

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS

Área de Energia Elétrica

por

Raphael Leonardo Coelho Lima

Washington Luiz Alves Corrêa, Doutor
Orientador

Itatiba (SP), novembro de 2011

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS

Área de Energia Elétrica

por

Raphael Leonardo Coelho Lima

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: Washington Luiz Alves Corrêa, Doutor

Itatiba (SP), novembro de 2011

Às futuras gerações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades de me
tornar uma pessoa melhor;
Aos amigos, colegas de trabalho e familiares que,
em muitos momentos, me ajudaram a superar
obstáculos;
Ao meu orientador pela solicitude e coesão;
À minha esposa Tatiana por não me defenestrar ao
tropeçar pelos fios usados neste TCC.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO.	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	2
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
3.1. PREÇO DA ENERGIA.....	3
3.1.1. ELEVAÇÃO DOS PREÇOS.....	5
3.2. GOOGLE POWERMETER	12
3.3. ILUMINAÇÃO	14
3.3.1. PROPÓSITO DA ILUMINAÇÃO.....	14
3.3.2. TEMPOS DE UTILIZAÇÃO DAS LÂMPADAS.....	14
3.3.3. ESCOLHENDO AS LÂMPADAS.....	14
3.3.4. REATORES.....	18
3.3.5. LUMINÁRIAS.....	21
4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
4.1. ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO	23
4.2. ANÁLISE DOS ELETRODOMÉSTICOS.....	28
4.2.1. FERRAMENTAS UTILIZADAS	28
4.2.2. EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA.....	32
4.2.3. CARREGADORES DE BATERIAS	36
4.2.4. APARELHOS DA SALA.....	37
4.2.5. FORNO DE MICRO-ONDAS	39
4.2.6. MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS	40
5. CONCLUSÕES.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Ampère
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BRIC	Brasil, Rússia, Índia e China
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
ICMS	Imposto sobre circulação de Mercadorias e Serviços
IGPM	Índice Geral de Preços do Mercado
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPCA	índice de Preços ao Consumidor Amplo
IRC	Índice de Reprodução de Cor
K	Kelvin
kHz	10^3 Hertz ou mil ciclos por segundo
kWh	10^3 watt hora ou $3,6 \times 10^6$ joules
Lm	Lúmen
MWh	10^6 watt hora ou $3,6 \times 10^9$ joules
PASEP	Programa de Formação do Patrimônio do Servido Público
PIS	Programa de Integração Social
rms	Root Mean Square
STF	Supremo Tribunal Federal
TC	Transformador de Corrente
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USF	Universidade São Francisco

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação entre as tarifas em alguns países	4
Figura 2 – Componentes da conta de energia	5
Figura 3 – Evolução dos preços	6
Figura 4 – Aumentos do Salário Mínimo, de energia e de outros.....	7
Figura 5 – Fatura de energia elétrica e valor do kWh	9
Figura 6 – Representação da utilidade da ferramenta	12
Figura 7 – Interface do usuário	13
Figura 8 – Osram Energy Saver	15
Figura 9 – Lâmpada com reator integrado	16
Figura 10 – Lâmpadas T12, T10 e T8.....	17
Figura 11 – O diâmetro da lâmpada e a incidência de luz.	17
Figura 12 – Temperatura de cor.	17
Figura 13 – Reator Eletromagnético	18
Figura 14 – Reatores Eletrônicos	19
Figura 15 – Ambiente com luminárias comuns	21
Figura 16 – Ambiente com luminárias refletivas	22
Figura 17 – Reflexos das lâmpadas.....	22
Figura 18 – Multimetro UPD-200.....	28
Figura 19 – Medidor montado no painel.....	29
Figura 20 – TC modelo AC 22.....	30
Figura 21 – Diagrama de ligações UPD-200	30
Figura 22 – Software Ciber Viewer	31

RESUMO

Lima, Raphael Leonardo Coelho. **USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS** Itatiba, 2011. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2011.

Este trabalho apresenta um estudo sobre atitudes que podem ser praticados por qualquer pessoa que tenha interesse não apenas em reduzir sua fatura de energia elétrica, mas também em conhecer e minimizar os desperdícios de energia em sua residência, bem como prepará-la para a utilização de fontes renováveis sustentáveis de energia. Apresenta, também, de situações nas quais é verificada a viabilidade financeira em substituir equipamentos existentes na residência por outros de maior eficiência energética.

Palavras - chave: Eficiência Energética Elétrica. Energia Elétrica. Energia Renovável Sustentável.

ABSTRACT

Presentation of some attitudes that can be practiced by someone who is interested not only in reducing your electricity bill but also in know and minimize energy waste in your home and prepare it for uses of renewable sustainable energy sources. Are also presented situations where replacing existing equipment in the residence by a more efficient one may be financially viable.

Keywords: *Electrical Energy Efficiency. Electrical Energy. Sustainable Renewable Energy.*

1. INTRODUÇÃO

Sabemos que a eletricidade é uma das formas mais usadas de energia e, assim, seu custo afeta diretamente a todas as economias, inclusive a economia doméstica a qual tem o preço do kWh bastante elevado, em relação a outros consumidores como a indústria, por exemplo.

Muito se ouve falar sobre fontes alternativas de obtenção de energia elétrica de forma sustentável e/ou renovável. Porém, um grande problema é que, seja qual for a forma de obtenção de energia, ela custa dinheiro e, infelizmente, quanto mais alternativa e ecológica for a fonte de energia, na maioria dos casos, mais custosa é sua implantação e, portanto, o custo do kWh elevado.

O uso racional da energia elétrica significa melhorar ao máximo a eficiência dos equipamentos alimentados pela rede elétrica, bem como a maneira como estes são operados.

A evolução das tecnologias, aliada ao amadurecimento do mercado, faz com que ocorra queda dos preços de produtos mais modernos e, normalmente, mais econômicos. Devem ser feitas as contas, para saber se vale a pena se desfazer de um equipamento antigo, trocando-o por outro mais econômico.

Apresenta-se neste trabalho dados sobre a importância do comportamento do consumidor doméstico e o consumo de energia elétrica dos diversos equipamentos comumente ligados ao circuito elétrico de uma casa, como lâmpadas, televisores, fornos de micro-ondas, entre outros. Foi medido o consumo nos momentos em que os equipamentos são energizados, quando iniciam seu funcionamento, estabilizam seu funcionamento e enquanto permanecem em espera.

Como resultado deste estudo, apresenta-se ao leitor sugestões simples para que ele, por si próprio, defina quais são os melhores tipos de equipamentos a serem usados em sua residência e se há viabilidade na troca de equipamentos usados por equipamentos novos, considerando inclusive, o tempo de amortização do investimento versus redução de consumo.

2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento organiza-se em 5 capítulos, iniciando pelo capítulo introdutório.

No capítulo 3 apresenta-se a fundamentação teórica, são introduzidos os conceitos de custo da energia e amortização. É apresentada a ferramenta Google PowerMeter e logo em seguida, é explanado sobre o sistema de iluminação, seus propósitos, a escolha das lâmpadas, reatores e luminárias.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e a discussão das mesmas. São apresentadas as ferramentas utilizadas - hardware e software - e os resultados dos ensaios feitos em equipamentos de informática, carregadores de baterias, televisor, aparelho de som, reproduzidor de DVD, forno de micro-ondas e máquina de lavar roupas.

O capítulo 5, destaca as conclusões deste estudo assim como sua contribuição.

Na sequência, as referências bibliográficas que documentam o estudo são apresentadas.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos necessários para o entendimento da medição da energia e como a mesma é tarifada.

Posteriormente, se introduz a ferramenta Google PowerMeter destacando-se suas características e aplicação.

O capítulo finaliza com a discussão dos conceitos e fórmulas relacionadas à iluminação doméstica.

3.1. Preço da Energia

Sobre o nosso planeta, existem inúmeros consumidores e distribuidoras de energia, nos diversos países e regiões, com suas próprias peculiaridades geográficas, econômicas, tributárias ou sociais, além de diferentes classificações para diferentes unidades consumidoras. A figura 1 demonstra o ranking entre o Brasil, seus países parceiros comerciais e alguns outros países, em relação ao valor pago pelo MWh.

O CUSTO DA ENERGIA No Brasil, consumidor paga mais que em países parceiros

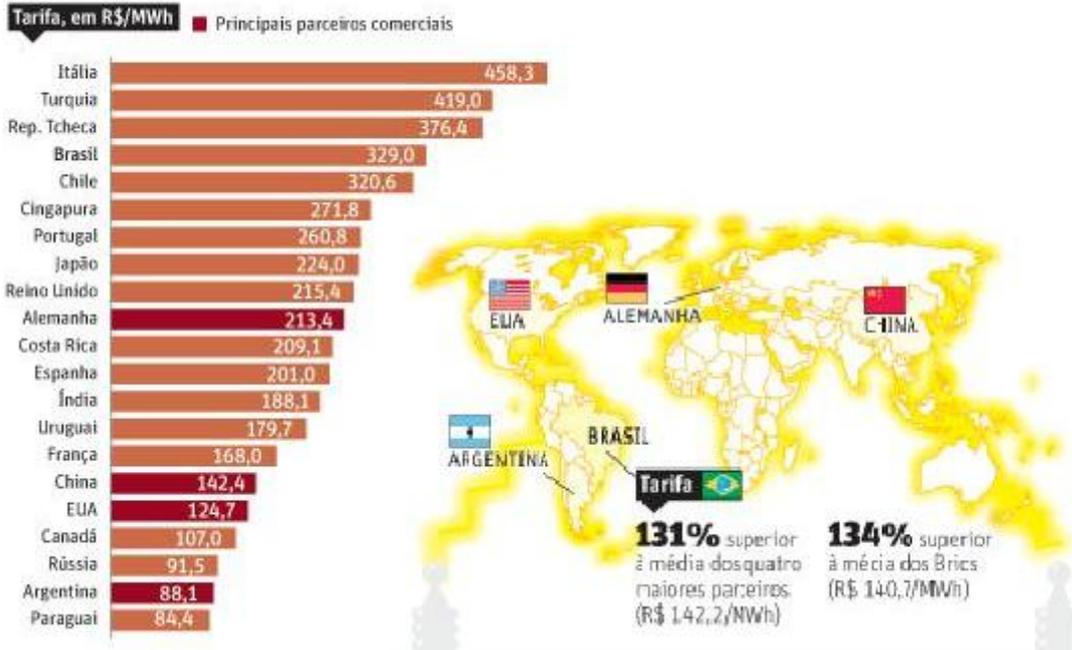


Figura 1 – Comparação entre as tarifas em alguns países – Valores em R\$/MWh.

Fonte: Adaptado de CAPELLO, 2010

Pelo comparativo contido na figura acima, pode-se perceber que o Brasil está muito aquém do que se espera em relação às tarifas de energia elétrica. Esta percepção fica ainda mais protuberante comparando-se a relação da tarifa pelo tamanho do território brasileiro e toda sua capacidade hídrica.

No Brasil, existem órgãos responsáveis pelo setor elétrico, entre eles está a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, responsável pela regulação e fiscalização de todos os segmentos do setor elétrico, sendo responsável, por consequência, pela qualidade dos serviços, atendimento, estabelecimento das tarifas para o consumidor, viabilidade econômica e financeira dos agentes geradores e comercializadores. É responsável, também, pela promoção de licitações na forma de leilão para contratação de energia pelos agentes de distribuição. Os outros órgãos que regem o setor energético o fazem sob delegação da ANEEL.

A figura 2 ilustra a formação do preço do kWh. Além dos custos de geração, são pagos os custos da empresa transmissora, o serviço prestado pela distribuidora e encargos e tributos definidos em lei.

Quanto se paga por componente em uma conta de luz de R\$ 100,00 (média/Brasil 2007)

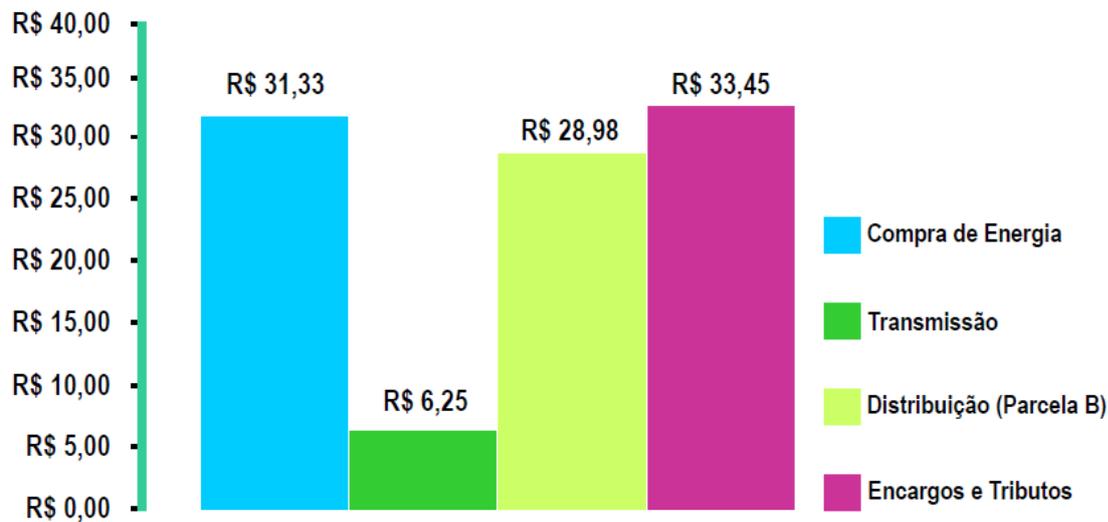


Figura 2. Componentes da conta de energia

Fonte: Adaptado de Por dentro da conta de luz - ANEEL (2008)

Nota-se que os encargos e tributos são os maiores ofensores na formação do preço da energia pago pelo consumidor. Estes encargos e tributos não são claramente explícitos na fatura de energia, como poderá ser visto mais a frente.

3.1.1. Elevação dos Preços

Segundo apresentado no Balanço Energético Nacional 2011, pela EPE - Empresa de Pesquisa Energética ligada ao Ministério de Minas e Energia - o consumo nacional de energia elétrica teve um crescimento de 3,6% no primeiro semestre de 2011 em relação ao mesmo período de 2010. Neste contexto, é natural que os valores cobrados na fatura de energia subam. A figura 3 ilustra a evolução destes valores entre os anos de 2001 e 2006. Os índices percentuais, em vermelho, representam o aumento de cada componente.

TARIFA MÉDIA BRASIL

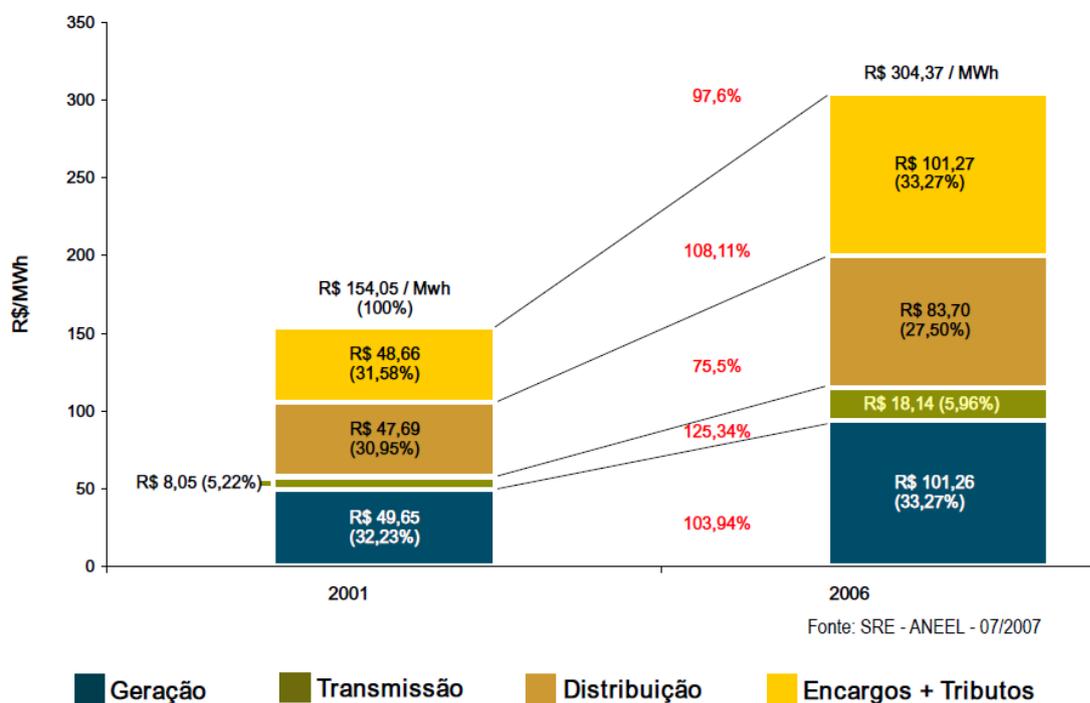
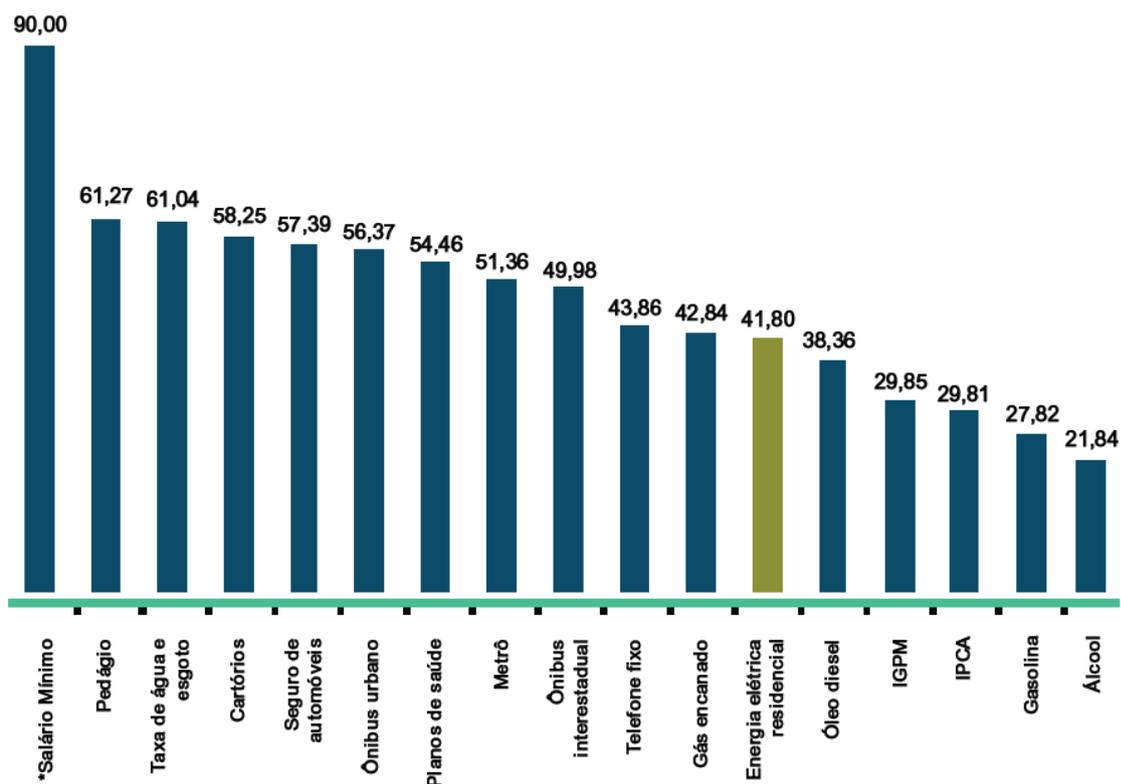


Figura 3. Evolução dos preços
 Fonte: Adaptado de Por dentro da conta de luz - ANEEL (2008)

Apesar das expressivas elevações nas tarifas de energia, observadas pelos consumidores, segundo a ANEEL, estes avanços são menores que os aumentos do salário mínimo. A figura 4 demonstra este panorama. Porém, esta constatação de que o salário mínimo subiu muito mais que a conta de energia é tendenciosa, uma vez que o poder de compra, principalmente da classe média, neste mesmo período teve grande diminuição em relação ao salário e isto é uma percepção subjetiva.



*Variação nominal de 2003 a março de 2007. Segundo o DIEESE, o aumento real (descontada a inflação pelo INPC do período) é de 32,1%

Figura 4. Aumentos do Salário Mínimo, de energia e de outros
 Fonte: Adaptado de Por dentro da conta de luz - ANEEL (2008)

A correção dos valores da tarifa é feita basicamente por três itens: O reajuste tarifário, que ocorre anualmente restabelece o poder de compra da receita da concessionária, segundo fórmula prevista no contrato de concessão. A revisão tarifária periódica, que permite um reposicionamento da tarifa após completa análise dos custos eficientes e remuneração dos investimentos prudentes, em intervalo médio de quatro anos. A revisão tarifária extraordinária, que se destina a atender casos muito especiais de desequilíbrio justificado. Pode ocorrer a qualquer tempo.

Apesar de levantada a discussão sobre a estrutura tarifária, ela não é o foco central deste estudo, assim como, verificar e justificar diferenças, tão pouco comparar ou analisar em quais países ou regiões, quais clientes pagam mais caro ou mais barato pela energia. Foquemos nas diferentes atitudes que um consumidor pode ter, tanto nos momentos de decisão de compra quanto nos momentos de desfrute de equipamentos alimentados pela eletricidade. Doravante, para melhor entendimento, é considerado o sistema de distribuição das concessionárias de energia como

fornecedor padrão de energia elétrica aos consumidores, tomando-se como premissa que a energia elétrica, independente da origem, possui determinado custo ou preço por kWh. Por este motivo não faz parte do escopo a comparação de preços e componentes de preços entre diferentes formas de obtenção de energia, sejam elas consideradas sustentáveis ou não.

Neste trabalho é usado, como referência e ilustração, o preço do kWh pago pelo autor na fatura de energia elétrica de sua residência – localizada na cidade de Itatiba, na Região Metropolitana de Campinas, estado de São Paulo -, no mês de junho de 2011.

A energia elétrica da supracitada unidade consumidora é fornecida pela concessionária Companhia Paulista de Força e Luz – Grupo CPFL Energia. O preço cobrado pelo kWh nesta conta é de R\$ 0,39445205 (trinta e nove centavos de Real, aproximadamente), indicado na conta como Preço Médio. A figura 5 é uma imagem digitalizada da conta em questão. O detalhe indica o valor do kWh mencionado.

Como descrito nesta fatura, é cobrada tarifa no valor de R\$ 0,32812567 / kWh, mais os tributos PIS/PASEP de 0,87%, COFINS de 3,96% e ICMS de 12%, lembrando que o ICMS é um tributo estadual e varia conforme o estado.

Ao multiplicar o consumo pela tarifa tem-se:

Consumo Faturado = 146 kWh x R\$ 0,32812567 = R\$ 47,90 (R\$ 47,90634782, truncado na segunda casa após a vírgula).

Ao somar os tributos tem-se:

$$\Sigma \text{impostos (\%)} = 0,87\% + 3,96\% + 12\% = 16,83\%$$

Ao aplicar a tributação ao Consumo Faturado tem-se:

$$\text{R\$ } 47,90 \times 16,83\% = \text{R\$ } 8,06$$

Somando a tributação ao Consumo Faturado tem-se:

$$\text{R\$ } 47,90 + \text{R\$ } 8,06 = \text{R\$ } 55,96$$

Este valor é menor que o valor de R\$ 57,59 cobrados na fatura. Esta diferença se dá pelo fato de que a tributação é calculada do modo “Imposto por Dentro”, isto significa que os valores dos impostos estão inclusos na base de cálculo, prática considerada ilegal por muitos juristas, mas aceita pelo STF (Mendes, 2000), é calculada conforme descrito a seguir:

$$\text{Valor Impostos} = \frac{\Sigma \text{impostos (\%)} * \text{valor base}}{1 - \Sigma \text{impostos (\%)}} = \frac{16,83\% * \text{R\$ } 47,90}{1 - 16,83\%} = \text{R\$ } 9,69$$

$$\text{Valor total da fatura} = \text{R\$ } 47,90 + \text{R\$ } 9,69 = \text{R\$ } 57,59$$

O Preço Médio indicado na fatura é obtido dividindo-se o valor total da fatura pelo consumo faturado, em kWh:

$$\frac{\text{R\$ } 57,59}{146 \text{ kWh}} = \text{R\$ } 0,39445205.$$

Na prática, a tributação informada como sendo de 16,83%, na verdade corresponde a 20,23% do consumo faturado. Desconsiderando, ainda, os encargos embutidos na composição da tarifa.

3.2. Google PowerMeter

Nova atração do Google, a ferramenta Google PowerMeter inova na maneira como o consumidor enxerga seu próprio consumo de energia: O que era visto somente com a chegada da fatura passa a ser monitorado em tempo real, pela internet. A figura 6 ilustra o que o slogan “Save energy. Save money. Make a difference” (*Economize energia. Economize dinheiro. Faça a diferença*) representa.

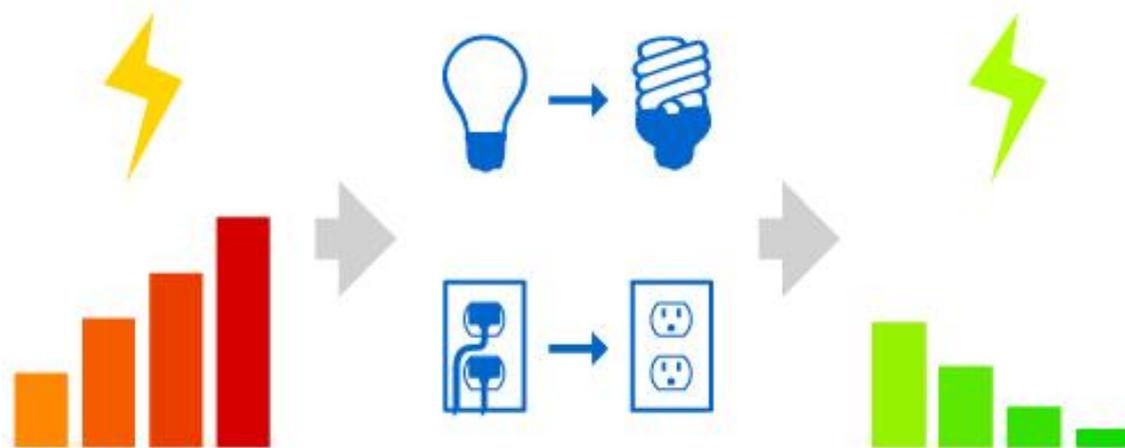


Figura 6. Representação da utilidade da ferramenta
Fonte: Adaptado de Google PowerMeter (2011)

Ao usuário final a ferramenta é bastante simples. Basta ter um medidor inteligente de energia, o qual deve ser conectado à internet. A maior dificuldade está na obtenção de medidores para a aplicação no Brasil, uma vez que, até o momento, estes equipamentos ainda são de custo elevado. A indústria de semicondutores Microchip ocupa lugar de vanguarda no fornecimento de materiais para a medição, em parceria com o Google.

A ferramenta permite que o consumidor avalie seu consumo diariamente, verifique a existência de aparelhos que nunca desligam – ficam em *standby* -, preveja o total da conta, pela média de consumo antes mesmo do mês acabar e determine seu orçamento. Como demonstra a figura 7.

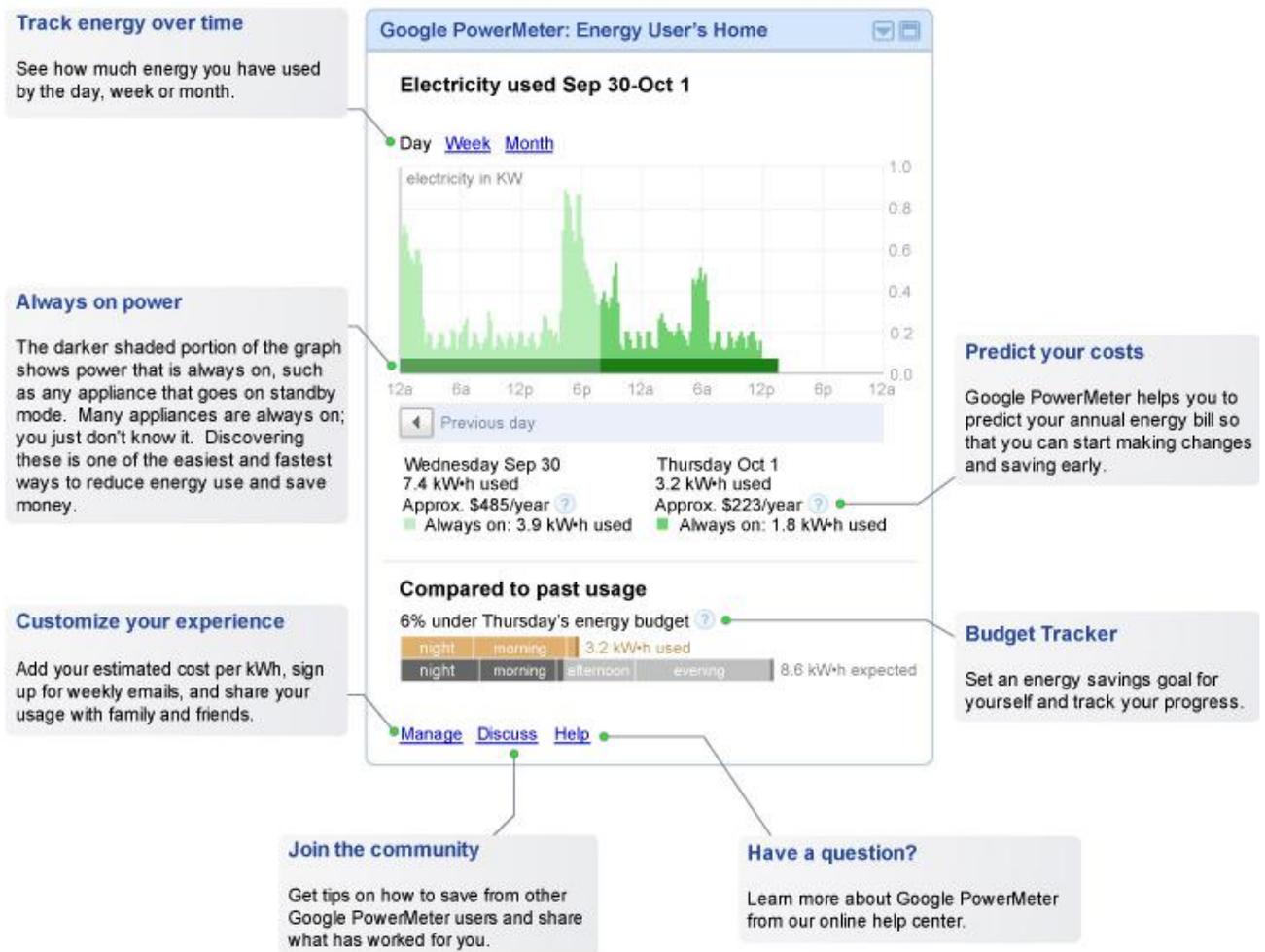


Figura 7. Interface do usuário
 Fonte: Adaptado de Google PowerMeter (2011)

Com as facilidades indicadas, o usuário do Google PowerMeter pode, inclusive, verificar de forma mais evidente a economia de energia quando passa a usar seus equipamentos de forma mais racional.

3.3. Iluminação

Via de regra, para economizar energia com iluminação, deve-se apagar as lâmpadas quando não estiver precisando delas, mas tão importante quanto esta regra tão difundida é a escolha dos equipamentos certos para iluminar cada ambiente e o período de uso. De forma generalizada, o sistema de iluminação representa grande parte do consumo de energia elétrica de uma casa, Outros motivos para iluminação merecer destaque neste trabalho são a grande variedade de equipamentos no mercado disponíveis ao consumidor final e a facilidade de instalação dos mesmos. Cabe ressaltar que nem todo consumidor está habilitado para instalar equipamentos elétricos, este serviço deve, sempre, ser efetuado por um instalador profissional.

3.3.1. Propósito da Iluminação

Antes de definir sobre a utilização sobre o melhor tipo de lâmpada é preciso saber o propósito a que a mesma será destinada: Para uso decorativo, por exemplo, onde é utilizada uma única luminária de alto valor, o preço elevado de uma lâmpada mais econômica acaba tendo menor impacto.

3.3.2. Tempos de Utilização das Lâmpadas

Dependendo de quanto tempo a lâmpada permanece acesa depois de cada acendimento é fator determinante para a escolha da lâmpada correta.

Locais de permanência curta, como lavabos, que ficam com a lâmpada acesa por pouco tempo devem ter as lâmpadas muito bem escolhidas, para que não aja desperdício com lâmpadas de vida útil reduzida devido ao frequente ato de acender e apagar.

3.3.3. Escolhendo as Lâmpadas

Durante a crise energética pela qual o Brasil passou no ano de 2001, evento este conhecido como apagão, foi amplamente divulgado pela mídia que as lâmpadas incandescentes deveriam ser banidas das residências e, em seu lugar deveriam ser usadas lâmpadas fluorescentes. Tal movimento causou uma invasão, ao mercado, de lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado. Este tipo dominou o mercado devido a sua compatibilidade com os soquetes usados anteriormente pelas

lâmpadas incandescentes. Muitas marcas e diversos fabricantes surgiram, principalmente chineses de baixa qualidade. Efeitos colaterais ocorreram, entre eles estão as dificuldades na reciclagem – segundo o instituto Akatu, entidade que dissemina o consumo consciente, são reciclados apenas 6% dos 100 milhões de lâmpadas fluorescentes consumidas por ano no Brasil, frente à 80%, na Holanda.

A substituição das lâmpadas incandescentes por outra de qualquer tipo precisa seguir critérios. ‘Ao acender, a fluorescente consome quase 50% mais do que gasta para se manter ligada’ (CAPELLO, 2010). Por isso, em locais de uso rápido, como despensas e lavabos, sua vida útil diminui e ela perde a vantagem econômica. Outra desvantagem é que no caso de lâmpadas com reator integrado, se paga mais caro pelo conjunto e se joga fora o reator quando a lâmpada ou o reator apresenta falha ou queima. Deve-se atentar, também, ao fator de potência.

A solução, nestes casos pode ser o uso de lâmpadas halógenas do tipo *Energy Saver* as quais possuem rendimento 30% maior que as lâmpadas incandescentes equivalentes, podem ser acesas e apagadas sem receio e tem vida útil estimada em 2000 horas, o dobro das incandescentes comuns. A figura 8 apresenta a lâmpada halógena *Energy Saver* da Osram.



Figura 8. Osram Energy Saver
Fonte: Catálogo online Osram (2010)

Ela pode parecer uma lâmpada incandescente comum, mas trata-se de uma lâmpada halógena com o mesmo formato e a mesma base de rosca E27 das lâmpadas incandescentes comuns, permitindo uma fácil substituição. Possui índice de reprodução de cor (IRC) igual a 100%: não altera a percepção sobre as cores dos objetos. Há duas opções de potência: 42 W e 70 W, equivalentes em luminosidade às incandescentes de 60 W e 100 W, respectivamente.

Em locais de uso da iluminação suficientemente prolongado, tornam-se viáveis as lâmpadas fluorescentes.

No caso da escolha das lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado, existem inúmeras marcas no mercado. A dificuldade é o consumidor saber se não está se arriscando ao comprar uma lâmpada de má qualidade. Neste caso, vale verificar, principalmente, se o produto tem certificação INMETRO e se a marca oferecida é reconhecida como de confiança.

Normalmente as lâmpadas deste tipo trazem indicado na embalagem a equivalência luminosa em relação a uma lâmpada incandescente comum. A Figura 9 exemplifica este tipo de lâmpada.



Figura 9 - Lâmpada com reator integrado

Fonte: Catálogo online Osram (2010)

Ao optar por lâmpadas fluorescentes tubulares, há três principais pontos de atenção: os tipos de lâmpada, de reator e de luminária, sem esquecer-se do tempo em que a lâmpada permanecerá acesa.

Os tipos de lâmpadas fluorescentes tubulares mais conhecidos são as de medidas T12, T10 e T8, que significam os diâmetros de 38 mm, 33 mm e 26 mm, respectivamente. Estes três modelos estão ilustrados na figura 10. As medidas T10 e T12 são encontradas nas potências de 20 W e 40 W. Existem inúmeras outras medidas, mas não tão disseminadas.



Figura 10 - Lâmpadas T12, T10 e T8.

Fonte: site Getty Images

As lâmpadas de menor diâmetro tem maior rendimento, em Lumens/Watt e facilitam a reflexão da luz para a direção desejada, como ilustrado na figura 11.

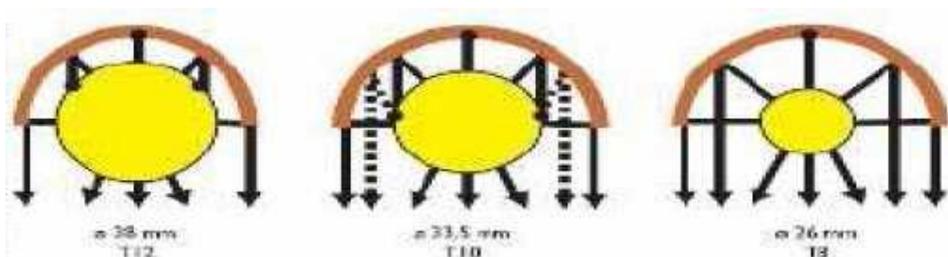


Figura 11 - O diâmetro da lâmpada e a incidência de luz.

Fonte: Adaptado de CAMBRAIA, 2009

Em relação ao conforto, a escolha da temperatura de cor da lâmpada é feita de acordo com o ambiente, Cozinhas e banheiros, precisam de iluminação de tom mais claro, enquanto ambientes de descanso ou mais aconchegantes, como quartos e salas, usa-se tom mais amarelado. Vide figura 12.



Figura 12 - Temperatura de cor.

Fonte: Adaptado de CAMBRAIA, 2009

É muito comum encontrar nas especificações de lâmpadas as descrições “Branca Fria” e “Branco Morno / Branco Suave” para designar de forma mais amigável as temperaturas de cor 6500K e 2700K, respectivamente.

3.3.4. Reatores

Reator é um equipamento utilizado para auxiliar a partida e estabilidade da lâmpada, limitando a corrente elétrica, ajudando no acendimento e proporcionando uma boa luminosidade. Seu uso é obrigatório e indispensável na iluminação com lâmpadas fluorescentes. A escolha do reator também é de grande importância, pois a eficiência do sistema depende muito do modelo de reator adquirido.

Os modelos de reatores para iluminação residencial mais comuns são os Eletromagnéticos, representados na figura 13, constituídos basicamente de indutores e capacitores, com o qual a lâmpada é alimentada na frequência de rede (60 Hz) e com luminosidade limitada à 90% do valor de referência; e os Eletrônicos, constituídos basicamente pelos blocos de circuitos fonte de alimentação, inversor de alta frequência (20 kHz a 50 kHz) e circuito ressonante para limitação da corrente na lâmpada, esta com luminosidade aproximada de 100% da referência; representados pela figura 14.



Figura 13 - Reator Eletromagnético

Fonte: Adaptado de DEMAPE Reatores, 2005.



Figura 14 - Reatores Eletrônicos

Fonte: Adaptado de DEMAPE Reatores, 2005.

Comparando os modelos de reatores indicados acima, baseando-se nos dados contidos no catálogo do fabricante Demape Reatores, se pode perceber grandes diferenças no consumo de energia:

- Reator Eletromagnético para duas lâmpadas fluorescentes tubulares T12 de 40 W:
Potência consumida = 98 W; Fluxo Luminoso 90% = 2430 Lumens.
- Reator Eletrônico para duas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32 W:
Potencia consumida = 65 W; Fluxo Luminoso 100% = 2100 Lumens.

Com os dados expostos acima, pode-se chegar à conclusão que a substituição hipotética do primeiro conjunto reator + lâmpadas pelo segundo conjunto resultaria em:

- Redução do consumo de energia elétrica: $\frac{65 \text{ W} - 98 \text{ W}}{98 \text{ W}} = -34\%$

Tomando como base uma luminária que permanece acesa por 5 horas ao dia, em 20 dias por mês, haveria economia de:

$$98 \text{ W} - 65 \text{ W} = 33 \text{ W};$$

$$33 \text{ W} \times 5 \text{ h} \times 20 \text{ dias} = 3,3 \text{ kWh};$$

$$3,3 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 1,30 \text{ ao mês ou R\$ } 15,62 \text{ ao ano.}$$

Caso o custo para troca do reator e das lâmpadas fique em R\$ 31,24, por exemplo, a amortização seria calculada da seguinte forma:

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{R\$ 31,24}{R\$ 15,62} = 2 \text{ anos.}$$

- Redução do Fluxo Luminoso: $\frac{2100 \text{ Lm} - 2430 \text{ Lm}}{2430 \text{ Lm}} = -13\%$

Esta diferença de luminosidade é perfeitamente contornável ao usar luminárias mais eficientes, como será visto no próximo tópico.

Comparando a redução de consumo com a redução da luminosidade, a troca pode ser considerada viável, se a amortização atender à expectativa do consumidor.

3.3.5. Luminárias

Quanto às luminárias, elas podem proporcionar grandes diferenças em relação ao aproveitamento da luz e ao conforto. A figura 15 ilustra um caso em que são usadas luminárias comuns, pode-se perceber que a luz é emitida para todos os lados, iluminando o teto e lugares distantes, o que é caracterizado como desperdício. Além disso, nestas luminárias são usadas lâmpadas T12 de 40 W e reatores eletromagnéticos, que não são tão eficientes, como visto no tópico anterior.



Figura 15 – Ambiente com luminárias comuns

Fonte: arquivo do autor

Na figura 16 tem-se uma situação mais favorável, com luminárias refletivas, lâmpadas T8 32 W e reatores eletrônicos. Pode-se perceber que a luz é direcionada para baixo, pouco dispersando para os lados e teto.



Figura 16 – Ambiente com luminárias refletivas

Fonte: arquivo do autor

A figura 17 mostra em detalhes a luminária refletiva, a qual é dotada de aletas para guiar a luz para baixo e refletores para que a luz emitida pela parte superior da lâmpada seja direcionada também para baixo. Este direcionamento da luz eleva a luminosidade do ambiente abaixo da luminária e isto a faz mais econômica, pois lâmpadas de menor potência podem ser utilizadas para obter a mesma luminosidade de uma lâmpada maior, com luminária simples.



Figura 17 – Reflexos das lâmpadas

Fonte: arquivo do autor

4. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Apresenta-se a seguir o cenário em que foram executadas as medições, as premissas do estudo, os parâmetros medidos e ferramentas utilizadas. São discutidos os resultados ao longo do capítulo.

Doravante, para efeito de cálculo, é adotado como premissa que um mês possui a duração de 30 dias, sendo estes 20 dias úteis, ou dias de semana e os restantes 10 dias, finais de semana.

4.1. Análise da Iluminação

Baseado nas informações apresentadas nos tópicos anteriores, foi realizada, pelo autor, a troca de todas as lâmpadas de sua residência, localidade também citada em tópicos anteriores. A metodologia e os cálculos empregados são apresentados a seguir.

Todas as lâmpadas instaladas na residência em questão eram incandescentes comuns, totalizando seis lâmpadas de 60 W e três lâmpadas de 100 W.

Tomou-se como premissa que a troca das lâmpadas deveria ter o menor custo possível, deste modo, optou-se por lâmpadas com soquete de rosca E27, evitando, assim, gastos com alterações na instalação elétrica.

Como os dois moradores da residência passam a maior parte do dia fora, os dois únicos pontos de iluminação que permanecem acesos por, no mínimo, quatro horas por dia são o corredor entre os dormitórios e a sala. Para estes dois ambientes, portanto, foram selecionadas lâmpadas fluorescentes compactas com reator integrado, ambas da marca Philips, de cor Branco Suave (temperatura de cor 2700K), porém de diferentes potências, de acordo com o local instalado:

- Corredor:

Potência anterior: 60 W;

Potência atual: 18 W;

Valor pago pela nova lâmpada: R\$ 13,80;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{18 \text{ W} - 60 \text{ W}}{60 \text{ W}} = - 70\%$$

Considerando que a luminária permanece acesa por 4 horas ao dia, em 30 dias por mês, tem-se a economia de:

$$60 \text{ W} - 18 \text{ W} = 42 \text{ W};$$

$$42 \text{ W} \times 4 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 5,04 \text{ kWh};$$

$$5,04 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$1,99 ao mês ou R\$ } 23,86 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 13,80}{\text{R\$ } 23,86} = 7 \text{ meses.}$$

- Sala:

Potência anterior: 100 W;

Potência atual: 23 W;

Valor pago pela nova lâmpada: R\$ 18,90;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{23 \text{ W} - 100 \text{ W}}{100 \text{ W}} = - 77\%$$

Esta luminária também permanece acesa por 4 horas ao dia, em 30 dias por mês. Portanto, há a economia de:

$$100 \text{ W} - 23 \text{ W} = 77 \text{ W};$$

$$77 \text{ W} \times 4 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 9,24 \text{ kWh};$$

$$9,24 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$3,64 ao mês ou R\$ } 43,73 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 18,90}{\text{R\$ } 43,73} = 6 \text{ meses.}$$

Nos pontos de iluminação, dos dois dormitórios existem lâmpadas de 60 W as quais permanecem acesas por 3 horas ao dia, nos 30 dias do mês. Nestes pontos a opção escolhida para substituição é a lâmpada halógena Osram *Energy Saver*, de 42 W, apresentada no tópico anterior.

Valor pago por cada nova lâmpada: R\$ 3,70;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{42 \text{ W} - 60 \text{ W}}{60 \text{ W}} = - 30\%$$

Economia:

$$2 \times (60 \text{ W} - 42 \text{ W}) = 36 \text{ W};$$

$$36 \text{ W} \times 3 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 3,24 \text{ kWh};$$

$$3,24 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$1,28 ao mês ou R\$ } 15,34 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 7,40}{\text{R\$ } 15,34} = 6 \text{ meses.}$$

Na garagem e no quintal, são usadas lâmpadas de 60 W as quais permanecem acesas por apenas 1 hora por dia, nos 30 dias do mês. Nestes pontos a opção escolhida para substituição também é a lâmpada halógena Osram *Energy Saver*, de 42 W.

Valor pago por cada nova lâmpada: R\$ 3,70;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{42 \text{ W} - 60 \text{ W}}{60 \text{ W}} = - 30\%$$

Economia:

$$2 \times (60 \text{ W} - 42 \text{ W}) = 36 \text{ W};$$

$$36 \text{ W} \times 1 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 1,08 \text{ kWh};$$

$$1,08 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$0,42 ao mês ou R\$ } 5,11 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 7,40}{\text{R\$ } 5,11} = 1 \text{ ano e 6 meses.}$$

É possível perceber a importância de calcular a amortização, ao comparar as duas situações anteriores. Em ambas, foram trocadas lâmpadas de 60 W por lâmpadas de 42 W, também em ambas, as lâmpadas são usadas nos 30 dias do mês. A diferença entre os dois casos é a quantidade de tempo que a lâmpada permanece acesa diariamente. Nos dormitórios, elas passam 3 horas do dia acesas, enquanto na garagem e quintal, apenas uma hora. Neste último caso, a economia de energia é 1/3 do caso anterior e, portanto, a amortização leva 3 vezes mais tempo. Considera-se vantajosa a troca quando a amortização é menor que a vida útil do novo equipamento.

Na cozinha, uma lâmpada de 100 W permanece acesa 3 horas por dia, nos 30 dias do mês. Neste ponto a opção escolhida para substituição é a lâmpada halógena Osram *Energy Saver*, de 70 W, também apresentada em tópico anterior.

Valor pago pela nova lâmpada: R\$ 3,70;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{70 \text{ W} - 100 \text{ W}}{100 \text{ W}} = - 30\%$$

Economia:

$$100 \text{ W} - 70 \text{ W} = 30 \text{ W};$$

$$30 \text{ W} \times 3 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 2,7 \text{ kWh};$$

$$2,7 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 1,06 \text{ ao mês ou R\$ } 12,78 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 3,70}{\text{R\$ } 12,78} = 4 \text{ meses.}$$

No banheiro, uma lâmpada de 60 W permanece acesa aproximadamente 2 horas por dia, nos 30 dias do mês. Neste ponto a opção escolhida para substituição é, novamente, a lâmpada halógena de 42 W.

Valor pago pela nova lâmpada: R\$ 3,70;

$$\text{Redução no consumo} = \frac{42 \text{ W} - 60 \text{ W}}{60 \text{ W}} = - 30\%$$

Economia:

$$60 \text{ W} - 42 \text{ W} = 18 \text{ W};$$

$$18 \text{ W} \times 2 \text{ h} \times 30 \text{ dias} = 1,08 \text{ kWh};$$

$$1,08 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 0,43 \text{ ao mês ou R\$ } 5,11 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 3,70}{\text{R\$ } 5,11} = 9 \text{ meses.}$$

Por último, na lavanderia uma lâmpada de 100 W permanece acesa 1 hora por dia durante a semana e 2 horas nos dias de final de semana. Mais uma vez, a lâmpada halógena de 70 W foi escolhida.

$$\text{Redução no consumo} = \frac{70 \text{ W} - 100 \text{ W}}{100 \text{ W}} = - 30\%$$

Economia:

$$100 \text{ W} - 70 \text{ W} = 30 \text{ W};$$

$$30 \text{ W} \times (1 \text{ h} \times 20 \text{ dias} + 2 \text{ h} \times 10 \text{ dias}) = 1,2 \text{ kWh};$$

$$1,2 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 0,47 \text{ ao mês ou R\$ } 5,68 \text{ ao ano.}$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{custo inicial}}{\text{economia anual}} = \frac{\text{R\$ } 3,70}{\text{R\$ } 5,68} = 8 \text{ meses.}$$

Consolidando os cálculos da iluminação, chega-se aos seguintes resultados:

$$\text{Custo inicial} = \text{R\$ } 58,60;$$

$$\text{Economia anual} = 23,58 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{R\$ } 111,61$$

$$\text{Amortização} = \frac{\text{R\$ } 58,60}{\text{R\$ } 111,61} = 7 \text{ meses.}$$

4.2. Análise dos Eletrodomésticos

Consideram-se, neste caso, como eletrodomésticos os aparelhos que não fazem função de iluminação. Dos diversos aparelhos que se encaixam nesta categoria, são apresentados alguns deles nos próximos tópicos, os quais o autor deste trabalho teve à disposição para ensaios sobre o comportamento de consumo de energia elétrica.

4.2.1. Ferramentas utilizadas

Para a realização dos ensaios de consumo de energia elétrica dos aparelhos eletroeletrônicos contidos neste trabalho, foi usado um Medidor Multivariável de Grandezas Elétricas - modelo UPD-200, de marca CIBER, gentilmente cedido pela empresa CIBER do Brasil, Ltda. A figura 18 apresenta o instrumento.



Figura 18 - Multimetro UPD-200

Fonte: CIBER do Brasil

O UPD-200 é um transdutor, microprocessado, programável que oferece medição, cálculo e visualização de parâmetros de redes elétricas. De acordo com a especificação do fabricante, as medições são efetuadas em true rms, mediante três entradas de tensão e três entradas de corrente

que, dependendo do sistema, podem ser procedentes de transformadores de corrente - TC's. O UPD-200 permite a visualização dos parâmetros elétricos mediante seu display LCD.

Apesar de o instrumento ter a capacidade para medições em circuitos trifásicos, o mesmo foi subutilizado, medindo apenas entre Fase e Neutro em 127 V.

Nos ensaios realizados para este trabalho o UPD-200 foi montado em uma caixa-painel – Figura 19 -, com duas configurações diferentes:

Para ensaios de aparelhos consumindo até 5 A, a medição de corrente é feita diretamente pelas entradas 1 e 2 do medidor;

Para ensaios de aparelhos consumindo mais de 5 A, é utilizado um TC com relação de 50 para 5 A. Permitindo, então, medições de até 50 A.



Figura 19 - Medidor montado no painel.

Fonte: Desenvolvimento do trabalho

Na figura 20 pode ser visualizado um TC idêntico ao utilizado nos ensaios, da marca LANGER-MESSTECHNIK, modelo AC 22.



Figura 20 - TC modelo AC 22

Fonte: www.langer-messtechnik.de

Na figura 21 são denominados os bornes do medidor e o diagrama de ligação. Em todos os ensaios a Fase foi conectada ao borne #12 e o Neutro no borne #13.

Denominação dos bornes

Borne	Descrição
1	Entrada de corrente AL1-S1
2	Entrada de corrente AL1-S2
3	Entrada de corrente AL2-S1
4	Entrada de corrente AL2-S2
5	Entrada de corrente AL3-S1
6	Entrada de corrente AL3-S2
7	Saída transistor RL2
8	Comum saída transistor
9	Saída transistor RL1
10	Entrada medição Tensão VL3
11	Entrada medição Tensão VL2
12	Entrada medição Tensão VL1
13	Entrada medição Tensão Neutro
14	Entrada alimentação
15	Entrada Alimentação
A	Comunicação RS-485 (+)
S	Comunicação RS-485 (Terra)
B	Comunicação RS-485 (-)

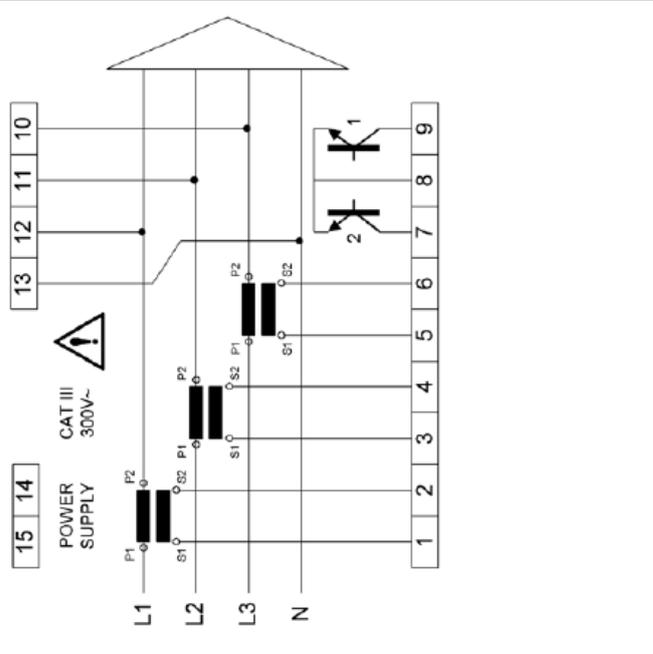


Figura 21 - Diagrama de ligações UPD-200

Fonte: CIBER do Brasil

O TC utilizado possui identificação dos terminais idêntica à do diagrama fornecido com o medidor, deste modo, é extremamente fácil interligar os dois dispositivos.

Os bornes “A” e “B” foram conectados a um conversor serial RS485 para serial RS232 e este conectado à porta COM1 do microcomputador usado em conjunto com o Software do instrumento UPD-200.

4.2.1.1. Software

O programa fornecido junto ao instrumento UPD-200 chama-se Ciber Viewer, de versão v2.03. Por meio do programa pode-se realizar alterações de configuração do instrumento e visualizar as grandezas medidas (Figura 22). Também gera arquivo de *log* das grandezas medidas.

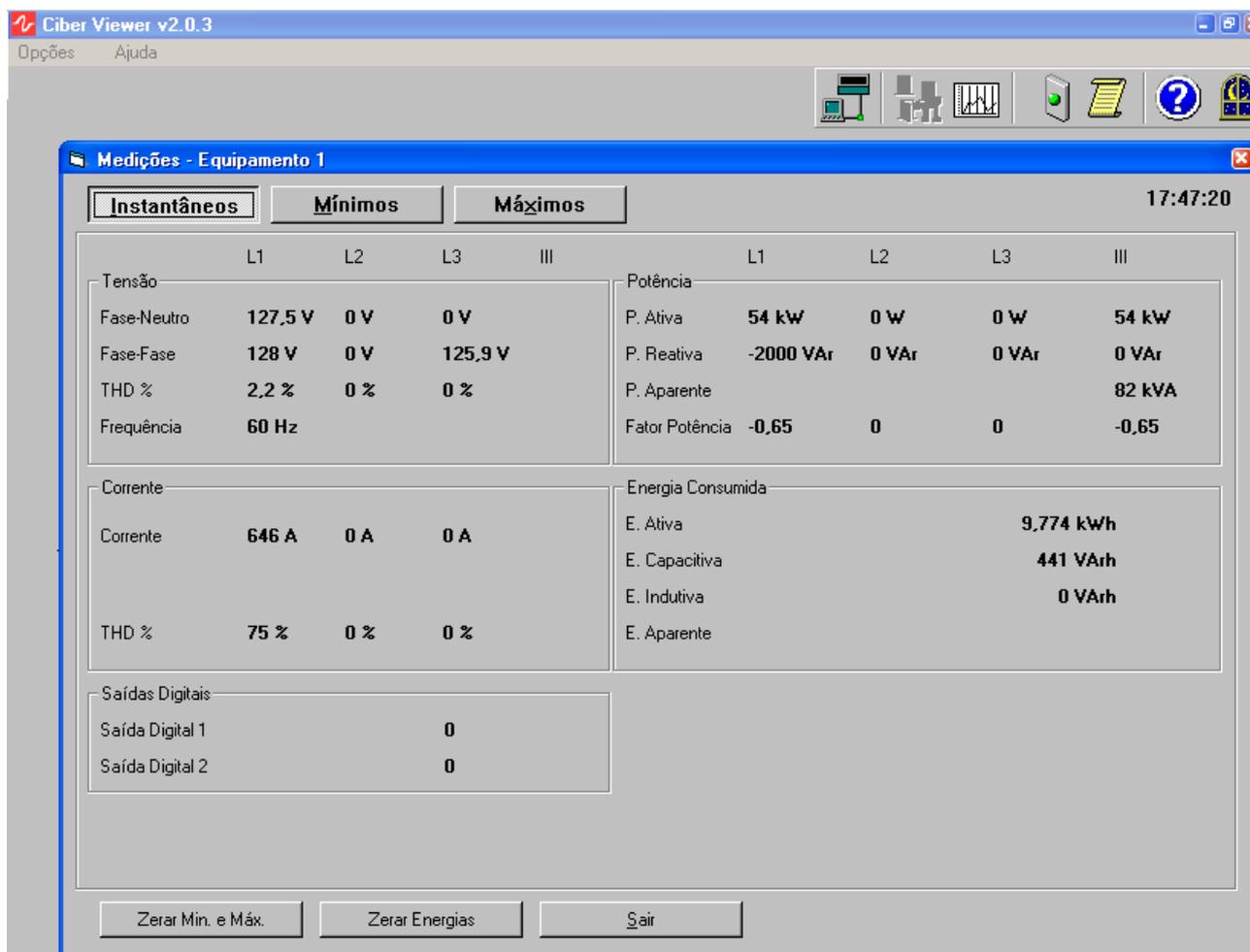


Figura 22 - Software Ciber Viewer

Fonte: Desenvolvimento do trabalho

4.2.2. Equipamentos de Informática

São considerados, neste tópico, microcomputadores, monitores e todos os outros periféricos associados à informática ou computação. Porém, é feita apenas uma amostragem, verificando o consumo de alguns destes equipamentos.

4.2.2.1. Microcomputadores

Os microcomputadores contribuem com uma grande parcela do desperdício de energia elétrica, haja vista que, com frequência estão subutilizados em termos de carga de CPU [Bertoldi, 2007] ou completamente ociosos em períodos em que permanecem ligados enquanto o usuário faz pausas para almoço ou pequenas saídas nas quais o mesmo considera desnecessário desligar o computador. Quanto à subutilização, não há muito que possa ser feito, porém quanto aos períodos em que o computador fica ligado sem uso, existem ferramentas que podem ser úteis.

Muitos usuários não desligam seus computadores durante pausas de uma ou duas horas, para almoçar, por exemplo, porque quando o computador é ligado novamente, os serviços e aplicativos demoram muito tempo para serem carregados novamente e o computador entrar em pleno funcionamento. A solução neste caso é usar a opção de Hibernação, presente nos Sistemas Operacionais.

A Opção Hibernação atua salvando no HD os dados que estão presentes na memória RAM do Computador, no momento de hibernar. Quando o equipamento for ligado novamente, os dados são alocados na memória RAM novamente.

No caso do microcomputador ensaiado para este trabalho, será verificada a redução de consumo de energia elétrica que a hibernação pode proporcionar. O microcomputador sob ensaio é um Pentium4 2.4 GHz, com 1 GB de memória RAM e Sistema Operacional Windows XP SP3.

Durante os ensaios, utilizando o equipamento e Software descritos nos tópicos anteriores, verificou-se que este microcomputador consome de 65 W a 150 W, mantendo valor médio de 93 W (resultado obtido ao ensaiar o equipamento por 24 h, dividindo o consumo total - 2,232 kWh - por este período).

Ao ligar este microcomputador, é necessário aguardar aproximadamente 90 segundos para que todos os serviços do Sistema Operacional estejam em pleno funcionamento. Porém, ao optar pela função de hibernação, ao ligar o microcomputador, o tempo de espera, também conhecido como tempo de *startup* cai para aproximadamente 30 segundos.

Considerando que a redução do tempo de *startup* foi suficiente para que o usuário passe a hibernar o computador nas saídas para almoço, com duração de uma hora, tem-se o que segue:

Redução de 90 segundos para 30 segundos no *startup*, o que significa 60 segundos ou 1 minuto de economia; somando os 60 minutos do horário de almoço, tem-se 61 minutos de economia por dia. Considerando o uso do computador 5 dias por semana, tem-se:

61 minutos = 1,017 hora;

$1,017 \times 20 \text{ dias} \times 93 \text{ W} = 1,891 \text{ kWh}$

$1,891 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 0,75 \text{ ao mês ou R\$ } 8,95 \text{ ao ano.}$

Outro ponto de desperdício de energia dos microcomputadores está no consumo em *standby*, que é o estado em que o mesmo está desligado, porém conectado à rede elétrica. O consumo em *standby* do microcomputador sob teste é de 6 W.

Como medida para evitar que o computador consuma energia em modo *standby*, recomenda-se o uso de barras de tomada ou filtros de linha com chave liga/desliga. Esta foi a solução adotada para o microcomputador ensaiado neste trabalho.

Considerando o uso do computador durante 8 horas por dia, durante a semana, tem-se o período sem uso:

$16 \text{ horas} \times 20 \text{ dias} + 24 \text{ horas} \times 10 \text{ dias} = 560 \text{ horas sem uso por mês}$

Ao usar filtro de linha com chave liga/desliga e desligando-o sempre que o computador não estiver em uso, tem-se a redução do consumo conforme abaixo:

$6 \text{ W} \times 560 \text{ horas} = \text{redução de } 3,36 \text{ kWh}$

$3,36 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 1,32 \text{ ao mês ou R\$ } 15,90 \text{ ao ano.}$

4.2.2.2. Monitores e outros periféricos

Além do microcomputador, existem outros aparelhos consumindo energia, em conjunto com ele. Entre estes aparelhos necessários ao uso do computador estão monitores, sistemas de som, impressoras, scanner e outros.

Foram ensaiados, para este trabalho, os equipamentos que são usados em conjunto com o microcomputador ensaiado no tópico anterior. São eles:

Monitor CRT 17" marca SAMSUNG modelo SyncMaster 753DFX

Consumo operacional ensaiado: 55 W;

Consumo em *standby* ensaiado: 5 W.

Amplificador de áudio marca GRADIENTE modelo SPECT87

Consumo operacional ensaiado: 36 W (volume médio);

Consumo em *standby* ensaiado: 14 W.

Como estes aparelhos são usados em conjunto com o microcomputador, funcionando ao mesmo tempo, ao somar o consumo destes ao consumo do microcomputador, tem-se:

Conjunto microcomputador com monitor e amplificador de áudio

Consumo operacional: $93\text{ W} + 55\text{ W} + 36\text{ W} = 184\text{ W}$

Consumo em *standby*: $6\text{ W} + 5\text{ W} + 14\text{ W} = 25\text{ W}$

Mantendo como base o uso durante 8 horas nos dias de semana, tem-se para o conjunto:

$184\text{ W} \times 8\text{ h} \times 20\text{ dias} = 29,44\text{ kWh}$ por mês

$29,44\text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 11,61$ ao mês ou $\text{R\$ } 139,35$ ao ano.

Mantendo todo o conjunto desligado pela chave do filtro de linha, durante as mesmas 560 horas em que o computador não é usado:

$25\text{ W} \times 560\text{ horas} = \text{redução de } 14\text{ kWh}$ no mês

$14\text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{economia de R\$ } 5,52$ ao mês ou $\text{R\$ } 66,27$ ao ano.

Percentualmente, a economia obtida com o uso do filtro de linha com chave liga/desliga representa:

$$\frac{R\$ 66,27}{R\$ 139,35 + R\$ 66,27} = \text{economia de } 32\%.$$

4.2.3. Carregadores de baterias

A grande maioria dos carregadores de baterias que são usados em residência é destinada a telefones celulares, seguidos das fontes para notebooks. Estes dois tipos de carregadores foram ensaiados, medindo-se o consumo ao efetuar uma carga completa na bateria do respectivo aparelho e o consumo sem carga.

Carregador de bateria modelo AC-4E, original do telefone celular NOKIA E62

Consumo ensaiado durante a carga da bateria: 6,4 Wh;

Consumo ensaiado em *standby*: 1 W.

Fazendo algumas contas simples com os resultados dos ensaios tem-se:

Consumo mensal caso o carregador fique conectado à tomada =

= 1 W x 24 horas x 30 dias = 720 Wh ou 0,72 kWh;

0,72 kWh x R\$ 0,39445205 = desperdício de R\$ 0,28 ao mês ou R\$ 3,40 ao ano.

Com a energia desperdiçada com o carregador ligado à tomada durante um mês, a bateria do celular poderia ser carregada por 112 vezes.

Carregador de bateria modelo ACBEL API5AD17, original do notebook INTELBRAS modelo N6000W

Consumo ensaiado durante a carga da bateria: 38,5 Wh;

Consumo ensaiado em *standby*: 3 W.

Fazendo algumas contas simples com os resultados dos ensaios tem-se:

Consumo mensal caso o carregador fique conectado à tomada =

= 3 W x 24 horas x 30 dias = 2,16 kWh;

2,16 kWh x R\$ 0,39445205 = desperdício de R\$ 0,85 ao mês ou R\$ 10,22 ao ano.

Com a energia desperdiçada com o carregador ligado à tomada durante um mês, a bateria do notebook poderia ser carregada por 56 vezes.

4.2.4. Aparelhos da Sala

Na sala da residência ensaiada existem, sobre o rack, 1 aparelho televisor, 1 reprodutor de DVD's e 1 aparelho de som do tipo Microsystem.

4.2.4.1. Televisor

Televisor CRT 20" marca SONY modelo KV-21VHSBR

Consumo ensaiado em *standby*: 4 W.

Consumo ensaiado durante funcionamento normal: 98 W;

Considerando que o televisor é usado por 2 horas, todos os dias do mês, seu consumo mensal é de:

$98 \text{ W} \times 2 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} = 5,88 \text{ kWh em uso};$

$4 \text{ W} \times 22 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} = 2,64 \text{ kWh em } \textit{standby};$

$5,88 \text{ kWh} + 2,64 \text{ kWh} = 8,52 \text{ kWh ao mês.}$

4.2.4.2. Reprodutor de DVD's

Aparelho reprodutor de DVD's marca PHILIPS modelo DVP3360K

Consumo ensaiado em *standby*: 1 W.

Consumo ensaiado durante funcionamento normal: 10 W;

Considerando que o aparelho é usado por 2 horas, aos finais de semana, consumo mensal é de:

$10 \text{ W} \times 2 \text{ horas} \times 10 \text{ dias} = 0,2 \text{ kWh em uso};$

$1 \text{ W} \times (24 \text{ horas} \times 20 \text{ dias} + 22 \text{ horas} \times 10 \text{ dias}) = 0,7 \text{ kWh em } \textit{standby};$

$0,2 \text{ kWh} + 0,7 \text{ kWh} = 0,9 \text{ kWh ao mês.}$

4.2.4.3. Aparelho de som

Microsystem marca SONY modelo FH-G80

Consumo ensaiado em *standby*: 15 W.

Consumo ensaiado durante funcionamento normal: 48 W (volume médio-alto);

Considerando que o aparelho é usado por 5 horas, aos finais de semana, consumo mensal é de:

$48 \text{ W} \times 5 \text{ horas} \times 10 \text{ dias} = 2,4 \text{ kWh em uso};$

$15 \text{ W} \times (24 \text{ horas} \times 20 \text{ dias} + 19 \text{ horas} \times 10 \text{ dias}) = 10,05 \text{ kWh em } \textit{standby};$

$2,4 \text{ kWh} + 10,05 \text{ kWh} = 12,45 \text{ kWh ao mês.}$

Como estes aparelhos são alimentados pela mesma tomada próxima ao rack, somando o consumo de todos eles, tem-se:

Televisor + DVD + Aparelho de som

$8,52 \text{ kWh} + 0,9 \text{ kWh} + 12,45 \text{ kWh} = 21,87 \text{ kWh ao mês};$

$21,87 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 8,63 \text{ ao mês ou R\$ } 103,51 \text{ ao ano.}$

O valor acima é composto pelos consumos em uso e em *standby*. Pode-se fazer uso de mais um filtro de linha com chave liga/desliga, como realizado no tópico 4.2.2 Equipamentos de Informática.

Subtraindo o consumo em *standby*, tem-se, para o conjunto:

$21,87 \text{ kWh} - (2,64 \text{ kWh} + 0,7 \text{ kWh} + 10,05 \text{ kWh}) = 8,48 \text{ kWh por mês}$

$8,48 \text{ kWh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 3,34 \text{ ao mês ou R\$ } 40,14 \text{ ao ano.}$

Percentualmente, a economia obtida com o uso do filtro de linha com chave liga/desliga representa:

$$\frac{R\$ 103,51 - R\$ 40,14}{R\$ 103,51} = \text{economia de } 61\%.$$

4.2.5. Forno de micro-ondas

Forno de micro-ondas marca PANASONIC modelo NN-ST558MRUN

Consumo ensaiado em *standby*: 2 W;

Consumo ensaiado durante funcionamento normal, aquecendo 1 litro de água, durante 1 minuto, em potência máxima de 1,1 kW: 17 Wh.

Considerando que o forno é usado diariamente por 1 minuto e por mais 4 minutos nas tardes de domingo, seu consumo mensal é de:

$$17 \text{ Wh} \times (1 \text{ minuto} \times 30 \text{ dias} + 4 \text{ minutos}) = 0,58 \text{ kWh em uso};$$

$$2 \text{ W} \times (23:59 \text{ horas} \times 25 \text{ dias} + 23:55 \text{ horas} \times 5 \text{ dias}) = 1,44 \text{ kWh em } \textit{standby};$$

$$0,58 \text{ kWh} + 1,44 \text{ kWh} = 2,02 \text{ kWh ao mês.}$$

Caso o forno de micro-ondas seja conectado à tomada somente no instante em que for usado e desconectado da tomada imediatamente após o uso, a economia obtida representaria:

$$\frac{1,44 \text{ kWh}}{2,02 \text{ kWh}} = \text{economia de } 71\%.$$

4.2.6. Máquina de lavar roupas

A máquina de lavar roupas foi ensaiada medindo-se o consumo ao efetuar a lavagem em duas condições, uma com pequeno volume de roupas e outra com grande volume, ambas no ciclo Normal.

Lavadora automática marca ELECTROLUX modelo LTE09

Consumo ensaiado durante a lavagem de 2 kg de roupa, nível de água baixo: 139 Wh;

Consumo ensaiado na lavagem de 9 kg de roupa (capacidade máxima), nível de água alto: 164 Wh.

Fazendo contas considerando a quantidade de roupa lavada e o consumo de energia elétrica das lavagens, tem-se:

Para a lavagem de 2 kg de roupa, $\frac{139 \text{ Wh}}{2 \text{ kg}} = 69,5 \text{ Wh/kg}$;

Transformando em valores monetários,

$0,695 \text{ kWh/kg} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 0,027$ por quilograma de roupa lavada;

Para a lavagem de 9 kg de roupa, $\frac{164 \text{ Wh}}{9 \text{ kg}} = 18,2 \text{ Wh/kg}$;

Ou $0,182 \text{ kWh/kg} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 0,007$ por quilograma de roupa lavada.

A diferença entre os custos significa que é 3,8 vezes mais caro lavar roupas em porções de 2 kg do que em porções de 9 kg.

Outro dado para fomentar a comparação acima consta no manual do usuário da lavadora supracitada:

“Consumo aproximado de água:

Nível baixo d’água: 81 l.

Nível alto d’água: 145 l.”

Juntando os dados do manual e os dados coletados, para a lavagem de 18 kg de roupa nas duas condições de nível de água e quantidades por lavagem, ter-se-ia:

Para lavar 18 kg em porções de 2 kg:

$$\frac{18 \text{ kg}}{2 \text{ kg}} \times 139 \text{ Wh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 0,49;$$

O consumo d'água:

$$\frac{18 \text{ kg}}{2 \text{ kg}} \times 81 \text{ l} = 729 \text{ litros d'água};$$

Para lavar 18 kg em porções de 9 kg:

$$\frac{18 \text{ kg}}{9 \text{ kg}} \times 164 \text{ Wh} \times \text{R\$ } 0,39445205 = \text{custo de R\$ } 0,13;$$

O consumo d'água:

$$\frac{18 \text{ kg}}{9 \text{ kg}} \times 145 \text{ l} = 290 \text{ litros d'água};$$

Ao comparar os resultados obtidos, chega-se à conclusão que optando por usar a capacidade máxima da lavadora para a lavagem de 18 kg de roupa, economiza-se R\$ 0,36 em energia elétrica e 439 litros de água.

Os percentuais de economia seriam:

$$\frac{\text{R\$ } 0,36}{\text{R\$ } 0,49} = 74\% \text{ de economia de energia elétrica};$$

$$\frac{439 \text{ l}}{729 \text{ l}} = 60\% \text{ de economia de água.}$$

5. Conclusões

O objetivo central do trabalho foi a proposta de elementos que permitam ao consumidor avaliar que tipo de equipamento é adequado para uso na sua residência e verificar se compensa a substituição dos equipamentos antigos por equipamentos de menor consumo levando em consideração a relação custo-benefício.

Com este intuito foi feita uma revisão bibliográfica que permitiu contextualizar e fundamentar o trabalho. Definiram-se os parâmetros que deveriam ser medidos para avaliação do ambiente e as ferramentas que seriam usadas.

Em um segundo momento foi planejado o ensaio e determinou-se quais equipamentos seriam objetos de estudo.

Após análise dos resultados, conclui-se que os aparelhos eletrodomésticos que são conectados às tomadas das residências são diversos e de muitos tipos. Sendo assim, o que todos estes aparelhos tem em comum é a alimentação pela rede elétrica e, por serem tão numerosos e diferentes, é a maneira o *modus operandi*, justamente, a chave para aproveitá-los ao máximo, fazendo assim o uso racional da energia elétrica.

O trabalho cumpriu seu objetivo o sentido de proporcionar ao consumidor diretrizes que lhe permitam avaliar o ambiente e lhe dá subsídios para a escolha do conjunto de aparelhos eletrônicos e iluminação mais apropriados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - **Por dentro da conta de luz** Brasília, 2008 disponível em: http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Cartilha_1p_atual.pdf acesso em 27 de maio de 2011.

BERTOLDI, P.; Atanasiu, B.: *Electricity consumption and efficiency trends in the enlarged European Union*. IES-JRC. European Union, 2007.

CAMBRAIA, Mario Sérgio – **Gestão Eficiente de Energia na Indústria** CIESP/FIESP, 2009

CAPELLO, Giuliana, Maggi Krause, et al **Especial Casa Sustentável** Rio de Janeiro, 2010

ELECTROLUX, **Manual de Instruções Lavadora de Roupas LTE09** Curitiba, 2009 disponível em: http://www.electrolux.com.br/produtos/lavadoras/Documents/man_LTE09.pdf acesso em 2 de novembro de 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético Nacional 2011: Ano base 2010 / Empresa de Pesquisa Energética**. – Rio de Janeiro: EPE, 2011.

GOOGLE ORG. - **Google PowerMeter overview** EUA, 2011 disponível em: <http://www.google.com/powermeter/about/> acesso em 17 de abril de 2011.

MENDES, Tania Rodrigues - **Energia Elétrica: Tarifas** Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo, 2000.

MICROSOFT, **Gerenciamento de Energia no Windows XP** EUA, 2002 disponível em: http://www.microsoft.com/brasil/windowsxp/using/setup/learnmore/russel_02march25.msp acesso em 7 de setembro de 2011.

RUIZ, Eduardo. **Estratégia de Formação de Preços Para Comercialização de Energia Elétrica** Itatiba, 2010. disponível para download em: http://www.saofrancisco.edu.br/cursos/graduacao/producao_detalhe_webp.asp?documento=1900 acesso em 15 de agosto de 2011.

SENDRA, Dr. Josep Balcelis. **Quality and Rational Use of Electrical Energy** Barcelona, 2001.

Para mais informações sobre este trabalho e autor ou enviar seus comentários, mande um e-mail para coelholima@gmail.com