



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO -GET**

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA  
EDUCAÇÃO - GET**

**USO DA OPÇÃO C EM UM PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE EM PRÉDIO PÚBLICO**

**José Carlos de Souza Guedes (\*)  
PUC-RIO**

**João Carlos Rodrigues Aguiar  
CEPEL**

**Joselito Felix Silva Filho  
Eletrobrás Distribuição Piauí**

**Dheivid Abreu Belchior  
Eletrobrás Distribuição Piauí**

**RESUMO**

Conforme solicitação da ANEEL os Programas de Eficiência Energética deverão apresentar um plano de Medição e Verificação de seguindo as orientações contidas no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). Este artigo apresenta a aplicação e as consequências do uso da **Opção C** no cálculo da redução do consumo de energia elétrica em um prédio público onde foram realizadas a revitalização total do sistema de iluminação e parcial do sistema de climatização. O objetivo é auxiliar profissionais que trabalham com esta metodologia a desenvolver melhor uma linha de base.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linha de base, energia elétrica, Palavra-Chave, Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), prédio público.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Conforme dispõe a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias ou permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica são obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,5% da Receita Operacional Líquida em Programas de Eficiência Energética – PEE, de acordo com regulamentos estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

De acordo com a Resolução Normativa Nº 300, de 12 de fevereiro de 2008 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, os Programas de Eficiência Energética – PEE deverão obedecer às orientações contidas no “Manual Para Elaboração do Programa de Eficiência Energética”, que obriga as empresas a incluir na metodologia um Plano de Medição e Verificação, sempre se baseando no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP).

No caso da empresa Eletrobrás Distribuição Piauí, um dos beneficiados com o programa foi o Tribunal de Justiça do Piauí, localizado em Teresina, instalado em dois prédios, principal e anexo, nos quais serão realizadas as revitalizações dos sistemas de climatização (parcial) e iluminação interna e externa e a troca do Quadro Geral de Baixa Tensão, localizado no primeiro pavimento do prédio principal.

Os cálculos utilizados na metodologia para o PIMVP não levarão em consideração a troca do Quadro Geral de Baixa Tensão.

(\*) Avenida Horácio Macedo, nº 354 – Bloco J – Cidade Universitária – CEP 21.941-911 Rio de Janeiro, RJ – Brasil

## 2.0 - DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EXISTENTES

O suprimento de energia elétrica aos prédios do Tribunal de Justiça é realizado a partir de uma subestação abaixadora com dois transformadores de 500 kVA - 13.800V/380-220V, ligados em paralelo, conectados a um painel geral de baixa tensão localizado próximo aos equipamentos.

Nos quadros de distribuição localizados em cada um dos pavimentos, somente os aparelhos de climatização (splits ou aparelhos de ar condicionado de janela) apresentam ramais dedicados. No restante a distribuição de energia é setorizada e realizada de forma comum para as luminárias e equipamentos diversos (cafeteira, máquinas copiadoras, equipamentos de informática, refrigeradores, etc.).

## 3.0 - METODOLOGIA PARA O PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO (M&V)

Os principais indicadores quantitativos para os projetos de eficiência energética são a energia economizada (medida em MWh/ano) e a redução da demanda no horário de ponta (medida em kW), os quais serão mensurados por meio de práticas adequadas de medição e verificação (M&V), após a conclusão do projeto.

A obtenção destes indicadores se faz através de campanhas de medição, as quais desempenham um papel fundamental na avaliação das reais reduções de consumo conseguidas com o projeto e deverão estar baseadas no Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance (PIMVP), segundo o “Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética”, documento anexo a Resolução Normativa 300 da ANEEL, de 12 de fevereiro de 2008.

Com a finalidade de elaborar uma metodologia para o plano de medição e verificação da revitalização proposta pela Eletrobrás Distribuição Piauí, no Tribunal de Justiça do Estado do Piauí, foi realizada uma visita técnica ao local. Esta atividade teve como finalidade verificar as condições da instalação elétrica existente e a viabilidade técnica para a instalação dos equipamentos de medição, específicos para a formação dos bancos de dados com as informações de consumo de energia elétrica antes e após a revitalização.

### 3.1 Escolha da Opção para a realização da Medição e Verificação (M&V)

Um Plano de Medição e Verificação tem por objetivo comprovar os resultados da economia, em energia e custos, resultantes de ações de eficiência energética obtida através da revitalização de sistemas ou equipamentos aplicando, na maioria das vezes, técnicas estatísticas também utilizadas em uma metodologia de gestão energética.

O protocolo de Medição e Verificação apresenta quatro opções sobre como pode ser realizada a Medição e Verificação. A seguir, serão apresentadas, resumidamente, cada uma delas:

#### **Opção A – Retrofit parcialmente isolado**

Nesta opção o protocolo define que “alguns parâmetros, mas não todos, podem ser estimados”, ou seja, pelo menos um dos parâmetros de influência sobre o consumo deve ser medido, podendo os demais ser estimados ou estipulados.

#### **Opção B – Retrofit isolado**

Nesta opção todos os parâmetros de influência sobre o consumo devem ser medidos.

#### **Opção C – Medição de toda a instalação**

Nesta opção as economias são determinadas diretamente a partir do medidor principal de energia da concessionária ou através de medidores secundários, quando o fornecimento da concessionária é apenas medido em um ponto central de um grupo de instalações.

#### **Opção D – Simulação calibrada**

Nesta opção as economias são determinadas diretamente por meio de simulação calibrada do consumo de energia de alguns componentes ou de toda a instalação.

No caso de se utilizar qualquer uma das opções A, B ou C será necessário realizar medições de consumo antes e após a revitalização, lembrando sempre que, após a revitalização, não é possível voltar à instalação e levantar dados que estejam faltando. Este descuido compromete ou inviabiliza a comprovação dos resultados.

O cálculo do consumo evitado com base nas medições antes e após a revitalização é obtido através da fórmula:

$$S = B - P \pm a$$

Onde,

**S** = consumo evitado.

**B** = consumo de energia no período de referência ajustado para as condições encontradas antes da revitalização.

**P** = consumo de energia após a revitalização.

**Ajustes** = quaisquer ajustes no período de referência que se façam necessários quando da alteração de parâmetros que influenciam o consumo e que foram considerados na determinação do período de referência.

Para a escolha da melhor opção a ser utilizada na campanha de medição, dentre as quatro apresentadas anteriormente, foram considerados os seguintes fatores: característica da instalação, previsão de redução do consumo e custo para a realização das medições.

#### 4.0 - DESCRIÇÃO DAS REVITALIZAÇÕES REALIZADAS

Com a finalidade de mensurar a economia de energia elétrica, foi elaborado inicialmente um pré-diagnóstico com base nas atividades relacionadas a seguir:

- Levantamento das cargas com potenciais de economia de energia das lâmpadas e aparelhos de ar condicionado existentes;
- Listagem dos equipamentos a serem substituídos e dos equipamentos mais eficientes que serão instalados em seu lugar;
- Cálculos das reduções estimadas de demanda (KW) e de consumo de energia (KWh – com horas de uso) após a substituição dos equipamentos;
- Cálculo da relação custo/benefício – RCB conforme metodologia ANEEL.

##### 4.1 Sistema de Iluminação

###### 4.1.1 Iluminação interna

Atualmente a iluminação interna dos prédios do Tribunal de Justiça do Estado do Piauí (corredores, salas de trabalho, banheiros, copas, etc.) é realizada através de lâmpadas incandescentes e fluorescentes eficientes e não eficientes (figura 1).

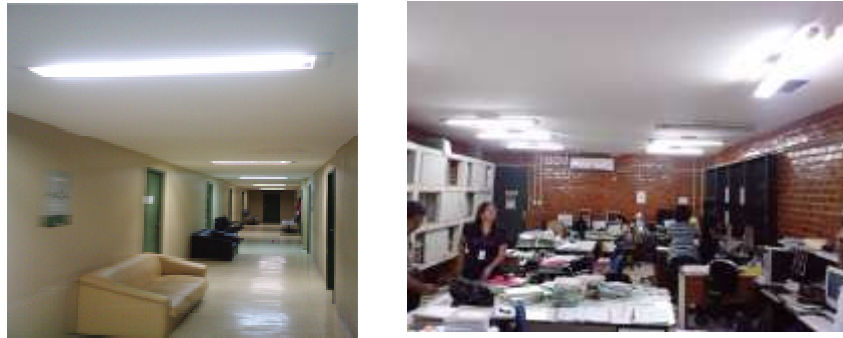


FIGURA 1 – Luminárias instaladas nos corredores e locais de trabalho

A revitalização deste sistema consistirá na substituição das lâmpadas não eficientes (incandescentes e fluorescentes de 40 W e de 20W) por lâmpadas eficientes, conforme descrito na tabela 1.

###### 4.1.2 Iluminação Externa

O sistema de iluminação externa é composto por lâmpadas de vapor de sódio de 400W, lâmpadas fluorescentes de 40 W e 20 W e lâmpadas incandescentes.

A revitalização deste sistema consistirá na substituição das lâmpadas utilizadas atualmente por lâmpadas eficientes (fluorescentes compactas e tubulares e de vapor de sódio de potência inferior) equivalentes em fluxo luminoso (lm).

A relação dos equipamentos que serão trocados em todo o sistema de iluminação está descrita na tabela 1, apresentada a seguir.

Tabela 1 – Relação dos equipamentos do sistema de iluminação.

Sistema Atual	Sistema Revitalizado	Total
Fluorescente tubular de 40 W	Fluorescente tubular de 32 W	594 lâmpadas
Fluorescente tubular de 20 W	Fluorescente tubular de 16 W	118 lâmpadas
Incandescente de 60 W	Fluorescente compacta em espiral de 18 W	2 lâmpadas
Incandescente de 100 W	Fluorescente compacta em espiral de 23 W	32 lâmpadas
Vapor de sódio de 400W	Vapor de sódio de 250 W	27 lâmpadas



FIGURA 2 – Luminárias existentes na área externa.

#### 4.1.3 Sistema de climatização

Atualmente o sistema de climatização dos prédios é composto por aparelhos de ar condicionado de janela não eficientes e por “splits”. A revitalização deste sistema será apenas dos aparelhos de ar condicionado de janela e “splits” não eficientes por aparelho eficientes com Selo PROCEL.

A relação dos equipamentos que serão trocados estão relacionados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Relação dos aparelhos do sistema de climatização – sistema atual.

Sistema Atual	Total
ACJ 10.000 Btu's	8 unidades
ACJ 12.000 Btu's	7 unidades
ACJ 15.000 Btu's	1 unidade
ACJ 18.000 Btu's	4 unidades
ACJ 21.000 Btu's	2 unidades
ACJ 30.000 Btu's	4 unidades
Split 12.000 Btu's	2 unidades
Split 18.000 Btu's	1 unidade

Tabela 3 – Relação dos aparelhos do sistema de climatização – sistema revitalizado.

Sistema Revitalizado	Total
Split de 9.000 Btu's	15 unidades
Split de 12.000 Btu's	9 unidades
Split de 18.000 Btu's	4 unidades
Split de 22.000 Btu's	5 unidades

## 5.0 - PLANO DE M&V

A metodologia a ser utilizada para o Plano de M&V do Tribunal de Justiça do Estado do Piauí está fundamentada no levantamento de campo realizado e em documentação técnica elaborada pela Eletrobrás Distribuição Piauí.

### 5.1 Escolha da Opção

Dentre as quatro opções existentes para a realização da Medição e Verificação foi utilizada a **OPÇÃO C**. As justificativas para a escolha desta opção estão descritas abaixo:

- Não é possível realizar medição isolada nos sistemas a serem revitalizados (climatização e iluminação), uma vez que, não existem alimentadores distintos nem quadros de distribuição dedicados para cada um destes sistemas.
- A previsão de Energia Economizada anual (113,34 MWh/ano) é um valor perceptível (da ordem de 10%) em relação ao consumo de energia elétrica durante o período referente aos meses de janeiro a dezembro de 2009 (1.062,93 MWh/ano).

O equipamento utilizado para as medições antes e após a revitalização dos sistemas foi o medidor de energia trifásico da concessionária, equipamento eletrônico, com as seguintes características:

- Fabricante: NANSEN S.A.
- Ano: 2002
- Modelo: Spectrum-sx
- Número Cepisa: AHS 00329
- Classe: 0,5%



FIGURA 3 - foto do modelo do medidor de energia da concessionária.

## 5.2 Período de referência

A realização das trocas dos equipamentos dos sistemas de iluminação e climatização ocorreu entre os meses de maio e junho de 2010, sendo assim será utilizado o somatório do consumo de energia elétrica do segundo semestre do ano de 2009 como período de referência e a soma do mesmo período do ano de 2010 como medição após a revitalização.

A escolha do período descrito acima (medições e execução do projeto) deve-se ao fato de que neste período a variação climática é muito pequena, com as temperaturas se mantendo próximas, e o prédio ter a ocupação normal.

## 5.3 Recomendações

Para se obter um resultado seguro da economia obtida com a revitalização dos sistemas de iluminação e climatização, são necessários alguns cuidados durante a fase de elaboração do conjunto de dados do período de referência e após a revitalização:

- Durante os períodos de medição deverão ser relacionados os equipamentos que não estiverem em funcionamento e a ocorrência de algum fato que altere a rotina de funcionamento da instalação (estas informações serão utilizadas para fazer os ajustes necessários no momento do cálculo da economia obtida).
- Considerando que após a revitalização não é possível voltar à instalação e levantar dados que estejam faltando ou tenham sido perdidos, as informações obtidas nas medições deverão ser armazenadas de modo indeletável (discos de computador e cópias em papel).

## 6.0 - RESULTADO DAS MEDIÇÕES

O resultado das medições de energia elétrica, referente aos períodos anterior e após a revitalização está apresentado a seguir, assim como, a temperatura média de Teresina para cada um dos períodos:

Tabela 4 – valores de consumo de energia e temperatura ambiente média.

	Consumo de Energia [MWh]	Temperatura média [°C]
Segundo semestre 2009	564,87	28,7
Segundo semestre 2010	640,01	29,7

O aumento no consumo de energia de um semestre para outro se deve a: fatores meteorológicos e aumento do número de equipamentos elétricos e eletrônicos instalados (apesar de não ter ocorrido ampliação física da instalação).

Para demonstrar o efeito da temperatura sobre o consumo de energia construiu-se o gráfico de regressão entre a temperatura ambiente média mensal em Teresina e o consumo de energia elétrica no Tj do Piauí. Os resultados obtidos estão apresentados nas figuras 4 e 5. Nestas figuras, os pontos representam os valores reais obtidos da base de dados considerada neste estudo e a linha contínua representa a tendência da variação do consumo em relação a temperatura ambiente média.

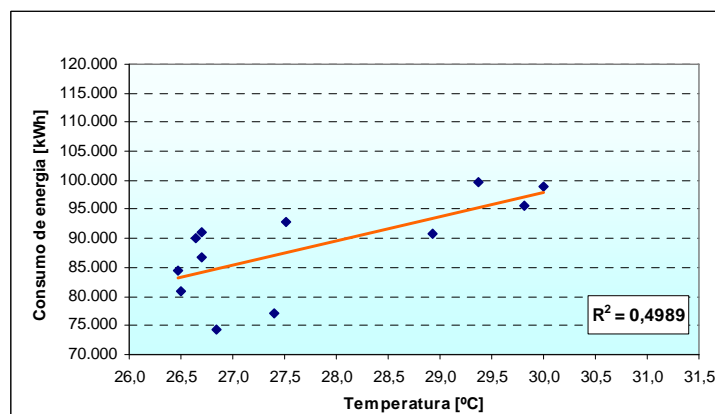


FIGURA 4 – Regressão entre a temperatura média e consumo de energia do Tj Piauí – ano 2009

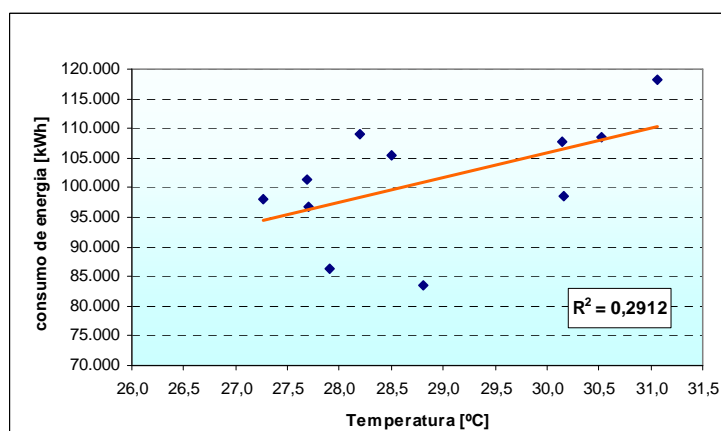


FIGURA 5 – Regressão entre a temperatura média e consumo de energia do Tj Piauí – ano 2010

Analisando os gráficos obtidos é possível observar:

- Existência de uma forte correlação linear entre a temperatura e o consumo de energia elétrica.
- Elevação do valor máximo e mínimo da temperatura ambiente.
- Em ambas as figuras, pode-se observar que a correlação é positiva entre as variáveis avaliadas, ou seja, o consumo de energia aumenta com o aumento da temperatura.

No caso específico deste estudo a inclinação da reta, que representa a linha de tendência, apresenta um aumento no consumo de energia elétrica de aproximadamente 5 MWh para uma elevação de temperatura da ordem de 1°C, podendo acarretar um aumento no consumo de energia da ordem de 30 MWh no segundo semestre de um ano para o outro (equivalente a aproximadamente 26% do valor da economia anual de energia prevista).

## 7.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o uso de uma metodologia para calcular a economia de energia elétrica em um prédio

público, no qual foram realizadas revitalizações parcial no sistema de climatização e total no sistema de iluminação, aplicando os conceitos existentes no Protocolo Internacional para Medição e Verificação de Performance (PIMVP). Dentre as opções existentes, foi escolhida a **Opção C**, porém o resultado obtido não foi capaz de comprovar a economia de energia elétrica, uma vez que, existem diversas variáveis independentes, além da temperatura ambiente, que afetam o consumo de energia elétrica, as quais não foram monitoradas (taxa de ocupação, acréscimo de cargas, perfil de consumo e etc.).

Recomenda-se que para trabalhos futuros nesta área, um estudo mais aprofundado levando-se em conta o perfil de consumo da instalação em anos anteriores (mínimo de três anos consecutivos), a taxa de ocupação do prédio e a previsão de instalação de novos equipamentos e a viabilidade de utilizar outra Opção diferente (A, B ou a D), seja utilizado para a elaboração da Linha de Base.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Guia de Medição & Verificação – Eletrobrás Procel.

(2) Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, ANEEL, 2008.

(3) “Termo de Referência Nº 002/2009-ASPE”, de 24 de fevereiro de 2.009, elaborado pela Eletrobrás Distribuição Piauí.

(4) Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e Água – Volume 1, preparado pela Efficiency Valuation Organization, de abril 2007.

## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

José Carlos de Souza Guedes, engenheiro eletricista, graduado pela PUC-RJ, atualmente trabalha como consultor no Cepel, na área de eficiência energética.

