

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

**FABIO MACIEL BORGES
EMMANUEL PACHECO DA SILVA**

**METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO
EM PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA SEGUNDO O
PROTOCOLO INTERNACIONAL DE
MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2013

FABIO MACIEL BORGES
EMMANUEL PACHECO DA SILVA

**METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO
EM PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA SEGUNDO O
PROTOCOLO INTERNACIONAL DE
MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Eficiência Energética do Departamento de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Fábio Antonio Filipini

CURITIBA

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento de Pós-Graduação
Especialização em Eficiência Energética



TERMO DE APROVAÇÃO

METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA SEGUNDO O PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE

por

FABIO MACIEL BORGES e EMMANUEL PACHECO DA SILVA

Esta Monografia foi apresentada em 20 de setembro de 2013 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Eficiência Energética. Os candidatos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Luiz Amilton Peplow
Coordenador do curso
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

Prof. Me. Fábio Antônio Filipini
Professor Orientador

Prof. Me. Ayres Francisco da Silva Sória
Banca Examinadora

Prof. Dr. Severino Cervelin
Banca Examinadora

Me. Valério José Novak
Banca Examinadora

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedicamos este trabalho às nossas
famílias, cujo apoio foi essencial
à realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao nosso orientador professor Fábio Antonio Filipini, pela sabedoria com que nos guiou nesta trajetória, bem como aos nossos colegas de curso e de trabalho pela troca de ideias, companheirismo e amizade.

De um modo especial, agradecemos às nossas famílias, pois sem o apoio incondicional que nos foi prestado seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

Um trabalho tem sentido
para uma pessoa
quando ela o acha
importante, útil e legítimo.
(MORIN, Edgar, 1992)

RESUMO

BORGES, Fabio e SILVA, Emmanuel. **Metodologia de Medição e Verificação em Projetos de Gestão Energética segundo o Protocolo Internacional de Medição e verificação de Performance**. 2013. 83 folhas. Especialização em Eficiência Energética - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

A necessidade de se medir criteriosamente as economias obtidas em uma ação de eficiência energética, bem como de manter essas economias após a ação ter sido implementada, motivou esse trabalho voltado a projetos de gestão energética, onde é proposta uma metodologia com a melhor opção para medir e verificar as ações de eficiência energética através do protocolo internacional de medição e verificação de Performance aliado a ferramenta de *Monitoring, Targeting and Reporting* com o propósito de manter os ganhos projetados.

Palavras-chave: Eficiência energética. Protocolo internacional de medição e verificação. *Monitoring, Targeting and Reporting*. ANEEL. COPEL.

ABSTRACT

BORGES, Fabio e SILVA, Emmanuel. **Methodology for Measurement and Verification in Projects of Energy Management under International Performance Measurement & Verification Protocol**. 2013. 83 Pages. Energy Efficiency Especialization - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

The need to carefully measure the savings achieved in an action for energy efficiency as well as to keep these economies after the action has been implemented, motivated this work aimed at energy management projects, where it is proposed a methodology to measure the best option and verify the energy efficiency measures through the International Protocol for Measurement and verification of Performance ally tool Monitoring, Targeting and Reporting for the purpose of maintaining the projected earnings.

Keywords: Energy efficiency. International performance measurement and verification protocol – IPMVP, Monitoring, Targeting and Reporting. ANEEL. COPEL.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Logomarca do PEE	31
Figura 2 - Consumo por atividade em um município	40
Figura 3 - Ciclo do MT&R.....	44
Figura 4- Distribuição do consumo de energia elétrica ar-condicionado	50
Figura 5 - Poder de explicação de R^2	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Demanda período de referência x temperatura	54
Gráfico 2 – Consumo período de referência x temperatura	54
Gráfico 3 - Consumo pós-retrofit x temperatura	55
Gráfico 4 - Soma cumulativa	65
Gráfico 5 - Gráfico de controle	67
Gráfico 6- Distribuição do consumo de energia.....	71
Gráfico 7- Consumo x ocupação pré-retrofit.....	75
Gráfico 8 - Consumo x ocupação pós-retrofit.....	75
Gráfico 9 - Soma cumulativa	76
Gráfico 10 - Limites da carta de controle.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Histórico de consumo e demanda de energia elétrica.....	49
Tabela 2 – Consumo e demanda da UC no ano de 2011	52
Tabela 3 - Variação da temperatura média mensal nos meses de referência	52
Tabela 4 - Temperatura média x consumo período de referência.....	53
Tabela 5 - Comparação direta entre os períodos de referência e pós-retrofit	60
Tabela 6 - Determinação da economia através da Opção C.....	61
Tabela 7 - Temperatura média x demanda	62
Tabela 8 - Soma cumulativa.....	64
Tabela 9 - Carta de controle.....	66
Tabela 10 - Turnos e quantidade de alunos.....	70
Tabela 11 - Dados do projeto da Escola Municipal Pedro Macedo	72
Tabela 12 - Quantidade de dias letivos e frequência de alunos.....	73
Tabela 13 - Dados de faturamento no período de referência	74
Tabela 14 - Dados do faturamento no período pós-retrofit.....	74
Tabela 15 - Soma cumulativa.....	76
Tabela 16 - Limites da carta de controle	77
Tabela 17 - Metas do projeto.....	79

LISTA DE SIGLAS

AEE	Ações de Eficiência Energética
AP	Audiência Pública
CP	Chamada Pública
EE	Eficiência Energética
ICF	ICF Internacional PUC-RJ
MTR	<i>Monitoring, Targeting and Reporting</i>
PEE	Programa de Eficiência Energética
SGE	Sistema de Gestão de Energia
UCs	Unidades Consumidoras
RCB	Relação custo-benefício

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABRADEE	Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia Elétrica
ELETRORAS	Centrais Elétricas Brasileiras
ESCO	Empresa de Serviços de Conservação de Energia
FUPAI	Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria
GEM	Gestão Energética Municipal
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
INMET	Instituto Nacional de Metrologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e verificação de Performance
PLAMGE	Plano Municipal de Gestão da Energia Elétrica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
PUC-RJ	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
UGEM	Unidade de Gestão Energética Municipal

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	18
2.1 CONCEITUAÇÃO DE GESTÃO ENERGÉTICA	18
2.2 <i>MONITORING, TARGETING AND REPORTING – MTR</i>	18
2.2.1 Vantagens na Implantação de um Sistema de Gestão Energética	20
2.3 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ISO 50.001	21
2.4 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE (PIMVP)	22
2.4.1 PIMVP e suas Opções.....	25
2.4.2 Opção C como Alternativa Viável e Complementar	27
2.5 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL E OS PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL.....	29
2.5.1 Alterações no Procedimento do Programa de Eficiência Energética.....	29
2.5.2 Gestão Energética na ANEEL.....	32
2.5.3 Metodologia Existente em Gestão Energética Municipal	33
2.5.3.1 Conceitos básicos de gestão energética municipal.....	36
2.5.3.1.1 <i>Caracterização de município</i>	36
2.5.3.1.2 <i>Responsabilidade das prefeituras</i>	36
2.5.3.1.3 <i>Capacitação em gestão energética municipal</i>	37
2.5.4 Sistema de Informação Energética Municipal (SIEM).....	38
2.5.5 Medição e Verificação Existente em Gestão Energética Municipal	40
3 PROPOSTA DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM GESTÃO ENERGÉTICA	41
3.1 DEFINIÇÃO DA OPÇÃO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO PARA PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA.....	42
3.2 <i>MONITORING, TARGETING E REPORTING</i> EM PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA	43
3.3 PASSOS PARA IMPLEMENTAR A METODOLOGIA PROPOSTA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM GESTÃO ENERGÉTICA.....	45

4 ESTUDOS DE CASO	48
4.1 ESTUDO CASO DA UNIDADE CONSUMIDORA COM FINS LUCRATIVOS ..	48
4.1.1 Distribuição do Uso Final da Energia Elétrica na Instalação.....	49
4.1.2 Aplicação da Metodologia na Unidade Consumidora com Fins Lucrativos.....	51
4.1.2.1.1 <i>Monitoring</i>	51
4.1.2.1.2 <i>Emprego da opção C na avaliação do projeto</i>	59
4.1.2.1.3 <i>Targeting</i>	63
4.1.2.1.4 <i>Reporting</i>	68
4.2 ESTUDO DE CASO UNIDADE CONSUMIDORA SEM FINS LUCRATIVOS ..	70
4.2.1 Diagnóstico Energético	71
4.2.2 Proposta de Eficiência Energética	71
4.2.3 Plano de Medição e Verificação.....	73
4.2.4 Elaboração do Período de Referência	73
4.2.5 Implementação do Projeto e <i>Targeting</i>	75
4.2.6 Avaliação dos Resultados.....	78
4.2.7 Comunicação	79
5 CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	82

1 INTRODUÇÃO

Desde os choques do Petróleo, a partir da década de 70 do século passado, intensificou-se a preocupação dos Governos e da sociedade em geral com respeito ao uso racional de energia.

Na década seguinte, surge o PROCEL e, no ano 2000, é promulgada a Lei nº 9.991 que obriga as concessionárias de energia elétrica a investirem um determinado percentual de sua receita em ações de Eficiência Energética.

A partir de então, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL publica manuais para elaboração de projetos de eficiência energética, com uma tipologia de projetos voltados a vários segmentos de consumidores de energia, como os consumidores de comércio e serviços, industriais, consumidores de baixo poder aquisitivo, consumidores do poder público, projetos de gestão energética, dentre outros, tendo sempre como meta a diminuição no consumo de energia e a redução da demanda no horário de ponta.

Surge então uma questão importante, que é de como medir essa energia economizada, pois só através de uma medição criteriosa é que se pode saber quanto e se de fato houve economia de energia e demanda.

Para isso, buscaram-se as melhores práticas a respeito de medição e verificação e hoje é adotado pela ANEEL o documento da *Efficiency Valuation Organization – EVO*, organização internacional sem fins lucrativos, que publica um manual com as boas práticas de medição e verificação, o chamado Protocolo Internacional de Medição e verificação de Performance – PIMVP.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com as novas diretrizes, os projetos de eficiência energética passam a ser medidos através das práticas preconizadas no PIMVP. Porém, é observado que os projetos de gestão energética e, particularmente, os projetos de gestão energética municipal não utilizam plenamente os conceitos e as práticas de medição e verificação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver uma metodologia de medição e verificação para projetos de gestão energética, aliada a uma nova ferramenta, chamada de *Monitoring, Targeting and Reporting* - MTR, cuja função é monitorar os ganhos obtidos com a implantação da ação de eficiência energética e com isso prover os administradores da instalação instrumentos de controle onde possam, através da monitoração das metas de economia de energia e demanda, manter os ganhos obtidos com a efficientização.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Apresentar os conceitos básicos da gestão energética e da ferramenta MTR.
- Analisar o PIMVP, detalhando suas quatro opções de medição.
- Definir a melhor opção de medição para gestão energética.
- Analisar as principais alterações da gestão energética no novo manual da ANEEL.
- Propor uma metodologia sistemática de medição e verificação em gestão energética, aliada à ferramenta MTR.
- Apresentar um estudo de caso em unidade consumidora com fins lucrativos.
- Apresentar um estudo de caso em unidade consumidora sem fins lucrativos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho irá transcorrer de modo a atingir todos os objetivos propostos, desde seus fundamentos teóricos, com a apresentação dos conceitos de gestão energética, das quatro opções do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance da ferramenta *Monitoring, Targeting and Reporting*, bem como da análise das principais alterações no novo manual da Aneel para projetos de eficiência energética, concluindo com o estudo de caso em uma unidade consumidora com fins lucrativos e em outra unidade consumidora sem fins lucrativos.

Capítulo 1 – Introdução

Neste capítulo é proposto o trabalho e mostrado seus objetivos gerais e específicos.

Capítulo 2 – Fundamentos teóricos

Este capítulo apresenta a base teórica do trabalho, mostrando o conceito de gestão energética, da ferramenta *Monitoring, Targeting and Reporting - MTR*, discorre sobre os conceitos da ISO 50.001, aprofunda-se na análise das quatro opções de medição e verificação presentes no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP e comenta sobre as principais alterações ocorridas no novo manual da ANEEL para os projetos de eficiência energética.

Capítulo 3 – Proposta de metodologia em Gestão Energética

Neste capítulo são mostradas as etapas a serem seguidas para a adoção da metodologia de medição e verificação em projetos de gestão energética.

Capítulo 4 – Estudos de Caso

São mostrados neste capítulo a implantação das ferramentas de medição e verificação e do controle e fixação de metas em duas unidades consumidoras, sendo uma com fins lucrativos e outra sem fins lucrativos.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Nesta seção será mostrada a conceituação de gestão energética, a ferramenta *Monitoring, Targeting and Reporting - MTR*, e uma explicação sobre a ISO 50.001, que é a ISO voltada para a eficiência energética.

2.1 CONCEITUAÇÃO DE GESTÃO ENERGÉTICA

A gestão energética consiste no conhecimento, organização, gerenciamento e planejamento do consumo de energia elétrica de uma instalação ou instalações que utilize alguma forma de energia.

Esta instalação pode ser uma planta industrial, uma empresa *holding* com suas subsidiárias, uma residência, um condomínio, um município, ou seja, uma ou várias unidades consumidoras que utilizem energia.

Ao praticar os conceitos de gestão energética, o administrador dessa instalação poderá planejar e organizar o uso da energia da unidade consumidora, identificando áreas com maior potencial de eficiência de consumo, para fazer substituições de equipamentos menos eficientes por mais eficientes, identificar áreas onde haja desperdício de energia, realizar campanhas educativas sobre o uso racional da energia, determinar o perfil de consumo de sua unidade consumidora, identificando seu consumo mensal e horário e conhecer seus contratos de energia com seus fornecedores.

O objetivo é que, com as práticas de gestão energética, a unidade consumidora gaste energia de maneira racional, evitando o desperdício desse insumo.

2.2 MONITORING, TARGETING AND REPORTING – MTR

É um método que prevê uma plataforma para melhoria contínua da gestão de energia, onde é possível medir e manter o desempenho de energia, identificando oportunidades para melhoria em sua eficiência.

O MTR tem início definido durante um programa de gestão energética, como ferramenta de gestão, sendo de aplicação contínua, sem término previsto. O MTR tem como base o axioma de gerenciamento padrão que afirma “não se pode gerir aquilo que não se pode medir”.

Esta ferramenta apareceu primeiramente na Grã-Bretanha, em 1980, como um programa nacional, beneficiando mais de 50 setores industriais. Atualmente, o país que mais utiliza essa técnica é o Canadá. No Brasil, o MTR foi lançado através de um programa financiado pelo fundo de mudança climática do governo canadense administrado pela agência canadense de desenvolvimento internacional, sendo divulgado pelo PROCEL.

O MTR é formado pelo monitoramento da energia, no estabelecimento de metas e na comunicação. A informação sobre o consumo de energia é utilizada como base para o controle do processo estatístico e gerenciamento de energia, proporcionando ferramentas para planejar e instrumentar estratégias de melhorias contínuas, permitindo ainda, determinar se a utilização de energia está melhor ou pior do que antes, analisar tendências no consumo de energia, calcular o quanto o consumo futuro de energia variará de acordo com o processo e estabelecer metas de desempenho para um programa de Gestão Energética.

Segundo Capehart (CAPEHART, 2008), as definições de funcionamento que comumente aplicam o MTR são as seguintes:

Monitoramento (*Monitoring*) – coleta regular e análise de informações sobre o consumo de energia. Seu propósito é estabelecer uma base de controle gerencial para determinar quando e porque o consumo de energia está desviando em relação a um padrão estabelecido e prover de base para a realização de uma ação gerencial quando necessário.

Metas (*Targeting*)– identificação dos níveis de consumo de energia para o qual é desejável, como objetivo a ser alcançado.

Comunicação (*Reporting*) – coloca a informação gerada pelo processo de monitoramento de forma que possibilite o controle de uso de energia continuamente, de modo a alcançar as metas de redução e a verificação de economias alcançadas.

2.2.1 Vantagens na Implantação de um Sistema de Gestão Energética

Existem algumas vantagens na implementação de um sistema de gestão de energia, dos quais destacamos:

- Melhoria da eficiência operacional;
- Diminuição da intensidade energética;
- Existência de dados relativos à energia para auxílio na tomada de decisões;
- Integração entre os vários aspectos da organização;
- Redução de impactos ambientais;
- Vantagens competitivas sobre as empresas que negligenciam a gestão de recursos.

As vantagens indicadas acima podem ser alcançadas com a aplicação das técnicas de MTR, principalmente na construção de uma base de dados consolidada, onde são acompanhadas, durante o período de observação, as variáveis de influência sobre o consumo, tais como taxa de ocupação, temperatura e processo produtivo. Com a organização das informações, modelos de regressão poderão ser criados para prever o consumo energético no futuro, na eventualidade de que nenhuma medida de eficiência energética fosse empregada. Os prognósticos de consumo, extraídos dos modelos de regressão servirão como base de comparação para verificação do atingimento das metas previstas. O consumo energético pode ser facilmente monitorado e medidas podem ser empregadas em prol do atingimento dos objetivos.

2.3 CONCEITOS BÁSICOS SOBRE ISO 50.001

A energia tornou-se um fator crítico na operação e funcionamento das organizações. Portanto, reduzir o consumo tornou-se uma meta a ser alcançada para vencer a escassez e o aumento de custos. Para muitos, a resposta é um Sistema de Gestão de Energia (SGE), uma estrutura de trabalho para o gerenciamento sistemático de seu consumo.

A melhoria do uso de energia fornece benefícios instantâneos para uma organização, através da maximização do uso das suas fontes de energia e outros ativos relacionados com a energia, reduzindo os custos associados, fazendo um uso mais eficiente da energia.

A ISO 50001 representa as melhores práticas atuais de nível internacional em gestão de energia, desenvolvida a partir de normas e iniciativas nacionais e regionais existentes. A norma foi desenvolvida em vários anos com a participação de especialistas em gestão de energia, representantes de mais de 60 países de todo o mundo, que contribuíram para sua elaboração.

Esta norma trata do sistema de gerenciamento de energia (SGE) e fornece às organizações todos os requisitos necessários para a implantação de um SGE.

A ISO 50001 gera benefícios para organizações de qualquer tamanho, tanto para os setores públicos quanto para os privados, para a indústria de manufatura e para organizações prestadoras de serviços, em todas as regiões do mundo. A norma ISO 50001 foi publicada em 17 de junho de 2011, em Genebra, na Suíça, sede da organização.

A ISO 50001 é a base do gerenciamento energético eficiente de energia a ser adotado pelas indústrias, pelo comércio, pelas instituições particulares e governamentais.

Ela auxilia as organizações na execução dos processos necessários para entender a linha básica de consumo de energia, colocar em prática planos de ação, metas e indicadores de desempenho para reduzir o consumo e identificar, priorizar e registrar oportunidades para melhorar o desempenho energético.

2.4 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE (PIMVP)

O desenvolvimento do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance - PIMVP foi iniciado nos anos 90 por um grupo de voluntários reunidos por iniciativa do Departamento de Energia dos Estados Unidos (*DOE – Department of Energy*), motivado pelos baixos investimentos em projetos de eficiência energética devido às incertezas relacionadas às economias futuras a serem obtidas por meio dessas ações.

A alta incerteza dava-se por causa da falta de um protocolo padronizado para medir as economias realmente alcançadas e utilizava-se uma colcha de retalhos de procedimentos para este fim.

Em 1997, foi lançado o primeiro PIMVP, tendo sido atualizado algumas vezes desde então, ganhando outros volumes ao longo do tempo.

O protocolo não é uma norma ou diretriz obrigatória, tampouco é um manual de instruções sobre como fazer a medição e verificação. Deve ser encarado mais como um manual de boas práticas a ser aceito por todas as partes envolvidas, o qual estabelece as bases para uma boa avaliação de projetos de eficiência energética.

Uma das grandes vantagens do Protocolo é exatamente o fato de não apresentar regras rígidas para cada tipo de ação de eficiência energética pois, na prática, cada ação apresenta as suas características particulares e, caso a medição e verificação fosse demasiadamente “engessada”, sua implantação poderia ser inviável.

Fica, portanto, a critério dos desenvolvedores de um plano de medição e verificação a escolha da metodologia a ser adotada, adequada à situação encontrada no local.

O plano de medição e verificação deve identificar claramente as variáveis de influência para todas as áreas.

A preparação de um plano de medição e verificação é etapa recomendada para a determinação da economia. A planificação antecipada garante que todos os dados necessários estarão disponíveis, após a implantação de ações de eficiência energética.

Segundo o PIMVP (PIMVP, 2012), um plano de medição e verificação completo deve incluir a discussão dos seguintes tópicos:

1. **Objetivo da ação de eficiência energética:** descrever a ação de eficiência energética, o resultado pretendido, e os procedimentos da verificação operacional a serem utilizados para verificar o sucesso da implantação de cada ação de eficiência energética;
2. **Opção do PIMVP selecionada e fronteira de medição:** especificar a opção do PIMVP, que será usada para determinar a economia, identificar a fronteira de medição da determinação da economia, descrever a natureza de quaisquer efeitos interativos para além da fronteira de medição juntamente com o seus efeitos possíveis;
3. **Linha de base:** documentar as condições da linha de base e os dados de energia dentro da fronteira de medição;
4. **Período de determinação de economia:** identificar o período de determinação da economia. Este período pode ser tão curto como uma medição instantânea, durante a colocação em serviço de uma ação de eficiência energética, ou tão longo quanto o tempo necessário para recuperar o custo do investimento do programa da ação de eficiência energética;
5. **Base para o ajuste:** declarar o conjunto de condições aos quais todas as medições de energia serão ajustadas. As condições podem ser as do período de determinação da economia ou outro conjunto de condições fixas;

6. **Procedimento de análise:** especificar os procedimentos exatos de análise de dados, algoritmos e hipóteses a serem usados em cada relatório de economia;
7. **Preço da energia:** indicar os preços da energia que serão utilizados para avaliar a economia e, se for o caso, como a energia será ajustada se os preços mudarem no futuro;
8. **Especificações do medidor:** especificar os pontos de medição e períodos, se a medição não for contínua. Para os medidores que não são das concessionárias, especificar as características da medição, a leitura do medidor, o protocolo de confirmação e o processo de calibração de rotina;
9. **Responsabilidade de monitoramento:** atribuir as responsabilidades de reportar e registrar dados de energia, variáveis independentes e fatores estáticos dentro da fronteira de medição;
10. **Precisão esperada:** avaliar a precisão esperada, associada à medição, a obtenção de dados, a amostragem e a análise de dados;
11. **Orçamento:** deverão ser definidos o orçamento e os recursos necessários para a determinação da economia;
12. **Formato do relatório:** indicar a forma pela qual os resultados serão reportados e documentados;
13. **Garantia de qualidade:** especificar os procedimentos de garantia de qualidade que serão utilizados para os relatórios de economia, e todos os passos intermediários na preparação dos relatórios.

2.4.1 PIMVP e suas Opções

O PIMVP apresenta quatro opções sobre como pode ser realizada a medição e verificação, sendo função do gestor/projetista determinar qual opção é a mais adequada para o projeto ou ação de eficiência energética a ser implementada. Um fator que influencia na escolha são os custos envolvidos que variam dependendo do maior ou menor grau de medição, conhecimento ou recursos de informática.

As opções do Protocolo são:

Opção A – *Retrofit* parcialmente Isolado:

Nesta opção o protocolo define que “alguns parâmetros, mas não todos, podem ser estimados”, ou seja, pelo menos uma das variáveis que influenciam diretamente o consumo deve ser medida, podendo as demais ser estimadas ou estipuladas.

As economias de energia são determinadas através de cálculos de engenharia, utilizando dados provenientes de estimativas e medições pós-*retrofit*.

Um exemplo de aplicação típica é o *retrofit* de um sistema de iluminação, onde a potência instantânea pode ser medida e as horas de funcionamento são estimadas.

Opção B – *Retrofit* isolado:

Nesta opção todos os parâmetros que influenciam o consumo devem ser medidos.

As economias são determinadas através de cálculos de engenharia, utilizando dados provenientes de medições curtas ou contínuas.

Um exemplo de aplicação típica é a utilização de conversor de frequência em uma bomba, onde um medidor de energia pós-*retrofit* deve ser instalado para efetuar a medição por um determinado período.

Opção C – Medição de toda a instalação:

As economias são determinadas diretamente a partir do medidor principal de energia da concessionária, com medições curtas ou contínuas durante o período de pós-*retrofit*.

A medição de toda a instalação reflete a origem do protocolo, inicialmente desenvolvido para a Medição e verificação em prédios públicos.

Na opção C são necessários dados tanto do período de referência como do pós-*retrofit*.

Esta opção somente pode ser aplicada caso a economia de energia esperada seja superior a 10% do consumo do ano base. Uma aplicação típica ocorre quando da instalação de um sistema múltiplo de gerenciamento de energia em um edifício, onde diversos controles e *retrofit* interagem entre si.

Opção D – Simulação Calibrada:

Por simulação calibrada entende-se um modelo matemático que reflete o consumo de uma instalação, ajustado (calibrado) em relação aos registros de energia disponíveis.

As economias são determinadas por meio de simulação do consumo de energia de alguns componentes ou de toda a instalação. Os modelos matemáticos devem refletir o consumo atual medido nas instalações e esta opção requer bastante conhecimento de simulações calibradas.

Uma aplicação típica ocorre quando da instalação de um sistema múltiplo de gerenciamento de energia em um edifício, do qual não se podem obter dados consistentes para geração de uma base. Neste caso, o consumo pós-*retrofit* é determinado através dos medidores da concessionária, por exemplo, e o consumo do ano base (pré-*retrofit*) é calibrado com base nestes dados após a implementação das medidas.

2.4.2 Opção C como Alternativa Viável e Complementar

A opção C do protocolo é uma alternativa viável onde os custos de implementação dependem da origem dos dados de energia e da dificuldade de se identificar os fatores estáticos dentro dos limites de medição que permitam ajustes periódicos dentro do período de reporte.

A opção pode ser uma alternativa viável às demais existentes, quando as medidas de racionalização de energia implicar em muitos efeitos interativos que abrangem toda a instalação, ficando inviável a execução de medições isoladas e quando é necessário acompanhar o desempenho energético de toda a instalação ao longo do tempo.

Os medidores da concessionária funcionam bem, sendo uma boa referência se os dados forem corretamente registrados, não necessitando de nenhum custo extra de medição.

A opção C destina-se a projetos onde a economia esperada é grande, comparada com as variações de energia aleatórias ou inexplicáveis, que ocorrem ao nível de toda a instalação.

Identificar mudanças na instalação, que irão requerer ajustes não periódicos, é o desafio principal associado à opção C, particularmente quando a poupança é monitorada por longos períodos.

Parâmetros que mudam regularmente e afetam o consumo de energia da instalação, são denominadas variáveis independentes. As variáveis independentes mais comuns são o clima (temperatura e umidade), o volume de produção e a ocupação.

As variáveis independentes devem ser medidas e registradas ao mesmo tempo em que os dados de energia.

Por exemplo, os dados do clima devem ser registrados diariamente para que possa ser totalizado, para corresponder ao período mensal de contagem de energia exato, o que pode diferir do mês do calendário.

A utilização de dados mensais médios da temperatura, para um período de contagem de energia, para um mês que não corresponda ao do calendário introduz erros desnecessários na análise.

Para a Opção C, os termos dos ajustes periódicos são calculados, desenvolvendo um modelo matemático válido para cada padrão de consumo de energia do medidor de energia da Concessionária. Um modelo pode ser tão simples como uma lista ordenada de doze quantidades mensais de energia, medidas sem quaisquer ajustes. No entanto, um modelo inclui frequentemente fatores derivados da análise de regressão, que correlacionam energia a uma ou mais variáveis independentes tal como a temperatura exterior, os graus-dia, a duração do período de contagem, a produção, a ocupação, e ou o modo de funcionamento.

Os modelos também podem incluir um conjunto diferente de parâmetros da regressão para cada gama de condições, tais como verão ou inverno em edifícios com variações de consumo de energia sazonais. Por exemplo, em escolas onde o consumo de energia do edifício difere entre o ano escolar e o período de férias, pode-se necessitar de modelos de regressão separados para os diferentes períodos de utilização (LANDMAN e HABERL, 1996).

A Opção C aplica-se melhor onde:

- O desempenho energético de toda a instalação será avaliado, não apenas o das medidas de racionalização de energia – inclui-se aqui, por exemplo, ações de treinamento e capacitação.
- Existir, na instalação, muitos tipos de medidas de racionalização de energia;
- As medidas de racionalização de energia implicam atividades cujo consumo individual de energia é difícil de medir separadamente (formação do operador, melhoramento das paredes ou janelas, por exemplo);
- A poupança é grande comparada com a variação dos dados no consumo de referência;
- Durante o período de relatório final, quando as técnicas de medição isoladas de medidas de racionalização de energia (Opção A ou B) são excessivamente complexas. Por exemplo, quando efeitos interativos ou interações entre ações de eficiência são substanciais;
- Não são previstas grandes mudanças futuras na instalação durante o período de relatório final;

- Um sistema de localização dos fatores estáticos pode ser estabelecido para permitir efetuar possíveis ajustes futuros não periódicos;
- Podem-se encontrar correlações razoáveis entre o consumo de energia e outras variáveis independentes.

2.5 GESTÃO ENERGÉTICA MUNICIPAL E OS PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL

Nesta seção serão vistas as novidades do novo manual da ANEEL e as novas regras para os projetos de gestão energética, as regras atuais da Gestão Energética Municipal - GEM, bem como a metodologia existente, os conceitos básicos, o Sistema de Informação Energética Municipal – SIEM e os procedimentos atuais de medição e verificação para a GEM.

2.5.1 Alterações no Procedimento do Programa de Eficiência Energética

O novo manual da ANEEL para elaboração dos programas de eficiência energética, agora chamado de Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE), foi aprovado através da Resolução Normativa Aneel nº 556, de 2 de julho de 2013.

Nesta nova regulamentação ocorreram várias alterações em relação ao manual anterior, as quais elencamos abaixo:

1. Chamada pública de projetos.

As chamadas públicas serão obrigatórias à partir de 2015. Com isso a ANEEL espera ter uma maior participação dos consumidores e das ESCO's na elaboração de projetos de eficiência energética, bem como uma maior transparência nas decisões das concessionárias. A ANEEL acredita que, à medida que vá ocorrendo investimentos nas chamadas públicas por parte do mercado, isso acabe por identificar o perfil do mercado da distribuidora. A distribuidora deverá aplicar pelo menos 50% do investimento obrigatório não comprometido com outras obrigações legais em unidades consumidoras das duas classes de consumo com maior

participação em seu mercado de energia elétrica. Como outras obrigações legais entende-se o cumprimento da Lei 12.212/2010, a qual determina que as concessionárias apliquem 60 % de sua obrigação em projetos de eficiência energética destinados a famílias de baixo poder aquisitivo (baixa renda).

2. Contrato de desempenho energético.

A ANEEL sinaliza que os contratos de desempenho energético continuam existindo para empresas com fins lucrativos, mas que esses podem ser utilizados também em outros segmentos. Os objetivos de se fazer contratos de desempenho é evitar a transferência de recursos públicos para unidades consumidoras com fins lucrativos, de ampliar o montante de recursos para eficiência energética uma vez que esses recursos retornam para a distribuidora e também o de reduzir a desconfiança em relação ao sucesso da eficiência energética, uma vez que o pagamento está condicionado a energia economizada.

3. Incentivo à contrapartida e ao bônus.

Com essa ação é esperada a inclusão de outras classes, por exemplo, a do setor residencial, buscando um maior comprometimento do consumidor beneficiado e aumentando o tempo nessas ações.

4. Inserção de fontes incentivadas de energia.

Nesse caso, deverão ser realizados projetos em conjunto com ações de EE no uso final, devendo ser comprovada a viabilidade econômica da ação de EE.

5. Incentivo a projetos pilotos.

Para os Projetos elencados como Pilotos, haverá uma maior flexibilidade no cálculo da relação custo-benefício (RCB), sendo que serão focados projetos que apresentem novas tecnologias para o mercado.

6. Aprimoramentos na medição e verificação de resultados

A ANEEL faz um enfoque muito grande da medição e verificação. É citado como referência o trabalho realizado pela ABRADÉE, juntamente com a FUPAI e o ICF, que apresenta os requisitos mínimos de medição e verificação para os projetos de eficiência energética.

7. Ampliação dos recursos para gestão do programa

Os recursos do plano de gestão do programa passam dos atuais R\$ 250 mil para R\$ 600 mil.

8. Aprimoramento nas regras para descarte de aparelhos

Pelas contribuições oriundas do Ministério do Meio Ambiente, os projetos de e deverão estar alinhados com a política nacional de resíduos sólidos, ou seja, está definido que os aparelhos ineficientes retirados deverão ter descarte ambientalmente correto.

9. Retorno da iluminação pública aos projetos de eficiência energética

Antes esses projetos poderiam ser executados através de uma linha de crédito do Programa Reluz da Eletrobrás e agora retornam ao PEE. Essa tipologia de projeto consiste na troca de lâmpadas na iluminação pública por equipamentos mais eficientes, podendo envolver a troca de reatores, ignitores, luminárias, relés fotoelétricos, fiação, braços, postes e demais elementos de fixação. Para os investimentos considerados viáveis, o apoio do PEE será integral, ou seja, a implantação do projeto deverá ser feita mediante doação do recurso do PEE.

10. Uso Compulsório da logomarca do programa de eficiência energética

Na divulgação do projeto, nas apresentações do projeto em eventos, nos materiais educativos e de divulgação em qualquer tipo de mídia e evento deverá haver a divulgação da logomarca do PEE (figura 1)



Figura 1 – Logomarca do PEE

2.5.2 Gestão Energética na ANEEL

Segundo o novo manual da ANEEL (PROPEE, 2013), a implantação da gestão energética poderá se dar em qualquer tipo de instalação, pública ou privada. Na administração pública esta poderá ser municipal, estadual ou federal.

As fases de um projeto de gestão energética, segundo o novo Manual, são as abaixo:

1. Seleção: A seleção das instalações e atividades candidatas poderá ser feita diretamente pela distribuidora ou através de chamadas públicas, devendo ser feita uma avaliação inicial à semelhança de um pré-diagnóstico energético;
2. Definição das medidas que terão apoio do projeto de eficiência energética como ações de conscientização, treinamento e capacitação, campanhas de mobilização, divulgação de resultados, aquisição ou melhoria de sistema de controle, alterações na instalação, etc.;
3. Carregamento do projeto junto à ANEEL;
4. Os projetos deverão ser enviados à ANEEL para avaliação inicial;
5. Estabelecimento da linha de base, definição de como serão medidas as melhorias e proceder com a execução;
6. Verificar e medir os parâmetros da linha de base;
7. Auditoria contábil e financeira;
8. Emitir relatório final do projeto;
9. Validação da medição e verificação do projeto;
10. Avaliação final por parte da ANEEL;
11. Fiscalização por parte da ANEEL;
12. Acompanhamento de longo prazo para verificar a perenidade das economias.

No caso de gestão energética municipal, esta já possui metodologia específica, a qual é detalhada no próximo subitem.

2.5.3 Metodologia Existente em Gestão Energética Municipal

A metodologia de gestão energética municipal consiste das seis etapas abaixo e seu produto final é a elaboração do plano municipal de gestão da energia elétrica – PLAMGE (IBAM, 2001).

Etapas da Gestão Energética Municipal:

- Capacitação dos técnicos municipais
- Estruturação da UGEM
- Organização dos dados
- Gerenciamento do consumo
- Planejamento do consumo
- Consolidação da Gestão Energética Municipal (GEM)

Etapas de capacitação dos técnicos municipais:

A Metodologia será transmitida aos técnicos dos Municípios contemplados, por meio da “Capacitação em Gestão Energética Municipal”, em um curso de capacitação de 18 horas, na qual serão difundidas também noções básicas de eficiência energética a serem aplicadas nos vários setores (centros de consumo) dos Municípios: iluminação pública, prédios públicos e serviços de saneamento, além do treinamento no programa computacional SIEM – Sistema de Informação Energética Municipal, fundamental para o andamento da gestão. Ao longo da implementação das etapas da metodologia, as equipes das unidades de gestão energética municipal (UGEM) colocarão em prática os ensinamentos passados na capacitação.

Etapas de estruturação da unidade de gestão energética municipal – UGEM:

A etapa contempla a criação da Unidade de Gestão Energética Municipal – UGEM – nos Municípios contemplados, por meio de Decreto Municipal. Em

contrapartida, as prefeituras municipais deverão providenciar a infraestrutura (equipamentos e local) para realização da gestão, pelas equipes da UGEM. Após a disponibilização da infraestrutura necessária, será instalado o software SIEM no computador destinado aos trabalhos, pela equipe da UGEM.

Etapa de organização dos dados necessários ao projeto:

Consiste na realização de estudos e pesquisas para organização dos dados necessários ao projeto (cadastrais, geoclimáticos e socioeconômicos), interação com a concessionária de energia elétrica local para recebimento dos dados das contas de energia elétrica, reconhecimento das Unidades Consumidoras (UCs) municipais e interação com os responsáveis para recebimento de dados, criação de indicadores de desempenho para as unidades municipais e alimentação do programa computacional. Nesta etapa, serão identificadas as UCs com maior consumo de energia elétrica existentes, em número a ser definido com a equipe da UGEM, para a identificação de medidas e projetos eficientes, com vistas à redução e ao uso eficiente do consumo de energia elétrica. As maiores UCs serão selecionadas de acordo com os seguintes critérios: (i) UCs com funcionamento no horário de ponta; (ii) UCs do Grupo A (Alta Tensão) que apresentam maior gasto com energia elétrica; e, (iii) UCs do Grupo B (Baixa Tensão) que apresentam maior gasto com energia elétrica.

Etapa de gerenciamento do consumo de energia elétrica:

O gerenciamento ocorre por meio do Sistema de Informação Energética Municipal – SIEM, alimentado com dados da fase anterior, que possibilitará o gerenciamento do consumo de energia elétrica das UCs dos municípios, por meio das análises dos gráficos e relatórios. Para o atendimento a exigência da ANEEL, foi contemplada na atual versão do SIEM, uma metodologia de medição e verificação para a comprovação dos resultados das medidas de gestão adotadas nas UCs contempladas.

Etapa de planejamento do consumo de energia elétrica:

A etapa consiste de três atividades principais: (i) visita as UCs que estejam com valores fora do padrão de consumo alertado nas atividades da fase anterior; (ii) levantamento dos pontos de desperdício e elaboração de medidas e projetos eficientes com seus respectivos cronogramas e análises econômicas; e (iii) elaboração dos cenários de referência e eficiência, para no mínimo quatro (04) anos futuros, apresentando a evolução do consumo dos municípios sem a aplicação (cenário de referência) e com a aplicação (cenário de eficiência) de medidas / projetos de eficiência energética.

Etapa de consolidação da GEM:

Análise dos potenciais de economia obtida e elaboração do plano municipal de gestão energética (PLAMGE), em que serão considerados o estabelecimento de metas e a definição de estratégias para a redução do consumo e do planejamento do uso eficiente de energia elétrica na administração municipal contemplada. Nesta etapa serão discutidas com a equipe da UGEM as estratégias para a aplicação das diretrizes abordada no PLAMGE e as ações para a sustentabilidade da UGEM.

2.5.3.1 Conceitos básicos de gestão energética municipal

Nesta seção será abordada a caracterização de município e suas responsabilidades após a constituição federal de 1988 e a capacitação dos funcionários da prefeitura em Gestão Energética Municipal – GEM.

2.5.3.1.1 *Caracterização de município*

Podemos definir município como sendo a circunscrição territorial e administrativa em que é dividido um Estado, Distrito ou região. O município é dotado de autonomia administrativa e se constitui de certos órgãos políticos e administrativos.

No Brasil existe, segundo divulgação do IBGE, de agosto de 2012, o número de 5.565 municípios.

No Paraná são exatos 399 municípios.

É no município onde se passa a maior parte de nossa vida cotidiana e é curioso que, ao se tratar de política, em geral, muita gente esteja mais atenta às questões nacionais, do que às municipais. Isso ocorre, especialmente, nas capitais estaduais e nas grandes cidades, onde boa parte da população, muitas vezes, mal conhece o nome de seu prefeito ou sabe quantos vereadores integram a sua câmara municipal.

O município compreende uma cidade, que é a sua sede, mas inclui também suas vizinhanças rurais.

2.5.3.1.2 *Responsabilidade das prefeituras*

Após a constituição federal de 1988, aumentou a participação das prefeituras no atendimento dos serviços públicos. Segundo o artigo 30 da Constituição, cabe a elas:

“legislar sobre assunto de interesse social, suplementar a legislação federal e estadual no que lhe couber, instituir e arrecadar tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas; criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual; organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão os serviços públicos de interesse local”.

Neste contexto, o setor elétrico sofre mudanças com reflexos na relação prefeituras – concessionárias, pois as empresas do setor elétrico, privatizadas ou mantidas públicas, mas com atuação empresarial, estabelecem uma relação comercial com as prefeituras com as características dos grandes consumidores privados. Isto pode gerar a negociação de tarifas diferenciadas de energia elétrica.

Isto posto, a administração municipal pode desempenhar quatro grandes funções na área de energia:

- Consumidora
- Produtora e distribuidora de energia
- Planejadora e organizadora do território
- Estimuladora, adotando medidas para estimular a população e agentes econômicos a promoverem o desenvolvimento com eficiência energética.

2.5.3.1.3 Capacitação em gestão energética municipal

Para a gestão satisfatória do consumo e pagamentos municipais, passa a ser um imperativo o melhor conhecimento possível das condições reais de uso da energia elétrica.

Este uso pode ser analisado sob as formas de:

- a) Potência instalada;
- b) Consumo de energia e;
- c) Despesas correspondentes.

As duas primeiras retratam as necessidades dos órgãos municipais. As despesas correspondentes dependem das condições de contrato com a concessionária. Estas negociações permitem a cobrança de tarifas diferenciadas por setor de atividade, que podem ser ainda aumentadas por multas, impostos e por situações de desperdícios, ou seja, consumo de energia feita de forma inadequada.

O sucesso da GEM depende tanto do total conhecimento do município, quanto do sistema administrativo que o gerencia.

Normalmente as estruturas administrativas não são organizadas segundo as atividades fim, o que pode acarretar em uma falta de acompanhamento de determinada atividade pelo setor competente.

Sob o ponto de vista da GEM, as contas das escolas municipais deveriam ser identificadas e suas cópias reunidas na secretaria de educação, o mesmo acontecendo com as contas dos órgãos de saúde, sendo feitas identificação e reunião de cópias na secretaria de saúde.

A implantação da UGEM é o momento propício para corrigir possíveis distorções, introduzindo pequenas alterações nas atribuições dos órgãos municipais, com relação ao controle de consumo e gastos com energia elétrica.

2.5.4 Sistema de Informação Energética Municipal (SIEM)

O SIEM foi criado em 1998 pela ELETROBRÁS/PROCEL e foi aprimorado pelo IBAM. O objetivo deste sistema informatizado é o de auxiliar os municípios na gestão energética municipal.

Os objetivos do SIEM são:

- Organizar e reconhecer as unidades consumidoras de energia elétrica da prefeitura;
- Permitir o gerenciamento do consumo e o acompanhamento das despesas com energia elétrica das unidades consumidoras municipais;

- Planejar o consumo para o futuro, usando a energia elétrica racionalmente.

O SIEM presta apoio no acompanhamento das contas e dos gastos municipais com energia elétrica aos administradores municipais. Também possibilita o acompanhamento da evolução do consumo de energia elétrica, nos segmentos prédios públicos e iluminação pública, por intermédio da metodologia de cenários. O SIEM é uma ferramenta indispensável de apoio à implementação do PLAMGE, pois permite ao administrador municipal a obtenção de relatórios técnicos, com descrições detalhadas dos projetos e gráficos, que permitem realizar análises comparativas entre os cenários elaborados e o real consumo do município, garantindo a avaliação do resultado da implementação dos projetos de eficiência.

A prefeitura poderá acompanhar e implantar um sistema de gestão energética, ao fazer o cadastro dos dados do município, informando as características físicas e operacionais das diferentes unidades, com seu respectivo consumo de energia elétrica, em kWh e em reais.

O SIEM organiza as informações do município na forma de gráficos e relatórios. Também permite gerar indicadores de consumo específico, associados às unidades consumidoras, com possibilidade de filtragem das informações por tipo de atividade (educação, segurança, administrativa, saneamento, saúde, segurança pública e outros), tipo de indicador de desempenho (m² construído, n^o de alunos, n^o de funcionários, n^o de leitos e outros) e uso principal dos medidores, de forma agregada ou desagregada, ao longo de períodos delimitados de tempo.

Abaixo, na figura 2, um exemplo de gráfico, constituído após haverem sido cadastradas as informações da prefeitura. Para o administrador, é uma ferramenta poderosa, ao mostrar em quais atividades se concentra, por exemplo, os maiores consumos de energia.

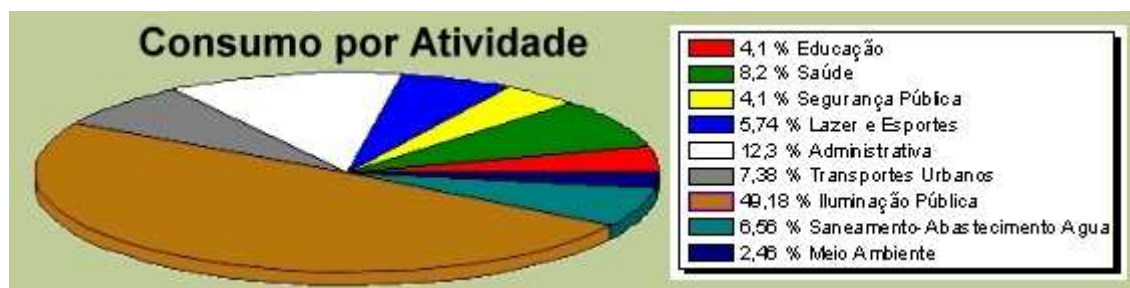


Figura 2 - Consumo por atividade em um município
Fonte: IBAM

2.5.5 Medição e Verificação Existente em Gestão Energética Municipal

A metodologia utilizada na medição e verificação pelo SIEM consiste basicamente da seguinte forma:

- a) É feito levantamento da potência dos equipamentos existentes e seu regime de funcionamento (horas e dias trabalhados no mês). Obtido isto, o valor da potência dos equipamentos é multiplicado pelas horas de funcionamento durante o dia e depois pelos dias trabalhados no mês. Desse cálculo, se obtém o consumo estimado da unidade consumidora na condição antes.
- b) Para consolidar este consumo estimado é feito um ajuste em função do maior consumo registrado pela unidade consumidora no período considerado de referência (antes - *baseline*), calculando um percentual proporcional e ajustando o consumo calculado para carga instalada (por exemplo, se reduz as horas por dia de funcionamento).
- c) Após ocorrer a substituição dos equipamentos por outros mais eficientes, é realizado o mesmo cálculo, ou seja, multiplicada a nova potência dos equipamentos pelas horas de funcionamento no dia e depois multiplicado pelos dias de trabalho dentro do mês, obtendo, assim, o novo consumo estimado dessa instalação.
- d) O procedimento de ajuste é o mesmo e é utilizado no período *pós-retrofit* (após) para ajustar os cálculos e assim proceder ao cálculo estimado da redução de consumo da unidade consumidora.
- e) Fazendo a diferença entre o consumo antes do *retrofit* e depois do *retrofit*, tem-se a energia economizada com ação de eficiência.

3 PROPOSTA DE METODOLOGIA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM GESTÃO ENERGÉTICA

O objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia de medição e verificação para gestão energética, com uso do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), com suporte em técnicas de controle e fixação de metas.

Neste momento se faz necessário definir explicitamente o conceito aqui adotado de projeto de gestão energética, que compreende todas as ações em busca da eficiência energética, com objetivo de otimizar o consumo e as despesas com energia. As etapas da metodologia são:

- **Estruturação da unidade de gestão energética (UGE):** criação de uma unidade de Gestão Energética na unidade consumidora com a escolha dos membros “chaves” da instituição.
- **Treinamento e capacitação de colaboradores na unidade consumidora:** nesta etapa, a metodologia da gestão energética pode ser repassada aos colaboradores da unidade consumidora.
- **Organização dos dados da unidade consumidora:** levantamento de carga instalada, históricos de energia, indicadores de desempenho energético. Nesta etapa, já se pode fazer uso de ferramentas computacionais, como por exemplo, o SIEM;
- **Gerenciamento do consumo e despesas:** análise de históricos de energia, análise de indicadores energéticos, escolha de unidades consumidoras para pré-diagnóstico energético ou, no caso de uma única unidade, seu próprio pré-diagnóstico.
 - **Planejamento do consumo e das despesas:** análise para a otimização da compra de energia elétrica, análise de oportunidades nos usos finais e processos e a elaboração de período de referência (antes – *baseline*) e período de eficiência ou pós-*retrofit* (inclui resultados do pré-diagnóstico como previsão de cenário de eficiência).

- **Consolidação da gestão energética com a elaboração do Plano de Gestão Energética do Consumidor (PGE):** criação do documento intitulado plano de gestão energética da unidade consumidora, onde se inclui ações já implementadas (por exemplo, otimização da compra de energia elétrica) e ações futuras de eficiência energética (resultados obtidos de estudos e análises na etapa de planejamento).

O objetivo deste trabalho não é o de aprofundar o conceito de projeto de gestão energética, item incluso e sem definição no novo manual ANEEL e tema, com certeza, de futuros trabalhos. É sim apresentar a metodologia de proposta para medição e verificação do projeto de gestão energética.

3.1 DEFINIÇÃO DA OPÇÃO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO PARA PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA

Em projetos de gestão energética, onde o objetivo principal é efetuar um controle e gerenciamento dos gastos dos insumos energéticos, a opção do protocolo internacional de medição e verificação de performance mais adequada é a opção C, pois nela é averiguado todo o desempenho energético da instalação.

Uma vez que são usados os medidores de toda a instalação, a economia relatada na opção C inclui os efeitos positivos ou negativos de todas as alterações feitas na instalação (administrativas e ou tecnológicas), podendo ser relacionadas ou não relacionadas diretamente com a ação de eficiência energética. Ajustes devem ser sempre realizados para expurgar possíveis distorções.

Os dados dos medidores da concessionária são considerados 100% precisos para a determinação da economia, porque definem o pagamento de energia, sendo ainda habitualmente necessárias para satisfazer as regulamentações comerciais de precisão, relativas à comercialização de produtos energéticos.

Na opção C, para que se consigam bons resultados, é fundamental acompanhar de perto os parâmetros que mudam regularmente e afetam o consumo

de energia, denominados de variáveis independentes. As variáveis mais comuns são o clima (temperatura e umidade), o volume de produção e a ocupação.

As variáveis independentes devem ser medidas e registradas ao mesmo tempo em que os dados de energia. Por exemplo, os dados do clima devem ser registrados diariamente, afins de que possam ser totalizados para corresponder ao período mensal de medição de energia exato, o qual pode diferir do mês do calendário.

Na opção C, utilizam-se modelos matemáticos de regressão para analisar o comportamento da instalação e entender os efeitos que a variação das variáveis independentes pode causar no consumo energético de uma instalação, que não poderiam ser compreendidos com uma simples observação das faturas de energia. Um modelo pode ser tão simples quanto uma lista ordenada de doze quantidades mensais, medidas sem quaisquer ajustes. No entanto, um modelo inclui frequentemente fatores derivados da análise de regressão, que correlacionam energia a uma ou mais variáveis independentes, tais como temperatura, duração do período de medição e produção.

3.2 MONITORING, TARGETING E REPORTING EM PROJETOS DE GESTÃO ENERGÉTICA

Essas técnicas de controle e fixação de metas seguem os axiomas básicos do *Monitoring, Targeting & Reporting* que são os seguintes:

Monitoring: Coleta regular e análise de informações sobre o consumo de energia. Seu propósito é estabelecer uma base de controle gerencial para determinar quando e porque o consumo de energia está divergindo de um padrão estabelecido e prover de base para a realização de uma ação gerencial quando necessário.

Targeting: identificação dos níveis de consumo de energia para o qual é desejável, como um objetivo a ser alcançado.

Reporting: coloca a informação gerada pelo processo de monitoramento de forma que possibilite o controle de uso de energia continuamente, de modo a alcançar as metas de redução e a verificação de economias alcançadas.

O processo de monitoramento vem antes do estabelecimento das metas, pois sem o monitoramento, não se pode saber precisamente de onde se está começando ou de decidir se uma meta foi alcançada. A fase de comunicação apoia a gestão e também cuida para que a responsabilidade pela performance e as metas sejam estabelecidas.

Após a medição, os dados devem ser organizados, os quais serão analisados para revelar um padrão, tendências e estatísticas de consumo. A comunicação desta informação, que é o resultado dessa análise, poderá ser usada para incitar ações que produzem resultados, como redução de consumo e custos, conforme figura abaixo



Figura 3 - Ciclo do MT&R
Fonte: Autores

As ferramentas de gestão utilizadas pela MTR são:

- Coleta de dados e informações sobre energia, produção e outras variáveis;
- Desenvolvimento de um modelo de desempenho de energia que relaciona consumo de energia a parâmetros de produção;
- Análise cumulativa das diferenças, que é uma técnica de análise estatística que demonstra as mudanças contínuas entre a situação atual e os valores previstos;

- Controle de consumo de energia, que prove informação para permitir administrar o consumo descendente de energia.

O monitoramento envolve o consumo e as variáveis independentes aplicáveis à análise de desempenho de energia, ou seja, uma comparação dos valores previstos ao desempenho atual por meio de uma análise onde geralmente se usa regressão.

Os dados de uso de energia isolados são de utilidade muito limitada para entender a natureza do sistema de energia, identificar oportunidades de melhoria de eficiência e controlar o uso de energia no futuro. Trabalhar os dados para gerar informações que facilitem a compreensão da utilização de energia envolve um processo de análise.

3.3 PASSOS PARA IMPLEMENTAR A METODOLOGIA PROPOSTA DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO EM GESTÃO ENERGÉTICA

Quando se executam as medidas de eficiência energética nos projetos de gestão energética municipal, percebe-se certa dificuldade para acompanhar e verificar os resultados alcançados com o projeto.

Na nova metodologia proposta, será empregada a opção C do PIMVP para avaliar os resultados da gestão energética e, paralelamente, utilizadas as técnicas de *Monitoring, Targeting and Reporting* – MTR, para acompanhar o projeto ao longo do tempo e verificar o atingimento das metas.

O período de referência (antes – *baseline*) que é definido para a medição e verificação é o mesmo ponto de partida para o *Monitoring, Targeting and Reporting* - MTR.

Abaixo, são descritos os passos da metodologia proposta:

1- Pré-diagnóstico da instalação: essa medida é necessária para se ter uma compreensão da instalação e quais as melhores oportunidades que poderão ser exploradas de modo a otimizar o uso da energia. Gráficos de *pizza* podem ser montados, discriminando os diversos usos finais, indicando a contribuição dos mesmos no perfil de consumo da unidade consumidora. Para realizar esse tipo de

serviço, quando os consumidores não dispuserem de corpo técnico, deverão contratar uma ESCO ou empresas de consultoria que detenham o conhecimento necessário para a execução dos serviços.

2- Proposta de ação de eficiência energética: baseado no pré-diagnóstico realizado nas instalações, uma proposta de projeto pode ser formulada propondo varias ações para efficientizar os usos finais da instalação, como a troca de equipamentos antigos por equipamentos mais eficientes, instalação de sensores de presença, melhora das instalações internas, entre outras ações. Na proposta de projeto, geralmente define-se metas de economia de energia e redução de demanda.

3- Plano de medição e verificação: neste processo deverá ser elaborado todo procedimento de medição e verificação conforme o PMIVP e organizadas as informações relativas aos usos finais efficientizados, das faturas de energia, acompanhamento das variáveis independentes e dos fatores estáticos e definição do período de medição.

4- Construção de período de referência (antes - *baseline*): com base nas informações relacionadas no plano de medição e verificação, será construída uma *baseline*, que correlacionará o consumo energético com alguma variável independente. Neste caso, serão empregadas técnicas de estatística (regressão).

5- Implantação de ações de eficiência energética: execução das ações planejadas, visando concretizar as oportunidades de eficiência energética, levantadas durante a execução do diagnóstico energético. Caberá aos gestores angariar apoio junto aos principais envolvidos para o sucesso do projeto.

6- Targeting: nesta fase, que ocorre num período intermediário compreendido entre a fase de implantação e avaliação dos resultados, são empregadas técnicas de fixação das metas para o atingimento dos resultados. Gráficos comparativos podem ser construídos, mostrando a evolução dos resultados, como os gráficos da soma cumulativa das diferenças (CUSUM) e da Carta de Controle.

7- Avaliação dos resultados: Para avaliação dos resultados empregaremos a opção C do protocolo, pois essa ferramenta envolve o controle das faturas de energia. Para o sucesso desse método de avaliação é necessário uma *baseline* bem consolidada.

8- Comunicação (*Reporting*): Para o sucesso das ações a serem implantadas, é necessário o engajamento dos envolvidos. É missão dos gestores realizar periodicamente campanhas de conscientização, visando combater o desperdício de energia e divulgar os resultados alcançados com o projeto.

4 ESTUDOS DE CASO

As análises a seguir apresentam aplicação da metodologia proposta para dois tipos de consumidores: com fins lucrativos e sem fins lucrativos. Estes estudos de caso tem objetivo apresentar na prática a metodologia proposta para projetos de gestão energética.

4.1 ESTUDO CASO DA UNIDADE CONSUMIDORA COM FINS LUCRATIVOS

Como exemplo de aplicação das técnicas de MTR aliada à opção C, apresentamos como estudo de caso, a ação de eficiência energética realizada numa Unidade Consumidora do setor de comércio e serviços identificado aqui por UC.

A UC é um edifício histórico utilizado para atividades administrativas, bancárias e cultural de Curitiba, capital do Paraná, estando localizado no centro da cidade.

A energia elétrica para esse cliente é fornecida pela COPEL em uma rede aérea em tensão de fornecimento de 13.200 Volts (nominal), sendo que a distribuição de energia na edificação é feita em tensão secundária, para os usos finais, de 220 (127) Volts no setor administrativo e comercial.

O consumidor está enquadrado na tarifa horo sazonal verde, subgrupo A4, com preço médio de energia elétrica de 302,41 R\$/MWh. O consumo médio antes da implementação da ação de eficiência energética era de 241.578 kWh/mês, conforme pode ser visto histórico de consumo e demanda do cliente, na Tabela 1.

Tabela 1 - Histórico de consumo e demanda de energia elétrica

Período	Tipo	Consumo (kWh/mês)	Demanda (kW)	Demanda Contratada (kW)	Demanda Faturada (kW)	Demanda Ultrapassagem (kW)	Consumo Excedente (kWh)	Demanda Excedente (kW)	Fator de Potência (%)	Fator de Carga	Importe total (R\$)	Preço médio (R\$/MWh)
mai/09	Ponta	20.100	681	1.000	1.000	0	63	0	93,19	0,45		
	F.Ponta	208.464	913	1.000	1.000	0	168	0	93,19	0,34		
	Total	228.564					231			0,34	77.515,62	339,14
jun/09	Ponta	15.766	631	1.000	1.000	0	3	0	93,85	0,38		
	F.Ponta	181.800	813	1.000	1.000	0	24	0	93,85	0,34		
	Total	197.566					27			0,33	66.158,04	334,87
jul/09	Ponta	15.666	538	1.000	1.000	0	0	0	94,38	0,45		
	F.Ponta	207.984	828	1.000	1.000	0	0	0	94,38	0,38		
	Total	223.650					0			0,37	70.870,90	316,88
ago/09	Ponta	15.476	559	1.000	1.000	0	0	0	94,17	0,43		
	F.Ponta	182.520	790	1.000	1.000	0	0	0	94,17	0,35		
	Total	197.996					0			0,34	65.785,62	332,26
set/09	Ponta	16.716	664	1.000	1.000	0	0	0	93,95	0,39		
	F.Ponta	218.184	814	1.000	1.000	0	24	0	93,95	0,4		
	Total	234.900					24			0,4	74.153,34	315,68
out/09	Ponta	16.386	693	1.000	1.000	0	0	0	94,4	0,36		
	F.Ponta	224.592	941	1.000	1.000	0	24	0	94,4	0,36		
	Total	240.978					24			0,35	75.327,83	312,59
nov/09	Ponta	12.705	291	1.000	1.000	0	0	0	93,71	0,67		
	F.Ponta	238.824	998	1.000	1.000	0	72	0	93,71	0,36		
	Total	251.529					72			0,35	73.076,61	290,53
dez/09	Ponta	18.701	635	1.000	1.000	0	30	0	93,39	0,45		
	F.Ponta	265.944	926	1.000	1.000	0	168	0	93,39	0,43		
	Total	284.645					198			0,42	81.016,52	284,62
jan/10	Ponta	14.147	298	1.000	1.000	0	0	0	93,21	0,73		
	F.Ponta	241.392	935	1.000	1.000	0	288	0	93,21	0,39		
	Total	255.539					288			0,37	70.566,84	276,15
fev/10	Ponta	15.750	599	1.000	1.000	0	0	0	93,47	0,4		
	F.Ponta	275.784	987	1.000	1.000	0	120	0	93,47	0,42		
	Total	291.534					120			0,4	78.609,51	269,64
mar/10	Ponta	15.933	680	1.000	1.000	0	0	0	93,22	0,36		
	F.Ponta	220.320	960	1.000	1.000	0	120	0	93,22	0,35		
	Total	236.253					120			0,34	69.514,51	294,24
abr/10	Ponta	17.149	648	1.000	1.000	0	0	0	93,3	0,41		
	F.Ponta	238.632	920	1.000	1.000	0	144	0	93,3	0,39		
	Total	255.781					144			0,38	74.065,44	289,57
Média	Ponta	16.208	576		1.000	0	8	0	93,69	0,46		
	F.Ponta	225.370	902		1.000	0	96	0	93,69	0,38		
	Total	241.578					104			0,38	73.055,07	302,41

Fonte: Projeto da UC

4.1.1 Distribuição do Uso Final da Energia Elétrica na Instalação

O consumo de energia na unidade consumidora é distribuído conforme figura 4, representando um gráfico de pizza. Da visualização da figura 4 observa-se que o sistema de condicionamento de ar é responsável por cerca de 51% do consumo da instalação e as demais cargas por 49%.

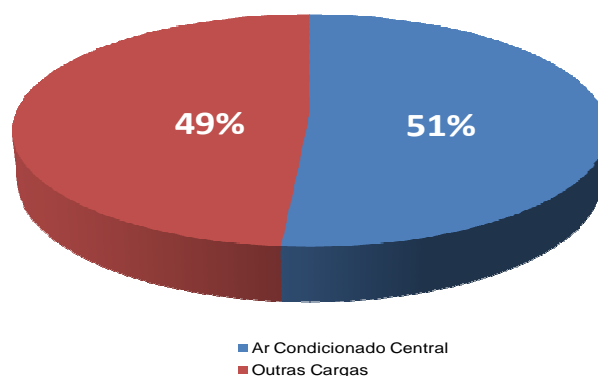


Figura 4- Distribuição do consumo de energia elétrica ar-condicionado
Fonte: Projeto da UC

O sistema de ar condicionado antigo era composto por 3 *Chillers* de igual capacidade da marca Trane 206,57 TR, com eficiência de 12,64 kJ/Wh. Os equipamentos eram antigos e pouco eficientes, sendo o consumo médio das três unidades refrigeradoras juntas de 124.080 kWh/mês representando 51% do consumo da unidade consumidora. Como alternativa para melhoria do consumo energético e redução da demanda de energia nas dependências do HSBC, foi elaborado um projeto de Eficiência Energética, que foi selecionado na Chamada Publica DDI COPEL 001/2010.

O referido projeto propôs a troca dos antigos *Chillers* por três novos *Chillers* do fabricante Trane de 203,7 TR, modelo RTHD-200TR com eficiência de 22,56 kJ/Wh, ou seja, 78% mais eficiente.

A implementação do projeto aconteceu através da assinatura de um contrato de desempenho entre a UC e a Copel Distribuição S.A., onde o cliente teve que devolver o montante investido pela distribuidora em várias parcelas, sendo o valor de cada parcela paga baseado no desempenho energético apurado através de medições realizadas em campo.

4.1.2 Aplicação da Metodologia na Unidade Consumidora com Fins Lucrativos

Nesta seção será mostrada a aplicação da ferramenta de MTR na unidade consumidora citada e mostrada como tal ferramenta pode complementar as ações de medição e verificação.

4.1.2.1.1 *Monitoring*

Antes da implementação do projeto de Eficiência Energética, seguiu-se um período de observação e coleta de dados, denominado de *Monitoring*, onde foi construído um período de referência (antes – *baseline*) com o monitoramento de informações relevantes para o entendimento do consumo energético da instalação.

As informações coletadas durante o período de *Monitoring* foram utilizadas para construção de uma base de referência, para se ter uma comparação após a realização do *retrofit*.

O processo de *Monitoring* é importante, pois no período de *Reporting*, as informações não estarão mais disponíveis para consulta, tornando-se mais difícil o trabalho de determinação dos custos evitados de energia, pois não haverá uma base sólida de comparação.

Com essas informações organizadas de forma adequada, podemos estabelecer metas a serem alcançadas e fazer a gestão para alcançar os objetivos. Na tabela 2 constam informações sobre o consumo (kWh) e a demanda (kW) da UC no ano de 2011.

No caso particular desta instalação, foram identificadas duas variáveis de influência: a taxa de ocupação e o clima. Para esse estudo, com o intuito de demonstrar a metodologia empregada, optou-se por monitorar as temperaturas médias mensais.

Para tanto, foram empregados os dados meteorológicos referentes às series históricas da rede de estação do INMET (www.inmet.gov.br), conforme pode ser visto na tabela 3 (equalizado data de leitura da COPEL e dados do clima).

Tabela 2 – Consumo e demanda da UC no ano de 2011

mês/ano	Consumo (kWh)		
	Ponta	Fora Ponta	Total
fev/11	27.749	289.368	317.117
mar/11	24.747	264.840	289.587
abr/11	23.508	237.024	260.532
mai/11	18.631	213.896	232.527
jun/11	16.053	202.501	218.554
jul/11	15.696	198.646	214.342
ago/11	14.695	187.085	201.780
set/11	13.855	189.532	203.387
out/11	14.743	200.426	215.169
nov/11	28.742	374.796	403.538
dez/11	14.919	177.859	192.778
jan/12	12.527	137.066	149.593

Fonte: Projeto da UC

Tabela 3 - Variação da temperatura média mensal nos meses de referência

Estação INMET	Data	Temperatura Média (°C)
83842	02/2011	21,64
83842	03/2011	18,91
83842	04/2011	18,6
83842	05/2011	14,78
83842	06/2011	12,67
83842	07/2011	14,13
83842	08/2011	14,57
83842	09/2011	14,89
83842	10/2011	17,38
83842	11/2011	17,7
83842	12/2011	19,9
83842	01/2012	20,36
83842	02/2012	26,33
83842	03/2012	28,72
83842	04/2012	27,01
83842	05/2012	23,98
83842	06/2012	20,32
83842	07/2011	18,28
83842	08/2012	19,61
83842	09/2012	23,37
83842	10/2012	24,1
83842	11/2012	25,73
83842	12/2012	24,95
83842	01/2013	20,98

Fonte: Projeto da UC

De modo a facilitar, foram criados modelos matemáticos (regressões) que relacionam a variação da temperatura média mensal com o consumo de energia na unidade consumidora. A correlação matemática foi obtida através de técnicas de regressão numérica, utilizando como ferramenta o programa Microsoft Excel, conforme se verifica na tabela 4.

Tabela 4 - Temperatura média x consumo período de referência

Data	Temperatura Média (°C)	Energia Consumida (kWh)	Demanda (kW)
fev/11	21,64	317.117	876
mar/11	18,91	289.587	616
abr/11	18,6	260.532	797
mai/11	14,78	232.527	756
jun/11	12,67	218.554	815
jul/11	14,13	214.342	775
ago/11	14,57	201.780	797
set/11	14,89	203.387	833
out/11	17,38	215.169	819
nov/11	17,7	403.538	843
dez/11	19,9	192.778	749
jan/12	20,36	149.593	583

Fonte: Projeto da UC

Com as informações da temperatura média mensal, o consumo e a demanda da unidade consumidora, foram estabelecidos os modelos matemáticos descritos nos gráficos 1, 2 e 3, que descrevem a relação entre temperatura com a demanda e o consumo de energia na instalação.

No gráfico 1 da demanda foram expurgados os meses de fevereiro, abril, julho, novembro e dezembro, para se poder efetuar a regressão linear satisfatoriamente e exemplificar a técnica. O mesmo ocorreu no gráfico 2 do consumo, com o expurgo dos meses de novembro, dezembro e no gráfico 3, através de dados de tabela 5, de consumo pós-*retrofit*, foram expurgados os meses outubro, novembro, dezembro e janeiro.

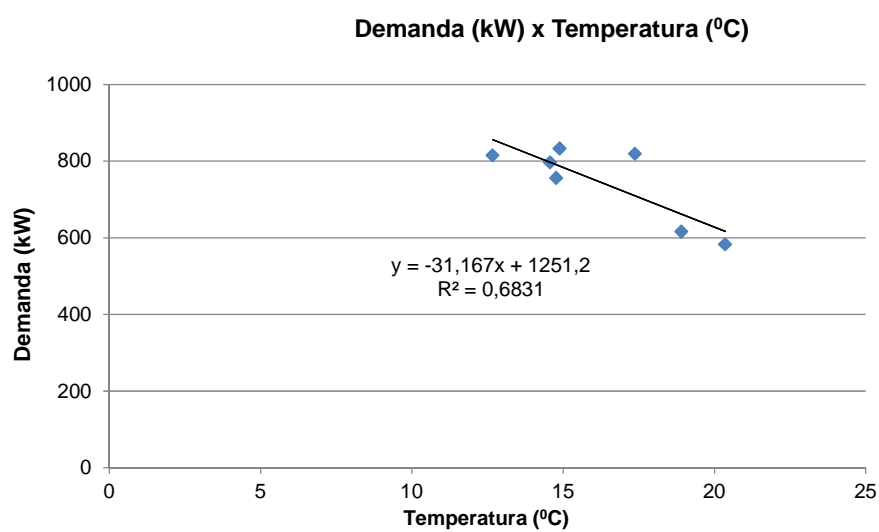


Gráfico 1– Demanda período de referência x temperatura

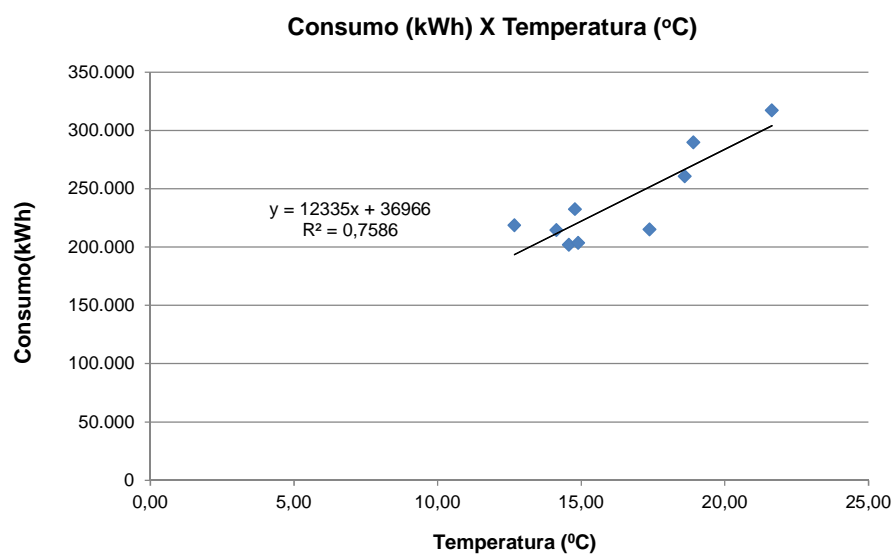


Gráfico 2 – Consumo período de referência x temperatura

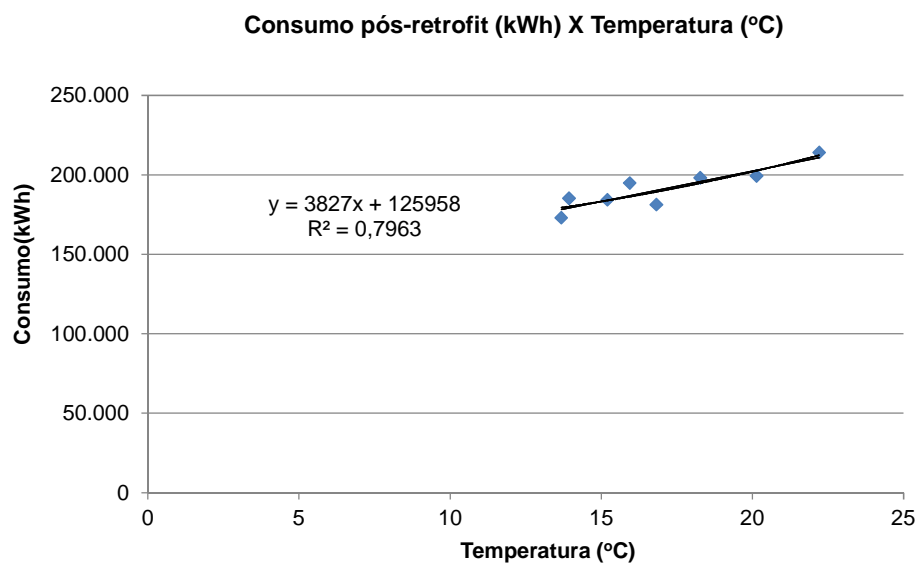


Gráfico 3 - Consumo pós-retrofit x temperatura

As retas de regressões calculadas podem ser encaradas como uma estimativa da relação real, porém desconhecida, que existe entre duas variáveis na população. A eficácia da reta de regressão é avaliada através da determinação do coeficiente de determinação R^2 .

Uma medida útil, associada à reta de regressão, é o grau em que as previsões baseadas na equação de regressão superam as previsões baseadas no valor médio de y . O Coeficiente de determinação pode ser definido como o grau de ajuste da reta estimada ao conjunto de dados, quão bem o modelo se ajusta ao conjunto de dados.

Esta comparação pode ser analisada pela figura 5.

Poder de Explicação de R^2

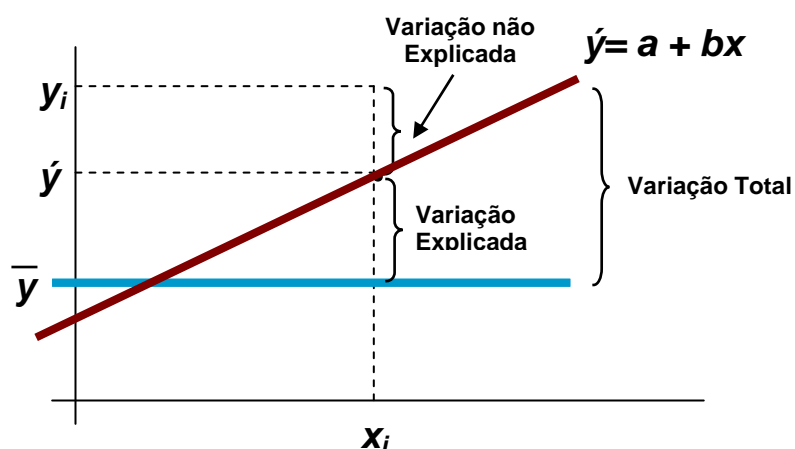


Figura 5 - Poder de explicação de R^2

Onde:

- **Variação Total:** é a distância entre o valor médio de y e o valor observado de cada y ; o somatório do quadrado dos desvios das observações y com relação ao valor da média \bar{y} das mesmas observações y , isto é, $\sum (y_i - \bar{y})^2$ é sua medida estatística.
- **Variação não-explicada:** é a distância entre os valores estimados pela reta e os valores observados de y ; o somatório do quadrado dos desvios das observações y com relação aos valores estimados pelo modelo de regressão, isto é, $\sum (y_i - \hat{y}_i)^2$ é sua medida estatística.
- **Variação explicada:** é a distância entre o valor médio de y e os valores estimados pelo modelo para cada y ; o somatório do quadrado dos desvios dos valores estimados pelo modelo de regressão \hat{y}_i com relação ao valor médio de y , isto é, $\sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2$ é sua medida estatística.
- Conclui-se, então, que [Variação total = variação explicada + variação não-explicada].

A percentagem de variação explicada, R^2 , é a razão da variação explicada sobre a variação total. Note a diferença entre os conceitos de variação e variância, já que variância = variação/gl.

A variação total também é conhecida pela expressão da soma total dos quadrados, a variação não explicada é o que já vimos acima como erro padrão da estimativa. Resta a variação explicada, que é tratada como soma dos quadrados explicada, conforme formulário 1.

$$r^2 = \frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}} = \frac{\sum (y_c - \bar{y})^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$$

$$r^2 = \frac{\text{variação total} - \text{variação não explicada}}{\text{variação total}}$$

$$r^2 = 1 - \frac{\text{variação não explicada}}{\text{variação explicada}} = 1 - \frac{\sum (y_i - y_c)^2}{\sum (y_c - \bar{y})^2}$$

Formulário 1 - Fórmulas para r^2

A medida r^2 reflete até que ponto os valores de y estão relacionados com os de x . Se $r^2 = 0$, então $b = 0$ e o valor médio de y é a melhor projeção para qualquer valor de x .

O coeficiente de determinação r^2 indica a proporção da variação total na variável dependente y que é explicada pela variação da variável independente x .

Se r^2 é próximo de 1, isso significa que a variação explicada responde por uma grande percentagem da variação total. Se $r^2 = 0,81$, por exemplo, indica que aproximadamente 81% da variação em y está relacionada com a variação de x e que 19% não é explicado por x .

O fato de r^2 não estar próximo de zero sugere que a equação é melhor que a média de y , como predito.

Devido a um alto grau de dispersão dos pontos, ao plotar as retas regressões, foi necessário expurgar os meses de outubro a janeiro no modelo pós-*retrofit* e de novembro a janeiro, no período de referência.

Essa medida se fez necessária para se obter um coeficiente de determinação de 0,75, conforme prevê como aceitável no PIMVP.

A dispersão desses pontos é explicada, em parte pela coincidência dos espetáculos de natal, que tradicionalmente acontecem na instalação de novembro a dezembro, além disso, o mês de janeiro, época de férias dos funcionários, é considerado um mês atípico, portanto optamos por expurgar os meses citados para facilitar o entendimento do consumo energético.

Para esse trabalho, a fim de facilitarmos o entendimento da metodologia, optamos apenas por trabalhar com modelos de regressão linear, monitorando a variável independente temperatura média mensal.

No caso particular da demanda de potência ativa, os pontos se apresentaram muito dispersos e mesmo expurgando os meses de fevereiro, abril, julho, novembro e dezembro, foi obtido um R^2 de 0,68. Esse fato se justifica pela natureza aleatória da demanda, que é influenciada por fatores como o processo produtivo da instalação, o regime de trabalho e hábitos de consumo.

Para a gestão da demanda, teria de se investir em uma modelagem mais sofisticada, com a adoção de um modelo não linear ou que se controlassem outras variáveis independentes, como a taxa de ocupação. Essas modelagens envolvem custos e dependem muito dos recursos disponíveis e do nível de precisão desejada. Com os dados disponíveis e para os fins de apenas demonstrar a metodologia, será considerado o r^2 calculado como aceitável.

No contrato de desempenho energético, a maneira como será avaliado o desempenho em uma instalação é definido por um plano de medição e verificação. Neste documento, é definido o número de variáveis independentes que serão monitoradas, que tipo de ajuste de rotina será efetuado, que fatores estáticos serão acompanhados e qual a incerteza que poderá ser admitida. Esse documento é estabelecido de forma consensual entre as partes e deverá ser seguido fielmente até o fim.

Com a consolidação de informações sobre a *baseline*, os gestores de projeto da UC poderão fazer prognósticos, bastante próximos de como seria o consumo da instalação, se nenhuma ação de eficiência energética fosse realizada.

4.1.2.1.2 Emprego da opção C na avaliação do projeto

Para demonstrar a aplicação da opção C do protocolo, apresentamos o caso do prédio da UC, que é um bom exemplo de emprego dessa modalidade do protocolo, pois o sistema de condicionamento de ar apresenta grande representatividade no consumo de energia, sendo responsável, como mostrado na figura 4, por metade do gasto energético da instituição. Além disso, as expectativas de economia mensal esperadas com a implementação do projeto, eram superiores a 10% do consumo de energia no ano base.

Sendo assim, o emprego da opção C do PIMVP se tornou uma escolha atrativa e economicamente viável, pois bastava que a equipe da UC fizesse um acompanhamento das faturas de energia.

Como citado anteriormente, o período *pré-retrofit* foi aproveitado para a construção de uma *baseline*, onde foi acompanhada a variável independente da temperatura média mensal. O período de avaliação adotado foi de 24 meses, sendo 12 meses antes (fevereiro de 2011 a janeiro de 2012) e 12 meses após o *retrofit* (fevereiro de 2012 a janeiro de 2013).

A economia de energia foi determinada através do emprego da equação 1.

$$\text{Custo Evitado} = \text{Consumo período de referência} - \text{Consumo pós-retrofit} \pm \text{Ajustes}$$

Equação 1 - Custo Evitado

Os ajustes previstos na equação 1 foram feitos através do emprego do modelo de prognóstico energético descrito no gráfico 2.

Essa equação servirá para prever o consumo que a instalação teria no período *pós-retrofit*, caso nenhuma medida de eficiência energética fosse empregada. Além disso, essa medida eliminará a influência da temperatura, de modo que a comparação seja feita na mesma base.

Sem esses ajustes, não poderíamos facilmente explicar a pouca economia de energia verificada no mês de agosto ou a ausência de economia nos meses de dezembro e janeiro, em comparação a mesma época do ano do período de referência, conforme pode ser visto na tabela 5.

Como os projetos de eficiência energética com consumidores privados são geralmente feitos através de contratos de desempenho energético, onde o cliente tem que devolver o valor investido através da economia verificada mês a mês, a simples comparação poderia acarretar prejuízos, por isso nesses casos é fundamental a elaboração de um plano de medição prevendo o monitoramento das variáveis independentes.

Tabela 5 - Comparação direta entre os períodos de referência e pós-retrofit

Meses	Consumo período de referêncica (kWh)	Meses	Consumo pré-retrofit (kWh)	Economia de consumo (kWh)
fev/11	317.117	fev/12	214.024	103.093
mar/11	289.587	mar/12	199.127	90.460
abr/11	260.532	abr/12	197.961	62.571
mai/11	232.527	mai/12	184.087	48.440
jun/11	218.554	jun/12	185.124	33.430
jul/11	214.342	jul/12	172.892	41.450
ago/11	201.780	ago/12	194.674	7.106
set/11	203.387	set/12	181.091	22.296
out/11	215.169	out/12	188.056	27.113
nov/11	403.538	nov/12	181.900	221.638
dez/11	192.778	dez/12	208.457	-15.679
jan/12	149.593	jan/13	193.250	-43.657
Total	2.898.904	-	2.300.643	598.261

Fonte: Projeto da UC

Na tabela 6, apresentamos a determinação da economia a através da aplicação da opção C do PIMVP. Nota-se que nesse caso, ao contrario da comparação direta, pode-se perceber economia em todos os meses do ano, em comparação ao ano de referência.

Tabela 6 - Determinação da economia através da Opção C

Data	Temperatura Media (°C)	Consumo pós-Retrofit (kWh)	Prognóstico Linha Base (kWh)	Consumo Evitado (kWh)
fev/12	22,21	214024	310.926	96.902
mar/12	20,14	199.127	285.393	86.266
abr/12	18,28	197.961	262.450	64.489
mai/12	15,2	184.087	224.458	40.371
jun/12	13,94	185.124	208.916	23.792
jul/12	13,68	172.892	205.709	32.817
ago/12	15,94	194.674	233.586	38.912
set/12	16,83	181.091	244.564	63.473
out/12	19,2	188.056	273.798	85.742
nov/12	19,06	181.900	272.071	90.171
dez/12	22,67	208.457	316.600	108.143
jan/13	19,93	193.250	282.803	89.553
Total	-	2300643	3.121.274	820.631

Fonte: Projeto da UC

Na tabela 6 foi aplicada a equação do gráfico 2:

$$P = 12335 \cdot x + 36966$$

Onde: P= prognóstico de consumo em kWh

x = temperatura em (°C)

Do mesmo modo, analisamos a questão pelo lado da demanda, conforme tabela 7, onde foi aplicada a equação do gráfico 1:

$$D = -31,167 \cdot x + 1251,62$$

Onde: D = prognóstico de demanda em kW

x = temperatura em (°C)

Tabela 7 - Temperatura média x demanda

Data	Demanda medida período pós-retrofit (kW)	Temperatura Média período pós-retrofit (°C)	Data	Prognóstico da demanda do período de referência (kW)
fev/12	612	22,21	fev/11	559
mar/12	628	20,14	mar/11	623
abr/12	616	18,28	abr/11	681
mai/12	562	15,2	mai/11	777
jun/12	572	13,94	jun/11	817
jul/12	563	13,68	jul/11	825
ago/12	582	15,94	ago/11	754
set/12	585	16,83	set/11	727
out/12	586	19,2	out/11	653
nov/12	618	19,06	nov/11	657
dez/12	612	22,67	dez/11	545
jan/13	611	19,93	jan/12	630
Média	596	18,09	Média	687
Máximo	628	22,67	Máximo	825

Fonte: Projeto da UC

A redução da demanda foi obtida através da diferença verificada entre as demandas máximas no prognóstico do período de referência e no período pós-retrofit.

$$RDP = D_{\text{máx antes}} - D_{\text{máx após}}$$

$$RDP = 825 - 628$$

$$RDP = 197 \text{ kW}$$

Comparando os resultados obtidos através da Opção C, nesta metodologia e a medição e verificação realizada pela Opção A apresentada pelo HSBC, podemos verificar que a redução da demanda ficou 1,34% abaixo (medido 194,610 kW) e o consumo ficou 17,72% acima (medido 697,112 MWh/ano).

Logo, podemos constatar que a Opção C está coerente, pois outras ações de gerenciamento também foram adotadas com a implantação do sistema eficiente e isso foi medido na redução do consumo.

4.1.2.1.3 Targeting

Nesta fase algumas ferramentas de gestão podem ser aplicadas no sentido de se ter um controle do consumo energético da instalação. Essas ferramentas de controle e fixação de metas recorrem, habitualmente, aos dados sobre o consumo, produção, eficiência, temperatura etc., convertidos em indicadores de desempenho.

A análise dos indicadores de desempenho permite a empresa comparar o seu desempenho energético atual com os objetivos definidos para a área de energia, com as normas do setor da indústria em que opera (*benchmarking*) e com as alterações de eficiência ao longo do tempo, permitindo ainda verificar, sistematicamente, o cumprimento dos objetivos estabelecidos.

A técnica utilizada nesse caso é a construção de um gráfico de CUSUM, que se refere à soma acumulada das diferenças. Consiste numa técnica que recorre a dados em série, com intervalos de tempo iguais. No caso particular, foi monitorado o consumo obtido mês a mês. O CUSUM apresenta as diferenças acumuladas ao longo do tempo entre o consumo de energia previsto e o consumo de energia verificado.

O CUSUM é utilizado para dois fins: serve para identificar as alterações nos padrões históricos de desempenho energético (para medir as mudanças planejadas ou imprevistas no modo como a energia é utilizada) e para determinar o período desde a última alteração, uma vez que os dados relativos a este período podem ser utilizados como referência para definir padrões de controle.

Para esse caso desejou-se monitorar o consumo total e para tanto foi criado um gráfico CUSUM aproveitando a base de dados de consumo e temperatura de fevereiro 2011 a janeiro de 2013, de acordo com a tabela 8. Utilizou-se a equação do gráfico 2 para calcular o prognóstico de consumo.

Tabela 8 - Soma cumulativa

Meses	Temperatura média (°C)	Consumo (kWh)	Prognóstico (kWh)	Diferença (kWh)	Soma Cumulativa (kWh)
fev/11	21,64	317.117	303.895	13.222	13.222
mar/11	18,91	289.587	270.221	19.366	32.588
abr/11	18,6	260.532	266.397	-5.865	26.723
mai/11	14,78	232.527	219.277	13.250	39.973
jun/11	12,67	218.554	193.250	25.304	65.276
jul/11	14,13	214.342	211.260	3.082	68.359
ago/11	14,57	201.780	216.687	-14.907	53.452
set/11	14,89	203.387	220.634	-17.247	36.205
out/11	17,38	215.169	251.348	-36.179	25
nov/11	17,7	403.538	255.296	148.243	148.268
dez/11	19,9	192.778	282.433	-89.655	58.613
jan/12	20,36	149.593	288.107	-138.514	-79.900
fev/12	22,21	214.024	310.926	-96.902	-176.803
mar/12	20,14	199.127	285.393	-86.266	-263.068
abr/12	18,28	197.961	262.450	-64.489	-327.557
mai/12	15,2	184.087	224.458	-40.371	-367.928
jun/12	13,94	185.124	208.916	-23.792	-391.720
jul/12	13,68	172.892	205.709	-32.817	-424.537
ago/12	15,94	194.674	233.586	-38.912	-463.449
set/12	16,83	181.091	244.564	-63.473	-526.922
out/12	19,2	188.056	273.798	-85.742	-612.664
nov/12	19,06	181.900	272.071	-90.171	-702.835
dez/12	22,67	208.457	316.600	-108.143	-810.978
jan/13	19,93	193.250	282.803	-89.553	-900.531

Fonte: Projeto da UC

Analisando o gráfico 4, percebe-se que os pontos críticos da soma cumulativa são as mudanças na inclinação. Estas mudanças podem ser vistas nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2012, que são meses atípicos, onde ocorrem eventos não explicados pelo modelo de referência. A partir do mês janeiro de 2013 verifica-se uma tendência de queda com aumento da diferença acumulada, explicada pela realização da medida de eficiência energética na troca dos três *Chillers*. É essencial que uma referência válida seja determinada, caso contrário os cálculos de soma cumulativa produzirão resultados sem sentido.

No gráfico 4 se visualiza, ainda, a redução de consumo obtida no período pós-retrofit.

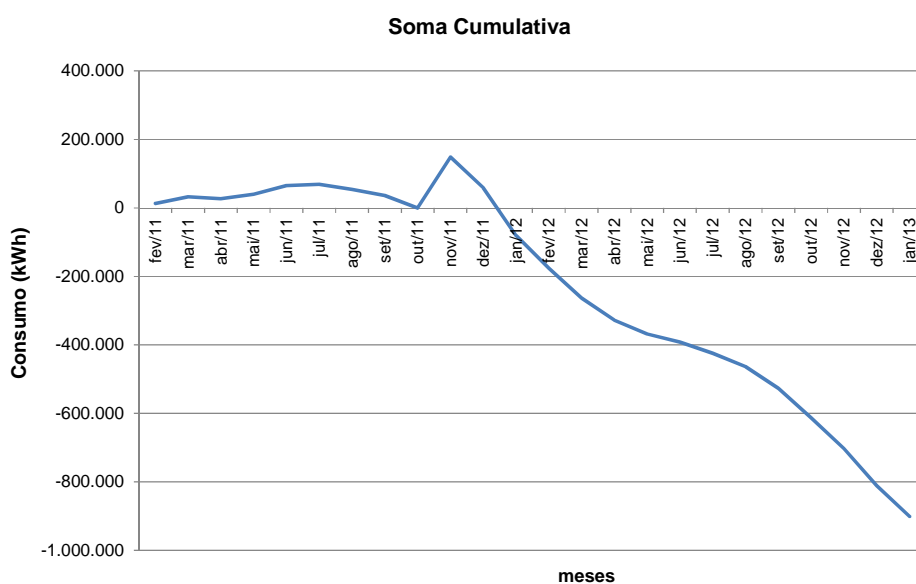


Gráfico 4 - Soma cumulativa

Outra ferramenta que pode ser empregada para verificação do atingimento das metas previstas é o gráfico de carta de controle. Uma carta de controle é um gráfico sequencial desenvolvido especialmente para ajudar a identificar padrões anormais de variabilidade em um processo e possuindo, além dos dados de consumo, os limites os quais são denominados de limites de controle.

A carta de controle ajuda a determinar se a média do processo está sob controle estatístico. Um gráfico de carta de controle tem sempre dois objetivos:

1. Monitorar os dados temporais para uma característica particular de qualidade, como exemplo: a cor de um produto, o peso ou a temperatura;
2. Detectar mudanças no processo ao longo do tempo.

Nesse caso em particular, foi criado um gráfico de carta de controle para monitorar o consumo da unidade consumidora. Foram utilizados os modelos de consumo determinados anteriormente para fazer prognósticos sobre o consumo de energia.

O gráfico da carta de controle foi criado da seguinte forma:

- Primeiro foi criado um gráfico de dispersão da diferença entre o prognóstico do consumo no período pós-*retrofit* e o consumo real medido em kWh da unidade consumidora, durante os 12 meses de observação no período pós-*retrofit*.
- Em seguida foi calculado o valor absoluto da diferença entre o prognóstico e o consumo real de energia em kWh no período de doze meses.
- Após, foi calculado a média dos valores absolutos das diferenças, no período pós-*retrofit* de fevereiro de 2012 a janeiro de 2013.
- Por fim, são ajustados os limites visando atingir a meta do projeto que era 23% de economia. Portanto, ajustou-se o nível de controle para 1,23 vezes a média das diferenças. Deste modo multiplicamos 1,23 vezes 6.576 kWh para encontrar 8.088 kWh.

Os cálculos efetuados estão demonstrados na tabela 9.

Tabela 9 - Carta de controle

Data	Temperatura Média (°C)	Consumo medido (kWh)	Prognóstico (kWh)	Diferença (kWh)	Valor absoluto (kWh)	Limite superior (kWh)	Limite inferior (kWh)
fev/12	22,21	214.024	210.956	3.068	3.068	8.088	-8.088
mar/12	20,14	199.127	203.034	-3.907	3.907	8.088	-8.088
abr/12	18,28	197.961	195.916	2.045	2.045	8.088	-8.088
mai/12	15,2	184.087	184.128	-41	41	8.088	-8.088
jun/12	13,94	185.124	179.306	5.818	5.818	8.088	-8.088
jul/12	13,68	172.892	178.311	-5.419	5.419	8.088	-8.088
ago/12	15,94	194.674	186.960	7.714	7.714	8.088	-8.088
set/12	16,83	181.091	190.366	-9.275	9.275	8.088	-8.088
out/12	19,2	188.056	199.436	-11.380	11.380	8.088	-8.088
nov/12	19,06	181.900	198.901	-17.001	17.001	8.088	-8.088
dez/12	22,67	208.457	212.716	-4.259	4.259	8.088	-8.088
jan/13	19,93	193.250	202.230	-8.980	8.980	8.088	-8.088

Fonte: Projeto da UC

Através de uma análise do Gráfico 5 pode-se perceber qualquer alteração no comportamento do consumo de energia da instalação. Por Exemplo, dos meses de observação fevereiro de 2012 a agosto de 2012, o consumo real esteve dentro dos limites esperados, e dos meses setembro de 2012 a novembro 2012, o consumo esteve abaixo dos limites de controle.

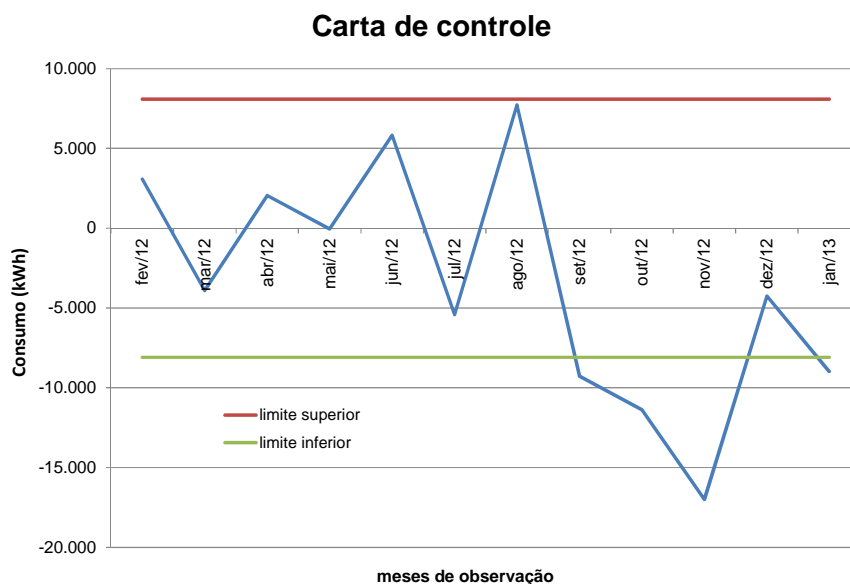


Gráfico 5 - Gráfico de controle

No caso particular mostrado no gráfico 5, onde os limites de controle foram infringidos, caberá à equipe de manutenção, juntamente com os gestores, promover uma investigação de modo a determinar se este consumo muito abaixo do esperado deveu-se unicamente a ação de eficiência energética ou foi causado por algum fator estático como, por exemplo, a diminuição de um turno de trabalho ou a retirada de um aparelho para manutenção.

4.1.2.1.4 *Reporting*

Outro fator importante, além do monitoramento e do estabelecimento de metas, é a comunicação. Esta é responsável pela disponibilidade da informação fornecida pelo monitoramento, de forma que possibilite o controle do uso de energia continuamente, pela verificação do alcance das metas de redução e das economias alcançadas.

A elaboração de relatórios pode ser a forma para comunicar as informações geradas, com o objetivo de motivar ações de economia de energia e relatar sobre o desempenho energético.

Os diversos escalões operacionais de uma empresa precisam receber alguma informação sobre a energia consumida. Nem todos precisam saber tudo. A informação comunicada precisa ser objetiva e clara o suficiente para alcançar os objetivos desejados.

A melhor maneira de despertar o interesse e de promover o engajamento dos empregados em relação a uma campanha de conscientização para se evitar o desperdício de energia é apoiar-se na comunicação das informações de forma sistemática e contínua. A campanha deve ser conduzida pelo setor responsável pela comunicação da empresa, para que se tenha um caráter profissional.

A campanha poderá ser iniciada com uma palestra sobre a necessidade da energia para o bem estar de todos, tanto econômico como social. Pode-se argumentar sobre as exigências cada vez maiores por consumo de energia, ou seja, a utilização crescente dos recursos energéticos que podem levar à sua escassez e obrigar a construção de novas usinas hidrelétricas e também das usinas termoelétricas, altamente poluidoras.

É importante, então, conscientizar sobre os efeitos danosos ao meio ambiente por estas construções e por sua utilização, podendo, na mesma oportunidade, mostrar as formas de redução dos gastos com a energia e os benefícios gerados, como:

1. Aproveitar sempre a luz natural. Vários ambientes que são utilizados durante o dia não precisam de lâmpadas para estar bem iluminados;
2. Dividir a iluminação de um ambiente em setores, acendendo somente a área que está sendo utilizada;
3. Desligar as luzes dos ambientes que não estão sendo usados;
4. Manter as lâmpadas e luminárias limpas, pois dessa forma é aproveitada toda a luz que está sendo produzida;
5. Utilizar luminárias eficientes com refletores que aproveitam toda a luz emitida pelas lâmpadas;
6. Utilizar reatores eletrônicos para lâmpadas fluorescentes, que gastam muito menos energia que os eletromagnéticos. Utilizar os equipamentos com Selo PROCEL de economia;
7. Substituir lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, que duram mais e consomem menos. Utilizar as lâmpadas com Selo PROCEL de economia de energia;
8. Desligar os aparelhos elétricos que não estão sendo usados;
9. Programar monitores e computadores para estado de espera após 10 minutos sem uso;
10. Evitar que a porta da geladeira fique aberta;
11. Utilizar equipamentos com o Selo PROCEL de economia, que consomem menos energia que os demais;
12. Utilizar ventilação natural;
13. Manter limpo o filtro do ar-condicionado, pois o excesso de sujeira no filtro força o aparelho a gastar mais energia;
14. Ajustar o termostato do ar-condicionado para a temperatura adequada;
15. Verificar se não há vazamento nos dutos de ar-condicionado;
16. Manter portas e janelas fechadas quando estiver usando o ar-condicionado;
17. Utilizar os aparelhos de ar-condicionado que possuem o Selo PROCEL de economia;
18. Eliminar vazamentos de água;
19. Substituir os vasos sanitários com válvula de parede por similares com caixa acoplada de 6 litros de água.

4.2 ESTUDO DE CASO UNIDADE CONSUMIDORA SEM FINS LUCRATIVOS

Para demonstrar o emprego dessa metodologia na gestão energética municipal, vamos apresentar o caso do município de Curitiba, que promoveu a efficientização energética da Escola Municipal Pedro Macedo, localizada na Avenida Republica Argentina, número 2376, no bairro Portão, em Curitiba.

A instituição possui 31 salas de aula, atendendo a 1853 alunos dos ensinos fundamental, médio e profissionalizante. A escola funciona nos períodos, matutino, vespertino e noturno, conforme pode ser observado na tabela 10. A unidade consumidora é atendida em baixa tensão, possuindo, antes da implantação do projeto de eficiência energética, um consumo médio de 8.033 kWh/mês.

Tabela 10 - Turnos e quantidade de alunos

curso	Turno	Serie*	Turmas	Matriculas	
ENSINO FUND.6º ANO-SERIE	Tarde	6	5	164	
		7	5	170	
		8	5	180	
		9	5	166	
	Manhã	1	6	223	
		2	5	181	
3		5	165		
ENSINO MEDIO	Tarde	1	1	38	
		2	1	30	
		3	1	23	
	Noite	1	1	25	
		2	1	29	
		3	2	74	
	Manhã	1	1	40	
		2	2	62	
		3	1	27	
		4	1	40	
TEC.EM INFORMÁTICA-INT E	Tarde	1	1	39	
		2	1	30	
		3	1	16	
		4	1	7	
	Noite	4	1	10	
	TEC.EM SECRETARIADO-INT	Manhã	1	1	27
			2	1	31
3			1	18	
4			1	24	
Tarde		2	1	14	
Total			58	1853	

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

4.2.1 Diagnóstico Energético

Os gestores, preocupados em reduzir a despesa com o insumo energia elétrica, efetuaram um diagnóstico energético nas instalações da escola. Nesse estudo foi identificado que a iluminação funcionava com lâmpadas e luminárias ineficientes, sendo responsável por 74% do consumo da unidade consumidora, conforme se verifica no gráfico 6.

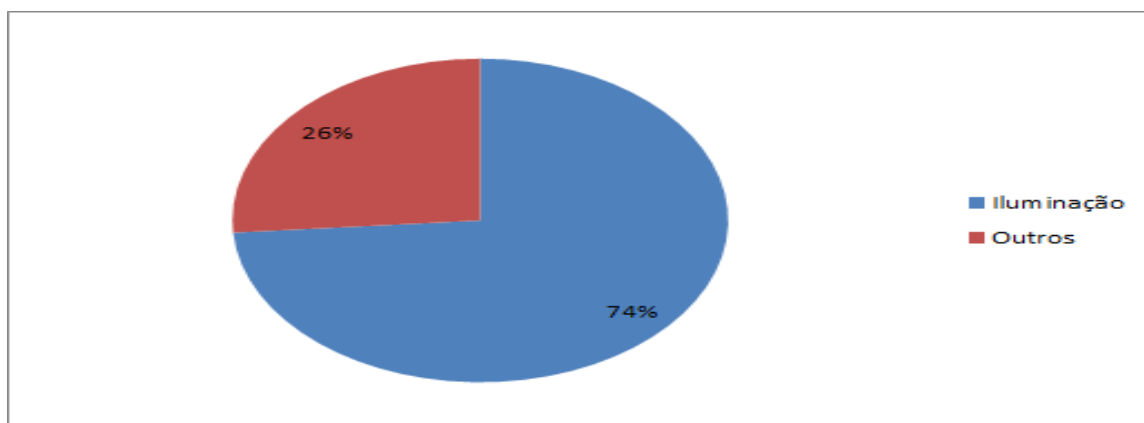


Gráfico 6- Distribuição do consumo de energia
Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

4.2.2 Proposta de Eficiência Energética

Foi elaborado um projeto de eficiência energética que visava substituir as lâmpadas e luminárias pouco eficientes por luminárias eficientes e lâmpadas com Selo PROCEL.

As luminárias instaladas possuem película reflexiva de alta eficiência.

Conforme se verifica na tabela 11, foi investido R\$ 47.915,95 na compra dos equipamentos e contratação de mão de obra necessária para execução do projeto.

Tabela 11 - Dados do projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

Uso Final	EE Energia Economizada (MWh/ano)	RDP Retirada de Demanda na Ponta (kW/ano)	CA ^{Total} Custo Anualizado (R\$)	Benefícios Anualizados (R\$)	RCB ^{Uso Final}
Iluminação	23,68	17,86	8.114,58	11.855,95	0,6844

CUSTOS DIRETOS					
Descrição	Vida Útil [anos]	Quantidade [unid]	Preço Unitário [R\$]	Custo Total [R\$]	
MATERIAIS					
Iluminação					
1	FLC 25w selo procel	6,27	18	7,90	142,20
2	luminária 2x32W	15,00	553	42,79	23.662,87
3	luminária 1x32W	15,00	8	36,90	295,20
4	luminária 2x16W	15,00	13	28,36	368,68
5	luminária 1x16W	15,00	4	24,50	98,00
6	fluorescente tubular de 32w	10,03	1114	3,50	3.899,00
7	fluorescente tubular de 16w	10,86	30	3,50	105,00
8	reator simples 1x32w	10,00	8	15,00	120,00
9	reator duplo 2x32w	10,00	553	18,00	9.954,00
10	reator simples 1x16w	10,00	4	15,00	60,00
11	reator duplo 2x16w	10,00	13	18,00	234,00
Sub-Total - Custos Diretos (Materiais e Equipamentos)					38.938,95
Mão de Obra					
Própria (concessionária)					
Consumidor					
Terceiros					
Sub-total Mão-de-Obra Terceiros					8.977,00
Sub-total Mão-de-Obra					11.220,97
Transporte / Frete					
Outros Custos Diretos					
Sub-Total - Custos Diretos					50.159,92
Custos Indiretos					
Administração Própria (concessionária)					
Outros Custos Indiretos (custos de fiscalização)					
Outros Custos Indiretos					
Sub-Total - Custos Indiretos					1.372,09
Sub-Total - Iluminação					51.532,01

Sistema antigo		Sistema proposto	
Lâmpada incandescente de 100W	18	FLC 25w selo procel	18
luminária 2x40W	553	luminária 2x32W	553
luminária 1x40W	8	luminária 1x32W	8
luminária 2x20W	13	luminária 2x16W	13
luminária 1x20W	4	luminária 1x16W	4
fluorescente tubular de 40w	1114	fluorescente tubular de 32w	1114
fluorescente tubular de 20w	30	fluorescente tubular de 16w	30
reator simples 1x40w	8	reator simples 1x32w	8
reator duplo 2x40w	553	reator duplo 2x32w	553
reator simples 1x20w	4	reator simples 1x16w	4
reator duplo 2x20w	13	reator duplo 2x16w	13

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

4.2.3 Plano de Medição e Verificação

Nesta fase foi elaborado um plano de medição e verificação, onde foi adotada a Opção C, sendo definido que seria feito uma avaliação de 12 meses, de 6 meses antes (setembro de 2011 a fevereiro de 2012) e 6 meses após (maio de 2012 a outubro de 2012) a implantação do projeto. A variável independente acompanhada foi à taxa de ocupação, pois o colégio funciona durante 9 meses e apresenta 3 meses de férias.

4.2.4 Elaboração do Período de Referência

Durante esse período de referência, os gestores aproveitaram para organizar as informações referentes às faturas de energia elétrica e da ocupação mensal da escola, de modo a se construir uma base de dados, conforme pode ser visto nas tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12 - Quantidade de dias letivos e frequência de alunos

Ocupação						
meses	dias do mês	folgas de finais de semana	feriados	recessos	dias letivos	Ocupação(nº pessoas)
Jan	31			31	0	40
Fev	28	8		13	7	8000
Mar	31	10	1		20	37100
Abr	30	8	1		21	38953
Mai	31	8	2		21	38953
Jun	30	10			20	37100
Jul	31	8		18	5	20000
Ago	31	9	1		21	38953
Set	30	9	1		20	37100
Out	31	8	2		21	38953
Nov	30	9	2		19	35247
Dez	31	9		13	9	25000
	365	96	10	75	184	

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

Tabela 13 - Dados de faturamento no período de referência

Meses	Consumo (KWh)
02/2012	4077
01/2012	2402
12/2011	7860
11/2011	8418
10/2011	9448
09/2011	8697

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

Tabela 14 - Dados do faturamento no período pós-retrofit

Meses	Consumo (KWh)
10/2012	7708
09/2012	6977
08/2012	7089
07/2012	5846
06/2012	7209
05/2012	7715

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

De posse destes dados, foi montada uma correlação matemática (regressão), relacionando o consumo energético com a variação da ocupação mês a mês, nos dois períodos de análise.

Esses dois modelos matemáticos, mostrados nos gráficos 7 e 8 serão fundamentais na análise energética da instalação.

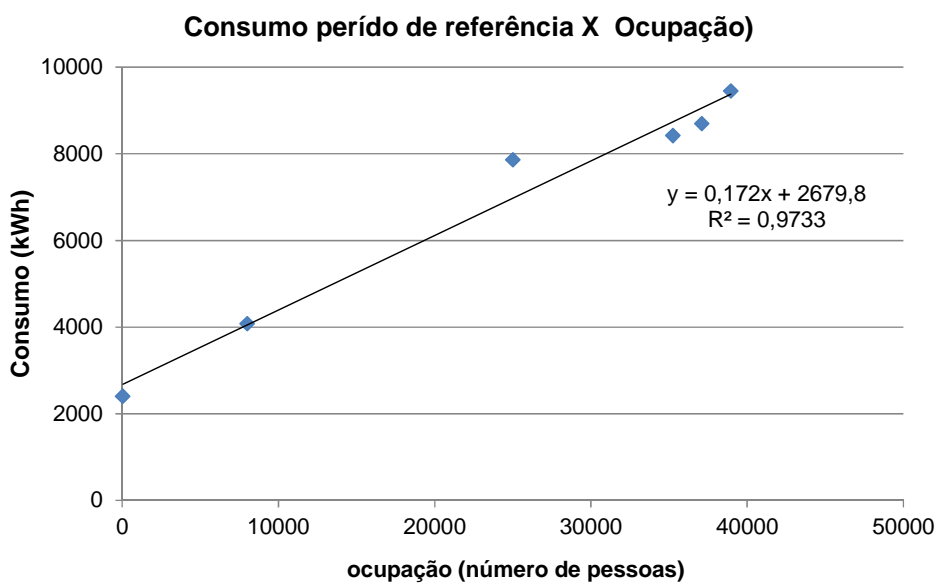


Gráfico 7- Consumo x ocupação pré-retrofit

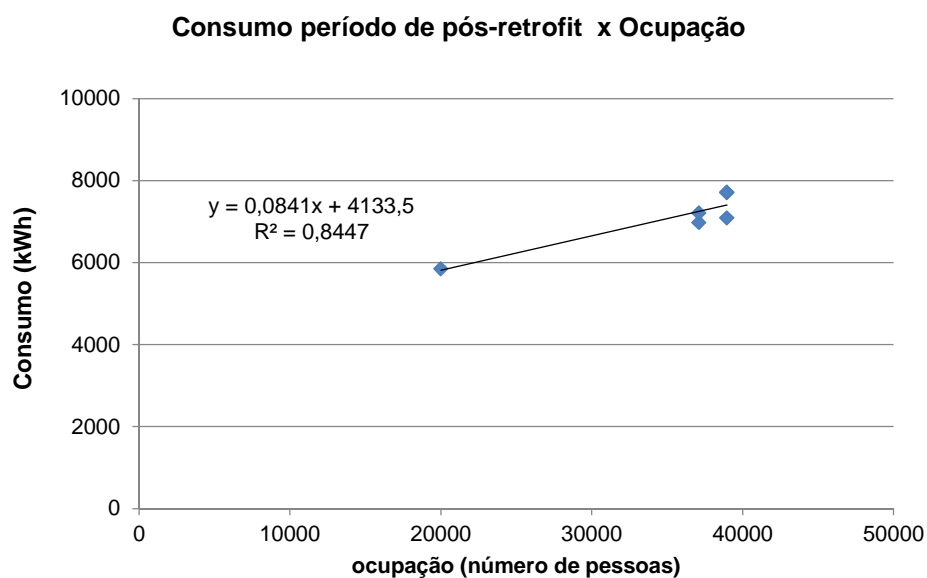


Gráfico 8 - Consumo x ocupação pós-retrofit

4.2.5 Implementação do Projeto e *Targeting*

A execução do projeto aconteceu nos meses de março e abril de 2012.

Após a fase de implantação física, iniciou-se o período de observação e acompanhamento dos resultados.

Para acompanhamento dos resultados foram plotados os pontos nos gráficos da soma cumulativa, onde se pode visualizar com clareza a evolução do consumo da instalação em relação aos prognósticos de consumo previstos, conforme se percebe na tabela 15 e no gráfico 9, referentes à soma cumulativa.

Tabela 15 - Soma cumulativa

Meses	Ocupação (pessoas)	Consumo medido (kWh)	Prognóstico (kWh)	Diferença (kWh)	Soma cumulativa (kWh)
09/2011	37100	8697	9061	-364	-364
10/2011	38953	9448	9379,716	68	-296
11/2011	35247	8418	8742,284	-324	-620
12/2011	25000	7860	6979,8	880	260
01/2012	40	2402	2686,68	-285	-24
02/2012	8000	4077	4055,8	21	-3
03/2012	37100	8714	9061	-347	-350
04/2012	38953	6741	9379,716	-2639	-2989
05/2012	38953	7715	7409,4473	306	-2683
06/2012	37100	7209	7253,61	-45	-2728
07/2012	20000	5846	5815,5	31	-2698
08/2012	38953	7089	7409,4473	-320	-3018
09/2012	37100	6977	7253,61	-277	-3295
10/2012	38953	7708	7409,4473	299	-2996

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

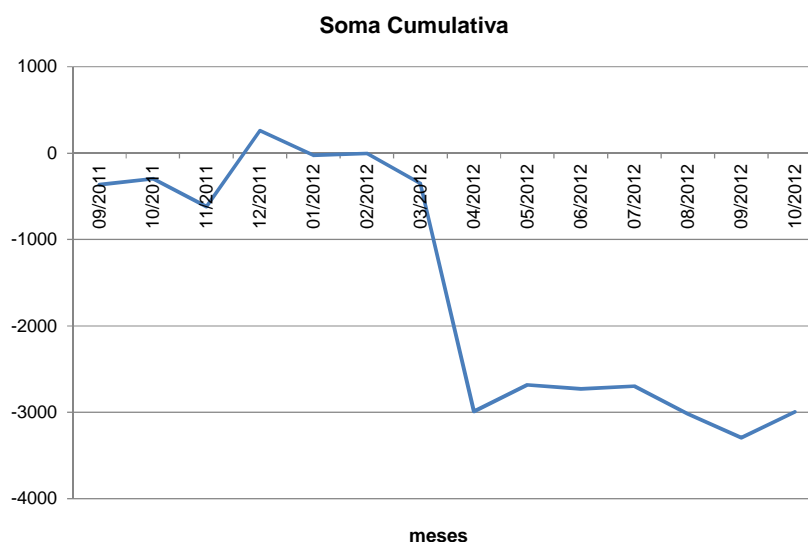


Gráfico 9 - Soma cumulativa

Outra ferramenta de gestão que pode ser implementada e que propõe ações por parte dos gestores para o atingimento das metas do projeto é a construção de um gráfico da carta de controle.

Nesse gráfico, mostrado no gráfico 10, os limites de controle podem ser fixados dentro da faixa de economia prevista e qualquer desvio das metas podem facilmente ser detectados e ações efetuadas pelo corpo técnico.

Como o projeto previa uma economia de 27%, os limites da carta de controle foram calculados através do produto da média dos valores absolutos por 1,27 conforme tabela 16.

Tabela 16 - Limites da carta de controle

Meses	Ocupação (pessoas)	Consumo (kWh)	Prognóstico (kWh)	Diferença (kWh)	Valor absoluto (kWh)	Limite superior (kWh)	Limite inferior (kWh)
05/2012	38953	7715	7409	306	306	272	-272
06/2012	37100	7209	7254	-45	45	272	-272
07/2012	20000	5846	5816	31	31	272	-272
08/2012	38953	7089	7409	-320	320	272	-272
09/2012	37100	6977	7254	-277	277	272	-272
10/2012	38953	7708	7409	299	299	272	-272

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

Nota-se pela análise do gráfico 10 que nos meses de maio e outubro o consumo superou os limites da carta de controle. Tal alteração foi ocasionada pela ocorrência de evento na escola.

Caberá aos gestores investigar o caso e buscar explicações dentro da rotina de funcionamento da escola.

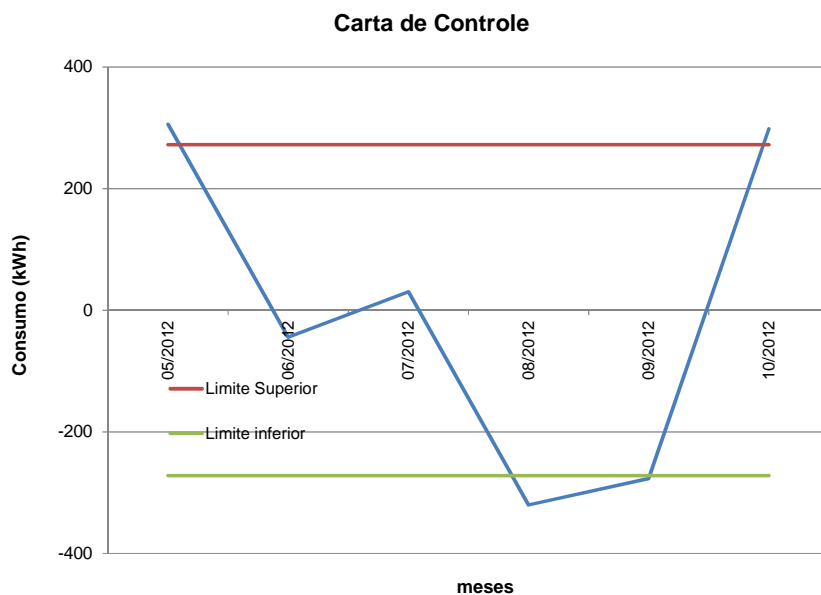


Gráfico 10 - Limites da carta de controle

4.2.6 Avaliação dos Resultados

Os resultados foram avaliados através da aplicação da opção C. Os ajustes de medição e verificação foram efetuados considerando a variável independente ocupação média mensal e as informações das faturas de consumo do medidor da concessionária.

O período de avaliação foi de 12 meses e o modelo de regressão está descrito na equação do gráfico 8, Conforme descrito no item 6.4.

As metas do projeto estão descritas na tabela 17.

Tabela 17 - Metas do projeto

Mês	Ocupação	Consumo medido pós-retrofit (kWh)	Prognóstico (KWh)	Energia economizada (kWh)
out/12	38953	7708	9380	1672
set/12	37100	6977	9061	2084
ago/12	38953	7089	9380	2291
jul/12	20000	5846	6120	274
jun/12	37100	7209	9061	1852
mai/12	38953	7715	9380	1665
Total		42544	52381	9837

Fonte: Projeto da Escola Municipal Pedro Macedo

Os valores do prognóstico foram encontrados, através da substituição dos valores mensais de ocupação na equação $y = 0,172.x + 2679,8$, onde x é o valor da ocupação média mensal, sendo que o custo evitado de energia no período foi determinado através da somatória as diferenças entre os valores dos prognósticos mensais de consumo e os valores medidos no período pós *retrofit*.

A extrapolação anual foi obtida multiplicando o custo evitado por valores de economia previstos de 26,5%, que não foram alcançados. Porém, o projeto alcançou uma economia anual de 19,674 MWh/ano correspondendo a 18,78%.

4.2.7 Comunicação

Nesta fase do projeto é de vital importância o engajamento de todos os participantes, haja vista que serão os maiores beneficiados com as medidas de eficiência energética.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho cumpriu com o objetivo geral e objetivos específicos, de indicar um caminho alternativo a atual metodologia de medição e verificação aplicada em projetos de gestão energética no âmbito do programa de eficiência energética.

As técnicas de *Monitoring, Targeting and Reporting* abordadas neste trabalho são de natureza simples e de fácil compreensão por parte dos envolvidos.

Nesta metodologia apresentada, é possível a rápida visualização do desempenho energético da instalação ao longo do tempo, através do acompanhamento do consumo e das demandas mensais, parâmetros necessários para o sucesso de qualquer medida de eficiência energética.

Essa metodologia incentiva os gestores a agirem de forma organizada, principalmente na construção de uma base de dados, onde são registradas as alterações ocorrida sem todas as variáveis de influência sobre o consumo de energia.

Através da organização das informações constroem-se modelos de regressão que servirão para fazer prognósticos sobre o consumo de energia, como base de comparação que facilita o processo de tomada de decisão por parte dos gestores municipais.

Outra vantagem é que a metodologia promove uma aproximação das várias áreas da organização, de modo a retificar possíveis desvios das metas previstas. Essa comunicação é promovida através da realização de campanhas de uso racional de energia, publicação de cartazes contra o desperdício etc.

Os estudos de casos apresentados evidenciaram a prática da metodologia que alia a medição e verificação com o controle e fixação de metas, tornando-se extremamente importante para projetos de gestão energética. Logo, independente das ações inclusas no projeto de gestão energética, a metodologia vem a responder com eficácia, pois com o controle e fixação de metas podemos identificar na linha do tempo os desvios (falhas) e melhorias.

Especificamente no tocante a gestão energética municipal, os dirigentes implantam os seus programas de governo pautados em políticas de curto prazo, em um horizonte de apenas de quatro anos, mas mesmo neste curto intervalo de tempo acreditamos na viabilidade da metodologia, sendo uma prerrogativa de cada governante a sua implementação ou não.

Enfim, destacamos também que a metodologia apresentada neste trabalho pode ser extrapolada para as despesas da unidade consumidora, bem como a lógica aplicada poder ser transportada para o uso de água nas unidades consumidoras.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **PROCEDIMENTOS DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - PROPEE**. Brasília - DF: ANEEL, 2013.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 556**, de 2 de julho de 2013—Aprova os procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE. Brasília - DF: ANEEL, 2013.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual do Programa de Eficiência Energética 2008**. Brasília - DF: ANEEL, 2008.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 63**, de 12 de maio de 2004 - Aprova procedimentos para regular a imposição de penalidades aos concessionários, permissionários, autorizados e demais agentes de instalações e serviços de energia elétrica, bem como às entidades responsáveis pela operação do sistema, pela comercialização de energia elétrica e pela gestão de recursos provenientes de encargos sociais. Brasília - DF: ANEEL, 2004.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 176**, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética. Brasília - DF: ANEEL, 2005.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 300**, de 12 de fevereiro de 2008 - Estabelece critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética, e dá outras providências. Brasília - DF: ANEEL, 2008.

BRASIL. **Lei nº 9.991**, de 24 de julho de 2000 e alterações - Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília - DF: Presidência da República, 2000.

BRASIL. **Lei nº 11.465**, de 28 de março de 2007 e alterações - Altera os incisos I e III do caput do art. 1º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, prorrogando, até 31 de dezembro de 2010, a obrigação de as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de energia elétrica aplicarem, no mínimo, 0,50% (cinquenta centésimos por cento) de sua receita operacional líquida em programas de eficiência energética no uso final. Brasília - DF: Presidência da República, 2007.

BRASIL. **Lei nº 12.212**, de 20 de janeiro de 2010 - Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica; altera as Leis nºs 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.925, de 23 de julho de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e dá outras providências. Brasília - DF: Presidência da República, 2010.

CAPEHART, Barney L. **Guide to Energy Management**. 6 ed. Liburn, Georgia, EUA: Fairmont Press, 2008.

EVO - EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. **Protocolo Internacional de Medição e verificação de Performance - PIMVP** - Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - Volume 1 - EVO 10000 - 1:2012 (Br). Sofia: EVO, 2012.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética** - Premissas e Diretrizes Básicas na Elaboração do Plano. Brasília - DF: MME, 2010.

MME/EPE - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA/EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2020**. Brasília - DF: MME/EPE, 2011.

IBAM – INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual para a Elaboração de Planos Municipais de Gestão da Energia Elétrica**. Rio de Janeiro – RJ: IBAM/DUMA/NMA; ELETROBRÁS / PROCEL, 2001.

LANDMAN, D. S.; HABERL, J. S. **A Study of Diagnostic Pre-Screening Methods for Analyzing Energy Use of K-12 Public Schools** – Department Of Energy, EUA, 1996.