

**Universidade Paulista - UNIP**

**Flávio Alan de Lima Gonçalves**

**MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Limeira  
2021**

**Universidade Paulista - UNIP**

**Flávio Alan de Lima Gonçalves**

**MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da Faculdade UNIP, como requisito parcial à obtenção do Bacharelado em Ciência da Computação sob a orientação do professor Me. Sergio Eduardo Nunes

**Limeira  
2021**

**Flávio Alan de Lima Gonçalves**

## **MONITORAMENTO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à banca examinadora da Faculdade UNIP, como requisito parcial à obtenção do Bacharelado em ciência da Computação sob a orientação do professor Me. Sergio Eduardo Nunes.

Aprovada em XX de XXXXX de 201X.

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Nome completo

---

Prof. Me. Nome completo

---

Prof. Esp. Nome completo

## DEDICATÓRIA

“Com gratidão, dedico este trabalho primeiro a Deus. Devo a Ele tudo o que sou e serei. Minha esposa Juliane e meu filho João Otávio, os dois maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos. Muito obrigado.

”

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,  
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não  
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus,  
não sou o que era antes”.*

(*Marthin Luther King*)

## RESUMO

O consumo de energia elétrica pode ser muito elevado, uma forma de economizar é mensurando quais aparelhos consomem mais, sendo algumas vezes um gasto muito elevado e extremamente desnecessário. Esse consumo pode ser medido com Arduino, *Shield* e sensores, apresentando isso de forma gráfica em tempo real e de fácil entendimento e visualização. Amostragens em tempo real gerados pela avaliação de toda residência ou dos aparelhos elétricos individualmente auxiliam a aproveitar melhor seu consumo. Os dados de consumo do aparelho são recebidos através dos sensores do Arduino e enviados graficamente para um *display* e remotamente via *Web*, contendo dados do consumo em tempo real. Com os resultados, o usuário poderá avaliar melhor seu consumo de energia elétrica, podendo economizar recursos financeiros e naturais.

Palavra-Chave: Arduino. Sensores de corrente. Sensores de tensão. Consumo de Energia. Economia de energia. Análise de Energia. *Ethernet Shield*.

## **ABSTRACT**

Electricity consumption can be very high, one way to save is by measuring which devices consume the most, sometimes being a very high and extremely unnecessary expense. This consumption can be measured with Arduino, Shield and sensors, presenting it graphically in real time and easy to understand and visualize. Real-time sampling generated by assessing the entire household or individual electrical appliances helps to make the most of your consumption. The device's consumption data is received through the Arduino sensors and sent graphically to a display and remotely via the Web, containing consumption data in real time. With the results, the user will be able to better assess their electricity consumption, saving financial and natural resources.

Key Words: Arduino. Current sensors. Voltage sensors. Energy consumption. Energy saving. Energy Analysis. Ethernet Shield.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 01 – Interação de Valores na Distribuição Normal no GeoGebra.....	13
--	----



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 01 – Tipos de Distribuição Estatística.....	13
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1    Objetivo.....	12
1.2    Justificativa.....	12
1.3    Metodologia.....	13
2. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	14
2.1    Contexto do setor elétrico no Brasil.....	14
2.1.1    Tarifação.....	14
2.1.2    Medição de Tensão e Corrente Elétrica.....	14
2.2    Sistemas de Automação.....	14
2.3    Construção do projeto.....	14
2.3.1    Circuito Eletrônico.....	14
2.3.2    Fator de potência (FP).....	14
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	14
3.1    Implementação do Hardware no Sistema.....	14
3.1.1    Suporte para o conjunto.....	14
3.1.2    Ethernet Shield - W5100 e Arduino MEGA 2560 R3.....	14
3.1.3    Sensor de Tensão e Corrente.....	14
3.1.4    Circuitos Eletrônicos.....	15
3.2    Implementação do Software no Sistema.....	15
3.2.1    Bibliotecas para IDE Arduino.....	15
3.2.2    Comunicação com Ethernet Shield.....	15
3.2.3    Calibração dos sensores e Leitura.....	15
4. RESULTADOS.....	15
4.1    Coleta e análise de dados do projeto.....	15
4.2    Equipamentos individuais ou quadro geral.....	15
4.3    Custos do projeto.....	15
5. CONCLUSÃO.....	15
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	15

## 1. INTRODUÇÃO

Com todas essas novas invenções e o aumento de tecnologias significantes, tornou-se possível que equipamentos comuns do nosso cotidiano se comuniquem. O conceito de equipamentos conectados é conhecido por *Internet das Coisas*, ou IoT (do inglês *Internet of Things*). Segundo as estatísticas, em janeiro de 2021, o número de usuários de *internet* ultrapassou os 4,66 bilhões (*We Are Social e Hootsuite*, 2021). No planeta existe, segundo estimativas de julho de 2020, uma população de 7,8 bilhões de pessoas, sendo assim mais de metade da população mundial estão ligados na rede e com a *Internet das Coisas*, o número de dispositivos e equipamentos conectados estão aumentando e aumentará consideravelmente cada vez mais rápido.

De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2021, o consumo nacional de eletricidade na rede foi de 474.231 GWh em 2020, sendo que 29% deste total pertence à classe de consumo residencial, por outro lado, com mais pessoas em casa em razão da pandemia do COVID 19, o consumo de energia residencial cresceu 4,1%. Ou seja, esse foi o único segmento que registrou crescimento em 2020 (Balanço Energético Nacional - BEN, 2021).

A fatura de energia elétrica fornecida pela concessionária de energia ao final de um ciclo de tarifação (que dura em torno de um mês) é a forma tradicional que o usuário tem a sua disposição para acompanhar seu consumo. Observa-se que há uma carência de informações no documento para fins de tarifação. O único valor disponibilizado é o consumo total de energia mensal, permitindo apenas o reconhecimento de um padrão de uso ao longo de um ano, sem nenhuma informação de como a curva de carga se comporta em intervalos menores. Com um horizonte de tempo tão longo, o consumidor não consegue identificar a curto prazo quais as ações ele precisa tomar para a redução do seu consumo de energia elétrica.

Um avanço e tecnologia a baixo custo é o trabalho que aqui será criado, o medidor de consumo de energia elétrica, que, ao invés de apenas apresentar leituras do consumo acumulado da energia, também podem apresentar os dados de consumo em tempo real e com precisão. Os consumidores poderão se beneficiar

com essas informações em tempo real e o quanto de energia cada equipamento ira consumir e realizando uma grande economia de energia elétrica no final do mês.

Dentre os principais benefícios do medidor de consumo de energia elétrica estão: a disponibilidade de informações sobre o consumo de energia em tempo real afim de atingir incentivos financeiros, aprimorar a sustentabilidade, a possibilidade de avaliar e visualizar remotamente, permitir que reduzam o erro humano durante o processo de leitura dos medidores assim podendo argumentar.

A diminuição no consumo residencial de energia elétrica seria postergada, ou até mesmo, evitaria a necessidade de expansão no sistema elétrico de potência. O sistema elétrico de potência está sujeito a vulnerabilidades de agentes externos, e à demanda do próprio sistema que, podem levar à falha em cascata que é processo sequencial de desconexão de elementos do sistema de potência, como geradores, linhas de transmissão e cargas, levando a um blackout parcial ou até mesmo total. Essas falhas impactam significativamente nos cidadãos, negócios, economia e agências governamentais (VYAKARANAM, et al., 2017).

Esse dispositivo é acessível, barato, código aberto, isto é, código fonte disponibilizado livre, de fácil entendimento e amplamente utilizado em projetos. Com suas portas analógicas e digitais, o Arduino pode receber diversas informações dos seus sensores e utilizá-las para realizar cálculos e análises, a exemplo dos sensores de tensão e corrente que serão usados nesse projeto juntamente com *Ethernet Shield*, que possibilitam a determinação da potência que, associada ao tempo de uso, permite avaliar o consumo de energia de uma residência ou um aparelho elétrico individualmente.

Portanto, nesse projeto, será construído um medidor de consumo de energia elétrica com Arduino juntamente com *Ethernet Shield* e sensores de corrente e tensão, gerando dados sobre o consumo de uma residência ou um aparelho elétrico em um determinado tempo. Esses dados serão enviados para o Arduino para serem tratados e enviados para um display e web através do *IP* determinado pelo *Ethernet Shield* na programação do *IDE* Arduino, apresentando o resultado graficamente, de maneira fácil para o usuário.

Com base neste contexto, este trabalho possui como objetivo propor um medidor de consumo de energia de baixo custo que possibilite a visualização dos dados de consumo em tempo real, a fim de reduzir o consumo de energia elétrica podendo auxiliar na melhor visualização e acompanhamento do consumo.

### **1.1 Objetivo**

Este trabalho tem por objetivo fornecer e informar em tempo real, por meio de uma aplicação online e via display qual o gasto em KW/H consumido e informar a corrente e potência elétrica. Tal sistema, ainda permitirá conexão utilizando uma conexão cabo de rede. A conexão poderá ser feita a partir de um roteador ou switch por meio da utilização de dispositivos com acesso à internet, tais como notebooks, smartphones, tablets, entre outros.

Realizar medição com diversos equipamentos como eletrodomésticos ou no quadro de distribuição e validar os dados gerados comparando com um multímetro calibrado e mostrando em um *display LCD* ou via *WEB* a potência, corrente, tensão e o consumo de energia elétrica 24hrs por dia em qualquer momento ou lugar.

A interface para o usuário acessar os dados gerados pelo módulo estará tudo em um *SD-Card* acoplado no *Ethernet Shield*, criando um histórico. Acreditando que o dispositivo proposto neste trabalho pode alavancar melhoras consideráveis no final do mês com a conta de luz e no setor elétrico brasileiro de forma a baixo custo.

### **1.2 Justificativa**

No Brasil, o consumo energético apresenta alto crescimento no decorrer dos últimos anos. O aumento populacional e consequentemente o aumento no número de domicílios proporciona um acréscimo no consumo de energia elétrica residencial.

Além de ser de baixo custo, para contemplar uma maior parte da população, o sistema deve ter uma interface intuitiva para o usuário. A intenção desse projeto é implementar uma alternativa de conscientização e economia de energia elétrica para residências e estabelecimentos a baixo custo.

Dentro de todo o cenário apresentado justifica-se o surgimento de novas tecnologias, que visam fornecer ao consumidor, uma forma de obter informações acerca do consumo energético total de uma residência ou individualizado por equipamento. Espera-se um uso mais racional da energia elétrica, uma vez que o consumidor poderá tomar medidas agindo sobre as fontes que mais consomem.

O uso de controles para reduzir o consumo de energia no sistema energético vem tornando-se cada vez mais popular, melhorando a qualidade utilizando equipamentos para monitoramento de gastos gerando uma boa aceitação por parte dos usuários.

Estudos voltados para a viabilidade econômica de novas tecnologias são fundamentais para a disseminação dessa prática. Além disso, a divulgação no meio acadêmico é de grande importância para disseminação do conhecimento, levando para os jovens, o contato antecipado com questões ambientais e tecnológicas.

### **1.3 Metodologia**

A teoria deste trabalho foi embasada através de livros técnicos, artigos científicos e artigos técnicos, que tenham como tema central a abordagem semelhante ao que foi desenvolvido. Analisados portfólios de fabricantes de medidores inteligentes, com o objetivo de identificar melhor as tecnologias existentes para estes fins. Após o aprofundamento dos conhecimentos envolvidos e nos medidores inteligentes existentes iniciará o desenvolvimento do protótipo. O protótipo foi implementado a um estudo de caso para validação de seu funcionamento e coleta de dados e resultados.

O sistema aborda a construção de um módulo com Arduino, *Ethernet Shield* com SD Card, Display LCD 20x4, Sensor de Tensão, Transformador de Corrente, desenvolvimento programação em “C” com IDE Arduino, redes de computadores e desenvolvimento *Web* com *Javascript* para informar a tensão, potência, corrente elétrica e o consumo de energia elétrica para informar o comportamento do dispositivo eletrônico conectado à rede local através da Web e no próprio display do equipamento. Para validar as medições e o funcionamento do sistema, serão realizados testes com equipamentos eletroeletrônicos residenciais. O principal

objetivo do medidor de consumo de energia elétrica é o controle do consumo de energia elétrica dentro da automação residencial já utilizado em milhares de projetos distintos, desde objetos do cotidiano até instrumentos científicos complexos, bastante citados nos artigos e livros (SEGeT',2005; Bookman, 2014; Erica, 2015.), estes explicando de forma sucinta a utilização do Arduino e seus determinados *Shields* de forma inteligente na automação residencial.

Pode-se traçar as características básicas da proposta desse trabalho. O foco do medidor é de realizar a medição e consumo de energia elétrica em uma residência, ou qualquer estabelecimento alimentado em tensão secundária (220-127V). Este medidor será instalado junto ao quadro de distribuição da residência ou em um eletrodoméstico com o intuito de monitorar o consumo da residência ou um conjunto de todos os equipamentos ali instalados. Em geral, um medidor inteligente pode apresentar algumas características, as mais importantes, são: Medição de tensão e corrente de entrada de um consumidor alimentado em tensão secundária, informar consumo de energia em tempo real, calcular e informar a tarifa do consumidor, informar consumo de energia com o propósito de montar um padrão de consumo, plataforma interativa para visualização das medições.

Ferramentas Computacionais Utilizadas:

FRITZING - Será o *software* de criação e desenvolvimento de circuitos eletrônicos utilizados, nele será desenvolvido o projeto dos circuitos eletrônicos a serem utilizados em paralelo com Arduino e *Shields* do medidor de consumo de energia;

IDE ARDUINO - Será utilizado para o desenvolvimento e aplicação do *software* de programação e controle do micro controlador Arduino e também o monitor *web* via *javascript* do medidor;

Ferramentas Laboratoriais Utilizadas:

MULTÍMETRO DE BANCADA – Será utilizado para fazer medidas de indutância, resistência, capacitância e o teste da continuidade, tudo isto com uma maior precisão. Esses valores serão úteis para parametrizar o comportamento do circuito e sensores usados no projeto;

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO



Texto...

## **2.1 Contexto do setor elétrico no Brasil**

Texto...

### **2.1.1 Tarifação**

### **2.1.2 Medição de Tensão e Corrente Elétrica**

## **2.2 Sistemas de Automação**

## **2.3 Construção do projeto**

### **2.3.1 Circuito Eletrônico**

### **2.3.2 Fator de potência (FP)**

## **3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

### **3.1 Implementação do Hardware no Sistema**

#### **3.1.1 Suporte para o conjunto**

#### **3.1.2 Ethernet Shield - W5100 e Arduino MEGA 2560 R3**

#### **3.1.3 Sensor de Tensão e Corrente**

#### **3.1.4 Circuitos Eletrônicos**

### **3.2 Implementação do Software no Sistema**

#### **3.2.1 Bibliotecas para IDE Arduino**

#### **3.2.2 Comunicação com Ethernet Shield**

#### **3.2.3 Calibração dos sensores e Leitura**

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Coleta e análise de dados do projeto**

### **4.2 Equipamentos individuais ou quadro geral**

### **4.3 Custos do projeto**

## 5. CONCLUSÃO

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

AEDB et. Al. Automação Residencial: Busca de Tecnologias visando o Conforto, a Economia, a Praticidade e a Segurança do Usuário. Disponível em: <[https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256\\_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/256_SEGET%20-%20Automacao%20Residencial.pdf)>. Acesso em 26 de fev. de 2021.

BOLZANI, C. A. M. Residências Inteligentes. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 332p.

BRAZCUBAS et. Al. Gestão do Consumo de Energia Elétrica. Disponível em: <<https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/download/501/603/>>. Acesso em 26 de fev. de 2021.

MONK, SIMON. **Projetos com Arduino e Android**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

PUC GOIAS et. Al. Automação Residencial: Elementos Básicos, Arquiteturas, Setores, Aplicações e Protocolos. Disponível em: <<http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/ARTIGO02.pdf>>. Acesso em 03 de mar. de 2021.

Revista Maiêutica, Indaial, v. 2, n. 01, p. 7-23, 2017. Disponível em: <[https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/TI\\_EaD/article/download/1686/800](https://publicacao.uniasselvi.com.br/index.php/TI_EaD/article/download/1686/800)> Acesso em 13 de mai. de 2021.

STEVAN JR, SERGIO LUIZ; SILVA, RODRIGO ADAMSHUK. **Automação e Instrumentação Industrial com Arduino Teoria e Projetos**. 1. ed. São Paulo: Erica, 2015.

VYAKARANAM, Bharat et al. A study of the impact of peak demand on increasing vulnerability of cascading failures to extreme contingency events. IEEE Power & Energy Society General Meeting, p.1-5, jul. 2017. IEEE.

