

GUERRINI, Délio Perreira. **Iluminação: teoria e projeto.** 2.ed.-São Paulo:Editora Érica,2008. pp 57-58-78.

GIL, A. C., **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas, 3ªed., São Paulo, 2002.

GOBER, Cristiano José; SILVA, Luís Carlos Santos da; SANTOS, Rogério José dos. **Aplicação de ferramentas computacionais para definição de uma metodologia de gestão da manutenção.** 2008, 132f. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso Superior de Tecnologia em Gestão Comercial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MANZANO, André Luiz N.G. **Estudo dirigido de microsoft excel** 2013. ed.1.São Paulo – Editora Érica. 208.

MARTINHO, Edson. **Distúrbios da energia elétrica**. 2. ed.-São Paulo:Érica,2009.pp72-73-77.

Manual de Eficiência Energética na Indústria. COPEL. 1.ed.2005.p44.

Ministério das Minas e Energia/Eletróbras/Procel Indústria. “Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso”. Rio de Janeiro 2005. Disponível em <http://www.eletrabras.com/pci/main.asp>.

Ministério das Minas e Energia/Eletróbras/Procel Indústria. “Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso Classe Instituição de Ensino”. Rio de Janeiro 2005. Disponível em <http://www.eletrabras.com/pci/main.asp>

Ministério das Minas e Energia. “Balanço Energético Nacional (BEN)”. Brasília, 2008. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/>. Acessado em 21 de março de 2012.

MICHAELIS. Moderno Dicionário da Língua Portuguesa, 2012 Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br>> Acesso em: 20 mar. 2013, 17:15.

PANESI, Andre R. Quinteros., **Fundamentos de eficiência energética**, Editora Ensino Profissional, São Paulo -2006.

Preço de Tarifas. Disponível em <http://www.copel.com/hpcopel>, acessado em 02 de maio de 2013.

Resolução Normativa Nº 414, De 9 De Setembro De 2010. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>. Acessado em 14 de abril de 2013.

Resolução Normativa Nº 479, De 3 De Abril de De 2012. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf>. Acessado em 14 de abril de 2013.

Resenha Mensal do Mercado de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Forms/EPEResenhaMensal.aspx>. Acessado em 21 de março de 2013.

SANTOS, Flávia Maria de Moura **Análise de desempenho térmico e lumínico em uma escola pública na cidade de Cuiabá**: Dissertação apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Física e Meio Ambiente, Cuiabá, 2008. p 103.

Site : <http://agencia.copel.com/AgenciaWeb/> - Acesso em Agosto 2013

Site : <http://www.apsengenharia.com.br/> - Acesso em Novembro 2012.

SILVA, E. L, MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4ªed. Florianópolis: LED/ PPGE/UFSC, 2005.

SÓRIA, Ayres Francisco da Silva, FILIPINI, Fábio Antonio. **Eficiência energética**. ed. 22. Curitiba, Editora Base, 2010. p 100-101-103-107.

Padilla, Julian Villelia, **Como elaborar projetos de iluminação industrial visando à redução do consumo de eletricidade**. Artigo publicado na revista O Setor Elétrica edição nº 52.

WALENIA, Paulo Sérgio. **Projetos elétricos industriais**. ed.22. Curitiba, Editora Base, 2010. p 97.

WEG – **Curso de Correção do Fator de Potência CA**, Apostila 2012.

Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**/ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Comissão de Normalização de Trabalhos Acadêmicos. - Curitiba: UTFPR, 2008. 122 p.

ANEXO A

CONCEITOS ADICIONAIS.

1 POTÊNCIA ELÉTRICA

1.1 Potências Aparente, Ativa e Reativa

A potência absorvida da rede é a potência aparente (S), que é composta pela soma da potência ativa (P) com a potência reativa (Q), conforme figura seguinte (WEG, 2011, p.8):

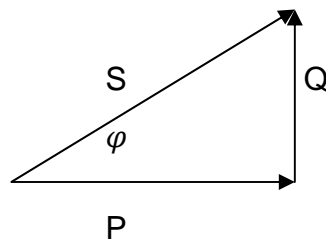


Figura A.1 – Triângulo das Potências

Fonte: Adaptado do Livro Instalações Elétricas Industriais, Filho,2011, p.161 .

A potência aparente é o resultado da multiplicação da tensão pela corrente em sistemas monofásicos, e para sistema trifásico é dada pela seguinte equação :

$$S = V * I * \sqrt{3}$$

S = Potência Aparente (VA);

V = Tensão de Linha (V);

I = Corrente de Linha (A).

A potência ativa é a parcela da potência aparente que realiza trabalho, ou seja que é transformada em energia, em sistemas trifásicos é dada pela seguinte equação :

$$P = V * I * \sqrt{3} * \cos \varphi$$

P = Potência Ativa (W);

V = Tensão de Linha (V);

I = Corrente de Linha (A);

$\cos \varphi$ = Ângulo Formado entre Potência Ativa e Potência Aparente.

A potência reativa é a parcela da potência aparente que não realiza trabalho, é apenas transferida e armazenada nos elementos passivos (capacitores e indutores) do circuito, em energia, em sistemas trifásicos são dadas pela seguinte equação:

$$Q = V * I * \sqrt{3} * \sin \varphi$$

Q = Potência Ativa (Var);

V = Tensão de Linha (V);

I = Corrente de Linha (A);

$\sin \varphi$ = Ângulo.

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$\cos \varphi$ = Fator de Potência;

P = Potência Ativa;

S = Potência Aparente.

O fator de potência de referência “fR”, indutivo ou capacitivo, tem como limite mínimo permitido, para as unidades consumidoras, o valor de 92% (ANEEL,2010,p.54), desta forma o sistema elétrico é otimizado, pois reduz a energia reativa nas linhas e cabos elétricos, aumentando a disponibilidade de potência ativa no sistema, já que a energia reativa limita a capacidade de transporte de energia útil.

1.2 ESTRUTURA TARIFÁRIA

1.2.1 Tensão de Fornecimento

Conforme a Resolução nº 414 da ANEEL, os consumidores são divididos em:

a) Consumidores do grupo A (Alta Tensão - primária): Consiste dos consumidores ligados em tensões iguais ou superiores a 2,3KV, subdivididos em:

- Subgrupo A1: 230kV ou mais;
- Subgrupo A2: 88kV a 138kV ;
- Subgrupo A3: 69kV;
- Subgrupo A3a: 30kV a 44kV ;
- Subgrupo A4: 2,3kV a 25kV;
- Subgrupo AS: Subterrâneo (Redes elétricas subterrâneas) .

b) Consumidores do grupo B (Baixa Tensão- secundária): Consiste dos consumidores ligados em tensão inferior a 2,3kV (110, 220 e 440V), subdivididos em:

- Subgrupo B1: Residencial e Residencial de Baixa Renda;
- Subgrupo B2: Rural, Cooperativa de Eletrificação Rural e Serviço Público de Irrigação;
- Subgrupo B3: Demais Classes;
- Subgrupo B4: Iluminação Pública.

O enquadramento no grupo A ou B é definido de acordo com a carga instalada e a demanda a ser contratada pelo consumidor, Desde que haja viabilidade técnica para o atendimento e acordo de conveniência técnica, conforme critérios apresentados no quadro seguintes:

Tensão – (V)	Carga Instalada -kW	Demanda -kW
Secundária	Inferior a 75 kW	Inferior a 75 kW
Primária -Inferior a 69 kV	Superior a 75 kW	Até 2500kW
Primária - Superior 69 kV	Superior a 75 kW	Acima de 2500 kW

Quadro A..1 –Enquadramento Grupo A ou B e Tensão de Fornecimento.

Fonte: ANEEL,2010.

1.2.2 Modalidades Tarifárias

Conforme a resolução nº 414 da ANEEL , o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e demanda de potência ativas, são caracterizadas considerando as seguintes modalidades:

- Modalidade tarifária convencional monômnia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;

- Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia;
- Modalidade tarifária convencional binômica: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia;
- Modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
- Modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia;

Conforme a determinação da ANEEL, as unidades consumidoras com demanda contratada mensal maior ou igual a 150 kW devem ser enquadradas na Modalidade tarifária horária azul ou verde em até 12 (doze) meses dos prazos previstos na resolução 479 , que no caso da distribuidora de energia elétrica do estado do Paraná, Copel expirou em Junho de 2013. As unidades consumidoras com demanda contratada mensal menor do que 150 kW devem ser enquadradas na modalidade tarifária horária azul ou verde até Junho de 2016, no caso de consumidores da concessionária de energia elétrica do Estado do Paraná, Copel.A composição da tarifa(valor monetário estabelecido pela ANEEL, fixado em R\$ (Reais) por unidade de energia elétrica ativa ou da demanda de potência ativa) sendo composta de acordo com a modalidade tarifária, apresentado no quadro seguinte :

Para a demanda de potência (kW)	Convencional Binômica	Verde	Azul
Tarifa única para a demanda de potência (R\$/kW)	X	X	
Uma tarifa para o posto tarifário ponta (R\$/kW)			X
Uma tarifa para o posto tarifário fora de ponta (R\$/kW)			X
Para o consumo de energia (MWh)	Convencional Binômica	Verde	Azul
Tarifa única para o consumo de energia (R\$/MWh)	X		
Uma tarifa para o posto tarifário ponta (R\$/MWh)		X	X
Uma tarifa para o posto tarifário fora (R\$/MWh)		X	X

QuadroA.2 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica.
Fonte: Resolução ANEEL 414 de 2010.

1.2.3 Enquadramento

Conforme a Resolução nº 414 da ANEEL os consumidores pertencentes ao grupo A podem ser enquadrados nas modalidades tarifárias, convencional binômia, azul ou verde de acordo com os seguintes critérios:

- Modalidade tarifária horária azul, aquelas com tensão de fornecimento igual ou superior a 69 kV;
- Modalidade tarifária horária azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada igual ou superior a 300 kW;
- Modalidade tarifária convencional binômia, ou horária azul ou verde, de acordo com a opção do consumidor, aquelas com tensão de fornecimento inferior a 69 kV e demanda contratada inferior a 300 kW.

Tensão (kV)	Convencional Binômia	Verde	Azul
Inferior a 69 (kV)	X	X	X
Igual ou superior a 69 (kV)			X
Demanda (kW)	Convencional Binômia	Verde	Azul
Inferior a 300 kW	X	X	X
Superior a 300 kW		X	X

Quadro A.3 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica.

Fonte: Resolução ANEEL 414 de 2010.