

## DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SISTEMA DE MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA VIA INTERNET

**Bruno A. S. Oliveira<sup>1,2,\*</sup>, Servílio S. Assis<sup>1,2</sup> e Carlos R. Nolli<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil*

<sup>2</sup>*Departamento de Engenharia e Computação - Instituto Federal de Minas Gerais - Rodovia Bambuí/Medeiros, Km 05 - Faz. Varginha, 38900-000, Bambuí, MG, Brasil*

**Palavras Chave:** Aplicação web, medidor de consumo de energia elétrica, sistema de monitoramento.

**Resumo.** Os gastos com o consumo de energia elétrica podem assumir um valor significativo na conta mensal para consumidores residenciais e gestores de empresas ou indústrias. O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - campus Bambuí é uma instituição de ensino público que destina de seu orçamento, aproximadamente, 40 mil reais mensais para o pagamento da conta de energia. No trabalho proposto, é apresentado um sistema de monitoramento, via internet, do consumo de energia elétrica do sistema de ar-condicionado de um dos laboratórios de informática do IFMG - campus Bambuí. O setor escolhido para a instalação é justificado pelo fato de que, frequentemente, o ar-condicionado fica ligado sem nenhuma utilização, gerando desperdício de energia elétrica. Para tal, foi utilizado na construção do equipamento de medição um Arduino, um sensor de corrente e uma *Ethernet Shield*. O hardware envia as medições para uma aplicação Web desenvolvida. O medidor de energia elétrica foi validado e os resultados obtidos apresentam precisão nas medidas, além de proporcionar ao usuário a análise gráfica e detalhada das medições realizadas. Futuramente, propõe-se desenvolver novos medidores baseados no protótipo desenvolvido neste trabalho, para serem instalados em outros setores da instituição.

---

E-mail addresses: [brunoalbertobambui@gmail.com](mailto:brunoalbertobambui@gmail.com)\*, [servilio.souza@gmail.com](mailto:servilio.souza@gmail.com), [renatonolli@gmail.com](mailto:renatonolli@gmail.com).

## **DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE ELECTRICAL ENERGY MONITORING SYSTEM VIA INTERNET**

**Keywords:** Web application, power consumption meter, monitoring system.

**Abstract.** The expenditures on electrical energy consumption may have a significant amount in the monthly bill for residential consumers and managers of companies or industries. The Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Bambuí campus is a public education institution that allocates approximately 40 thousand reais a month for the payment of the energy bill. In the proposed work, a system is monitored, via the internet, of the electric energy consumption of the air conditioning system of one of the computer labs of the IFMG - Bambuí campus. The sector chosen for the installation is justified by the fact that, often, the air-conditioning stays connected without any use, generating waste of electric energy. For this, an Arduino, a current sensor and an Ethernet Shield were used in the construction of the measuring equipment. The hardware sends the measurements to a developed Web application. The electric power meter was validated and the results obtained are accurate in measurements, as well as providing the user with a detailed graphical analysis of the measurements taken. In the future, it is proposed to develop new meters based on the prototype developed in this work, to be installed in other sectors of the institution.

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica vem sendo no Brasil, desde que surgiu em 1880, uma importante fonte para o crescimento tanto das organizações como também para a sobrevivência dos indivíduos. Segundo [3], o início da utilização da energia elétrica no Brasil foi limitado a alguns serviços públicos e à atividade fabril. A partir daí, começou a se ter, cada vez mais, a necessidade da utilização da energia elétrica. De acordo com [5], a capacidade instalada de energia elétrica no Brasil, de 1890 a 1930, aumentou cerca de 62 mil por cento, no intuito de atender às necessidades do país.

Conforme [4], o aumento do consumo de energia elétrica está diretamente ligado aos danos ambientais que são causados pelas usinas hidrelétricas. Além disso, as instalações de distribuição que são para conseguir fornecer a população toda sua demanda necessária, também geram impacto ambiental.

Os medidores de energia elétrica que são instalados pelas concessionárias, em grande parte, não possuem indicadores de controle para um consumo eficiente de energia elétrica. Acredita-se que medidores de energia elétrica que possam manter atualizados os consumidores frequentemente, possam, também, auxiliar na tomada de decisão e amenizar o problema do desperdício de energia elétrica [9].

Atualmente, o Brasil vem passando por uma forte crise econômica, e em consequência disso, a educação do país vem sofrendo grandes cortes de verba, fazendo-se necessário maiores estudos na área da economia e desperdícios de qualquer meio público. Sendo assim, esta pesquisa se faz presente em uma instituição pública e tem como justificativa a possibilidade de auxiliar na tomada de decisão do gestor visando diminuir o desperdício de energia elétrica no IFMG (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais) - campus Bambuí.

O valor da conta de energia elétrica gasto no IFMG - campus Bambuí é de aproximadamente 40 mil reais mensais, conforme ilustra o gráfico da Figura 1. O gráfico foi gerado de acordo com os dados fornecidos pela Diretoria de Administração e Planejamento do campus, a qual é a responsável por este gerenciamento.

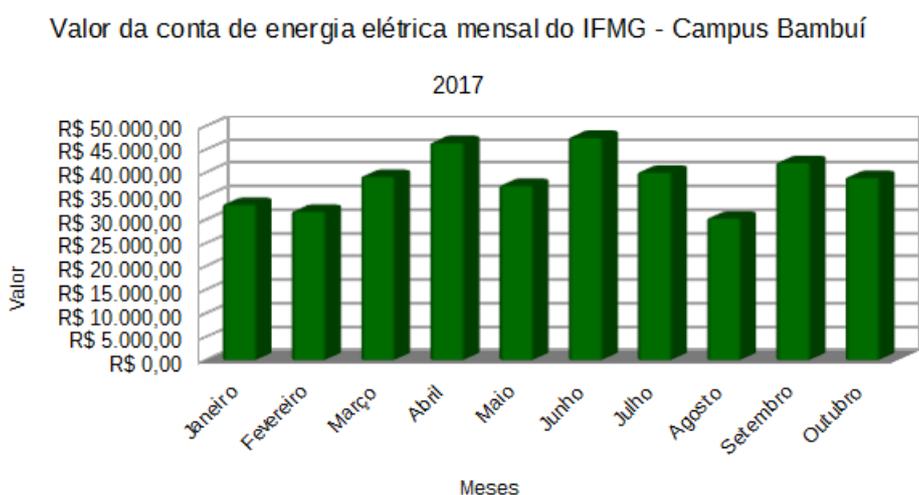


Figura 1: Gráfico do valor mensal da conta de energia elétrica do IFMG - campus Bambuí no ano de 2017

A Figura 2 ilustra o consumo da conta de energia elétrica mensal do IFMG - campus Bambuí no ano de 2017, durante o horário de pico, que é entre as 18h e 21h, em que o custo da energia

é maior do que no resto do dia.

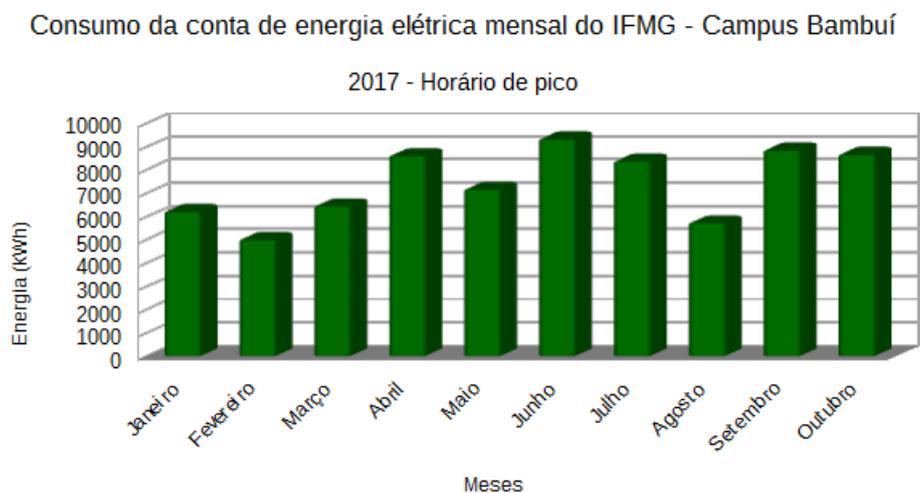


Figura 2: Gráfico do consumo mensal da conta de energia elétrica do IFMG - campus Bambuí, no ano de 2017, em horário de pico

Na Figura 3 é apresentado o consumo da conta de energia elétrica mensal do IFMG - campus Bambuí no ano de 2017, fora do horário de pico, o que corresponde ao período fora do intervalo entre 18h e 21h.

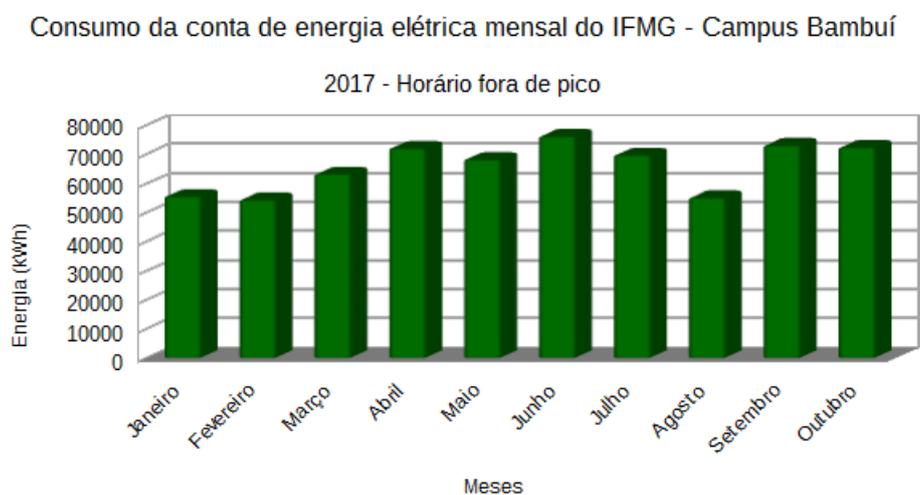


Figura 3: Gráfico do consumo mensal da conta de energia elétrica do IFMG - campus Bambuí, no ano de 2017, em horário fora de pico

Através dos gráficos nas figuras 2 e 3, é possível verificar que aproximadamente 10% da potência utilizada mensalmente está presente no horário de pico. Assim, utilizar mecanismos de controle apenas nesse horário já seria suficiente para contribuir com uma diminuição significativa da potência total consumida em cada mês. Outra informação que pode ser verificada através dos gráficos, é que o consumo de energia é maior em período de atividades acadêmicas e menor em período de férias escolares.

No intuito de amenizar o gasto de energia elétrica no IFMG - campus Bambuí, a proposta deste trabalho se dá no desenvolvimento de um protótipo a ser instalado no circuito elétrico da Coordenadoria de Gestão de Tecnologia da Informação, que é o local onde está ligado o sistema de ar-condicionado de um dos vários laboratórios de informática contidos no campus.

Com o medidor de energia elétrica instalado, é possível, via internet, visualizar o consumo e a corrente elétrica gasta simultaneamente e em tempo real, além da possibilidade da visualização de gráficos e relatórios mensais, semanais, diários, por hora, e em determinado período definido pelo usuário.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cálculo do valor da conta de energia elétrica

O cálculo do valor da conta de energia elétrica varia de acordo com a concessionária de energia e com a região específica. No município de Bambuí-MG, a concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica é a CEMIG, que foi utilizada como referência para os cálculos na realização deste trabalho.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabelece que toda concessionária de energia elétrica deve expressar suas tarifas em forma de  $\frac{R\$}{kWh}$  (reais por quilowatt-hora), mas, segundo [2], esse valor não representa a totalidade do preço a ser pago, uma vez que tributos e elementos como ICMS, Taxa de Iluminação Pública e Encargo de Capacidade Emergencial ficam fora desse valor final.

O quilowatt-hora é uma unidade de medida de energia empregada na designação do consumo de instalações elétricas. Ela é a principal variável no cálculo do valor da fatura de energia, pois relaciona as grandezas de consumo e tempo. Como exemplo de cálculo, a tabela 1 apresenta os valores faturados e encargos relacionados que compõe a fatura de energia elétrica referente ao mês de outubro de 2017 do instituto.

### 2.2 Internet das coisas

Com os avanços da tecnologia, sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento, surge-se um novo conceito: a internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*). Atualmente, ela é uma das principais novidades tanto na academia quanto na indústria devido a sua potencialidade de aplicação nas mais diversas áreas das atividades humanas.

Segundo [13], internet das coisas é: "uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet". A conexão de objetos e ferramentas com a rede mundial de computadores proporcionará um grande avanço e uma revolução na sociedade. Contudo, vários aspectos devem ser observados nessa nova tecnologia, e um deles é a segurança contra ataques de indivíduos mal-intencionados.

Em [6], os autores afirmam que ao se utilizar o termo "internet" é possível fazer uma analogia com o termo "Web", utilizado, frequentemente, nos dias atuais. Isso implica que, em breve, as "coisas" estarão todas conectadas através da internet e que poderão compartilhar recursos entre si, tornando-se objetos inteligentes.

### 2.3 Estado da arte

Em [11], os autores tiveram como principal objetivo, em sua pesquisa, a implementação de um medidor de energia elétrica em plataforma de *hardware* livre para estudo do comportamento de redes inteligentes. O protótipo desenvolvido apresenta como resultados precisão e

Tabela 1: Gastos com consumo de energia elétrica - Outubro/2017 - IFMG campus Bambuí

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço	Valor (R\$)
Demanda Ativa kW HFP/Único	200	14,66100571	2.932,16
Energia At kWh HFP/Ún Amarela	65.760	0,38226085	25.137,46
Energia At kWh HFP/Ún Vermelha	1.920	0,40216266	772,14
Energia Ativa kWh HP Amarela	7.680	1,64871965	12.662,14
Energia Reativa kWh HFP/Único	240	0,32685419	78,42
Encargos/Cobranças			
Nome			Valor (R\$)
PAS/COF Demanda Não Utilizada			-3,38
Imposto Retido - IRPJ			-498,37
Imposto Retido - PIS/PASEP			-269,96
Imposto Retido - COFINS			-1.245,94
Imposto Retido - CSLL			-415,31
ICMS Demanda não utilizada(BC -R\$ 263,86)			-47,49
Adicional de bandeiras			
Nome			Valor (R\$)
Bandeira Amarela			1.960,69
Bandeira Vermelha			77,22
Total			R\$ 39.101,87

simplicidade conciliável com os experimentos realizados por meios didáticos.

Acredita-se que os gastos relativos ao consumo de energia elétrica representam uma parte considerável do orçamento mensal dos clientes, e que o monitoramento de maneira eficiente pode resultar na diminuição deste gastos. Na tentativa de amenizar este problema, [14] desenvolveu uma central de monitoramento de consumo energético, utilizando um sensor de corrente em conjunto com a plataforma de prototipagem Arduino. O resultado é a obtenção do valor em reais do consumo de energia elétrica para o cliente final.

No trabalho proposto em [10], é apresentado o desenvolvimento de um medidor eletrônico de consumo de energia elétrica residencial com acesso remoto via navegador, em que o objetivo final é facilitar o monitoramento e gerenciamento do consumo de energia elétrica. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizada a plataforma de prototipagem Arduino, que recebe os dados dos sensores de corrente e tensão, utilizando esses dados para calcular a potência ativa, reativa e o fator de potência.

Para a exibição dos dados em tempo real, em [10] utilizou-se um *display* de cristal líquido que recebe os resultados calculados. Foi desenvolvido também uma página Web, hospedada na própria *ethernet shield* acoplada ao Arduino, que pode ser acessada através de um *browser* instalado em um computador.

O trabalho exposto em [1] apresenta o desenvolvimento de um controlador de demanda de energia elétrica residencial. Os resultados foram obtidos através de uma pesquisa que foi realizada com consumidores de energia elétrica de pequeno e médio porte, em que foi utilizado um medidor eletrônico de energia integrado ao circuito.

Em [7], os autores tiveram como objetivo demonstrar maneiras alternativas para auxiliar os usuários na tomada de decisão em relação à economia de energia elétrica. No trabalho desenvolvido, foram utilizados sensores de correntes e placas controladoras, e obtiveram como

resultado um sistema que é capaz de informar o consumo de energia elétrica de determinados aparelhos em uma residência doméstica.

Boa parte dos trabalhos citados desenvolveram um medidor de energia elétrica e trabalharam com medição de valores. Um diferencial desta pesquisa é o registro dos dados coletados em um servidor externo, atuando junto a um Sistema Gerenciador de Banco de Dados. Outro fator positivo é a utilização do armazenamento da aplicação Web fora do servidor local gerenciado pela *ethernet shield*, uma vez que, dessa maneira, é possível o desenvolvimento de uma interface amigável, além da geração de gráficos e relatórios a partir dos dados obtidos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Modelo proposto

O sistema proposto facilita a inserção da ferramenta na instalação junto ao quadro de energia elétrica. Comparado ao medidor convencional instalado e utilizado pelas concessionárias de energia elétrica, a ferramenta descrita neste trabalho simplifica a forma de visualização e interpretação dos dados, além do baixo custo do dispositivo para o consumidor final. A Figura 4 ilustra o diagrama de blocos do modelo proposto.

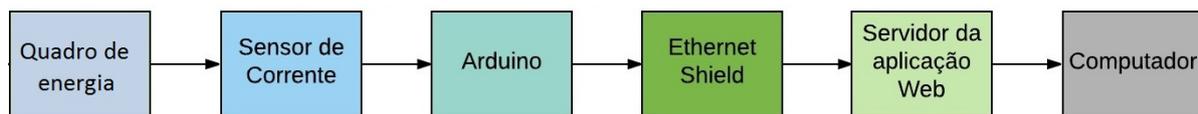


Figura 4: Diagrama de blocos do medidor de energia proposto

#### 3.2 Materiais utilizados e descrição das etapas

Os materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram:

- Arduino Uno;
- IDE do Arduino;
- sensor de Corrente ACS712; e
- *ethernet shield*.

A placa Arduino é a responsável por receber os dados analógicos detectados pelo sensor de corrente, onde é realizada a digitalização destes sinais. Este também realiza o processamento dos cálculos necessários até que se possa enviar os dados pela rede para o servidor em que está lotado o banco de dados.

#### 3.3 Montagem do *hardware*

Com todos os materiais disponíveis, a montagem do *hardware* do dispositivo contou com inserção da *ethernet shield* na placa do Arduino e, posteriormente, houve a ligação do sensor de corrente com a porta analógica do Arduino, que é onde acontece o tráfego das informações. A Figura 5 detalha o esquema do sistema de *hardware* feito na plataforma *fritzing*, que é um programa em ambiente gráfico que permite realizar montagens de circuitos elétricos.

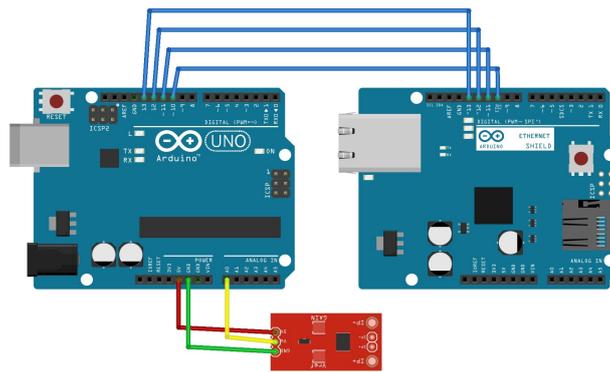


Figura 5: Projeto esquemático do medidor de energia proposto

### 3.4 Desenvolvimento do módulo do Arduino

Após a montagem da parte de *hardware* da ferramenta, iniciou-se o desenvolvimento do primeiro módulo, utilizando a IDE do Arduino versão 1.6.7, disponível pela própria fabricante. A linguagem de programação utilizada foi a C++ no paradigma estruturado, uma vez que a escolha desse tipo de paradigma é justificado em consequência de uma simplicidade no desenvolvimento da implementação.

Primeiramente, foi necessário configurar e incluir as bibliotecas que serão utilizadas por este módulo. São elas: A *Serial Peripheral Interface* (SPI), que é um protocolo que permite a comunicação do microcontrolador com diversos outros componentes, formando uma rede e a biblioteca *Ethernet*. A primeira permite que o Arduino atue como o dispositivo mestre do sistema, estabelecendo a comunicação SPI com a *ethernet shield* através dos pinos 10, 11, 12 e 13. A segunda permite que uma placa Arduino conecte-se à internet.

Com todas as bibliotecas configuradas e disponíveis para serem utilizadas, iniciou-se a implementação do algoritmo. A primeira etapa é a definição do protocolo de internet (IP), a máscara de rede e o *gateway*, definições essenciais para que o dispositivo pudesse se conectar a internet.

O próximo passo é a verificação da possibilidade de conexão com a rede e, caso essa condição seja satisfeita, inicia-se o processo de leitura do sensor de corrente e, posteriormente, o envio dos dados para o Arduino, que será o responsável pela realização dos cálculos demonstrados a seguir.

O ACS712 é um sensor de corrente invasivo de alta sensibilidade e baixo custo. Seu princípio de funcionamento é baseado no efeito Hall. Dessa maneira, o sensor fica isolado eletricamente do circuito o qual se deseja medir a corrente elétrica. Uma diferença de potencial é gerada com valor proporcional a corrente que flui entre os terminais ligados ao circuito externo. A escala de valores de tensão fornecidas pelo sensor é proporcional aos valores de corrente detectados. Para funcionamento, o sensor utiliza alimentação de 5 V.

Na medição, o arduino digitaliza a leitura analógica do sensor com 10 bits de resolução, transformando o sinal analógico em uma sequência de números de 0 a 1023, sendo necessário realizar a proporção para a amostra de tensão entre 0 a 5 volts, através da seguinte equação:

$$\text{Tensão de saída} = \frac{5.00}{1023} \cdot \text{Leitura do sensor registrada} \quad (1)$$

Uma vez que a corrente a ser medida é do tipo alternada, deve-se encontrar o valor da tensão eficaz (ou RMS), a partir da tensão pico a pico. Uma vez obtida a tensão RMS, o próximo

passo é converter a corrente que está sendo medida, levando em consideração a sensibilidade do sensor, cujo valor nominal é de 66 mV/A, através da equação:

$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Sensibilidade} \quad (2)$$

Utilizando essas duas equações, obtém-se a equação para o valor RMS da corrente medida pelo sensor em função da tensão pico a pico gerada:

$$I_{rms} = 5.35687 \cdot V_{pp} \quad (3)$$

Obtendo-se o resultado da corrente eficaz, multiplica-se pelo valor da tensão da fase onde o sistema foi instalado, resultando na medida de potência elétrica, que é dada em watts.

Com a corrente elétrica calculada, resta, apenas, enviar o dado para o banco de dados que se encontra em um servidor externo. O método GET via HTTP foi o utilizado para o envio desses parâmetros, sendo eles a corrente elétrica medida e o código do medidor de energia elétrica instalado. O módulo foi configurado para realizar uma coleta de valor de corrente elétrica por segundo.

### 3.5 Desenvolvimento da Aplicação Web

Como o objetivo do trabalho foi realizar uma instalação permanente do medidor de energia elétrica, e considerando que é realizada uma medição por segundo, foi necessário um meio robusto de armazenamento capaz de registrar essa quantidade consideravelmente grande de dados. Sendo assim, utilizou-se o Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL para ficar responsável por esse armazenamento.

Para que a *ethernet shield* conectada ao Arduino conseguisse enviar dados para um servidor Web externo e, posteriormente, realizar a comunicação com o SGBD, foi ajustado e configurado o endereço de IP do servidor. O método utilizado para o envio e recebimento dos dados em protocolo HTTP foi o GET. Após o recebimento do valor do dado da corrente elétrica medida e o código do medidor de energia elétrica instalado, é feita a inserção na base de dados.

A linguagem de programação utilizada para o desenvolvimento da aplicação Web a ser rodada no servidor e visualizada pelo usuário foi a PHP, no paradigma estruturado, tendo também em sua integração a linguagem de programação JavaScript, esta última responsável pela geração dos gráficos na aplicação. Os gráficos da interface principal do sistema são gerados e exibidos pela biblioteca Google Chart Tools. Nessa parte específica do algoritmo foram realizados os ajustes para legenda, cor da linha, tamanho, posição, sentido e demais atributos referentes a exibição de gráficos.

Além dos gráficos gerados, com intervalo de tempo já definidos pelo desenvolvedor, o usuário também pode realizar consultas por determinado período de tempo. Essa consulta é feita enviando-se, através do método POST, o intervalo escolhido entre datas. O POST é apenas um dentre os vários métodos de requisição suportados pelo protocolo HTTP usado na internet. Ele foi selecionado por uma questão de segurança e transparência ao usuário, visto que é o responsável por direcioná-lo para uma segunda página, a de visualização por período específico.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Teste de funcionamento do medidor

Para realizar o teste de funcionamento do medidor foi utilizado um multímetro, um amperímetro digital e um amperímetro analógico. Todos os equipamentos foram ligados em série com

o medidor desenvolvido para comparação dos valores encontrados.

Foi medida a corrente elétrica aplicada a uma resistência de aproximadamente 46,5 ohms, em tensões de 127 V e 220 V, correspondendo, respectivamente, a ligações de fase com neutro e fase com fase.

Na Tabela 2 é possível conferir os resultados da corrente elétrica medida por cada instrumento utilizado para validação do medidor de energia elétrica proposto neste trabalho.

Tabela 2: Valores da corrente encontrados

Dispositivo	Corrente (A) para tensão de 127V	Corrente (A) para tensão de 220V
Medidor proposto	2,65	4,77
Multímetro	2,78	4,92
Medidor digital	2,73	4,8
Medidor analógico	2,68	4,7
$V = R \cdot i$	2,73	4,73

A partir dos resultados apresentados, considerou-se validado o sistema proposto, uma vez que os valores encontrados pelo medidor de energia elétrica desenvolvido foram considerados próximos, para fins deste trabalho, aos dos outros medidores convencionais já difundidos e validados no mercado, e ao do resultado da aplicação da Lei de Ohm.

Uma vez validado o medidor de energia elétrica, foi possível levá-lo para o ambiente real para o mesmo ser instalado junto ao quadro de energia em série com o disjuntor que fica o sistema de ar-condicionado de um dos laboratório de informática do IFMG - campus Bambuí.

## 4.2 Sistema de monitoramento

Com o medidor de energia elétrica instalado, foi possível, por meio de um computador com acesso a internet e através de um *browser*, a visualização das medições em tempo real através da aplicação web desenvolvida. A Figura 6 ilustra a tela inicial do sistema assim que o usuário seleciona o medidor instalado.

Como apresentado na Figura 6, é possível visualizar a média da corrente elétrica medida nos últimos 15 minutos, que é uma característica básica do processo de faturamento de energia no Brasil [12]. Pode-se observar, também, o gráfico da corrente elétrica medida em relação à última hora, nas últimas 24 horas, da última semana e dos últimos 30 dias. A Figura 6 no gráfico dos últimos 30 dias apresenta apenas do dia 19/11 ao dia 23/11, tendo sido a quantidade de medições realizadas até o momento da extração dos dados.

Nos gráficos da Figura 6 é apresentada a relação da corrente elétrica em função do tempo, uma vez que os resultados obtidos neste trabalho foram validados pela corrente elétrica, sendo a potência elétrica um valor aproximado.

Com os gráficos gerados, o usuário poderá observar detalhadamente e notar o comportamento da utilização do sistema de ar-condicionado. No gráfico superior, à esquerda, que representa a corrente elétrica medida na última hora, é possível perceber o consumo em modo de *stand-by*, considerado os baixos valores medidos em relação a quando o sistema está sendo utilizado.

O gráfico no canto superior direito da tela permite concluir que o sistema foi ligado aproximadamente por duas horas, em relação às últimas 24 horas desde o período selecionado. A partir dos dois gráficos na parte inferior da interface, é possível perceber um comportamento quase padrão, visto que o sistema é acionado no período em que há atividades no laboratório de informática e desligado nos períodos noturnos e aos finais de semana.

Data e hora atual: 23/11/2017 - 09:31  
Média da corrente elétrica medida nos últimos 15 minutos: 0.57 Amperes

De: dd/mm/aaaa às: hh:mm:ss Até: dd/mm/aaaa às: hh:mm:ss Segundos Média

## Gráficos da Corrente Elétrica Medida

Medidor selecionado: Lab. Informática II(CGTI-35)

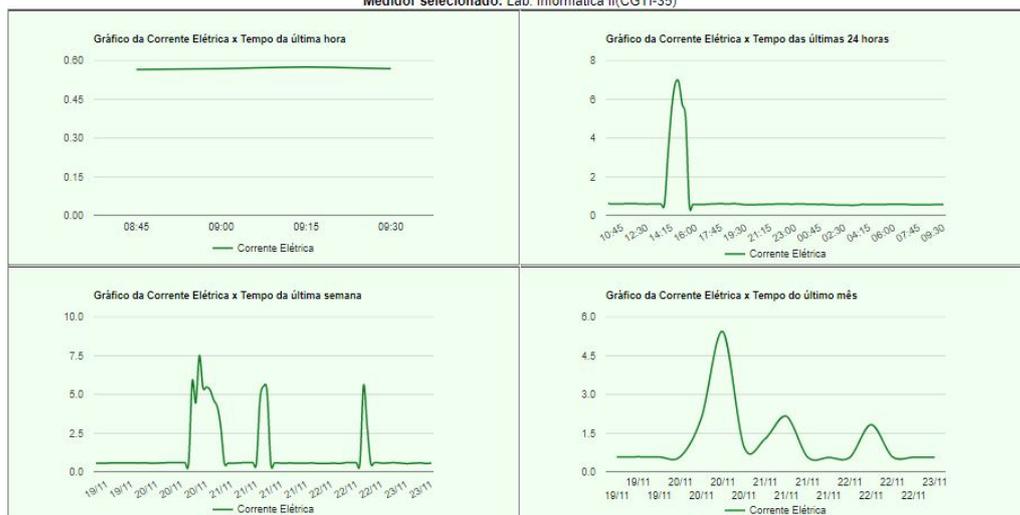


Figura 6: Gráficos gerados após seleção do usuário

Caso necessário, o usuário possui a opção de realizar a busca por período específico por todas as medições feitas, que são de segundo em segundo ou, assim como as companhias de energia elétrica, a média de 15 em 15 minutos.

Para demonstrar essa função do sistema, foi selecionado o período de 22/11/2017 às 14:00:00 até 22/11/2017 às 15:00:00 no intervalo de segundos. O gráfico dessa seleção realizada é ilustrado na Figura 7.

Analisando-se o gráfico da Figura 7, é possível comparar os resultados das medições obtidas do ar-condicionado com o manual de especificações desenvolvido em [8], o qual especifica que o modelo utilizado no laboratório de informática escolhido para a instalação do dispositivo tem como corrente de operação 5.8 A, no modo operacional de refrigeração, e 7,5 A, no modo operacional de aquecimento.

Observando-se o comportamento do gráfico gerado, é possível perceber que no momento em que o sistema de ar-condicionado é ligado, o valor da corrente elétrica fica oscilando em torno de aproximadamente quatro valores. Essa oscilação é justificada pela quantidade de evaporadoras instaladas no ambiente, que também são quatro.

O sistema de ar-condicionado instalado funciona como uma malha de controle fechada com realimentação, que fica se auto ajustando até encontrar o valor desejado e manter aproximadamente constante a corrente elétrica, como também pode ser observado no gráfico da Figura 7, após o período de quatorze horas e trinta e três minutos, em que é possível perceber uma constância nos valores medidos.

Na mesma tela da página aberta, é encontrado, logo abaixo do gráfico gerado, uma tabela ordenada por ordem decrescente em relação a data e horário, que contém também informações

### Gráfico da Corrente Elétrica Medida

Período selecionado: 22/11/2017 às 14:00:00 até 22/11/2017 às 15:00:00  
Medidor selecionado: Lab. Informática II(CGTI-35)



Figura 7: Gráfico gerado pela busca por período específico em intervalos de segundos

como a corrente elétrica medida dada em ampères, a potência elétrica em watt e o consumo dado em quilowatt-hora.

A partir desse relatório, é possibilitado ao usuário visualizar o valor da corrente elétrica, a potência e o consumo naquele exato instante desejado. Com o gráfico e a tabela gerados, torna-se fácil para o usuário a análise dos dados para uma possível intervenção no sistema, caso ele encontre anomalias nas medições realizadas pelo medidor de energia elétrica, como por exemplo, se o sistema de ar-condicionado estiver acionado em um período em que não tenha atividade no laboratório de informática. O usuário também pode perceber se há valores de corrente elétrica diferentes dos apresentados no manual do aparelho, uma vez que essa diferença pode ser justificada por defeito no equipamento, ocasionando um consumo além ou abaixo do normal.

Além da opção de buscar por determinado período no intervalo de medições em segundos, é possível realizar essa busca no intervalo de 15 em 15 minutos. A Figura 8 mostra o gráfico gerado com o mesmo período de data e hora selecionados anteriormente com dados agregados em intervalos de 15 minutos.

O comportamento do gráfico da Figura 8 condiz com a explicação sobre o funcionamento do sistema de ar-condicionado, tendo em vista que, ao acionar o aparelho, o sistema inicia com uma corrente elétrica em um valor inferior, aumentando até encontrar o valor desejado da temperatura pelo usuário e se manter praticamente constante. Sempre que o usuário seleciona uma visualização por período específico, uma nova aba no *browser* é aberta para que ele possa comparar de maneira individual cada relatório e gráfico anteriormente obtidos.

## 5 CONCLUSÃO

O medidor de energia elétrica proposto nesta pesquisa facilita o monitoramento do usuário em relação ao seu consumo de energia elétrica. A visualização, via internet, e o registro permanente das informações obtidas são um importante diferencial do trabalho realizado.

Com a crise econômica enfrentada pelo país, é necessário políticas que melhor utilizem

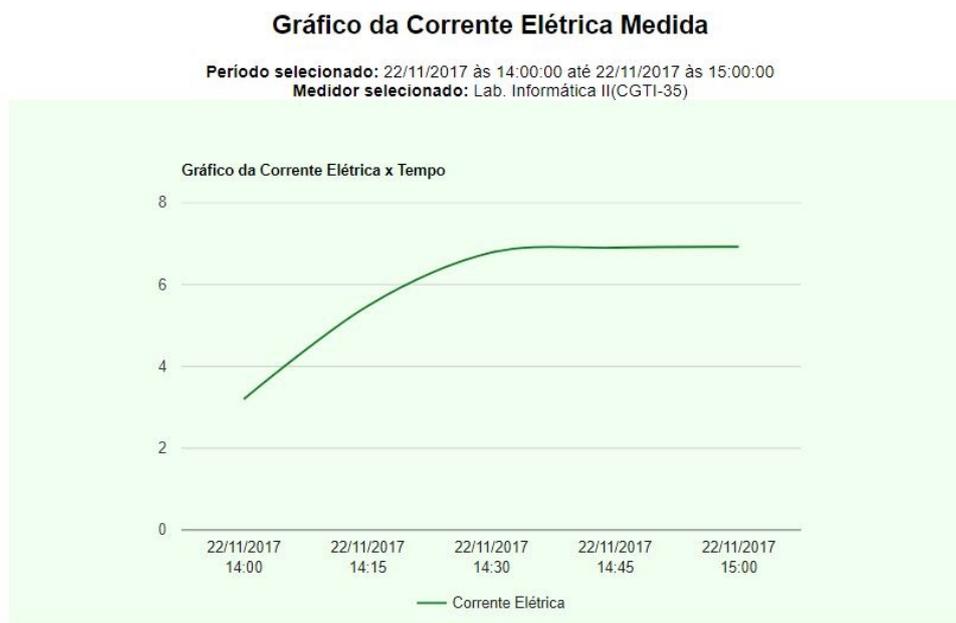


Figura 8: Busca por período específico em intervalos de 15 minutos

os recursos públicos. Tendo isso em vista, o sistema criado foi instalado em uma instituição pública, visando auxiliar na tomada de decisão do gestor no que concerne a futuras economias na conta de energia elétrica.

Por fim, demonstrou-se que os objetivos específicos foram alcançados com êxito. O dispositivo foi testado, validado e aplicado em um ambiente real, confirmando o seu bom resultado.

O projeto apresenta uma visão voltada para a sustentabilidade, possibilitando ao usuário comum, sendo ele o consumidor residencial, um gestor em uma empresa ou instituição, controlar seus gastos com energia.

Este trabalho pode ser tomado como base para futuras pesquisas no setor de gestão energética, além de auxiliar em novas formas e ideias para o monitoramento do consumo de energia elétrica, proporcionando um melhor gerenciamento nesse consumo.

## REFERÊNCIAS

- [1] G. Castellano. *Desenvolvimento de um Controlador de Demanda de Energia Elétrica de Baixo Custo para a Greylogix Brasil*. Monografia de conclusão de curso de bacharelado, Departamento de Automação e Sistemas - Centro tecnológico - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 2016.
- [2] G. J. C. Costa. *Iluminação econômica: cálculo e avaliação*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 4ª edição, 2013.
- [3] J. P. P. Gomes e M. M. F. Vieira. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. *Revista de Administração Pública*, 43(2):295–322, 2009.
- [4] J. Haddad, S. C. Aguiar e A. R. S. Martins. *Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica e Agência Nacional do Petróleo, 1999.
- [5] J. L. Lima. *Estado e desenvolvimento do setor elétrico no Brasil: das origens à criação da Eletrobrás*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Econômicas, 1984.
- [6] F. Mattern e C. Floerkemeier. From the internet of computers to the internet of things. In G.P. Sachs K. Petrov I., editor, *From active data management to event-based systems and*

- more*, volume 6462, páginas 242–259. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [7] G. S. Melo e W. Roque. Sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica de aparelhos eletroeletrônicos residenciais. *Reverte - Revista de Estudos e Reflexões Tecnológicas da Faculdade de Indaiatuba*, (14), 2016.
- [8] S. Nanjo e S. Ueno. Air conditioner. 2002. US Patent D465,016.
- [9] A. C. Pascalicchio. *Perspectiva econômica e modelo de negócio da tecnologia de telecomunicação nas redes de distribuição de energia elétrica no Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2011.
- [10] G. J. Paula. *Medidor de demanda de energia elétrica residencial com acesso remoto*. Monografia de conclusão de curso de bacharelado, Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas do Centro Universitário de Brasília, Brasília, DF, Brasil, 2013.
- [11] E. T. Procopio, V. C. Oliveira, A. de A. Mota e L. T. M. Mota. Implementação de medidor de energia elétrica em plataforma de hardware livre para estudo do comportamento de redes inteligentes. In *XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. 2011.
- [12] Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). *Manual de tarifação de energia elétrica*. Eletrobras - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro, Brasil, 2011.
- [13] B. P. Santos, L. A. Silva, C. S. Celes, J. B. Borges, B. S. P. Neto, M. A. M. Vieira, L. F. M. Vieira, O. N. Goussevskaia e A. A. Loureiro. Internet das coisas: da teoria a prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2016.
- [14] W. V. B. Siqueira. *O microcontrolador Arduino como uma central de monitoramento de consumo de energia elétrica*. Monografia de conclusão de curso de bacharelado, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Governador Valadares, MG, Brasil, 2014.