

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS

Resumo: Atualmente, o uso da energia elétrica no ambiente residencial é considerado um bem essencial para o desenvolvimento do ser humano. Os Equipamentos eletrônicos têm facilitado a vida da família moderna, permitindo que se tenha maior disponibilidade de tempo para o trabalho e para a realização de diversas atividades. Em contrapartida, a má utilização desses aparelhos por grande parte dos consumidores, contribui para o aumento do consumo de energia elétrica. Solucionar o problema do mau uso não é uma tarefa simples. Portanto, desenvolveu-se um projeto detalhado sobre a eficiência energética em instalações elétricas residenciais no município de Nepomuceno/MG. Foram contemplados no estudo aspectos extremamente relevantes, tais como: potência instalada, perfil dos residentes e equipamentos utilizados. Posteriormente, criou-se um software móvel para auxiliar os consumidores no uso racional da energia elétrica. Espera-se no final do processo uma redução no consumo de energia elétrica valores entre 10- 20%.

Palavras-chave: Eficiência energética. Energia elétrica. Equipamentos eletrônicos. Instalações elétricas residenciais. Software móvel.

1 INTRODUÇÃO

Conforme os benefícios da energia elétrica passam a fazer parte do dia a dia das pessoas, é natural que se inicie um processo de discussão quanto ao seu uso racional, principalmente, no ambiente residencial. No Brasil, o Ministério de Minas e Energia, Indústria e Comércio, instituíram em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, cuja função básica era integrar as ações de conservação de energia, na época em andamento por iniciativa de várias organizações públicas e privadas (FILHO, 2010).

Atualmente, o governo brasileiro tem desenvolvido uma política moderada de conservação de energia com a finalidade de reduzir desperdícios. Nas últimas décadas, observou-se um grande aumento na demanda de energia elétrica na área residencial. Comparando o Balanço Energético Nacional (1996) e o Balanço Energético Nacional (2017), observa-se que o consumo de energia elétrica residencial cresceu 109,24% no período de 1995 a 2016, uma vez que a pesquisa tem como banco de dados o ano anterior da divulgação dos resultados.

O objetivo deste projeto é promover a educação no uso racional da energia elétrica e, consequentemente, contribuir com o desenvolvimento sustentável. Diante do exposto, desenvolveu-se um trabalho de conscientização da população sobre a importância da utilização consciente de energia elétrica. Os procedimentos e as ações para reduzir os desperdícios de energia elétrica utilizados durante o estudo e descritos neste artigo, fazem parte de um projeto de Bolsa Complementação Educacional (BCE) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG e estão em conformidade com as práticas utilizadas nas dezenas de projetos desenvolvidos pela CPE – Consultoria e Projetos Elétricos, associada a uma extensa pesquisa de publicações especializadas, sobretudo aquelas editadas pelo PROCEL (FILHO, 2010). Foram contemplados no projeto: análise teórico-matemática, levantamentos e medições e, posterior, desenvolvimento de software. O aplicativo será colocado à disposição dos usuários na área de serviço de distribuição digital de aplicativos da Google (Google Play). No momento, o aplicativo se encontra em fase de testes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar um estudo de eficiência energética em uma instalação residencial é necessário agir nos diferentes tipos de carga com a finalidade de verificar o seu potencial de desperdício. Além das cargas, devem ser implementadas certas ações, que podem resultar na racionalização do uso de energia e na conseqüente economia na fatura mensal de energia elétrica (NISKIER; MACINTYRE; COSTA, 2013). Durante a execução do projeto, abordou-se conteúdos como:

- Iluminação;
- Conduitos elétricos;
- Instalação elétrica.

2.1 Análise teórico-matemática

Todo projeto de uma instalação elétrica residencial deve buscar a eficiência operacional. No entanto, essa eficiência deve ser medida de forma a se encontrar justificativas econômicas para a sua implementação. Não é razoável adotar procedimentos para efficientizar um projeto elétrico a qualquer custo (FILHO, 2010). Objetivando à otimização dos parâmetros descritos na parte introdutória da seção, realizou-se um estudo aprofundado dos mesmos.

Iluminação

Segundo FILHO (2010), no Brasil a iluminação representa atualmente cerca de 15% de toda a energia consumida, o que equivale aproximadamente a 58.000 GWh/ano. Em residências, a energia, em média representa de 2 a 8% do consumo da instalação. No âmbito residencial, a iluminação é uma das principais fontes de desperdício de energia elétrica, devido à má escolha de lâmpadas e luminárias. A Tabela 1, exibe valores de eficiência luminosa de alguns tipos de lâmpadas.

Tabela 1 - Eficiência luminosa das lâmpadas elétricas (lm/W).

Tipo de Lâmpada	Valor Médio	Valor Máximo
Incandescente	13	17
LED	35	130
Halógena	17	25
Vapor de mercúrio	50	55
Fluorescente compacta	60	87
Fluorescente tubular	80	95
Multivapor metálico	80	95
Sódio de alta pressão	100	138
Sódio de baixa pressão	150	200

Fonte: FILHO (2010).

Durante o estudo teórico, informou-se aos moradores sobre a importância de se utilizar lâmpadas de maior eficiência e também de utilizar luminárias de maior aproveitamento energético. A eficiência de uma luminária pode ser medida relacionando-se o fluxo emitido pelas lâmpadas e o fluxo que deixa a luminária. As luminárias também devem ser escolhidas em função da curva de distribuição de intensidade luminosa. Esse é um ponto difícil para o projetista. Assim, se uma luminária caracterizada por sua curva luminotécnica foca com maior intensidade o plano de atividades e com menor intensidade as paredes, apresenta uma maior eficiência energética (FILHO, 2010).

Condutos elétricos

De acordo com FILHO (2010), o dimensionamento dos condutores elétricos, incluindo a escolha da sua isolação, pode conduzir projetos de baixas perdas elétricas. As principais ações que devem ser analisadas nesse quesito são:

- a) Dimensionamento da seção dos condutores
- Corrente de carga;
 - Queda de tensão;
 - Curto-circuito.

- b) Valor econômico da seção do condutor
Pode ser calculado de acordo com a Equação (1).

$$C_t = C_c + C_i + C_e \quad (1)$$

onde:

C_t – Custo total durante a vida do cabo;

C_c – Custo inicial de compra do cabo;

C_i – Custo inicial de instalação do cabo;

C_e – Custo de energia desperdiçada ao longo do tempo.

- c) Cálculo da seção econômica de um condutor
Pode ser calculado de acordo com a Equação (2).

$$S_c = \frac{I_c}{\frac{2,66}{\sqrt{N_h}} \times \frac{0,69}{\sqrt{1 - 0,937^{N_a}}}} \times \sqrt{\frac{C_e}{G}} \quad (2)$$

onde:

I_c – Corrente de carga;

N_a – Número de anos considerados no cálculo que corresponde ao tempo de operação do cabo;

N_h – Número de horas por ano de funcionamento;

G – Custo médio do cabo em R\$/ mm² × km.

Instalação elétrica

A execução de modo sistemático, de um adequado programa de manutenção das instalações elétricas está inserida no contexto da filosofia de conservação de energia elétrica, visto que a sua ausência implica aumento de perdas térmicas, custos adicionais, imprevistos em virtude da incidência de defeitos nas instalações, maior consumo, maior probabilidade de ocorrência de incêndios (CAVALIN; CERVELIN, 2017). Durante a execução desta etapa, verificou-se possíveis irregularidades nas instalações das residenciais analisadas.

Análise teórica do software

Durante o desenvolvimento do software, conceitos importantes na área da computação foram estudados. Dentre eles, o conhecimento em linguagens de programação como Java e C++ e plataformas virtuais como Android Studio e Inkscape.

a) Android studio

Trata-se de um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) cuja finalidade é desenvolver aplicações dedicadas ao sistema operacional Android. Toda interface do aplicativo foi desenvolvida através dessa plataforma. Dentre inúmeras vantagens que o ambiente, destaca-se:

- Auxílio de recursos gráficos para modelagem da interface da aplicação;
- Possui amplo suporte;
- Apresenta um emulador integrado que permite a execução do software;
- Suporte a ilustrações cujo formato é SVG;
- Possibilita a utilização de recursos da linguagem C++.

b) Inkscape

Consiste em um programa de gráficos vetoriais de qualidade profissional que roda em Windows, Mac OS X e GNU/Linux. Possui ferramentas sofisticadas de desenho com recursos comparáveis ao Adobe Illustrator, CorelDRAW e Xara Xtreme. É adequado para a criação de uma grande variedade de gráficos, tais como ilustrações, ícones, logotipos, diagramas, mapas e gráficos da web. É uma aplicação de uso livre e código aberto que utiliza o padrão SVG como seu formato nativo (INKSCAPE DESENHE LIVREMENTE, 2018).

O formato SVG (Scalable Vector Graphics) refere-se a uma linguagem XML para descrever de forma vetorial desenhos e gráficos bidimensionais, de forma estática ou dinâmica. Uma das principais características dos gráficos vetoriais, é que não perdem qualidade ao serem redimensionados, recurso bastante desejado na criação de ícones para aplicativos (SANTOS, 2010). O destaque para o formato se deve ao fato dele ser aberto e suportado pelo Android Studio. Através dessa ferramenta, criou-se o logotipo do aplicativo, que será exibido posteriormente na Figura 2 (a). Sua escolha se deve a sua simplicidade, familiaridade e leveza.

3 METODOLOGIA

Antes de desenvolver quaisquer ações de eficiência energética que impliquem custos, deve-se inicialmente realizar um levantamento dos aparelhos elétricos instalados nas residências (FILHO, 2010).

Levantamento de carga

Com intuito de obter informações para análise do consumo de energia elétrica, realizou-se um levantamento da potência instalada e o tempo de utilização de cada equipamento em duas residências do município, com perfis de consumo diferentes. Devido a limitação de espaço, neste artigo serão apresentados apenas dados de uma das residências analisadas. A Tabela 2, exibe a lista de equipamentos dispostos no domicílio, bem como suas informações de utilização. A propriedade analisada em questão possui um perfil familiar, sendo composta 3 pessoas com faixa etária entre 25 e 60 anos. No mês de medição (agosto/2017), o valor do kWh pago a concessionária de energia era de R\$ 0,78.

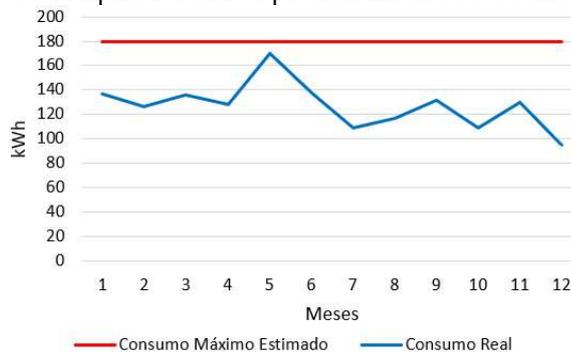
Tabela 2 - Aparelhos utilizados na residência analisada.

Aparelho	Potência (W)	Tempo de uso/mês (Horas)	kWh	Custo por Equipamento (Reais)
Chuveiro	5500	15	82,50	64,69
Refrigerador	150	288	43,20	33,87
Televisor 1	105	60	6,30	4,94
Televisor 2	90	60	5,40	4,23
Microondas	1140	6	6,84	5,36
Lâmpadas Fluorescentes	20	180	3,60	2,82
Secador de Cabelo	1900	6	11,40	8,93
Roteador	6	720	4,32	3,39
Estabilizador	10	720	7,20	5,65
Notebook	65	60	3,90	3,06
Celulares	7,75	180	1,40	1,09
Liquidificador	220	3	0,66	0,52
Ferro Elétrico	1000	0,50	1	0,78
Ventilador	60	30	1,80	1,41

Fonte: Arquivo pessoal.

A Figura 1, exibe um gráfico comparativo no período de análise (abril/2017 a março/2018). Em vermelho é mostrado o consumo máximo estimado na propriedade, ou seja, é considerado a situação em que todos os equipamentos estejam funcionando de maneira simultânea na sua potência máxima. Em azul é exibido o consumo real de energia elétrica na residência. Importante destacar que o mês 1 de referência no gráfico, se refere ao primeiro mês da análise (abril/2017) e o mês 12 corresponde ao último (março/2018). As variações nos valores de consumo real se devem a diversas situações do cotidiano como, por exemplo, estações do ano, posição do chuveiro no modo verão ou inverno, ajuste do termostato da geladeira, compra ou troca de equipamentos elétricos e eletrônicos, etc.

Figura 1 - Comparativo entre a potência instalada e o consumo real.



Fonte: Arquivo pessoal.

Criação do banco de dados

Criou-se o banco de dados do aplicativo através da Norma de Distribuição 5.1 da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG, D, 2013). A implantação dessa ferramenta, foi essencial para simplificação da interface. A Tabela 3, exibe alguns desses valores.

Tabela 3 – Potência média de aparelhos.

Aparelhos	Potência Média (W)
Aquecedor de Ambiente	1550
Cafeteira	600
Chuveiro	3500
Espremedor de Frutas	65
Forno de Micro-ondas	1200
Geladeira DUPLEX	450
Geladeira Simples	250
Lâmpada de LED	8

Fonte: Norma de distribuição 5.1, CEMIG (2013).

Sobre o software

O Ecoenergy Mobile como já descrito anteriormente, foi desenvolvido através da linguagem Java, padrão em aplicações Android, simultaneamente com recursos da linguagem C++.

É estruturado em sucessivas telas denominadas atividades. Atrelado a cada a atividade, existe um arquivo com extensão .xml e um .java. Os arquivos xml são dedicados à estrutura da interface gráfica de cada tela. Eles possibilitam a inserção de ferramentas tais como botões, imagens, texto, etc. Cada ferramenta possui um conjunto de características como tamanho, posicionamento na tela, ações a serem executadas e nome. O código que caracteriza o botão calcular consumo, por exemplo, é descrito no Código 1.

Código 1 - Inicialização do botão calcular consumo.

<Button

```
android:id="@+id/Calcular"  
android:layout_width="wrap_content"  
android:layout_height="wrap_content"  
android:layout_below="@id/Logo"  
android:layout_marginTop="50dp"  
android:layout_centerHorizontal="true"  
android:onClick="Iniciar Menu2"  
android:text="Calcular Consumo"  
android:textColor="@color/Dark" />
```

Fonte: Arquivo pessoal.

A primeira linha indica que o botão recebeu o nome “Calcular”, em sequência, a segunda e terceira revelam que o botão possui largura e altura definidas pelo parâmetro “wrap_content”.

Isto significa que ele ocupa somente o espaço necessário para o texto que possui em seu interior, as três linhas em continuação definem seu posicionamento, que situa-se 50 dps (unidade de pixels) abaixo da ferramenta “Logo” e exatamente no centro da tela, a sétima linha indica que a ação de um clique executa a função “Menu2” responsável por abrir outra atividade, por fim, as duas últimas indicam o texto escrito dentro do botão e sua cor.

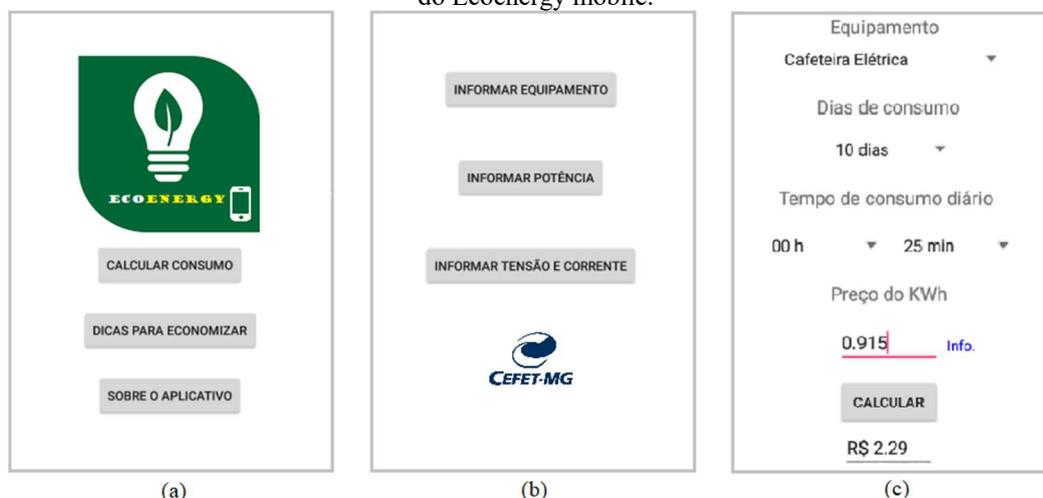
Utilização do ecoenergy mobile

O aplicativo apresenta uma interface intuitiva e de fácil manuseio, com sucessivas telas, acessíveis através de botões. Na tela inicial Figura 2 (a), o usuário tem acesso a três botões. Caso selecione a opção “calcular consumo”, o usuário será redirecionado para a calculadora de consumo energético Figura 2 (b). A calculadora de consumo fornece o custo aproximado por tempo de uso de um determinado equipamento e pode ser acessada de três formas: informando o nome do equipamento, informando a potência ou informando a tensão e corrente, sendo que a primeira situação dispensa conhecimentos técnicos. Essa opção, possibilitou que usuários leigos no assunto pudessem utilizar o aplicativo sem dificuldades. A ferramenta é tida como grande diferencial do aplicativo, se comparada aos já existentes. Em todas as situações citadas anteriormente, o cálculo da potência é realizado através da relação de tensão e corrente do aparelho (NILSSON; RIEDEL, 1999). Matematicamente, a potência pode ser calculada através da Equação (3).

$$P = v \cdot i \quad (3)$$

Entretanto, na situação onde o nome do equipamento é informado, a potência média é obtida através do banco de dados interno, que contém informações dos principais equipamentos domésticos. O segundo botão “Dicas para economizar”, redireciona o usuário a uma tela onde se obtém dicas de economia residencial. As dicas são, por exemplo, diminuir o tempo de banho, utilizar a capacidade máxima da máquina de lavar roupas, optar por lâmpadas LEDs, evitar deixar aparelhos, como televisores, em stand-by, etc (UFSCAR, 2016). O terceiro botão “sobre o aplicativo”, exibe informações relevantes do aplicativo, tais como: desenvolvedores, versões e premiações. A Figura 2 (c) exibe a tela inicial da calculadora.

Figura 2 (a) - Tela inicial do Ecoenergy mobile; (b) Tela secundária do Ecoenergy mobile; (c) Tela de cálculos do Ecoenergy mobile.



Fonte: Arquivo pessoal.

4 RESULTADOS

Após a realização de análises e do estudo proposto, iniciou-se um processo de verificação sobre as possibilidades de economia em cada residência selecionada. Na residência apresentada neste artigo, por exemplo, foi verificado através da Tabela 2, que o chuveiro dispunha de uma potência máxima de 5500 W. Sendo assim, trocou-se o mesmo por um de potência máxima de 4800 W. Em seguida, mediu-se com o auxílio de um alicate amperímetro marca agilente, modelo U1192a, a tensão e corrente. Através da Equação (3), calculou-se a potência real na posição verão e na posição inverno com o intuito de estabelecer uma comparação entre as temperaturas. Os resultados das medições são exibidos na Tabela 4.

Tabela 4 – Medição para cálculo de potência.

Grandezas	Verão	Inverno
Corrente	22,3 A	36,9 A
Tensão	122,4 V	119,6 V
Potência	2729,52 W	4413,24 W

Fonte: Arquivo pessoal.

A tensão medida com o chuveiro desligado foi de 126,9 V. De acordo com a norma que estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão (ABNT NBR 5410, 2004), em seu item 6.2.7.1.c, afirma que queda de tensão máxima admitida, medida a partir do ponto de entrega é de 5%.

No entanto, observando a Tabela 4, no modo verão verificou-se uma queda de 126,9 V para 119,6 V, totalizando uma redução de 5,75%. Essa queda geralmente é causada pelo mal dimensionamento dos condutores, item abordado na subseção (Condutos elétricos). Após a comparação, observou-se uma redução de 38% do modo inverno para o verão. Além disso, outras medidas abordadas durante o estudo irão ser aplicadas, tendo como estimativa de redução a porcentagem listada entre parênteses.

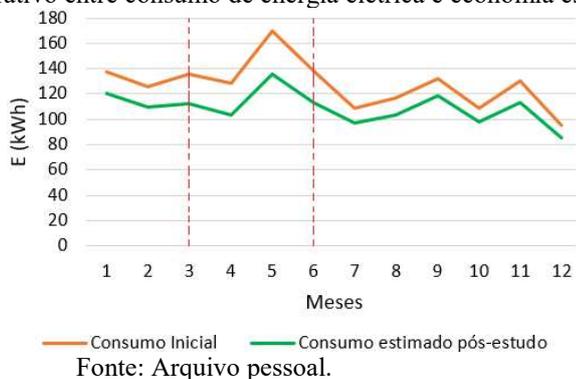
- Diminuir o tempo de utilização do chuveiro (38%);
- Diminuir o tempo de utilização do secador de cabelo (26%);
- substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, visto que possuem menor consumo de energia elétrica e maior eficiência luminosa Tabela (1) (11%);
- Evitar deixar aparelhos, como televisores, em stand-by, visto que deixar os aparelhos em modo de espera pode aumentar em cerca de 12% o consumo mensal de energia elétrica (SOUZA, 2014).

Por final, notou-se a grande influência do aplicativo na conscientização da população, visto que a grande maioria desconhecia o consumo de energia elétrica dos aparelhos de suas residências. Como consequência da implantação desse estudo detalhado sobre a racionalização no uso de energia elétrica na residência, espera-se uma redução de 10-20%, se comparado ao período analisado anteriormente, baseado nos valores de redução expostos anteriormente.

O gráfico da Figura 3, exhibe a estimativa de economia esperada pós implantação do estudo. Espera-se obter uma redução ainda maior na estação inverno, área em destaque no gráfico. Esse período é considerado crítico, onde se tem a grande maioria dos equipamentos resistivos, como o chuveiro, ligados em suas potências máximas. Essa maior expectativa de redução, se deve ao fato que equipamentos resistivos consomem uma maior quantidade de energia, se comprados a outros tipos de aparelhos como, o televisor, dado um mesmo intervalo de tempo. Portanto, com

a redução do tempo de utilização desses equipamentos, estima-se nesse intervalo uma redução na fatura de energia valores de 15-20%.

Figura 3 - Comparativo entre consumo de energia elétrica e economia estimada pós-estudo.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia. A utilização racional de energia chamada também simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Os resultados apresentados foram satisfatórios. O aplicativo teve boa aceitação por parte dos usuários por ser bastante simples e iterativo. Os consumidores tiveram a oportunidade de conhecer o consumo de cada equipamento e, portanto, utilizá-los de maneira mais racional e eficiente.

Para trabalhos futuros propõe-se a extensão dos métodos propostos a outras residências; ampliar a base de dados do aplicativo; considerar outros tipos de instalações elétricas como prediais e industriais; analisar outros itens que influenciam na eficiência energética.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG pelo apoio financeiro durante a produção deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro, 2004.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 23ª edição, São Paulo: Ed. Érica, 2006.

CEMIG, D. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária Rede de Distribuição Aérea - Edificações Individuais**. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Documents/ND_5_1_MAIO_2013.pdf. Acesso em: 23 fev. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 1996: ano base 1995**. Brasília: EPE, 1996.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2017: ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

FILHO, João Mamede. **Instalações Elétricas Industriais**. 8ª edição, Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2010.

INKSCAPE DESENHE LIVREMENTE. **Visão Geral**. Disponível em: <https://inkscape.org/pt-br/sobre/visao-geral/>. Acesso em: 22 fev. 2018.

NILSSON, James William; RIEDEL, Susanne. **Circuitos Elétricos**. 5ª edição, Rio de Janeiro: Pearson, 1999.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph; COSTA, Luiz Sebastião. **Instalações Elétricas**. 6ª edição, Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2013.

SANTOS, Elizabete. **Softwares Livres de Produção – Inkscape**. Disponível em: <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/tutoriais/inkscape1.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2018.

SOUZA, Reinaldo Castro. **Estimativa do Impacto no Consumo de Energia Causado pelo Standby dos Aparelhos Eletroeletrônicos**. 2014. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

UFSCAR. **Dicas Rápidas para Economizar**. Disponível em: <http://www.ufscar.br/~perene/dicas.htm>. Acesso em: 18 mar. 2018.

ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL ELECTRICAL INSTALLATIONS

Abstract: *Currently, the use of electric energy in the residential environment is considered an essential asset for the development of the human being. Electronic Equipment has facilitated the life of the modern family, allowing more time to be made available for work and to carry out various activities. On the other hand, the poor use of these devices by a large part of the consumers, contributes to the increase of the consumption of electric energy. Solving the problem of misuse is not a simple task. Therefore, a detailed project on energy efficiency in residential electrical installations was developed in the municipality of Nepomuceno/MG. Extremely relevant aspects were considered in the study, such as: installed power, profile of the residents and equipment used. Subsequently, mobile software was created to assist consumers in the rational use of electricity. It is expected at the end of the process a reduction in electric power consumption values between 10- 20%.*

Key-words: *Energy Efficiency. Electric Power. Electronic Equipment. Residential Electrical Installations. Mobile Software.*