



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS SOBRAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

WAKLIO XAVIER NETO

**MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM APARELHOS
DE AR-CONDICIONADO EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: CLIMATIZAÇÃO
SUSTENTÁVEL**

SOBRAL

2024

WAKLIO XAVIER NETO

MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
APARELHOS DE AR-CONDICIONADO EM SISTEMAS RESIDENCIAIS:
CLIMATIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia da
Computação da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Engenheiro da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Jermana Lopes de
Moraes.

SOBRAL

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N385m Neto, Waklio Xavier.

Monitoramento do Consumo de Energia Elétrica em Aparelhos de Ar-Condicionado em
Sistemas Residências: Climatização Sustentável / Waklio Xavier Neto. – 2024.

40 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus
de Sobral, Curso de Engenharia da Computação, Sobral, 2024.

Orientação: Profa. Dra. Jermana Lopes de Moraes.

1. NodeMCU. 2. JavaScript. 3. Sensor sct-013. 4. Relé. I. Título.

CDD 621.39

WAKLIO XAVIER NETO

MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
APARELHOS DE AR-CONDICIONADO EM SISTEMAS RESIDENCIAIS:
CLIMATIZAÇÃO SUSTENTÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia da
Computação da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial para a obtenção
do grau de Engenheiro da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Jermana Lopes de
Moraes.

Aprovado em:12/08/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JERMANA LOPES DE MORAES

Data: 28/08/2024 08:42:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Jermana Lopes de Moraes (Orientadora)

Universidade Federal Do Ceará (UFC)

Documento assinado digitalmente



DANIEL DO NASCIMENTO E SA CAVALCANTE

Data: 28/08/2024 14:31:45-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Daniel do Nascimento e Sa Cavalcante

Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Documento assinado digitalmente



DAVID NASCIMENTO COELHO

Data: 30/08/2024 09:07:58-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. David Nascimento Coelho

Universidade Federal Do Ceará (UFC)

A minha Família e a minha falecida avó Olga.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, Professora Jermana, pela orientação excepcional. Sua dedicação e apoio foram fundamentais para o sucesso deste trabalho.

Ao Robson Gomes, pela valiosa ajuda e apoio durante a reta final da minha monografia. Sua colaboração foi inestimável para a conclusão deste projeto.

À minha namorada, Samira Araujo, pela paciência, compreensão e apoio incondicional ao longo desta jornada. Sua presença foi um verdadeiro conforto.

Aos meus pilares, minha família: meu pai, Faustino, que serviu de inspiração para esta formação; meu irmão, Presley, que sempre instigou minha curiosidade; minha irmã, Mery, que me ensinou a me esforçar e a ter calma; e minha mãe, Isabel, que definiu a base do meu ser. Obrigado a todos por me apoiarem incondicionalmente nessa jornada, amo vocês.

A todos, meu sincero obrigado.

“Un wá fitá bassôla na ká balí quintê fá ”

Provérbio de São Tomé.

RESUMO

O aumento exponencial do consumo de energia elétrica pela população brasileira tem sido notável ao longo dos anos, sendo o setor residencial um dos principais protagonistas desse cenário. Nesse contexto, destaca-se a crescente aquisição de condicionadores de ar, conhecidos pelo elevado consumo elétrico que demandam. Diante dessa realidade, surge a necessidade de desenvolver soluções que visem controlar e monitorar de forma eficiente o consumo energético nesse setor, especialmente nos condicionadores de ar. Com esse propósito, este trabalho propõe a criação de um protótipo destinado a monitorar e regular o consumo de energia elétrica em residências, com foco específico nos condicionadores de ar. Para tanto, foi empregado um sistema que utiliza componentes como NodeMCU, corrente SCT-013-000, e uma plataforma web para possibilitar o monitoramento e controle remoto do consumo de energia desses equipamentos. Sobre os resultados foi implementado um sistema de leitura da potência em tempo real, bem como a aplicação Web totalmente funcional, embora não tenhamos conseguido testar o protótipo diretamente em um ar condicionado, os testes realizados demonstraram eficácia, no qual deixa espaço para melhorias para trabalhos futuros.

Palavras-chave: NodeMCU, sensor, eficiência energética, ar-condicionado, chart.js, javascript.

ABSTRACT

The exponential increase in electricity consumption by the Brazilian population has been remarkable over the years, with the residential sector being one of the main contributors to this scenario. In this context, the growing acquisition of air conditioners stands out, known for their high electricity consumption. Faced with this reality, there is a need to develop solutions aimed at efficiently controlling and monitoring energy consumption in this sector, especially in air conditioners. With this purpose, this work proposes the creation of a prototype aimed at monitoring and regulating electricity consumption in residences, with a specific focus on air conditioners. To achieve this, a system will be employed that utilizes components such as NodeMCU, SCT-013-000 current sensor, and a web platform to enable remote monitoring and control of energy consumption of these devices. Regarding the results, a real-time power reading system was implemented, as well as a fully functional web application. Although we were unable to test the prototype directly on an air conditioner, the tests carried out demonstrated effectiveness, leaving room for improvements in future work.

Keywords: NodeMCU, sensor, energy efficiency, air conditioning, chart.js, javaScript.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Decomposição do consumo elétrico nos setores Industrial, Energético, Edificações e Agropecuário	18
Figura 02: Projeção do crescimento do uso/venda do ar condicionado nas residências brasileiras.....	19
Figura 03 – Pinos do Relé.....	21
Figura 04 – Sensor de corrente SCT-013-000	22
Figura 05 – Esquemático do Sensor de Corrente	22
Figura 06 - Relé FL-3FF-S-Z	24
Figura 07 - Esquemático dos Contatos do relé	24
Figura 09 - Circuito de Montagem do SCT-013-000	26
Figura 10 - Circuito do divisor de tensão com o capacitor eletrolítico para eliminação de oscilações no valor da tensão de 1,65 V	27
Figura 11- Circuito do SCT-013-000 implementado de acordo com a Figura 10.	28
Figura 12 - Bancada de teste para calibração do sensor SCT-013-000.	29
Figura 13 - Circuito completo simulando no Fritizing	29
Figura 14 - Testes com o soquete de lâmpadas e leitura dos valores de corrente no serial monitor do Arduino e no alicate amperímetro.....	32
Figura 15 - Circuito simulação Fritizing.	33
Figura 16 - Circuito Final.	33
Figura 17 - Página Web desenvolvida no presente projeto.	34
Figura 18 - Página Web-Gráfico do consumo.	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	<i>Alternating Current</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
CSS3	<i>Cascading Style Sheets 3</i>
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GND	<i>Ground</i>
GPIOs	<i>General Purpose Input/Output</i>
HTML5	<i>Hypertext Markup Language</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
I2C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
JS	<i>Java Script</i>
NOS	<i>National Electric System Operator</i>
RAM	<i>Random Access Memory</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
UART	<i>Universal Asynchronous Receive/Transmitter</i>
SCT	<i>Split Current transformer</i>
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
UTC	<i>United Technologies Corporation</i>
VIN	<i>Input Voltage</i>
VOUT	<i>Output Voltage</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	Grandezas Elétricas	16
3.2	Consumo de energia elétrica	18
3.3	Internet das coisas (IoT)	20
3.2	NodeMCU	20
3.3	Sensor de Corrente	21
3.4	Relé	23
3.5	Aplicação WEB	24
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.2	Calibração do sensor de corrente	28
4.3	Montagem e teste do relé	29
4.4	Desenvolvimento da página Web	30
4.4.1	HTML5	30
4.4.2	CSS3	30
4.4.3	Javascript	30
4.4.4	Websocket	31
4.4.5	Chart.js	31
5	RESULTADOS	32
5.1	Calibração do sensor SCT-013-000	32
5.2	Circuito Final	33
5.3	Resultado da Aplicação WEB	34
6	DISCUSSÃO	35
6.1	Trabalhos Futuros	36
7	CONCLUSÃO	37

REFERÊNCIAS	38
APÊNDICE A: CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	40

1 INTRODUÇÃO

O consumo energético é um tema de discussão recorrente, seja para buscar novas fontes de energia ou para melhorar o consumo de forma eficaz. O consumo energético no Brasil aumentou em 2022, após a pandemia de COVID-19, em 1,5% em comparação com o ano de 2021, alcançando a marca de 67.275 megawatts médios. Esse aumento do consumo de energia elétrica está relacionado com a retomada das atividades de alguns setores da economia tais como, redes de comércio, grandes indústrias, setores têxteis, setores de madeira e papel (CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2023).

Especificamente, o consumo elétrico residencial registrou um crescimento de 1,8% no ano de 2023 em comparação ao mesmo mês de janeiro de 2022. Alguns fatores que explicam esse aumento são as temperaturas mais secas, como por exemplo a redução das tarifas de energia elétrica residência que estão mais presentes na região nordeste (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023).

O valor kW/horas (kilowatt-hora) cobrado pelas concessionárias de energia elétrica no Brasil varia de estado para estado. Por exemplo, no Ceará, quarta energia mais cara do Nordeste, em uma residência normal B1 (consumidores residenciais de baixa tensão), o valor é de aproximadamente R\$ 0,76 por kW/horas (ENEL, 2023), enquanto a média nacional é de aproximadamente R\$ 0,72 por kWh. Esses valores tarifários são passíveis de variações ao longo dos anos, e as regiões que contribuíram para o aumento do consumo da classe no ano de 2022 foram Nordeste, com um aumento de +4,4%, Norte com +3,2%, Sudeste com +1,7%, enquanto o Sul ficou estável com 0,0% e o Centro-Oeste apresentou retração de -0,4% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023).

Baseado na variação do preço da energia elétrica e na necessidade de aplicar políticas sustentáveis ao seu consumo, surgem ocasionalmente medidas para tornar mais eficiente o consumo de energia. Essas medidas vão desde a conscientização de forma sustentável e responsável com o ambiente até a utilização de equipamentos para monitoramento e controle do consumo elétrico.

Tais equipamentos podem utilizar tecnologias embarcadas e Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) para sugerir o consumo eficiente da energia elétrica (consumo de potência e energia diária) e indicar os horários ideais para tomadas de decisões como o ligamento ou desligamento de um determinado equipamento elétrico. Alguns projetos já foram desenvolvidos nesse contexto. Entre eles, pode-se citar o uso do microcontrolador

Arduíno como uma central de monitoramento de consumo de energia elétrica, visando controlar de forma eficiente o consumo elétrico dos equipamentos que possuem maior consumo elétrico na residência, dentre eles, o ar condicionado (SIQUEIRA, 2014).

Adicionalmente, pode-se mencionar o uso de um sistema IoT de automação residencial de baixo custo para acionamento de dispositivos elétricos residenciais (WANZELER; FÜLBER; MERLIN, 2016). Neste sistema, os autores utilizaram um dispositivo móvel e a plataforma de desenvolvimento Arduíno, os quais foram utilizados com o objetivo de automatizar a residência e obter uma redução do consumo energético.

E é neste cenário que este trabalho se propôs a usar o microcontrolador NodeMCU que monitorou e controlou o consumo de energia elétrica em equipamentos de ar-condicionados residenciais. A escolha do monitoramento de consumo de energia elétrica neste equipamento foi baseada no fato de que, dentre todos os equipamentos de alto consumo elétrico residencial, ele é o equipamento cujo acionamento e o desligamento podem ser controlados de forma eficiente.

O sistema de monitoramento proposto foi formado por uma plataforma embarcada (NodeMCU) e por um sensor de corrente para medição da corrente elétrica. A partir disso e do valor da tensão da rede elétrica, foi possível calcular o valor da potência, da energia elétrica e, conseqüentemente do consumo kW/horas por ar-condicionado monitorado. A leitura do sensor supracitado e as rotinas de acionamentos foram apresentadas em uma página Web, onde o usuário pode visualizar o consumo elétrico diário e efetuar o acionamento e desligamento do ar-condicionado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema embarcado para monitorar o consumo de energia do ar condicionado residencial.

2.2 Objetivos Específicos

- Monitorar o valor instantâneo da corrente elétrica em um equipamento de ar condicionado.
- Realizar controle on/off do ar condicionado monitorado.
- Criar uma página Web amigável para o usuário visualizar e controlar o aparelho de ar condicionado monitorado.
- Proporcionar melhorias na área residencial no que se diz respeito à climatização sustentável usando dispositivos eletrônicos de baixo custo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentada a fundamentação teórica deste trabalho, abordando conceitos relacionados a consumo energético, sistemas embarcados, tecnologias IoT e definições relacionadas a aplicações Web.

3.1 Grandezas Elétricas

As grandezas elétricas no que se compõe a eletricidade visam separar e identificar as diferentes maneiras de tratar a energia elétrica e são conhecidas como: carga, tensão, corrente, resistência, potência e a energia elétrica. Começamos com a carga elétrica que é uma grandeza fundamental da energia elétrica, não podendo ser definida em termos como outras grandeza. Existem dois tipos de carga elétrica que o cientista Benjamin Franklin os apelidou de carga elétrica positiva, os prótons (+) e carga elétrica negativa, os elétrons (-), a sua unidade de medida é o Coulomb (PELEGRIM; MARTINS, 2023).

E em meio a fluxo elétrico temos a unidade de medida utilizada para a tensão elétrica o Volt, que é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos, a qual é representada pela letra V, em maiúsculas, para representar os sinais que são contínuos, e em minúsculo, v para sinais alternados, bem como I que representa corrente elétrica e R a resistência elétrica como podemos ver na Equação 1 (PELEGRIM; MARTINS, 2023).

$$V = R * I \quad \text{Equação (1)}$$

Existindo um diferencial de potencial, ou seja, a tensão, pode-se concluir que exista a corrente elétrica que é uma unidade de medida representada pelo Ampere (A) e sua grandeza pelo I para correntes contínuas ou i, para alternadas. Corrente elétrica é o fluxo ordenado de cargas elétricas através de um condutor, como um fio metálico. Essa movimentação de cargas é impulsionada por uma diferença de potencial elétrico (tensão) aplicada entre as extremidades do condutor, que pode ser representada por:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \text{Equação (2)}$$

onde ΔQ se refere a carga elétrica total que passa pelo objeto e Δt , o tempo que a mesma leva

para passar (expresso em segundos). A passagem da corrente elétrica está intimamente ligada a resistência elétrica que é a capacidade do condutor se opor a passagem da corrente elétrica, sendo representada pela letra R e expressa em ohms (Ω). O valor da resistência varia de acordo com o material que é utilizado para se opor a corrente elétrica. Para se calcular a resistência de um determinado objeto é utilizado a 2ª lei de Ohm descrito na equação

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde R é a Resistência (Ω), ρ remete a resistividade ($\Omega.m$), L comprimento (m) e A representa área transversal (m^2).

A potência é a capacidade de converter energia em um determinado intervalo de tempo, ou seja, quanto maior a capacidade de energia convertida em um menor intervalo de tempo, maior será a potência. A forma de se calcular a potência pode ser determinada de acordo com a outras grandezas, por exemplo as Equações :

$$P = V * I \quad \text{Equação (4)}$$

$$P = R * I^2 \quad \text{Equação (5)}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Equação (6)}$$

A potência é expressada com a unidade de medida chamada Watt (W). Assim chegamos na Equação que representa o cálculo da energia elétrica geralmente utilizada pelas concessionárias de energia (PELEGRIM; MARTINS, 2023).

$$kWh = \frac{P}{1000} * h \quad \text{Equação (7)}$$

Sua unidade de medida pode ser expressa em joule (J), porém, pode também ser medida em quilowatt hora (kWh), que é a potência (P) em quilowatt (kW) e o intervalo de tempo proposto em hora (h).

3.2 Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica é algo que impacta tanto na questão econômica devido às despesas consideráveis com a conta de energia elétrica, quanto na questão ambiental devido às alterações de microclimas, contribuição para aceleração do efeito estufa e a implicação indireta no aquecimento global (DE PAULA, 2013).

O estudo divulgado pela Empresa de pesquisa energética no ano de 2022 constatou que em 2019 o setor de edificações, composto pelos subsetores do comércio, edifícios públicos e residências representou mais da metade de toda energia elétrica consumida neste mesmo ano, atingindo a marca de 52% (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2022). Adicionalmente, o subsetor residencial foi responsável por mais da metade do consumo do setor de edificação, ou seja, 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil, como podemos ver na Figura 01.

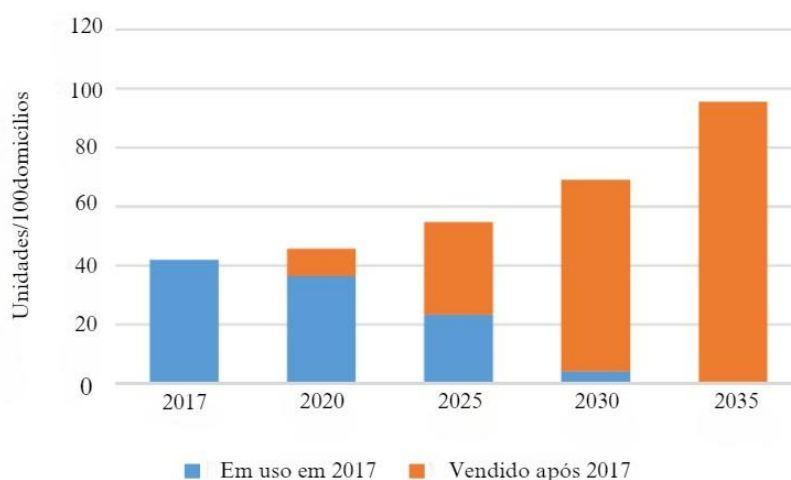
De forma mais específica, o estudo efetuado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) de 2018 mostrou que o consumo final no subsetor residencial referente a utilização de aparelhos de ar-condicionado foi responsável por 18,7 twh (terawatt hora), o que corresponde a aproximadamente 6% do consumo desse setor. A EPE estima que a demanda por eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar pelas famílias pode crescer 5,4% ao ano atingindo 48 twh em 2035, como observa-se na Figura 01.

Figura 01 - Decomposição do consumo elétrico nos setores Industrial, Energético, Edificações e Agropecuário



Fonte: Balanço Energético Nacional (2019)

Figura 02: Projeção do crescimento do uso/venda do ar condicionado nas residências brasileiras.



Fonte: Nota Técnica EPE 030/2018 (2018).

Um dos principais fatores para justificar essa estimativa de aumento do uso do ar condicionado residencial é o crescimento econômico aliado ao crescimento populacional, a maior urbanização e o resfriamento ambiental como questão de saúde e conforto (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018). Embora a pandemia de COVID-19 tenha afetado de maneira significativa o desenvolvimento socioeconômico da população, as projeções para as compras dos condicionadores de ar continuarão crescendo, assim como apresentado na Figura 02. Esse aumento causa uma mudança energética no Brasil em relação a geração e a distribuição de energia, principalmente nos horários de pico que variam na classe residencial de 17 às 22h (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020).

Diante do exposto, as possíveis maneiras de mitigar esse problema de demanda e gasto energético é elevar a capacidade de geração e de distribuição do sistema de energia brasileiro, executar novos investimentos em novas usinas e promover a eficiência energética. Desta forma, este trabalho se encaixou no último tópico, que monitorou e controlou o consumo de energia elétrica em condicionadores de ar residenciais, os quais, dentre todos os eletrodomésticos, estão entre os maiores consumidores de energia elétrica.

3.3 Internet das coisas (IoT)

A quantidade de objetos inteligentes com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação tem aumentado nos últimos anos. Neste cenário, a IoT surge como uma tecnologia capaz de conectar objetos à Internet, promovendo a comunicação entre usuários e dispositivos. Esse termo IoT foi proposto pela primeira vez por Kevin Ashton em 1999, o qual se refere à conexão de vários dispositivos físicos e objetos por meio da internet (GOKHALE; BHAT; BHAT, 2007).

Para tornar a Internet das Coisas uma realidade, foi preciso que o custo das soluções se tornassem compatíveis com as “coisas” a serem conectadas. O microcontrolador ESP866 das Espressif é uma solução adequada para essa tarefa, visto que é um circuito totalmente integrado, com interfaces de *Input/Output* digitais e analógicas, processador de 32 bits, sendo capaz de executar 160 mhz e ainda, com interface Wi-Fi. Isso tudo por R\$12,24 (DE OLIVEIRA, 2017).

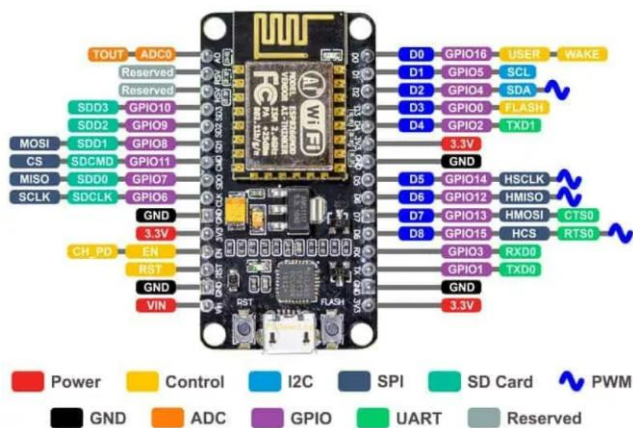
3.2 NodeMCU

O NodeMCU é uma placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador ESP8266, o qual possui um processador de baixo custo e de baixo consumo energético. Adicionalmente, o NodeMCU possui conexão Wi-Fi, que suporta de 802.11 b/g/n, ou seja, ele opera em uma frequência de 2,4 ghz, trabalhando também com protocolo de redes, como o IPV4, TCP/UDP/HTTP, tornando-se ideal para desenvolvimento de projetos com tecnologia IoT (AI-THINKER TEAM, 2015).

Outro recurso importante dessa placa de desenvolvimento são os GPIOs (General Purpose *Input/Output*), os quais são pinos que podem ser usados para conectar sensores, atuadores e outros dispositivos. Esses pinos podem ser configurados como entradas e saídas digitais, permitindo ao NodeMCU ler dados dos sensores e efetuar acionamento de atuadores. Adicionalmente, esses pinos apresentam funções pré-configuradas, tais como comunicações *Inter-Integrated Circuit* (I2C), as quais são configuradas através da utilização dos pinos D1(GPIO5) e D2 (GPIO4), como também comunicação Serial Peripheral Interface (SPI) representado pelos pinos D5(GPIO14), D6(GPIO12), D7(GPIO13) e D8(GPIO15), entre outros tipos de comunicações, como *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) (AI-THINKER TEAM, 2015).

O NodeMCU pode ser programado usando Lua, mas também pode ser programado utilizando a interface de programação da plataforma do Arduino, a qual utiliza a linguagem C++ . Além disso, essa placa de desenvolvimento possui as memórias como *Flash Memory*, *Random Access Memory* (RAM), *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory* (EEPROM) entre outras. A *Flash Memory* ou a Memória Flash, é usada principalmente para executar o código, sendo também utilizada para guardar variáveis globais ou strings, enquanto a memória RAM é usada para armazenar dados temporários durante a execução do programa, dados nesses tipos de memórias são perdidos quando o NodeMCU é desligado ou reiniciado. Por fim, a memória EEPROM é utilizada para guardar dados que precisam ser conservados durante o ciclo de energia. A estruturação do NodeMUC e os detalhes da suas GPIO são apresentados na Figura 03.

Figura 03 – Pinos do Relé

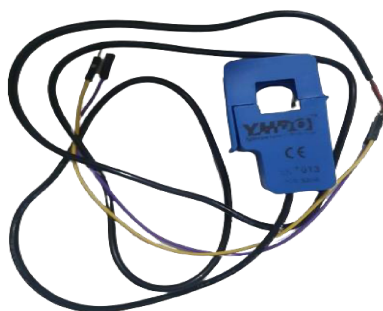


Fonte: Elaborado pelo autor

3.3 Sensor de Corrente

O sensor escolhido para mensurar a corrente de forma não invasiva foi o SCT-013-000, o qual é um modelo específico de SCT *Split Core Transformer*. Esse sensor é comumente encontrado em aplicações de monitoramento do consumo de energia elétrica e é projetado para medir correntes de até 100 A (BEIJING YAOHUADECHANG ELECTRONIC C, 2011) Além disso, o número 013 é uma nomenclatura que refere ao diâmetro máximo do condutor para medição da corrente, o qual seria de aproximadamente 13 milímetros (mm), e os números 000 indicam a versão básica do SCT. Esse modelo de sensor de corrente é apresentado na Figura 04.

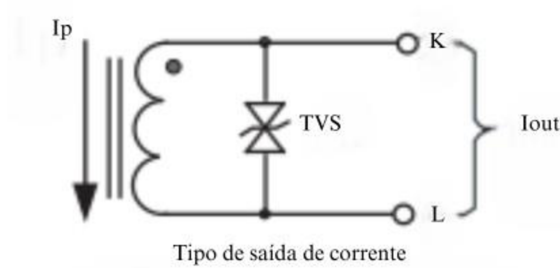
Figura 04 – Sensor de corrente SCT-013-000



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da Figura 05, a qual mostra o diagrama esquemático do sensor decorrente, é possível observar que para a medição da corrente elétrica não é necessário interromper o circuito, uma vez que toda a medição ocorre sem a necessidade de contato. Com base no Datasheet desse sensor, seu núcleo é de ferrite e a temperatura ideal para o funcionamento pode variar de $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Figura 05 – Esquemático do Sensor de Corrente



Fonte : Datasheet do sensor de corrente SCT (2024).

No esquemático do sensor representado na Figura 05 podemos ver que o sensor possui um diodo *Suppressor de Tensão Transiente* TVS que tem o objetivo de absorver picos de energia protegendo o circuito de variações altas de tensão, a corrente que flui pelo IP é a corrente de pico ou seja a corrente de entrada, o K refere a razão de conversão do sensor que para neste caso, se a corrente for de 1A de entrada, a saída vai ser de 50 ma. Ainda na Figura 3 o L corresponde a corrente de pico que é calibrada para ser de 100 A sem ser danificado, e o Iout é a corrente de saída do sensor, que é proporcional à entrada. Esse sensor é basicamente um transformador com uma razão de enrolamento de 1:2000 que fornece no secundário uma variação de corrente que juntamente com resistor de carga fornece a variação de tensão que pode ser interpretada.

Para cada 100 A que percorre o condutor primário, o qual é composto por 1 enrolamento, é gerado 50 mA no secundário que é composto por um enrolamento de 2000 fios. Esse valor de 100 A é o valor que o sensor é calibrado para medir de *Root Mean Square* (RMS), também chamado de Valor Eficaz. E para saber qual seria a corrente de Pico máxima medida precisamos aplicar a Equação:

$$I_{\text{corrente de pico}} = \sqrt{2} * I(RMS) = 1,414 . 100 = 141,4 A \quad \text{Equação (8)}$$

Sabemos que o I_1 corresponde a corrente no primário (corrente a ser medida), I_2 equivale a corrente no secundário, N_1 representa o número de espiras que neste sensor é igual a 1, e N_2 que corresponde a número espiras no secundário que é igual a 2000. Sabendo que para uma corrente de 100A no primário do sensor de corrente produz uma corrente de 50mA no secundário e aplicando na equação da relação de transformação, temos:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad \text{Equação (9)}$$

Sabemos que a corrente na saída do sensor é inversamente proporcional ao número de voltas dos enrolamentos, então temos:

$$I_2 = \frac{I_1 \text{ Corrente Ser Medida}}{\text{número de espiras}} = \frac{141,4A}{2000} = 0,0707 A \quad \text{Equação (10)}$$

Com base nas equações e nas informações obtidas podemos aplicá-las em nossos problemas como será mostrado na Seção 3.

3.4 Relé

Relé é um dispositivo eletromecânico que permite controlar o acionamento de um circuito elétrico a partir de entrada digital binária (0 ou 1). Em aplicações IoT, esse dispositivo atua como um interruptor controlado eletricamente, permitindo que um circuito de baixa potência controle um circuito de alta potência (Ningbo flourishing precision electron com, 2012).

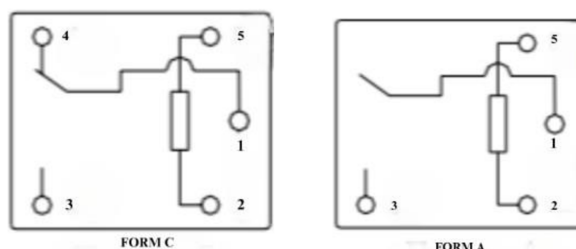
O Relé FL-3FF-S-Z é acionado com 5 VDC, e pode suportar tensões de até 250V AC (Figura 6), esse possui a capacidade de comutação da corrente máxima de 15 A, a tensão máxima suportada é de 250V e a potência máxima de 240 W. Além disso, ele pode operar na faixa de temperatura -40°C a 85°C. O esquemático do relé FL-3FF-S-Z é apresentado na Figura 7, na qual podemos ver que o relé possui uma bobina localizada entre o pino 2 e 5, os pinos 4 e 3 são contatos normalmente abertos (NA) e os pinos 5 e 1 são contatos normalmente fechados (NF).

Figura 06 - Relé FL-3FF-S-Z



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 07 - Esquemático dos Contatos do relé



Fonte: Datasheet do relé (2024).

O funcionamento desse equipamento é baseado no fato que quando a bobina é energizada, a força magnética atrai o núcleo de ferro. Isso move o núcleo do relé, que fecha os contatos NA e abre os contatos NF como na Figura 07 (FormC). Quando a bobina é desenergizada, a força magnética do enrolamento desaparece e o núcleo de ferro retorna à sua posição original. Isso abre os contatos NA e fecha os contatos NF, como mostra a Figura 07 (Form A).

3.5 Aplicação WEB

A aplicação Web desenvolvida neste trabalho é uma página web desenvolvida usando a tecnologia HTML5, a qual é uma linguagem HTML (*Hypertext Markup Language*)

usada para estruturar e apresentar conteúdo na Web (W3 schools, 2023).

Assim, foi utilizado o CSS3 (*Cascading Style Sheets 3*), versão mais recente da linguagem CSS, a qual é usada para estilizar e formatar a aparência dos elementos HTML em uma página da Web (W3 SCHOOLS, 2023).

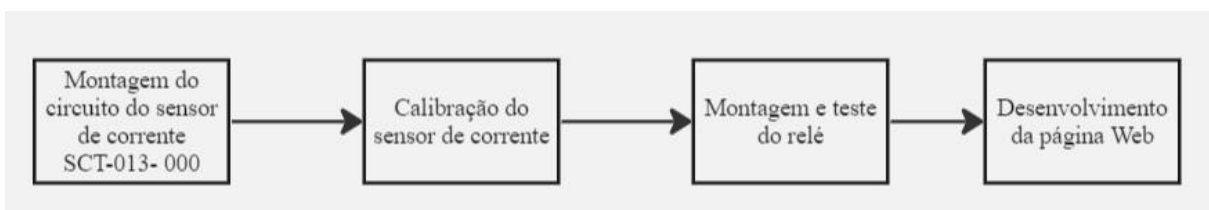
O HTML5 é responsável pela estrutura e conteúdo da página, enquanto o CSS3 permite controlar o *layout*, cores, fontes, espaçamento, efeitos visuais e outros aspectos visuais do conteúdo. Já o *Javascript* é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada e orientada a objetos. Ela é amplamente utilizada no desenvolvimento Web para adicionar interatividade e funcionalidade às páginas da web (W3 SCHOOLS, 2023). Diferentemente do HTML e CSS, que são linguagens de marcação e estilização, o *Javascript* é uma linguagem de programação completa, permitindo a criação de lógica, manipulação de dados e interação com o usuário.

Baseado nas tecnologias supracitadas, na página Web desenvolvida neste trabalho, o usuário poderá realizar a visualização, acionamento e o desligamento do consumo de energia elétrica do equipamento de ar-condicionado monitorado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente projeto foi desenvolvido em 4 etapas: 1) Montagem do circuito do sensor de corrente SCT-013- 000; 2) Calibração do sensor de corrente; 3) Montagem e testado relé; e 4) Desenvolvimento da página Web. Todas essas etapas foram testadas usando a plataforma de desenvolvimento NodeMCU.

Figura 08 - Fluxograma do Desenvolvimento do presente projeto.



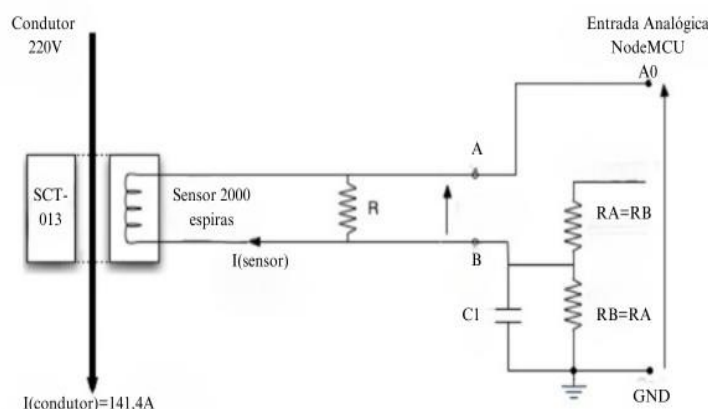
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 Montagem do circuito do sensor de corrente SCT-013- 000

O sensor de corrente SCT-013-000 foi conectado ao pino analógico A0 do NodeMCU, sendo este o único pino da plataforma para leitura de sensores analógicos. Cabe

ressaltar que o sensor SCT-013-000 tem um plug de conexão P2, mas para maior eficácia das conexões, ele foi removido. Assim, optou-se por conectar os fios positivo e negativo diretamente na placa de prototipagem (protoboard). Desta forma, foi implementado o circuito representado na Figura 09 com o objetivo de realizar as leituras com precisão.

Figura 09 - Circuito de Montagem do SCT-013-000



Fonte: Portal Vida do Silício.

O circuito da Figura 09 se faz necessário para a conexão do sensor SCT-013-000, tendo em vista que é necessário garantir que a tensão varie de 0 a 3,3V na entrada analógica A0 (faixa de tensão de operação do NodeMCU). Desta forma, é necessário converter o sinal de corrente alternada do SCT-013-000 para um valor de tensão que seja legível ao NodeMCU.

Para isso, o primeiro passo foi introduzir o resistor de carga, representado pela letra R na Figura 09, entre os fios de conexão do sensor de corrente, representados pelas letras A e B. Essa resistência de carga R foi determinada baseada na corrente de operação do ar-condicionado (10 A), a qual representa uma corrente de pico de 14,14 A, determinada por:

$$I_{sensor} = \frac{I_{corrente\ medido}}{\text{numero_de_espiras}} = \frac{14,14A}{2000} = 0,00707 A \quad \text{Equação (11)}$$

Como a saída do sensor de corrente é uma representação alternada, ou seja, com valores positivos e negativos, é necessário garantir que a variação da tensão lida pelo NodeMCU seja inteiramente positiva. Desta forma, foi aplicado um divisor de tensão, representado por RA e RB de valores iguais a 10 kΩ (veja Figura 9). Com isso, a tensão proveniente do NodeMCU de 3,3V será dividida entre os resistores, sendo 1,65 V para cada

um deles.

Então tendo o valor da corrente de pico e da tensão, podemos calcular a resistência de carga:

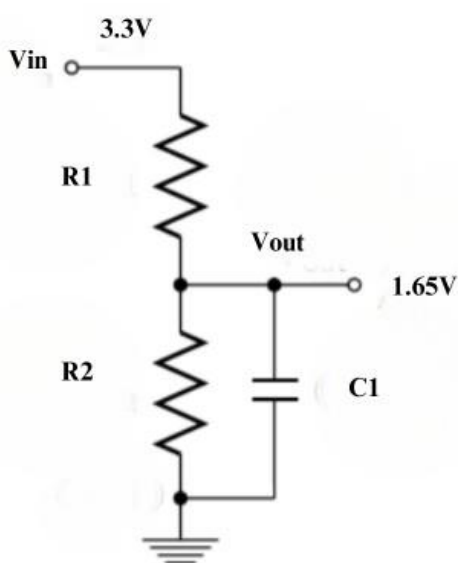
$$V_{pico} = R_{carga} \times I_{pico},$$

$$1.65 = R_{carga} \times 0,00707, \quad \text{Equação (12)}$$

$$R_{carga} = 220 \, \Omega$$

Adicionalmente, foi necessário colocar um capacitor de 10nF entre o GND e no meio dos resistores RA e RB, como podemos ver na Figura 10. A inserção desse elemento capacitivo evita oscilações da tensão.

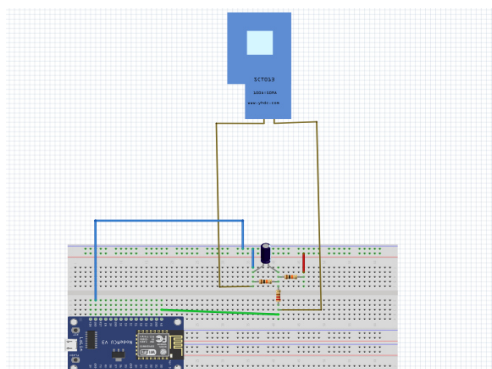
Figura 10 - Circuito do divisor de tensão com o capacitor eletrolítico para eliminação de oscilações no valor da tensão de 1,65 V.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, o circuito com as suas devidas conexões é representado na Figura 11.

Figura 11- Circuito do SCT-013-000 implementado de acordo com a Figura 10.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para determinar o valor de calibração do sensor de corrente, usa-se o valor do resistor de carga R (determinado anteriormente) juntamente com o número de espiras do secundário do sensor SCT-013-000 , conforme ilustra a Eq.13:

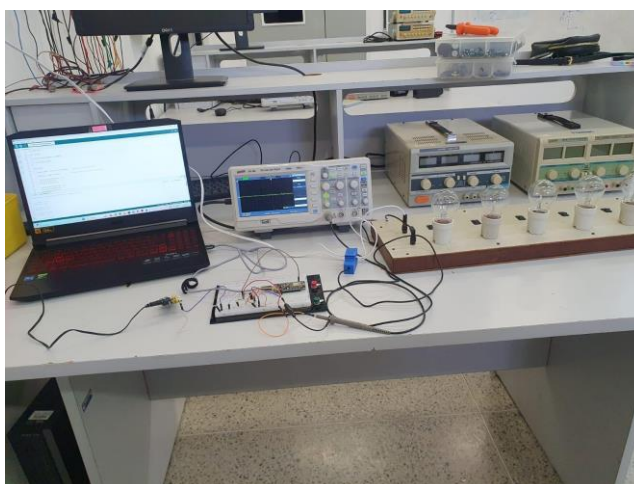
$$\frac{\text{número de espiras}}{\text{resistor de carga}} = 9,0909 \quad \text{Equação (13)}$$

O valor 9,0909 é o valor de calibração que será usado na implementação do código.

4.2 Calibração do sensor de corrente

Para validar a montagem do circuito sensor de corrente realizada na etapa anterior, foi necessário realizar a calibração do circuito. Essa calibração foi realizada a partir de testes utilizando um soquete de 5 lâmpadas de 60 Watts (W) e um alicate amperímetro, o qual foi usado para confirmar os valores medidos da corrente pelo circuito montado anteriormente. A Figura 12 apresenta o circuito utilizado para calibração do sensor SCT-013-000 . Para essa etapa do projeto teste foi utilizado o código implementado na IDE do Arduino, o qual está disponível em <https://github.com/wxn-controller/node-mcu/tree/main>.

Figura 12 - Bancada de teste para calibração do sensor SCT-013-000.



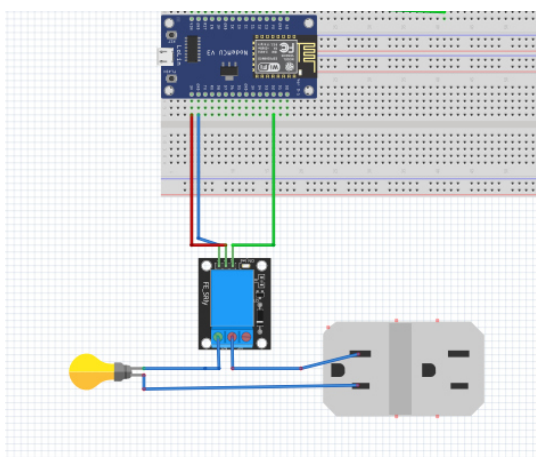
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os testes foram realizados acionando uma lâmpada por vez, verificando os valores lidos de corrente no monitor serial da IDE do Arduino e confirmando os valores lidos pelo alicate amperímetro.

4.3 Montagem e teste do relé

A conexão do relé FL-3FF-S-Z ao NodeMCU foi realizada da seguinte maneira: pino IN do relé ao Pino D2 do NodeMCU; pino VCC do relé ao pino 3V do NodeMCU; e o GND do relé ao GND do NodeMCU. Em seguida, o contato NF do relé foi conectado ao circuito do soquete da lâmpada como podemos ver na Figura 13.

Figura 13 - Circuito completo simulando no Fritzing



Fonte: Elaborado pelo autor

A implementação do código para leitura e teste do relé foi feita na IDE do arduino (veja Anexo 1).

4.4 Desenvolvimento da página Web

Para o desenvolvimento da página web foi utilizado HTML5 para estrutura do corpo do site, CSS3 para estilização e Javascript para linguagem de programação. Além disso, foi usada a biblioteca chart.js como intuito de disponibilizar o gráfico do consumo.

4.4.1 HTML5

Foi definida a estrutura do site em quatro partes fundamentais para o controle da aplicação, ou seja, implementou-se os botões de ações como ligar, desligar, visualizar o consumo, e agendar horário no Body. A inclusão de arquivos como CSS3, fontes e outros metadados no cabeçalho e no final foi adicionado o link do arquivo Javascript, como regem as boas normas. Também foi implementado um gráfico na página para representação do consumo por meio da biblioteca chart.js (Mdn web docs, 2023).

4.4.2 CSS3

Para estilização foram definidas variáveis globais “*root*” para o uso de cores que serão reutilizadas posteriormente. Em seguida, estruturamos o body com uma imagem do fundo e o HTML como a largura e fontes, os estilos no cabeçalho também foram implementados visando a ajustar o logotipo (WXN) e barra de navegação mais “*clean*”. O conteúdo principal também segue esses padrões com objetivo principal de apresentar uma página simples e objetiva sem poluições (W3 schools, 2023).

4.4.3 Javascript

O Javascript foi implementado com objetivo de interagir com servidor *Websocket*, atualizar o gráfico em tempo real com dados referentes à potência e fornecer a funcionalidade para os botões na interface da página. Primeiramente, fez-se a seleção dos elementos no HTML, no caso dos botões correspondentes a cada função. Depois foi definido um objeto de nome controller que vai manter o estado e os dados relacionados ao consumo elétrico, bem como inicializar estruturas de dados para armazenar valores no gráfico. Em seguida, foi implementado um gráfico usando o chart.js e adicionado à função *addToChart* para adicionar

os pontos nos gráficos. Então, realizou-se os testes de conexão do servidor Websocket e tratamentos de aberturas, recebimentos, fechamentos e erros de conexão (Mdn web docs, 2022).

A parte mais importante foi o tratamento das mensagens recebidas pelo NodeMCU, o qual é acionado com o evento “connection.onmessage”, no qual a mensagem recebida é convertida de JSON para um objeto. Após isso, é verificado o array de dados o “controller.data” que é inicializado vazio. Então adicionam-se os dados recebidos ao array “data” do objeto “controller”, atualiza o estado do relé mostrando se está ligado ou não, por fim é adicionado os valores de potência elétrica mais recente no gráfico. Em relação aos botões ligar e desligar foram também adicionados eventos listeners que servem para enviar comandos para o servidor para saber quando a ação de ligar ou desligar foi executada. Por fim, foi aplicada uma gestão de erros e suporte para *Websocket*, relacionados aos tratamentos e exibição no navegador (Mdn web docs, 2022).

4.4.4 Websocket

Um WebSocket é um protocolo de comunicação que permite uma conexão contínua e bidirecional entre um cliente (como um navegador web) e um servidor. Diferente do protocolo HTTP, onde o cliente precisa fazer uma nova solicitação para cada troca de dados, com WebSocket, uma vez estabelecida a conexão, o servidor pode enviar dados ao cliente em tempo real sem que o cliente precise solicitar novamente. Sendo útil para aplicações que precisam de atualizações em tempo real, como chats, jogos online, atualizações de mercado financeiro ou para sistemas IoT (Mdn web docs, 2022).

4.4.5 Chart.js

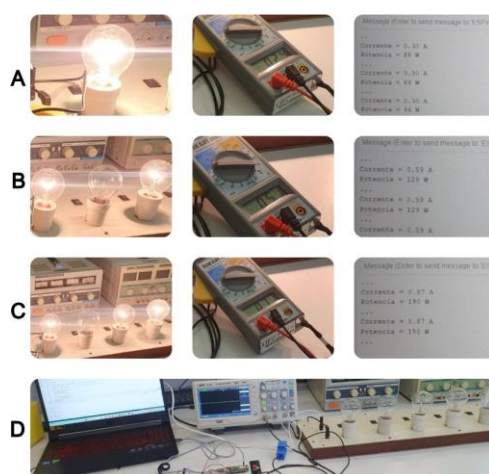
Chart.js é uma biblioteca JavaScript de código aberto usada para criação de gráficos interativos e visualizações de dados em páginas web. Ela permite que desenhe gráficos de linhas, barras e outros tipos, de forma fácil e customizável. Chart.js é amplamente utilizada por ser leve, simples de usar e por suportar animações, tornando-a uma escolha popular para desenvolvimentos que requerem essas ações. (Chart.js, s.d)

5 RESULTADOS

5.1 Calibração do sensor SCT-013-000

Os resultados obtidos para a calibração do sensor SCT-013-000 são apresentados na Figura 14. Vale lembrar que os testes foram realizados acionando uma lâmpada por vez. Os valores medidos de corrente elétrica foram lidos no serial monitor e comparados com os valores medidos no alicate.

Figura 14 - Testes com o soquete de lâmpadas e leitura dos valores de corrente no serial monitor do Arduino e no alicate amperímetro.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores lidos no serial monitor e no alicate amperímetro referente a Figura 14 são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados obtidos nos testes da Seção 3.2.

Número de lâmpadas acesas	Medições lidas no serial monitor do Arduino	Medições do alicate	Erro (%)
	(Notebook)	amperímetro	
0	0,0 A	0,0A	0%
1	0,30A	0,24A	25%
2	0,59A	0,51A	15,68%
3	0,87A	0,77A	12,99%

Fonte: Elaborado pelo autor.

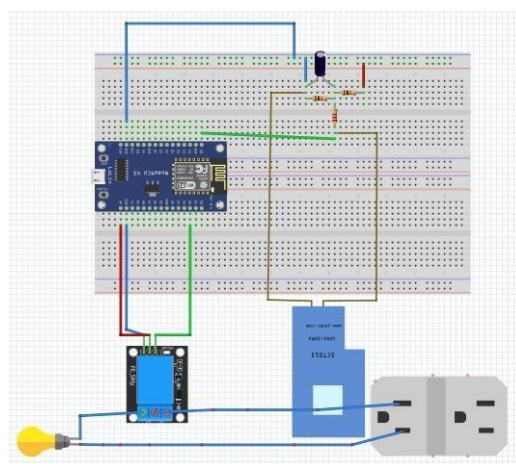
Note que o Erro é calculado pela razão da diferença do valor lido no alicate amperímetro e do

serial monitor e representando em porcentagem. A partir dos resultados apresentados na Tabela 1, observa-se uma margem de erro que foi diminuindo à medida que a corrente aumentava, o que podemos constatar com porcentagem de erro.

5.2 Circuito Final

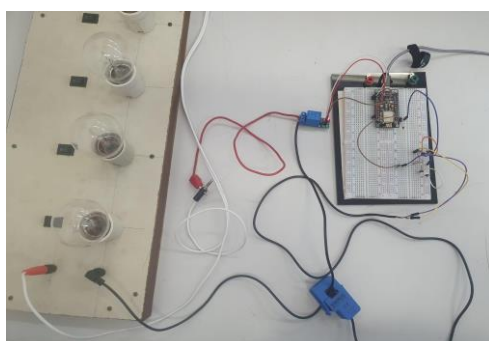
Como resultado do presente projeto, temos o circuito completo, composto pelo relé, sensor de corrente, lâmpadas e o NodeMCU. A Figura 15 mostra o circuito simulado, a qual foi realizada utilizando a plataforma Fritzing, e a Figura 16 mostra o circuito de prototipagem.

Figura 15 - Circuito simulação Fritzing.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 - Circuito Final.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Resultado da Aplicação WEB

Os resultados das implementações de HTML5, CSS3 e Javascript para o desenvolvimento da aplicação web são apresentados na Figura 17.

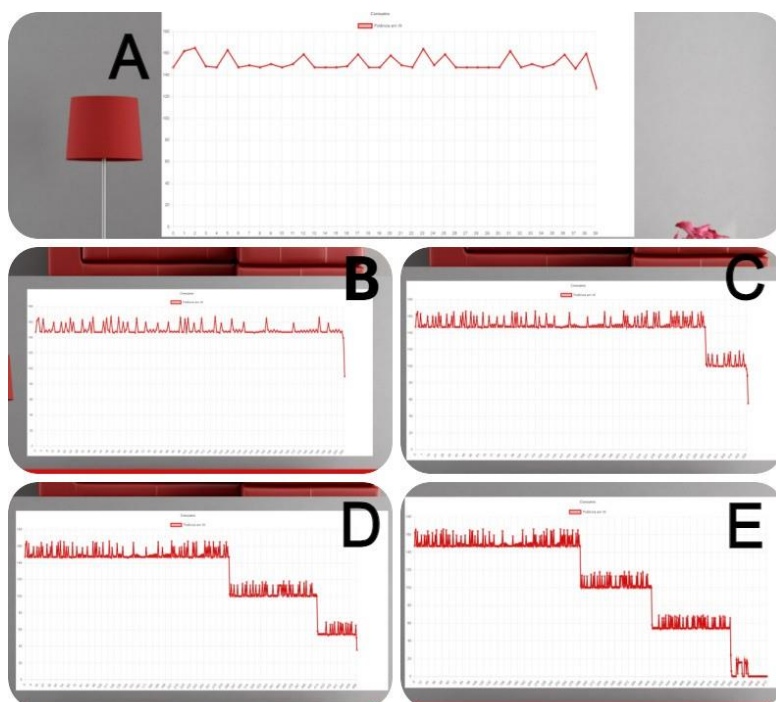
Figura 17 - Página Web desenvolvida no presente projeto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 17, podemos ver os botões de interações, a barra de navegação e junto como a logo (WXN), e com todas as estilizações que foram implementadas no CSS3. Rolando esta página da aplicação web podemos ver o consumo elétrico do circuito das lâmpadas demonstrado na Figura 18.

Figura 18 - Página Web-Gráfico do consumo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 18-A, o consumo é mostrado com quatro lâmpadas acesas onde o consumo varia de 160W. Na figura 18-B, o consumo é exibido com três lâmpadas acesas onde podemos verificar que após desligar uma das lâmpadas o consumo caiu para 100W, seguido pela figura 18-C com duas lâmpadas acesas com a potência de 80W. As Figuras 18-D evidenciam o consumo da potência em torno de 50W e 18-E mostra o consumo exercido com nenhuma lâmpada acesa ou seja 0W.

6 DISCUSSÃO

Algumas diferenças que cabe citar neste projeto em relação a um estudo realizado que utilizou o arduino, neste protótipo onde optou-se por utilizar o NodeMCU, de maneira a melhorar a comunicação em relação ao projeto por ele desenvolvido. (Siqueira, 2014). A criação de uma página Web para o controle do consumo mostra ser mais amigável para o usuário, trazendo maior praticidade, assim como é possível efetuar alterações futuras e oferecer facilidade no uso. A inclusão do relé permite o controle remotamente do dispositivo permitindo uma maior flexibilização no uso do ar condicionado contribuindo para melhorar a eficiência do consumo.

Um estudo realizado, também serviu de base para o desenvolvimento deste protótipo e apesar de os objetivos serem diferentes, que no caso dele se propõe em medir outros eletrodomésticos, como ferro de passar, TVs. Neste protótipo, o eletrodoméstico escolhido foi o ar condicionado, pelas razões demonstradas anteriormente relacionadas ao aumento do uso do equipamento e o seu consumo nas residências (Pelegrim, Martins, 2023). A metodologia usada foi a mesma, sofrendo algumas adaptações no que se diz respeito a uma maior simplificação na construção do protótipo, pois não foi utilizado o sensor de tensão e também um desenvolvimento maior na área Web. Um dos maiores problemas encontrados durante o desenvolvimento é a falta de documentação explicado o funcionamento do circuito do sensor de SCT-013-000, que espero que nesse projeto possa servir de esclarecimento, o projeto ainda é um protótipo que no qual não foi testado em ar condicionado, mas durante todos os testes demonstrado nesse trabalho visando a comunicação do NodeMCU, medição de correntes, controle do relé, este demonstrou-se extremamente eficaz.

6.1 Trabalhos Futuros

O projeto por ser um protótipo abre espaço para melhorias como desde a implementação de uma função a para agendamento de horários, banco de dados para guardar o consumo. A implementação de Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicação) ou APIs melhoraria com eficácia a comunicação com servidores.

Na parte física ou na prototipagem pode ser implementado o uso de um sensor de tensão visando uma melhor qualidade nas leituras, compactar o projeto em um formato viável para o uso comercial. A implementação de um aplicativo web também é uma possibilidade, pois tornaria o projeto mais viável e que daria muito mais mobilidade.

7 CONCLUSÃO

Conclui-se que a partir deste estudo pode-se perceber a importância da criação da página da Web para o usuário como forma de análise com relação ao seu consumo trazendo assim uma maior praticidade para o consumidor e dessa forma fazendo com que a climatização sustentável venha a ocorrer de forma efetiva.

Cabe ressaltar a necessidade de mais estudos envolvendo este assunto, sendo um dos desafios a dificuldade em encontrar artigos referentes ao tema proposto, necessitando utilizar a literatura cinzenta como meio de fonte. Além disso, cabe ressaltar a ausência de documentos relacionados ao circuito do sensor de SCT-013-000, sendo essa pesquisa de extrema relevância para estudos futuros.

Por fim, o protótipo realizado durante a pesquisa necessita ser testado no eletrodoméstico objeto do estudo, no entanto durante todo o processo de testagens através de outros meios foi demonstrado de forma extremamente eficaz visando assim a comunicação do NodeMCU, medição de correntes e controle do relé o que contribui de forma direta para o monitoramento adequado com relação ao consumo elétrico da população.

REFERÊNCIAS

COMERCIALIZAÇÃO CONSUMO DISTRIBUIÇÃO GERAÇÃO MERCADO (CCEE). **Consumo brasileiro de energia elétrica subiu 1,5% em 2022, mostra balanço da CCEE.** 31. Jan. 2023. Disponível em:

<https://www.ccee.org.br/pt/web/guest/-/consumo-brasileiro-de-energia-eletrica-subiu-1-5-em-2022-mostra-balanco-da-ccee>. Acesso em: 16 nov. 2023.

CHART.JS. **Por que Chart.js, características, padrões, integrações, experiência do desenvolvedor, renderização de tela, desempenho e comunidade.** Disponível em:

<https://www.chartjs.org/docs/latest/>. Acesso em 20 ago.2024.

DE PAULA, Gilberto José. **Medidor de demanda de energia elétrica residencial com acesso remoto.** Orientadora: Maria Marony Sousa Farias. TCC (Graduação) - Faculdade De Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATEC, Brasília, 2013. Disponível em:

https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/235/3857/1/Gilberto%20Jos%c3%a9%20De%20Paula%20Monografia%201_2013.pdf. Acesso em 10 nov. 2023.

DE OLIVEIRA, S. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino E Raspberry Pi.** 1. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2017

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Ações para promoção da eficiência energética nas edificações brasileiras: no caminho da transição energética. Nota Técnica EPE/DEA/SEE/007/2020.** Brasília, EPE, 2020. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/NT%20DEA-SEE-007-2020.pdf>. Acesso em 1 nov. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional.** Brasília, EPE, 2022. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-638/BEN2022.pdf>. Acesso em 1 nov. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Resenha Mensal: O consumo nacional de energia elétrica foi de 42.837 GWh em janeiro de 2023, crescimento de 0,6% em comparação com mesmo mês de 2022.** 2023. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/resenha-mensal-o-consumo-nacional-de-energia-eletrica-foi-de-42-837-gwh-em-janeiro-de-2023-crescimento-de-0-6-em-comparacao-com-mesmo-mes-de-2022#:~:text=O%20consumo%20de%20energia%20el%C3%A9trica,ao%20mesmo%20m%C3%AAs%20de%202022>. Acesso em: 16 nov. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. Nota Técnica EPE 030/2018.** Brasília, EPE, 2018. Disponível em:

https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf. Acesso em 1 nov. 2023.

ENEL DISTRIBUIÇÃO DO CEARÁ. **Tarifas Enel CE Fornecimento em baixa tensão.** Ceará, 2023.

ESP-12E WiFi Module. 2015. Disponível em:

<<https://components101.com/sites/default/files/2021-09/ESP12E-Datasheet.pdf>>. Acesso em

13 nov. 2023.

GOKHALE, Pradyumna; BHAT, Omkar; BHAT Sagar. Introduction to IOT. **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, Jan. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330114646> . Acesso em 13 nov.

2023.

MDN WEB DOCS. **HTML: Linguagem de Marcação de Hipertexto**. 2023. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/HTML>>. Acesso em 11 abr. 2023.

MDN WEB DOCS. **JavaScript**. 2022. Disponível em: <https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>>. Acesso em 11 abr. 2023.

FL-3FF Flourishing datasheet. **Ningbo flourishing precision electron com**. 2012.

PELEGRIN, Matheus Chrispim; MARTINS, Paulo João. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/8848/1/Matheus%20Chrispim%20Pelegrin.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

SCT-013-000 datasheet. **Beijing YaoHuadechang Electronic C**. 2011.

SIQUEIRA, Wallace Vilas Boas. **O microcontrolador arduino como uma central de monitoramento de consumo de energia elétrica**. Orientador: Marcelo Silva.2014. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Minas Gerais, 2014.

WANZELER, T.; FÜLBER, H.; MERLIN, B. Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT). **XXXIV Simpósio brasileiro de telecomunicações**. Disponível em: <https://biblioteca.sbvt.org.br/articles/1291>>. Acesso em: 9 abr. 2023.

W3 SCHOOLS. **CSS Tutorial**. Disponível em: <https://www.w3schools.com/Css/>> Acesso em 10 abr. 2023.

APÊNDICE A: CUSTOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Custos para a produção do Protótipo

Dispositivos	Preço
Sensor de corrente SCT-013-000	R\$34,64
NodeMCU	R\$34,90
Resistores, capacitores, jumpers, protoboard, cabos USB e fios.	R\$50,00
Sensor de corrente SCT-013-000	R\$ 28,26
Total dos gastos	R\$ 147,80