



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Otimização energética num mercado municipal: processo de M&V e resultados alcançados

J. Haddad	R. A. Yamachita	E. C. Guardia
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI
jamil@unifei.edu.br	akira@unifei.edu.br	eduardo.guardia@unifei.edu.br
P. T. A. Cruz	L. C. F. Porto	P. A. Leonelli
Ministério de Minas e Energia - MME	Ministério de Minas e Energia - MME	Ministério de Minas e Energia - MME
paulo.cruz@mme.gov.br	lporto@mme.gov.br	pleonelli@mme.gov.br

Palavras-chave

Eficiência Energética
Medição e Verificação
Mercado Municipal

Resumo

Este artigo busca apresentar os resultados obtidos com a execução de um serviço de diagnóstico energético, projeto e execução de modernização energética de um mercado municipal de uma cidade de Minas Gerais. Durante a execução deste projeto foram realizadas medições antes e após o término das obras, este processo de medição (M&V) teve como objetivo a verificação dos ganhos energéticos auferidos.

Este projeto teve o seu início em janeiro de 2007 e o término em fevereiro de 2008. Com a implementação deste projeto obteve-se uma redução no consumo de energia elétrica, e também, proporcionou maior segurança à operação elétrica e ao público freqüentador do mercado.

Este projeto foi realizado em parceria com o Ministério de Minas e Energia – MME, através de um convênio com a Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá – FAPEPE e contou com o suporte técnico do Centro de Excelência em Eficiência Energética - EXCEN, da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. O EXCEN, inaugurado em dezembro de 2006, tem como objetivo disseminar informações sobre o tema Eficiência Energética através de treinamentos, desenvolvimento de pesquisas, projetos e metodologias.

1. Introdução

A vida hoje seria praticamente impossível sem o conforto e o bem-estar proporcionado pela energia elétrica. A sua produção necessita cada vez mais de investimentos em infra-estrutura para a construção de novas unidades geradoras e linhas de transmissão, pois no Brasil, o consumo de energia elétrica vem aumentando a cada ano. Isso acontece porque o Brasil precisa crescer, mas parte é caracterizada pelo desperdício de energia.

Uma preocupação maior com relação à eficiência energética começou com a crise do petróleo nos anos 70. Vários países industrializados organizaram-se e fundos significativos foram levantados para investimentos em projetos de eficiência energética e fontes renováveis de energia. O objetivo era garantir o suprimento de energia, diminuindo-se a dependência do petróleo e seus derivados, contribuindo para o crescimento do setor produtivo nacional. No final dos anos 80, o impacto das emissões de poluentes, principalmente as oriundas da queima de combustíveis, na variação climática global, tornou-se uma preocupação mundial. Esta preocupação e alternativas de solução foram amplamente discutidas no encontro internacional realizado em 1992, na cidade do Rio de Janeiro; posteriormente, na cidade japonesa de Kyoto, firmou-se um acordo internacional, através do qual os países signatários estabeleceram metas de redução de emissões de CO₂.

Para se atingir estas metas sem comprometer o nível de produção industrial e o atual nível de conforto propiciado à sociedade pelo uso da energia, tornaram-se imprescindível uma maior eficiência em toda a cadeia energética, isto é, desde a produção de energia até seu uso final, bem como uma maior participação de fontes renováveis de energia na matriz energética. O desenvolvimento do Brasil, que todos desejamos, também demandará, como nos anos anteriores, um aumento na oferta de energia em taxas percentuais maiores do que a do próprio crescimento econômico medido, por exemplo, através do Produto Interno Bruto - PIB.

O ciclo saudável e virtuoso onde o aumento da atividade econômica e do crescimento do PIB aliado ao aumento da renda per capita, gera um aumento no consumo de energia. Para atender esse aumento, é necessário o investimento na ampliação da oferta de energia, mas independente de oferecer mais energia, os recursos alocados deverão cada vez mais ser usados de maneira mais eficaz. Assim, o combate ao desperdício de qualquer forma de energia ganha suma importância face à urgência do aumento da oferta de energia elétrica, tanto em termos de resultados de curto prazo, a um custo competitivo em relação à ampliação da oferta através da construção de novas usinas, quanto em relação ao longo prazo.

Desta forma, este artigo apresenta o projeto que buscou obter ganhos energéticos em um mercado municipal de uma cidade mineira através da implementação de um diagnóstico energético, que resultou numa redução no consumo de energia elétrica. Este projeto foi acompanhado pelo Centro de Excelência em Eficiência Energética – EXCEN, da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, com apoio da Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão de Itajubá – FAPEPE e do Ministério de Minas e Energia.

2. O Mercado Municipal

Esse mercado municipal foi construído na década de 50 e sua edificação arquitetônica é dotada de corpo central retangular, dois dos lados opostos configuram um semi-círculo cada, evidenciando uma preocupação com a circulação interna, concebida em forma de “O”, dotada de pequenas ramificações intermediárias.

Sobre as áreas de circulação existem vãos envidraçados que permitem o aproveitamento de luz natural em quase toda a área interna. Nas duas extremidades internas existem clarabóias, sendo que uma delas está coberta por telhas de amianto e a outra está aberta.

A edificação ocupa uma quadra inteira da praça, tendo quatro acessos nas duas ruas principais, paralelas entre si. É um ponto de encontro das pessoas que ali realizam compras e param para conversar. O entorno tem uso predominante comercial e de serviços com significativa densidade de massa construída. As várias modificações foram feitas no sentido de se adaptar às necessidades atuais, sem descaracterizar o conjunto.

O sistema elétrico da edificação encontrava-se fora das normas e padrões atuais de instalações elétricas de baixa tensão, o que apresentava um risco significativo de acidentes. No que diz respeito à

integridade técnico-constructiva, o mercado apresenta problemas de infiltração que progressivamente podem comprometer os elementos estruturais.

3. Descrição do Projeto

O projeto foi realizado durante o período de janeiro de 2007 a fevereiro de 2008 e contou com as seguintes etapas:

- Realização de um diagnóstico energético;
- Elaboração do projeto de modernização energética;
- Execução do projeto de modernização energética;
- Realização de medição e verificação dos resultados do projeto de modernização.

A seguir são apresentadas as atividades desenvolvidas em cada etapa descrita anteriormente.

3.1. Diagnóstico Energético

O diagnóstico energético é uma metodologia aplicada em unidades comerciais e industriais, para o levantamento do perfil de consumo por uso final. Para isso é necessário a realização de um levantamento de dados em campo, que deverão ser analisados, permitindo a identificação qualitativa dos pontos críticos e a indicação das necessidades de atuação nos equipamentos específicos para a obtenção da otimização energética.

As atividades de levantamento de dados em campo e medições do consumo de energia das instalações do Mercado Municipal foram realizadas em janeiro de 2007. Para a elaboração do diagnóstico energético foram realizadas as seguintes atividades:

- Levantamento das características das instalações elétricas e de iluminação existentes;
- Levantamento da demanda energética atual;
- Avaliação dos requisitos de luminosidade em função das atividades desenvolvidas nos estabelecimentos e da arquitetura da edificação;
- Realização de medição antes da implementação das medidas de eficiência energética;
- Levantamento sócio-econômico da comunidade, com determinação do consumo atual e previsão futura.
- Avaliação das instalações civis, com vistas à análise de possíveis adequações que possam tornar a edificação mais eficiente;
- Avaliação da necessidade de revisão do contrato de suprimento de energia elétrica em função do levantamento da demanda energética atual.

3.1.1. Metodologia Adotada

O desenvolvimento desse projeto seguiu uma metodologia que prima pelo levantamento in loco, com o objetivo de colher com máximo grau de confiabilidade os dados a serem processados. De uma forma resumida, a metodologia de trabalho abrange as seguintes etapas:

- Visita técnica para conhecimento geral do funcionamento das instalações.
- Levantamento do histórico das últimas 12 contas de energia elétrica das unidades consumidoras.
- Levantamento da documentação técnica e de dados referentes às instalações existentes (diagrama unifilar, planta baixa, especificações de equipamentos, etc.).
- Entrevistas com pessoal de operação e manutenção sobre aspectos operacionais e hábitos de uso dos equipamentos.
- Análise dos diversos dados históricos de consumo.

- Levantamento de todos os equipamentos instalados, bem como do seu ciclo de funcionamento (motores, bombas, sistemas de iluminação, de ar condicionado, de refrigeração e outros usos de energia significativos).
- Identificação de equipamentos prioritários para a execução de ações e medidas para aumento da eficiência energética.
- Identificação de pontos onde possam ser feitas modificações civis para aumento da eficiência.
- Execução de medições de grandezas elétricas.
- Medição do nível de iluminamento dos ambientes.
- Medição da área ocupada pelos diversos ambientes.

3.1.2. Equipamentos Utilizados

Para aplicação da metodologia descrita foram utilizados os seguintes equipamentos existentes no EXCEN:

- 5 Medidores de grandezas elétricas MUG ELO 631;
- 2 Analisadores de grandezas elétricas Embrassul
- 1 Analizador de grandezas elétricas SAGA 4000;
- 1 Multímetro digital alicate;
- 2 Luxímetros digitais;
- 1 Trena eletrônica;
- 1 Trena de fita de 10 m;
- 1 Máquina fotográfica digital;
- 2 Notebooks.

3.1.3. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Fazem parte da carga elétrica 50 unidades consumidoras distribuídas em boxes de comércio de carnes, legumes e verduras, pastelaria, bar e restaurante entre outros.

Os boxes que apresentam consumo maior que 1000 kWh/mês são os açougues (Box 85, 52, 62, 63, 66 e 72) que têm câmaras frias e os mercados (Box 11 e 17). O gráfico a seguir ilustra o consumo médio mensal dos boxes.

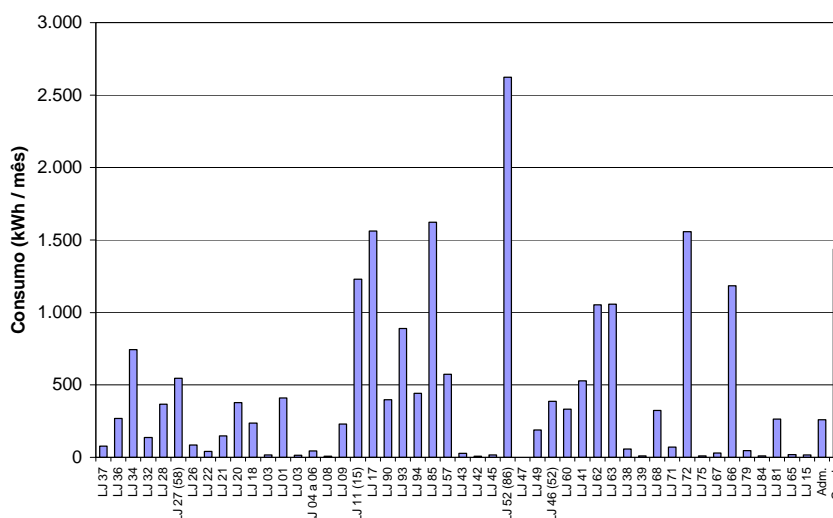


Figura 1 - Consumo médio mensal das unidades consumidoras

O fornecimento de energia ocorre através de 9 ramais alimentadores localizados em sua maioria próximos às portas de acesso, onde estão instalados os medidores. Os três ramais com um único consumidor estão localizados na parede desses boxes.

O atual padrão de fornecimento de energia não permite o atendimento de edificações coletivas com mais de um ramal de alimentação. Desta forma, a modernização das instalações elétricas deverá atender a Norma de fornecimento de energia elétrica em tensão secundária da concessionária local.

Os circuitos de alimentação dos boxes não estão dentro dos padrões. A fixação dos fios era inadequada e havia fios desencapados com emendas, com risco de choque elétrico e perdas por fuga.

O consumo médio mensal do mercado no último ano foi de 22.000 kWh, o que corresponde a aproximadamente 43 kW de demanda média, o que será comprovado com as medições realizadas. O gráfico a seguir apresenta o consumo médio mensal.

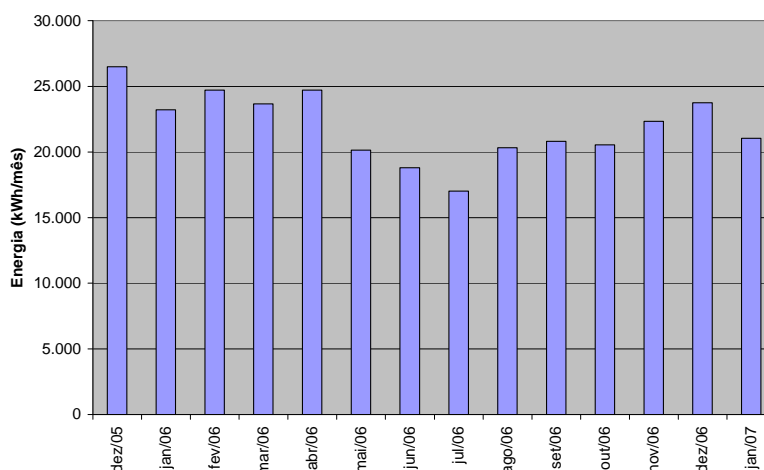


Figura 2 - Histórico de consumo

Aparentemente a sazonalidade no consumo anual apresenta uma redução no período de inverno, quando há, provavelmente, uma menor solicitação do sistema de refrigeração.

3.1.4. Cargas Existentes

Após a realização do levantamento observa-se no gráfico abaixo, que a maior carga instalada é composta de motores elétricos com potência de até 1 cv, encontrada nos moedores, serras de fita etc. Em seguida o sistema de refrigeração das câmaras frias (compressores e evaporadores), balcões de resfriados, freezers e geladeiras são o segundo uso mais importante da energia.

O sistema de iluminação responde, aproximadamente, por 13% da potência instalada. O aparelho de ar condicionado de janela e os ventiladores respondem por 3%, fornos de microondas e estufas somam mais 2%. Os outros equipamentos encontrados são TVs, rádios, balanças, ventiladores, etc.

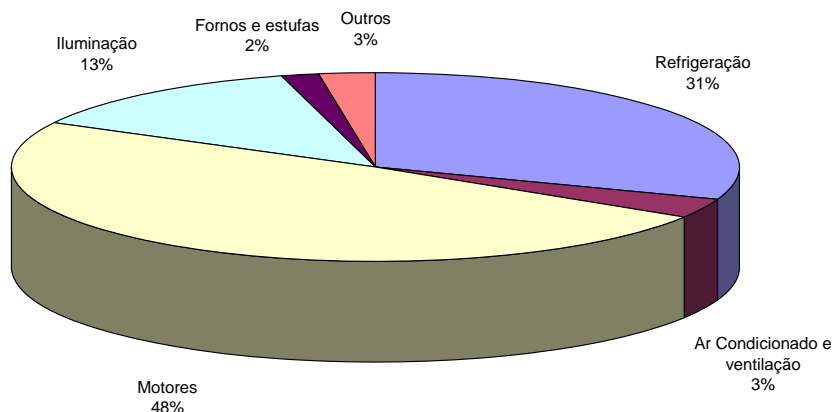


Figura 3 - Distribuição da potência instalada por uso final

3.1.5. Medições antes das obras

Com o objetivo de conhecer o comportamento real do consumo de energia elétrica foram instalados medidores de grandezas elétricas nos ramais de entrega de energia para registrar as curvas de carga. Existem 9 ramais de fornecimento de energia ao mercado. As medições foram realizadas entre os dias 29 de janeiro e 1 de fevereiro de 2007, considerando o tempo de amostragem igual a 15 minutos. A curva de carga total apresenta demanda de 50 kW e fator de carga diário igual a 0,70.

Foram realizadas também, medições do nível de iluminância e as características que influenciam este valor, como por exemplo, a cor das paredes e do teto, a medição indicou que os valores, estão em geral, menores que os recomendados pela NBR5413.

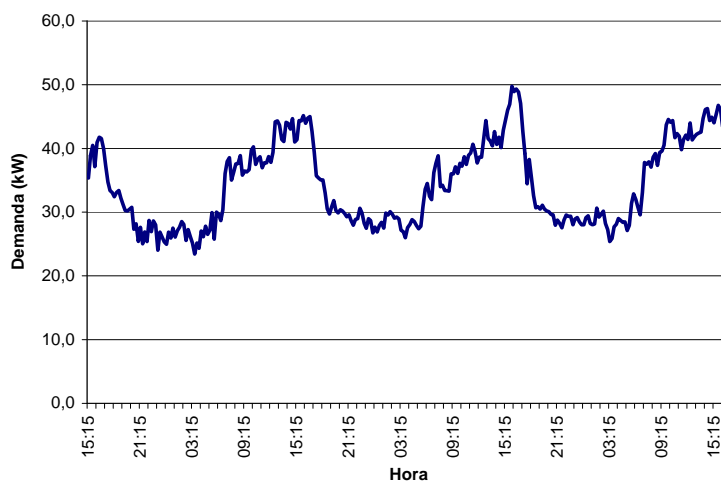


Figura 4 - Curva de carga antes das obras

3.2. Projeto de Modernização Energética

Nesta etapa foram realizados os estudos e análise dos dados com o objetivo de proporcionar uma otimização energética das instalações. As atividades realizadas foram:

- Dimensionamento das instalações elétricas para o suprimento das instalações existentes;
- Eficientização do sistema de iluminação interna.

3.2.1. Sistema de iluminação

Este projeto analisou a substituição de lâmpadas com baixa e média eficiência na relação lúmens por Watt (lâmpadas incandescentes, mista e fluorescentes tubulares) por lâmpadas de alta eficiência luminosa (fluorescente compacta e fluorescente tubular de alto rendimento), visando obter uma redução no consumo mensal de energia elétrica da instalação.

Para verificar a situação existente do sistema de iluminação foi realizado um levantamento das características das lâmpadas, reatores, luminárias; onde foram observados os seguintes tipos: Fluorescentes tubulares, fluorescentes compactas, mistas e incandescentes. Foram levantadas 277 lâmpadas de diversas potências que representa uma potência instalada de 14,19 kW, somando com as perdas dos reatores, representam uma potência instalada de 16,74 kW.

A tabela e o gráfico a seguir apresentam as quantidades e potências de lâmpadas existentes.

Tabela 1 – Quantidade de luminárias / lâmpadas existentes por tipo e potência

Tipo	Quantidade	Potência Instalada [W]
Fluorescente Tubular 20 W	58	1.160
Fluorescente Tubular 40 W	145	5.800
Fluorescente Tubular 110 W	4	440
Mista 160 W	20	3.200
Fluorescente Compacta 15 W	3	45
Incandescente 60 W	29	1.740
Incandescente 100 W	18	1.800
Total	277	14.185

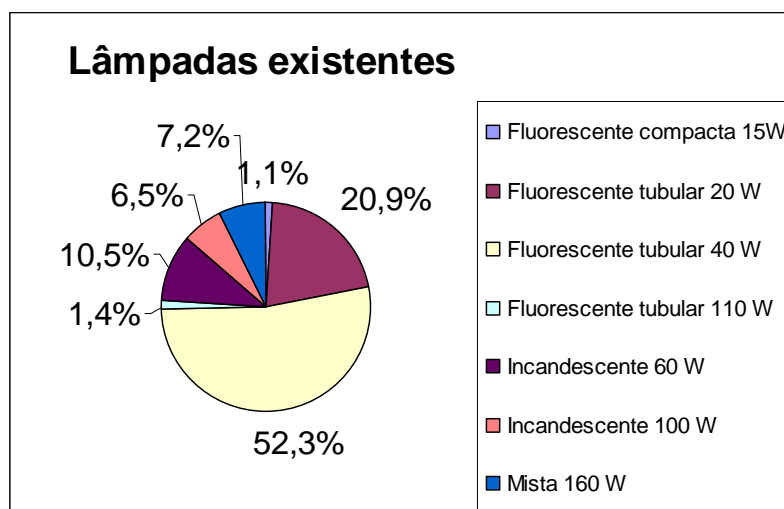


Figura 5 - Porcentagem de lâmpadas existentes por tipo e potência

As lâmpadas foram substituídas por fluorescentes tubulares com potências de 16 W e 32 W e fluorescentes compactas de 15 W, 23 W e 85 W. As luminárias também foram substituídas, pois estavam envelhecidas e o nível de iluminação medido apresentou valores, em alguns ambientes, abaixo dos limites mínimos recomendados pela Norma ABNT 5413 (Iluminância de Interiores). As luminárias a serem instaladas são do tipo refletoras espelhadas de alto rendimento. Os reatores eletromagnéticos das lâmpadas fluorescentes foram substituídos por eletrônicos de alto rendimento, baixa perda e baixo índice de distorção harmônica (THS), resultando numa potência instalada total de 9,9 kW em sistemas de iluminação.

Considerando um horário de utilização diária de 13 horas nos boxes e de 24 horas no condomínio, tem-se uma economia diária de 97 kWh por dia no consumo de energia elétrica do sistema de iluminação.

3.3. Execução do Projeto de Modernização Energética

As obras de modernização incluíram a unificação do Centro de Medição e Distribuição de energia elétrica para atender às normas da concessionária local, a substituição do sistema de iluminação de baixa eficiência por outras mais eficientes e a padronização dos quadros de distribuição dentro dos boxes, incluindo nova fiação e disjuntores que reduzirão os riscos de curto-circuito na instalação.

O serviço de modernização foi realizado por meio de licitação pública, e a empresa vencedora iniciou as obras em outubro de 2007 e terminou em janeiro de 2008. As figuras a seguir apresentam os serviços realizados.



Figuras 6 e 7 - Quadros de distribuição e medição antigos



Figuras 8 e 9 - Quadros de distribuição e medição antigos



Figuras 10 e 11 - Quadros de distribuição interna e sistemas de iluminação novos

3.4. Medição e Verificação dos Resultados

Após a realização das obras foi instalado um medidor de grandezas elétricas no ramal de fornecimento unificado. As medições foram realizadas entre os dias 12 de fevereiro e 4 março de 2008, também com tempo de amostragem igual a 15 minutos.

A curva de carga total apresenta demanda máxima de 48 kW e fator de carga diário igual a 0,57.

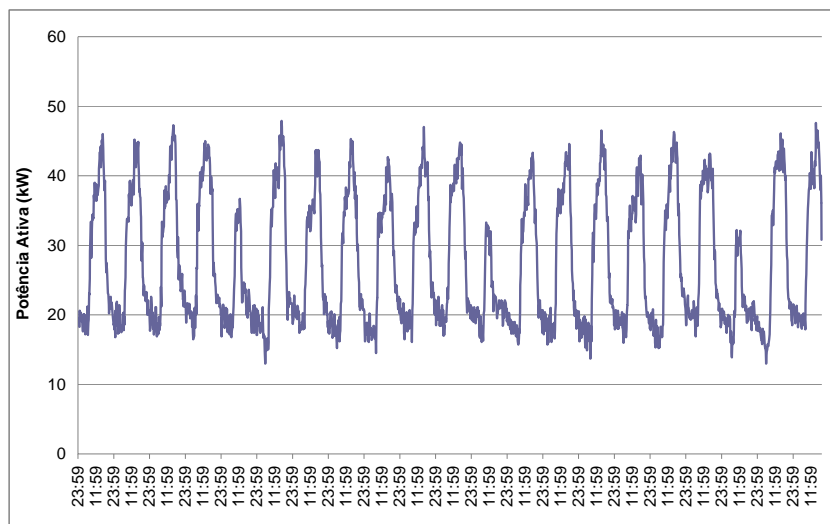


Figura 12 - Curva de carga após a realização das obras

Observa-se que após a implementação das obras de eficiência energética no Mercado Municipal o fator de carga diário diminuiu, isto significa que para aproximadamente a mesma potência máxima, os períodos com menor consumo tiveram redução mais significativa da demanda, ou seja, a demanda média ficou menor. Esta análise pode ser visualizada na curva de carga média comparativa dos dias da semana, excluindo os finais de semana.

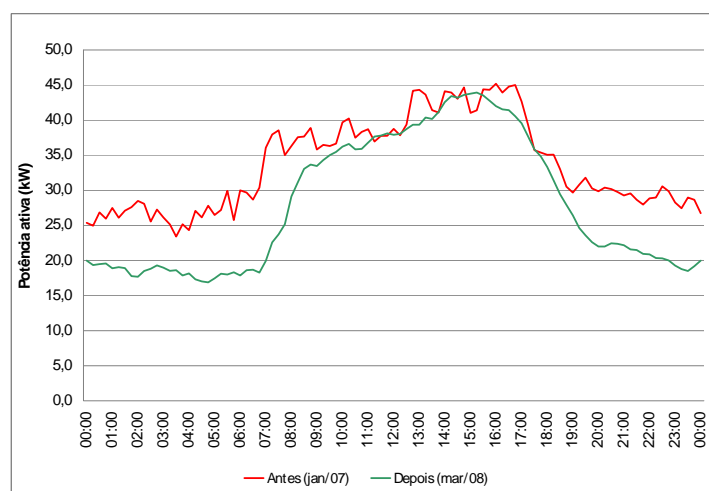


Figura 13 - Comparação das curvas de carga

Considerando o perfil de carga como típico comercial, pode-se dizer que há dois vales e um pico que ocorre antes do horário de ponta. Assim, houve redução de 5 kW nos períodos de menor consumo, incluindo o horário de ponta e não houve redução de demanda no período de maior consumo. A diferença de consumo de energia corresponde à economia de 137 kWh por dia, ou aproximadamente 17% do consumo, representado pelas eficiência do sistema de iluminação e eliminação dos pontos de fuga de energia provenientes de fios desencapados e emendas mal feita.

Se aplicado este índice de economia percentual ao consumo anual de 243 MWh em 2007, pode-se estimar a economia de energia do projeto em 41,3 MWh/ano. Considerando a atual tarifa de energia da modalidade convencional B3 – comercial igual a 564,84 R\$/MWh, com 18% de ICMS, calcula-se uma economia de R\$23.300,00 por ano.

A iluminância média verificada antes da realização das obras foi de 120 lux. Após a implementação do projeto de eficiência energética observa-se que os níveis de iluminância aumentaram para a média de 193 lux, proporcionando melhores condições para a realização das atividades no Mercado Municipal.

4. Conclusão

Este projeto foi desenvolvido com o apoio do MME, FAPEPE, UNIFEI e do EXCEN. Foi realizado um estudo de diagnóstico energético, projetos elétricos e sua implementação. Em todas as fases houve uma preocupação com a medição e verificação dos resultados. Conforme as medições realizadas antes e após a execução das obras, verifica-se que ocorreu uma redução no consumo de energia e uma melhoria no nível de iluminância dos ambientes.

5. Referências bibliográficas

- [1] Haddad, J.; Guardia, E. C.; Santos, A. H. M. e outros. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações. MME, PROCEL/Eletrobrás, Fupai, Unifei, Itajubá, 2006.
- [2] Guardia, E. C.; Haddad, J.; Santos, A. H. M.; e outros. Eficiência Energética: Teoria & Prática. MME, PROCEL/Eletrobrás, Fupai, Unifei, Itajubá, 2007.
- [3] Catálogos de fabricantes de lâmpadas, luminárias e reatores.