



Faculdade de Tecnologia de Garça "Deputado Julio Julinho Marcondes de Moura"

CURSO DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

BRUNO DA SILVA RIBEIRO

CHIGUEO SERGIO YOKOGAWA

**DASHBOARD PARA MONITORAMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA**



Faculdade de Tecnologia de Garça "Deputado Julio Julinho Marcondes de Moura"

CURSO DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

BRUNO DA SILVA RIBEIRO

CHIGUEO SERGIO YOKOGAWA

DASHBOARD PARA MONITORAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Relatório Técnico submetido à Faculdade de Tecnologia de Garça como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, sob a orientação do Professor Me. Luiz Carlos Querino Filho.

Garça
2020

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE GARÇA
CURSO DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS
BRUNO DA SILVA RIBEIRO
CHIGUEO SERGIO YOKOGAWA

**DASHBOARD PARA MONITORAMENTO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Relatório Técnico submetido à Faculdade de Tecnologia de Garça como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Professor Me. Luiz Carlos Querino Filho
Presidente da Banca - Orientador

Professor
Membro

Professor
Membro

Garça
2020

RESUMO

A eletricidade é a principal fonte de energia do planeta. Ela é baseada na diferença de potencial elétrico entre dois pontos na qual se estabelece uma corrente elétrica entre ambos. A cada ano aumenta a sua demanda de consumo o que torna seu monitoramento uma ferramenta indispensável para o consumidor. O presente projeto consiste no desenvolvimento de um protótipo para medição e armazenamento de dados referente ao consumo de energia elétrica. Através desse sistema pode-se acompanhar o consumo de energia elétrica por hora, por dia e por mês, bem como as oscilações, picos de energia, entre outros. Para o desenvolvimento deste projeto foram utilizados elementos de *hardware*, que consiste em dispositivos denominados Arduino e *software* para a elaboração do *dashboard* para dispositivos móveis, tendo o Android como sistema operacional.

Palavras-chave: *Dashboard*; Energia Elétrica; Arduino; Android.

LISTA DE ABREVIACÕES E UNIDADES

CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz;
IOT	<i>Internet of Things</i> ou Internet das coisas;
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas;
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;
DDP	Diferença de potencial elétrico;
CC	Corrente contínua;
CA	Corrente alternada;
j	Joule;
c	Coulomb;
s	Segundo;
RMS	Média quadrática;
Ω	Ohm;
w	Watt;
w/h	Watt por hora;
kwh	Quilo Watt hora;
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> ou Modulação de Largura de Pulso;
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter ou Receptor/Transmissor Universal Assíncrono;
USB	Universal Serial Bus ou Barramento Serial Universal;
MHz	Mega hertz;
KHz	Quilo hertz;
RISC	<i>Rapid Instruction Set Controller</i> ;
AP	Access Point ou Ponto de Acesso;
OTA	Over-the-air ou Atualização de Software por Rede sem Fio;
ma	Miliampéres;
VDC	Tensão em Corrente Contínua;
LCD	<i>Liquid Cristal Display</i> ou Display de Cristal Líquido;
LED	<i>Light Emitting Diode</i> ou Diodo Emissor de Luz;
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arduino UNO	7
Figura 2 – Exemplo de um dashboard.....	7
Figura 3 – Nikola Tesla.....	9
Figura 4 - Exemplo de circuito elétrico CC	10
Figura 5 - Gráfico Tensão x Tempo – corrente contínua – carga resistiva.....	11
Figura 6 - Gráfico Corrente x Tempo – corrente contínua – carga resistiva.....	11
Figura 7 - Gráfico Tensão x Tempo – corrente alternada.....	12
Figura 8 - Gráfico Intensidade de Corrente x Tempo – corrente alternada	12
Figura 9 - Esquema de um gerador de tensão alternada	13
Figura 10 - Valores gráficos para média e média quadrática	14
Figura 11 - Triângulo das potências	16
Figura 12 - Arduino MEGA	17
Figura 13 - <i>Shield</i> WiFi ESP8266 ESP-12E	18
Figura 14 - Sensor voltímetro ZMPT101B	19
Figura 15 - Sensor de corrente não invasivo SCT013.....	20
Figura 16 - <i>Display</i> LCD 20x4.....	20
Figura 17 - Módulo adaptador I2C.....	20
Figura 18 - Esquema de ligação do conversor de tensão	22
Figura 19 - Calibragem do sensor voltímetro ZMPT101B	23
Figura 20 - Perspectiva do Protótipo Case Arduino	24
Figura 21 - <i>Dashboard</i> Tesla Monitor	25
Figura 22 - <i>Dashboard</i> com valores de tensão.....	26
Figura 23 - Tabela de tensões da CPFL.....	26
Figura 24 - Lâmpada led tipo bulbo desmontada	27
Figura 25 - Tesla Monitor em operação.....	30
Figura 26 - Vista lateral direita.....	30
Figura 27 - Vista lateral esquerda.....	30
Figura 28 - Vista em planta.....	30
Figura 29 - Vista lateral direita -.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 METODOLOGIA	6
1.2 CONCEITOS	8
1.2.1 A Eletricidade	8
1.2.2 Tensão Elétrica.....	10
1.2.3 Intensidade de Corrente Elétrica	10
1.2.4 Tensão e Corrente Alternada	11
1.2.5 Resistência Elétrica	14
1.2.6 Potência Elétrica.....	15
1.2.7 Cálculo do consumo de energia elétrica	16
2 DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS	17
2.1 DESCRIÇÃO DO HARDWARE	17
2.1.1 Arduino MEGA 2560.....	17
2.1.2 Shield WiFi ESP8266 ESP-12E	17
2.1.3 Sensor Voltímetro ZMPT101B.....	18
2.1.4 Sensor de corrente SCT-013 100A	19
2.1.5 Display LCD I2C 20x4 (20 colunas e 4 linhas)	20
2.2 MONTAGEM	21
2.3 MONITORAMENTO / RESULTADOS	25
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
3.1 IMAGENS DO PROTÓTIPO	30
4 REFERÊNCIAS	31
5 APÊNDICE	33
5.1 APÊNDICE A – Código de programação – Arduino MEGA.....	33

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é a principal fonte de energia do planeta. Fica difícil imaginar o mundo sem a eletricidade, visto que ela está presente em todos os segmentos da economia. Devido a sua grande relevância, desenvolveu-se uma pesquisa sobre os valores característicos da tensão entregue pela companhia de abastecimento de energia elétrica, bem como a qualidade no seu fornecimento. Muitas vezes seus clientes deparam-se com situações muito aborrecedoras, como a queima de um equipamento eletrônico sem um motivo aparente. Isso pode ser causado pelo desgaste natural dos componentes ou por problemas no fornecimento de energia. Flutuações na tensão bem como os surtos de tensão podem ocasionar dano aos equipamentos que utilizam componentes eletrônicos como transistores e circuitos integrados. Para constatar esses problemas utilizaremos de recursos de *hardware* e *software*, que farão o monitoramento dos valores de tensão e sua estabilidade. Paralelamente, será feita a mensuração do consumo e os valores da intensidade de corrente.

Cada Estado brasileiro possui uma concessionária ou uma permissionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica, em nosso caso a concessionária responsável é a Companhia Paulista de Força e Luz, CPFL. A CPFL especifica os limites mínimos e máximos de tensão fornecida, onde para rede monofásica 127 volts esses valores encontram-se na faixa de 117 volts, para valor mínimo, e 133 volts para valor máximo de tensão. Com base nesses valores serão realizadas as medições e verificar se a CPFL está entregando a tensão dentro dessa faixa.

Os equipamentos elétricos e eletrônicos produzidos no Brasil obedecem às normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que garantem o seu funcionamento dentro desses valores de tensão. Porém, hoje podemos constatar um aumento muito grande de produtos importados que infelizmente não passaram pelo processo de homologação junto INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia). Esses equipamentos muito provavelmente sofrerão alguma pane no decorrer do seu uso e devido à falta de fiscalização continuarão sendo comercializados indevidamente.

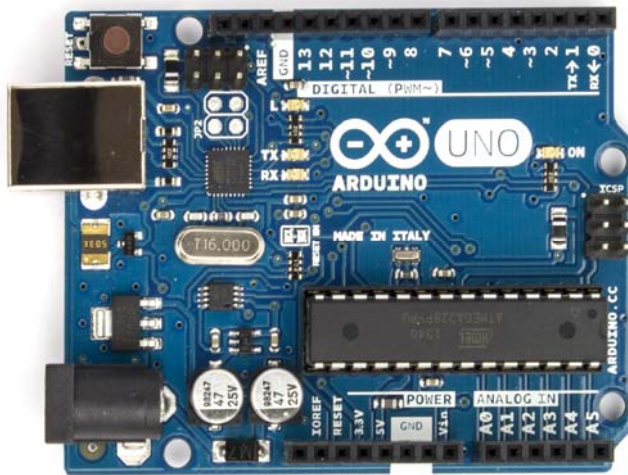
O objetivo deste trabalho será monitorar o fornecimento de energia elétrica, obtendo os valores de tensão mínima e máxima, bem como acompanhar o consumo de energia. Com os resultados obtidos será feita uma comparação com parâmetros adotados pela concessionária e verificar a qualidade de seu fornecimento.

1.1 METODOLOGIA

Para obtenção das informações necessárias, foram utilizados dispositivos eletrônicos denominados Arduínos. O Arduíno (Figura 1) foi criado em 2005 pelo professor Massimo Banzi na Itália. Banzi queria ensinar para seus alunos conceitos de programação e de eletrônica, porém enfrentava um problema, não havia placas de baixo custo no mercado e isso dificultaria a aquisição do produto por todos os seus alunos. Com isso Banzi decidiu criar uma placa de baixo custo que fosse semelhante a estrutura de um computador para que seus alunos tivessem a oportunidade de aprendizado. A sua placa, nomeada de Arduíno, foi um sucesso, recebendo uma menção honrosa na categoria Comunidades Digitais em 2006. Atualmente existem a venda várias placas semelhantes a original criada por Banzi, porém com componentes construídos por diversas outras pessoas. Isso se deve ao fato que o Arduíno original criado por Banzi e seus colegas é *Open Source*, ou seja, qualquer placa criada com a

mesma estrutura do Arduino original e que utilizasse sua linguagem padrão consegue realizar as mesmas funções que um Arduino original (ARDUINO, 2020).

Figura 1 – Arduino UNO

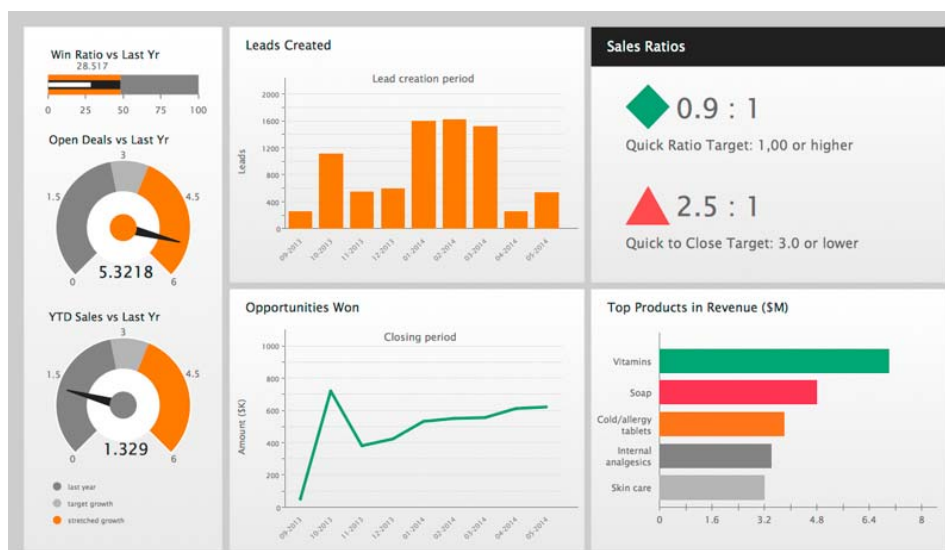


Fonte: Arduino

Além disso iremos desenvolver um *dashboard* para demonstrar os valores de tensão, corrente e consumo em tempo real, além de fornecer estatísticas sobre esses valores. Um *dashboard* é um painel visual que apresenta, de maneira centralizada, um conjunto informações, indicadores e suas métricas. É a forma mais eficiente de acompanhar múltiplas fontes de dados, já que fornece, em tempo real e em um único local, todas as informações necessárias para averiguar o desempenho de uma empresa, por exemplo.

Como os dados são exibidos em tempo real, não são necessárias longas horas para interpretar todos os indicadores e o tempo de comunicação dos resultados é mais curto e eficiente (Figura 2).

Figura 2 – Exemplo de um *dashboard*



Fonte: Google

Existem várias maneiras de se criar um *dashboard*. Antes esse processo era muito trabalhoso, demorado e exigia alocação de recursos financeiros razoáveis para o seu desenvolvimento. Hoje, com o avanço da tecnologia, isso se tornou muito mais fácil e prático com o surgimento de várias plataformas voltadas para essa finalidade.

Com a popularização de *smartphones*, *tablets* e plataformas microcontroladas / embarcadas, tornou-se possível desenvolver os mais diversos tipos de projetos integrando várias tecnologias com a finalidade de controlar algo ou obter informações. O aumento de popularidade do Arduino fez com que até mesmo quem nunca foi muito fã de tecnologia, passasse a buscar conhecimento para desenvolver os mais diversos tipos de projetos.

Neste trabalho será desenvolvido um *dashboard* para dispositivos móveis utilizando a plataforma desenvolvida pela Blynk. Ela é uma empresa de tecnologia criada pelo MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), que desenvolve infraestrutura para a Internet das Coisas (IOT). Os serviços da Blynk lidam com tudo, desde registros de usuários de várias plataformas até provisionamento de dispositivos, análise de dados de sensores e aprendizado de máquina. É uma excelente plataforma de trabalho e que representa hoje o futuro do desenvolvimento de aplicativos e sistemas voltados a IOT. Um dos pontos cruciais desse sistema é a possibilidade de controlar a plataforma de qualquer lugar do mundo através do aplicativo instalado no dispositivo móvel. Para isto, basta que a plataforma esteja configurada e conectada ao servidor Blynk através da internet e que o aplicativo no dispositivo móvel também possua conexão com a internet (BLINK, 2020).

1.2 CONCEITOS

1.2.1 A Eletricidade

Segundo o dicionário de língua portuguesa Michaelis, a palavra eletricidade significa “Forma de energia natural, ligada aos elétrons, que se manifesta por atrações e repulsões, fenômenos luminosos, químicos e mecânicos. Existe em estado potencial (eletricidade estática) como carga (tensão), ou em forma cinética (eletricidade dinâmica) como corrente”. Energia na Física é um conceito extremamente importante e representa a capacidade de produzir trabalho (TODA MATERIA, 2020).

A energia elétrica é capacidade de trabalho de uma corrente elétrica. Desde 1800, com a descoberta da bateria elétrica por Alessandro Volta, o estudo da corrente elétrica (eletrodinâmica) se desenvolve rapidamente, com destaque para as experiências de Oersted, François Arago e principalmente Faraday, que mostrou que um ímã, movimentando-se nas proximidades de um condutor, produz uma corrente elétrica, e assim deu-se início à Era do Eletromagnetismo (BRASILESCOLA, 2020).

A geração de eletricidade é algo recente na história, data do início do século XX e teve como protagonistas dois grandes nomes: Thomas Edison e Nikola Tesla.

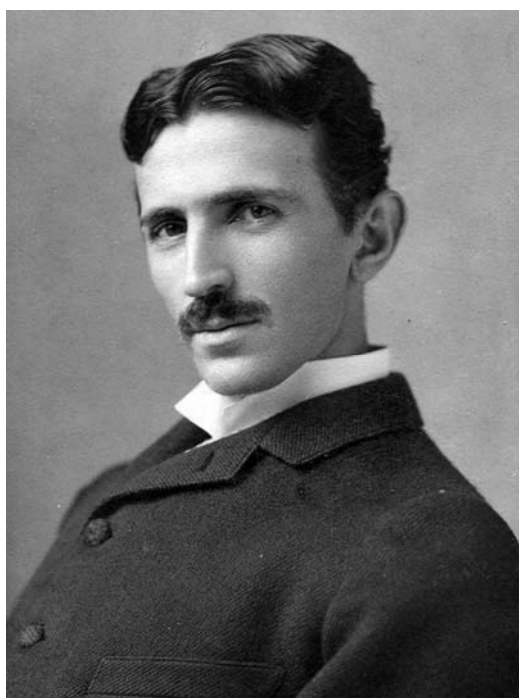
Thomas Alva Edison nasceu no dia 11 de fevereiro de 1847 na cidade de Milan, Estado de Ohio, foi um inventor, cientista e empresário norte americano. Ele teve um papel importante na revolução tecnológica do século XX, onde a sua principal criação foi a lâmpada elétrica incandescente. Desenvolveu também um sistema de geração e distribuição de energia elétrica, na forma de corrente contínua, que por algum tempo se tornou modelo (EBIOGRAFIA, 2020).

Esse tipo de geração de eletricidade, apesar de ser mais segura, acarreta sérios problemas quando se trata de enviar energia por longas distâncias, além da dificuldade de se elevar ou diminuir os valores de tensão e intensidade de corrente.

Nikola Tesla (Figura 3) nasceu em 10 de julho de 1856 em Smiljan, Lika, que era então parte do Império Austro-Húngaro, região da Croácia. Estudou na Realschule, Karlstadt em 1873, o Instituto Politécnico em Graz, na Áustria e na Universidade de Praga quando ficou fascinado com eletricidade. A partir daí, iniciou sua carreira como engenheiro eletricitista em uma companhia telefônica em Budapeste em 1881. Mais tarde, Tesla recebeu e aceitou uma oferta para trabalhar para Thomas Edison, em Nova York. Lá, ele começou a melhorar a linha de dínamos de Edison, enquanto trabalhava no laboratório em Nova Jersey. Foi aí que começou a sua divergência de opinião com Edison sobre corrente contínua e corrente alternada. Apesar de muitas descobertas importantes, as divergências entre ele e Thomas Edison, o fez, em 1912, recusar em dividir o Prêmio Nobel de Física. Assim, o prêmio acabou sendo dado a outro pesquisador. Entre suas contribuições para o avanço do mundo moderno estão o desenvolvimento do rádio, demonstrando a transmissão sem fios em 1894, robótica, controle remoto, radar, ciência computacional, balística, física nuclear e física teórica (EBIOGRAFIA, 2020).

Um gênio, visionário e inovador, considerado o “Pai da Corrente Alternada”, responsável pelo padrão de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica mundial. A corrente alternada é muito mais versátil que a corrente contínua; nela a inversão de polaridade ocorre em ciclos de 50 ou 60 hertz. Isso permite transformar tensão e intensidade de corrente de forma fácil e eficaz, através de dispositivos denominados transformadores. Esses dispositivos utilizam somente fios de cobre esmaltados e aço silício, que os tornam baratos e fáceis de se fabricar. Graças às descobertas de Nikola Tesla hoje podemos desfrutar dos benefícios da energia elétrica. Em sua homenagem, demos o nome a este trabalho de **“TESLA MONITOR”**.

Figura 3 – Nikola Tesla

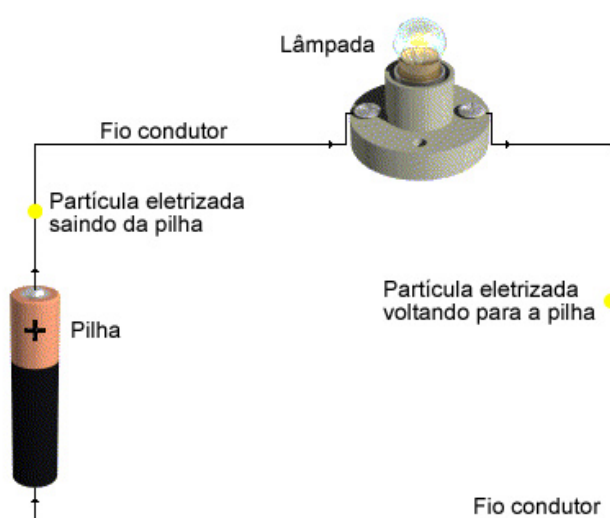


Fonte: Google

1.2.2 Tensão Elétrica

Tensão elétrica ou diferencial de potencial (DDP) é a diferença de potencial entre dois pontos. A tensão elétrica também pode ser explicada como a quantidade de energia gerada para movimentar uma carga elétrica. Em um condutor, por onde circula a carga de energia elétrica, a diferença entre o gerador (equipamento responsável por gerar energia) e o consumidor (que pode ser uma lâmpada ou outro equipamento) é que simboliza qual é a tensão, em volts, que existe nesse condutor (INFOESCOLA, 2020).

Figura 4 - Exemplo de circuito elétrico CC



Fonte: Infoescola

Sendo assim, podemos deduzir o cálculo da tensão pela seguinte equação:

$$U = \frac{E}{Q}$$

Onde:

U Tensão elétrica;
 E Energia elétrica (j);
 Q Quantidade de carga eletrizada (c).

1.2.3 Intensidade de Corrente Elétrica

A intensidade de corrente elétrica representa a quantidade de carga elétrica que atravessa a seção reta de um condutor por unidade de tempo. A intensidade de corrente representa-se por I e a sua unidade SI é o ampere em homenagem ao físico e matemático francês André Ampère (1775-1836). A corrente elétrica é causada por uma diferença de potencial elétrico (DDP/ tensão). E ela é explicada pelo conceito de campo elétrico, ou seja, ao considerar uma carga A positiva e outra B, negativa, então há um campo orientado da carga A para B. Ao ligar-se um fio condutor entre as duas os elétrons livres tendem a se deslocar no sentido da carga positiva, devido ao fato

de terem cargas negativas, lembrando que sinais opostos são atraídos (SOFISICA, 2020).

A corrente elétrica pode ser calculada pela razão entre o módulo da carga elétrica que atravessa um condutor pelo intervalo de tempo:

$$i = \frac{|\Delta Q|}{\Delta t}$$

Onde:

i Intensidade de corrente (a);

ΔQ Carga elétrica (c);

Δt Intervalo de tempo (s).

No caso dos metais condutores, nos quais a condução é realizada pela movimentação de elétrons, podemos calcular a corrente elétrica em função do número de elétrons que atravessam-nos a cada segundo. Para isso, é necessário lembrar da quantização da carga elétrica, essa propriedade da matéria informa que a quantidade de carga total armazenada em um corpo é dada por um múltiplo inteiro da carga fundamental ($e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ c) presente nos prótons e nos elétrons:

$$Q = n \cdot e$$

Onde:

Q Carga elétrica (c);

n Número de elétrons;

e Carga elétrica fundamental.

Logo podemos deduzir que:

$$i = \frac{|n \cdot e|}{\Delta t}$$

1.2.4 Tensão e Corrente Alternada

Em corrente contínua, tanto a tensão quanto a intensidade de corrente se mantêm constante com o passar do tempo, não alterando a sua polaridade e nem a sua direção. Podemos representá-las graficamente:

Figura 5 - Gráfico Tensão x Tempo – corrente contínua – carga resistiva

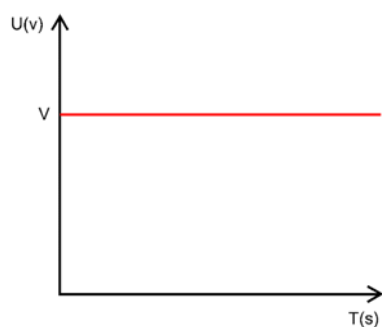
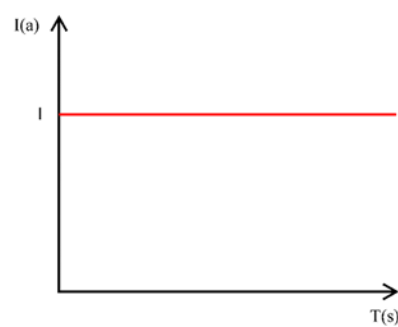


Figura 6 - Gráfico Corrente x Tempo – corrente contínua – carga resistiva



Em corrente alternada, os valores de tensão e corrente sofrem variações no decorrer do tempo, apresentando um semiciclo positivo e um semiciclo negativo para a tensão. A intensidade de corrente também sofre variações, invertendo seu sentido a cada inversão de semiciclo, porém mantendo os mesmos valores. O formato da onda é senoidal, ou seja, ela se comporta como a função trigonométrica seno (MARKUS, 2001. p. 120)

Figura 7 - Gráfico Tensão x Tempo – corrente alternada

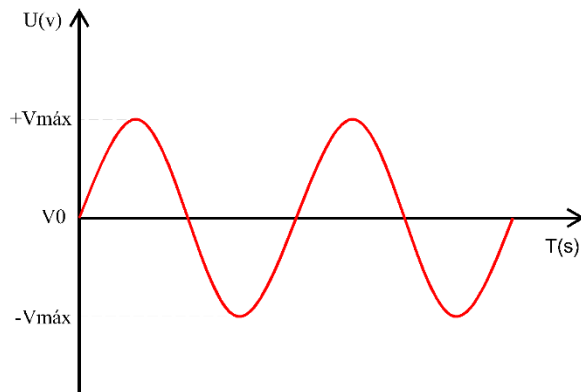
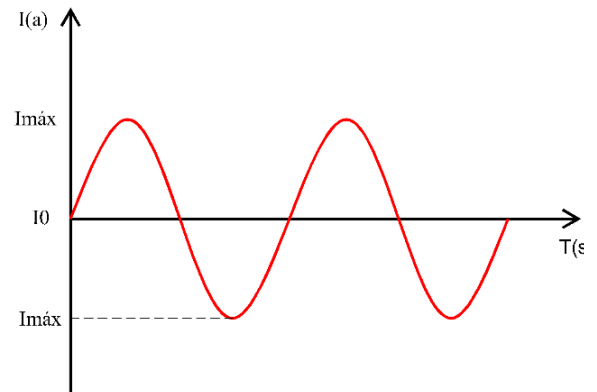


Figura 8 - Gráfico Intensidade de Corrente x Tempo – corrente alternada



O cálculo das tensões e correntes alternadas são dadas pelas seguintes fórmulas:
Para tensão:

$$v(t) = V_{máx} \cdot \text{sen}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

Para intensidade de corrente:

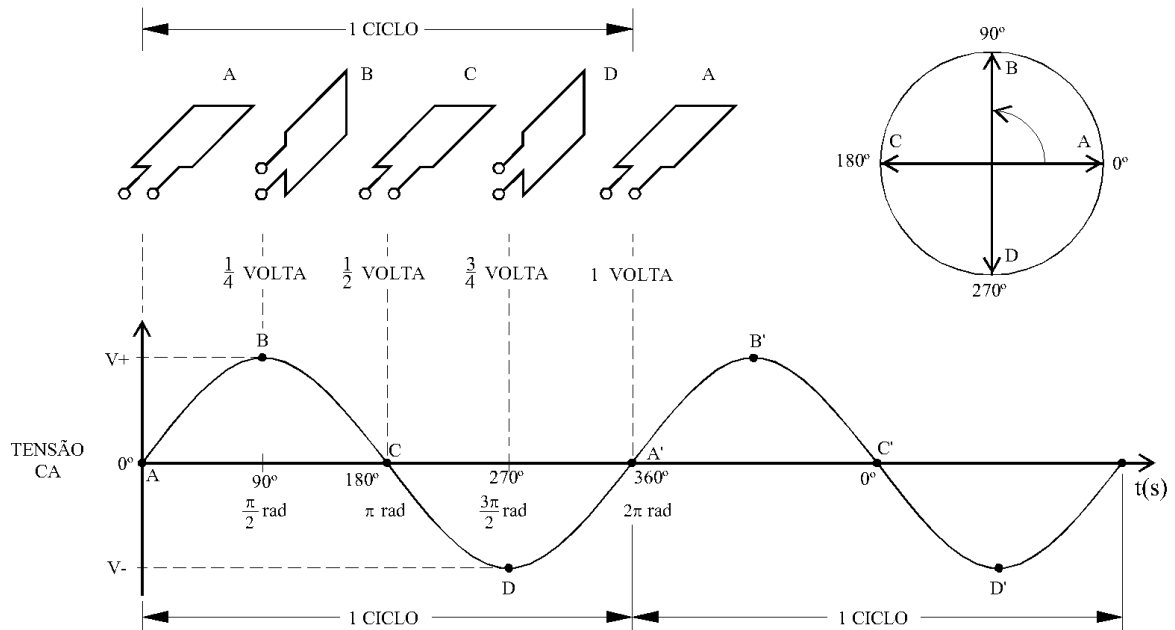
$$i(t) = I_{máx} \cdot \text{sen}(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

Onde:

- $V_{máx}$ Tensão no máximo da senóide em volts (v);
- $I_{máx}$ Intensidade de corrente no máximo da senóide em amperes (a);
- f Frequência do sinal em hertz (hz);
- t Tempo em segundos (s).

A figura 9, abaixo, retrata de forma simples como a energia elétrica é gerada e o formato senoidal da onda:

Figura 9 - Esquema de um gerador de tensão alternada



Fonte: Msc. Caio Marcelo de Miranda

Observe que A, B, C e D são as posições que a bobina do gerador assume durante seu funcionamento. A cada ciclo, a tensão inverte a sua polaridade e no Brasil isso ocorre 60 vezes por segundo, pelo padrão de 60 hz adotado.

Devido ao formato de onda senoidal, quando mensuramos a tensão com um voltímetro de corrente alternada, o valor resultante representa o valor eficaz da tensão ou a média quadrática (RMS) (Figura 10), dada pela fórmula:

$$V_{RMS} = \frac{V_{MÁX}}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad V_{RMS} = 0,707 \cdot V_{MÁX}$$

Onde:

V_{RMS} Tensão eficaz (v)
 $V_{MÁX}$ Tensão de pico (v)

Podemos deduzir que isto se aplica também a intensidade de corrente:

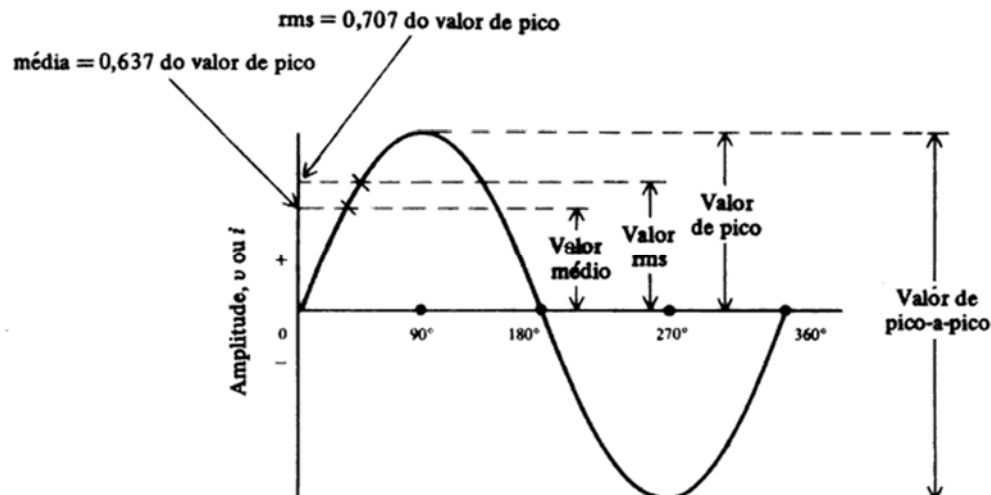
$$I_{RMS} = \frac{I_{MÁX}}{\sqrt{2}} \quad \text{ou} \quad I_{RMS} = 0,707 \cdot I_{MÁX}$$

Onde:

I_{RMS} Corrente eficaz (v)
 $I_{MÁX}$ Corrente de pico (v)

Isso pode ser conferido graficamente:

Figura 10 - Valores gráficos para média e média quadrática



Fonte: Paulo Brites

1.2.5 Resistência Elétrica

A resistência elétrica é a capacidade de um material de se opor à corrente elétrica. Ela está ligada ao choque entre elétrons livres e átomos no interior dos materiais condutores. A unidade de medida da resistência no SI é o Ohm (Ω), em homenagem ao físico alemão George Simon Ohm.

Quando um condutor é submetido a uma diferença de potencial, ele passa a ser percorrido por uma corrente elétrica, que é constituída pelo movimento de elétrons livres no interior do condutor. Quando esses elétrons livres entram em movimento, começam a colidir entre si e com os átomos do condutor. Quanto maior o número de colisões, maior a dificuldade encontrada pela corrente elétrica em “atravessar” o condutor. Essa dificuldade de movimento das cargas é que caracteriza a resistência elétrica.

A resistência elétrica varia conforme o comprimento, a largura e a natureza do material do condutor, além da temperatura a que ele é submetido. Todos esses fatores são relacionados por uma equação conhecida como Segunda Lei de Ohm (GOUVEIA, 2020):

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Onde:

- R Resistência elétrica do material;
- ρ Resistividade do material;
- l Comprimento do condutor;
- A Área da seção transversal do condutor.

Podemos observar na equação que a resistência é diretamente proporcional ao comprimento l do condutor, ou seja, quanto maior o comprimento, maior será a resistência. Ela também é inversamente proporcional à área do condutor, pois, quanto

maior a área, mais fácil é a passagem dos elétrons e, conseqüentemente, menor a resistência do material.

A resistência elétrica também pode sofrer variação conforme a variação da tensão e da corrente elétrica de um condutor. Isso ocorre porque, quanto maior a intensidade da corrente elétrica (i), menor a dificuldade que os portadores de carga enfrentam para movimentar-se, ou seja, menor a resistência. A diferença de potencial V entre as extremidades de um condutor é proporcional à corrente que o atravessa. A resistência é a constante de proporcionalidade entre eles e pode ser definida a partir da Primeira Lei de Ohm como (GOUVEIA, 2020):

$$U = R.I \quad \text{ou} \quad R = \frac{U}{I}$$

Onde:

R Resistência elétrica do material (Ω)
 U Valor da tensão aplicada no condutor (v);
 I Valor da intensidade de corrente que passa pelo condutor (i).

1.2.6 Potência Elétrica

Potência elétrica pode ser definida como a rapidez com que um trabalho é realizado por uma unidade de tempo. A unidade de potência no sistema internacional de medidas é o watt (w), em homenagem ao matemático e engenheiro James Watts que aprimorou a máquina à vapor. No caso dos equipamentos elétricos, a potência indica a quantidade de energia elétrica que foi transformada em outro tipo de energia por unidade de tempo, por exemplo um ferro de passar roupa que converte a energia elétrica em calor ou um motor elétrico que a converte em movimento.

Para calcular a potência elétrica utilizamos a seguinte fórmula:

$$P = U.I$$

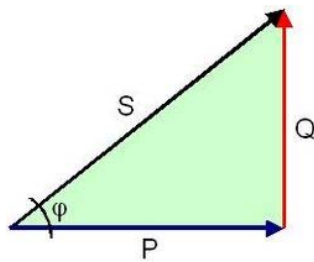
Onde:

P Potência (w);
 U Tensão submetida ao equipamento (v);
 I Intensidade de corrente que percorre o equipamento (i).

Para corrente alternada o cálculo da potência é também influenciada pelo tipo de equipamento, no qual o Fator de Potência (FP) deve ser levado em consideração. O FP é uma relação entre potência ativa e potência reativa, definido pela razão da potência real ou potência ativa pela potência total ou potência aparente. Um FP alto indica uma boa eficiência quanto ao uso de energia, isto é, uma grande parte da energia drenada é transformada em trabalho. Contrário a isso, um fator de potência baixo indica que você não está aproveitando plenamente a energia consumida (que é a energia adquirida da concessionária) (GOUVEIA, 2020).

O fator de potência (FP) de um circuito de corrente alternada tem três componentes (Figura 11): potência ativa (P), medida em watts (w); potência aparente (S ou N), medida em volt-ampères (va); e potência reativa (Q), medida em var (volt-ampere reativo). O FP é o cosseno do ângulo de fase, de tal modo que quanto mais próximo de 1, mais potência útil está disponível na rede (MARKUS, 2001. p. 175).

Figura 11 - Triângulo das potências



Com isso, a potência pode ser expressada da seguinte maneira:

$$P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$$

Onde:

P Potência (w);

U Tensão submetida ao equipamento (v);

I Intensidade de corrente que percorre o equipamento (i);

$\cos(\varphi)$ Fator de potência (adimensional).

1.2.7 Cálculo do consumo de energia elétrica

Quando um equipamento elétrico fica em funcionamento durante um determinado intervalo de tempo, podemos calcular a energia elétrica que foi consumida. Para fazer esse cálculo, basta multiplicar a potência do equipamento pelo tempo de funcionamento, assim a energia elétrica é encontrada usando-se a fórmula:

$$C_{EL} = P \cdot \Delta t$$

Onde:

C_{EL} Consumo de energia elétrica (w/h);

P Potência do equipamento (w);

Δt Intervalo de tempo (h);

Os equipamentos elétricos vêm com as especificações de tensão e potência. Essa potência, geralmente em watts (w), representa também o seu consumo por unidade de tempo, no caso pelo funcionamento durante 1 hora. Com isso, se desejarmos calcular o seu consumo, basta multiplicar a potência pelo tempo em que permaneceu ligado (GOUVEIA, 2020).

2 DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

2.1 DESCRIÇÃO DO HARDWARE

Para a realização deste trabalho foram adquiridos os seguintes módulos Arduínos:

- A) 1 Placa microcontroladora Arduino MEGA 2560;
- B) 1 Shield WiFi ESP8266 ESP-12E;
- C) 2 Sensores de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B;
- D) 2 Sensores de corrente SCT-013 100 amperes;
- E) 1 Display LCD I2C 20x4.

2.1.1 Arduino MEGA 2560

O Arduino Mega 2560 (Figura 12) é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega2560. Possui 54 pinos de entrada / saída digitais (dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (portas seriais de hardware), um oscilador de cristal de 16 MHz, uma conexão USB, uma tomada de força, um cabeçalho ICSP, 256 KBytes de memória *Flash* (programas), 8 KBytes de memória estática SRAM, 4 KBytes de memória não-volátil EEPROM e um botão de reset. A placa Mega 2560 é compatível com a maioria dos shields projetados para o Arduino Uno e as placas anteriores Duemilanove ou Diecimila (ARDUINO, 2020).

Figura 12 - Arduino MEGA



Fonte: Arduino.cc

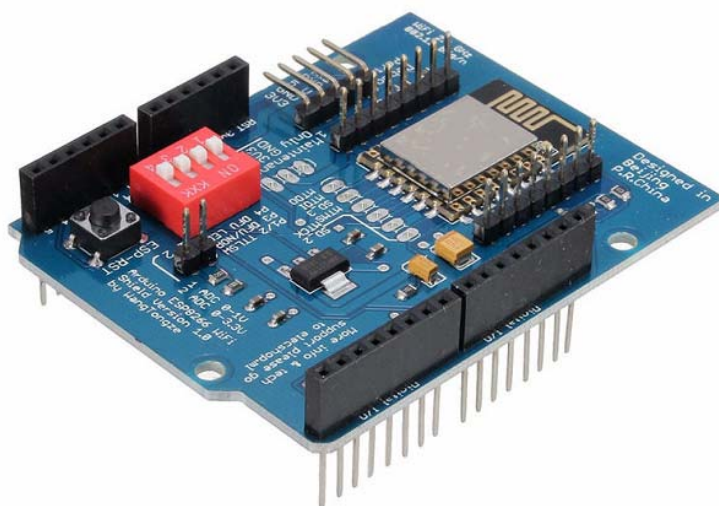
2.1.2 Shield WiFi ESP8266 ESP-12E

O Shield WiFi ESP8266 (Figura 13) (também conhecido como ESP8266 ESP-12E *UART Wireless WIFI Shield TTL Converter*) foi desenvolvido com a finalidade de facilitar a conexão do Arduino a redes WiFi através do ESP8266 modelo ESP-12E. Geralmente, é necessário montar um circuito com vários componentes e fiação para interligar um ESP8266 ao Arduino, contudo, ao utilizar o *Shield WiFi ESP8266 ESP-*

12E o trabalho se resume apenas em acoplar a placa em cima do Arduino, posicionar as vias da DIP switch de acordo com o modo de funcionamento do *shield* e programar o Arduino para se conectar a redes WiFi. Além disso, a placa pode ser utilizada sem o Arduino, pois possui toda pinagem do ESP-12E disponível. As principais características desse *shield* são:

- Arquitetura RISC de 32 bits;
- Processador pode operar em 80MHz / 160MHz;
- 32Mb de memória flash;
- 64kB para instruções;
- 96kB para dados;
- WiFi nativo padrão 802.11b/g/n;
- Opera em modo AP, *Station* ou AP + *Station*;
- Possui 11 pinos digitais;
- Possui 1 pino analógico com resolução de 10 bits;
- Pinos digitais, exceto o D 0 possuem interrupção, PWM, I2C e *one wire*;
- Programável via USB ou WiFi (OTA);
- Compatível com a IDE do Arduino;
- Compatível com módulos e sensores utilizados no Arduino;

Figura 13 - *Shield* WiFi ESP8266 ESP-12E



Fonte: Google

2.1.3 Sensor Voltímetro ZMPT101B

O Sensor de Tensão AC 0 a 250V Voltímetro ZMPT101B (Figura 14) é um módulo de alta precisão que tem como finalidade detectar a existência de tensão alternada em um circuito ou fazer a medição do valor de tensão. Também contém um circuito com amplificador operacional para compensar o deslocamento da saída analógica. Pode medir baixa tensão e a saída analógica é ajustável com o potenciômetro na placa. É um módulo ideal para aplicações de monitoramento de energia, muito comum em aplicações de automação residencial. Devido à natureza dos transformadores, ele só pode medir a tensão CA. Suas características são:

- Transformador: ZMPT101B
- Tipo de sensor: detector de tensão / voltímetro
- Tensão de alimentação do módulo: 5 a 30VDC

- Tensão de entrada: 0 a 250VAC
- Corrente de entrada nominal: 2ma
- Corrente de saída nominal: 2ma
- Proporção: 1000:1000
- Faixa linear: 0-1000V
- Linearidade: 0,2%
- Isolamento tensão: 4000V
- Precisão de leitura: $\pm 1\%$
- Temperatura de operação: -40° a 70° celsius

Figura 14 - Sensor voltímetro ZMPT101B



Fonte: Google

2.1.4 Sensor de corrente SCT-013 100A

O sensor de corrente SCT-013-000 (Figura 15) tem capacidade para medir correntes CA (corrente alternada) até 100 amperes RMS. É um sensor não invasivo, ou seja, ele não é eletricamente conectado ao circuito medido. Na prática, trata-se de um transformador de corrente com razão de 100 para 0.05, ou seja, uma corrente no primário de 100 amperes aparece no secundário como uma corrente de 50 ma (miliamperes). Esse sensor não serve para medição de corrente contínua CC, somente para CA. Sempre lembrando que quando falamos de corrente, estamos falando dos valores RMS, ou seja, o pico de corrente medido pelo sensor é maior, cerca de 142 amperes, o que corresponde ao valor RMS multiplicado por 1.4142 (raiz quadrada de dois).

O sensor possui uma abertura por onde o fio com a corrente a ser medida deve ser passado (em uma casa, seria ou a fase ou o neutro). Esse fio funciona como o primário do transformador, gerando no secundário uma corrente proporcional, de acordo com a razão de transformação do circuito. Uma diferença importante é que este sensor tem sinal de saída de corrente e não de tensão. Assim, é preciso um circuito adicional na saída para converter a corrente de saída em uma tensão passível de ser lida pelo Arduino. Isso será descrito posteriormente. Suas principais características são:

- Corrente de entrada: 0-100 a;
- Corrente de saída: 0-50 ma;
- Material do Core: Ferrite;
- Dimensão abertura: 13 x 13mm;
- Temperatura de trabalho: -25 a $+70^{\circ}\text{C}$;

Figura 15 - Sensor de corrente não invasivo SCT013



Fonte: Google

2.1.5 Display LCD I2C 20x4 (20 colunas e 4 linhas)

Para o desenvolvimento deste projeto, o uso de um display de LCD (cristal líquido) seria desnecessário visto a utilização de um aplicativo para acompanhar o monitoramento das informações. Porém, utilizaremos o display LCD afim de acompanhar a leitura dos valores diretamente no sistema, caso ocorra algum problema com a internet.

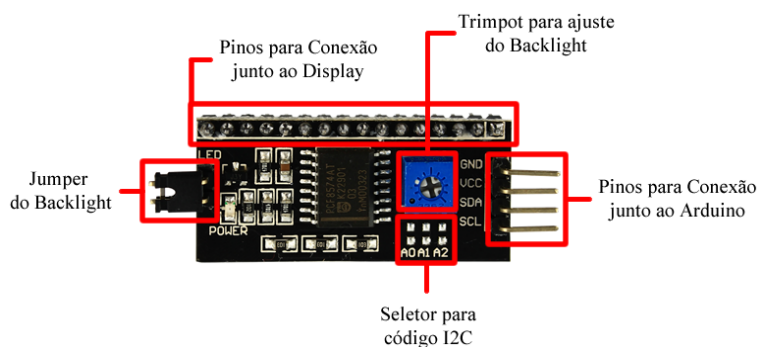
O display de LCD (Figura 16) possui 4 linhas de informação por 20 colunas de distribuição dos caracteres alfanuméricos. Possui também um módulo adaptador I2C que facilita bastante as ligações na placa microcontroladora Arduino MEGA.

Figura 16 - *Display* LCD 20x4



Fonte: Google

Figura 17 - Módulo adaptador I2C



Fonte: UsinaInfo

2.2 MONTAGEM

Para a realização de testes em bancada foram utilizados também protoboards, jumpers macho/macho e macho/fêmea, além de cabos e adaptadores.

A montagem das placas obedeceu às recomendações do fabricante e também a orientação de colaboradores, através de *chats* e *blogs*.

Primeiramente foi utilizada uma placa Arduino UNO para a realização dos testes em bancada. Nela foram ligados os sensores e o display LCD que funcionaram perfeitamente. O sensor de corrente SCT013 tem uma particularidade em sua montagem por ser um sensor não invasivo. Ela necessita de um circuito adicional na saída para converter a corrente de saída em uma tensão passível de ser lida pelo Arduino UNO ou NEGA.

Basicamente, primeiro é necessário saber qual a relação entre a entrada e saída. Para isso, apenas dividimos a corrente de entrada pela razão de transformação. No nosso caso, $100/0,05 = 2000$. Assim, sabemos que a corrente medida é a corrente de saída multiplicada por 2000. Para poder ler o sinal de saída, deve-se converter a corrente de saída para uma tensão dentro da faixa de medição do Arduino. Para isso é usado um resistor de carga em conjunto com um circuito. Aqui temos um detalhe, a corrente é alternada, ou seja, ela tem ciclos positivos e negativos. Como o Arduino não lê tensões negativas, temos que garantir também que a tensão seja sempre positiva.

A) Dimensionamento do resistor de carga

Para calcular o resistor de carga (OLIVEIRA, 2018), determina-se que a tensão máxima sobre ele tem que ser 2,5 v (tensão máxima lida pelo Arduino dividido por dois). Para garantir que a tensão no pino do Arduino varie entre 0 - 5 v, é utilizado um pequeno divisor de tensão para somar 2,5 v à tensão do resistor de carga. Assim, tem-se uma tensão variando em torno de 2,5 v. Temos que saber também o pico de corrente ao qual o resistor de carga será submetido. Sabendo que a corrente RMS máxima de saída é 0,05A, o pico de corrente é 0,0707 A. Assim, o resistor de carga que será usado é de:

$$R_{CARGA} = \frac{V_{MAXSENSOR}}{I_{MAXSENSOR}} \rightarrow R_{CARGA} = \frac{2,5}{0,0707} \rightarrow R_{CARGA} = 35,40 \, \Omega$$

Adotou-se o valor do resistor de 33 Ω por se tratar de um valor comercial, ou seja, ele é facilmente encontrado no mercado. Nos valores de pico, a potência instantânea dissipada pelo resistor será $2,5 \times 0,0707 = 0,177$ w. Saber esse valor é importante para comprar um resistor que seja capaz de suportar a potência que será dissipada. Com esses valores, a tensão no resistor vai variar de 2,33v no pico positivo ($33 \times 0,0707$) e - 2,33 v no pico negativo ($33 \times -0,05$). E a tensão no pino do Arduino vai variar de $2,5 - 2,33 = 0,17$ v até $2,5 + 2,33 = 4,83$ v. Ou seja, garantimos que a corrente alternada senoidal seja convertida em uma tensão senoidal que varia no intervalo de medição do Arduino. Todos esses valores são sugeridos pelo *openenergymonitor*, que desenvolveu uma biblioteca que calcula o valor de corrente medido a partir desse sinal de tensão que acabamos de construir. É preciso ainda que encontrar um valor de calibração, que é passado como argumento da função

emon1.current (pino, calibracao) que será usado. O cálculo desse parâmetro é feito da seguinte forma:

$$\text{Valor de calibração} = \frac{2000}{33} = 60,606 \cong 61$$

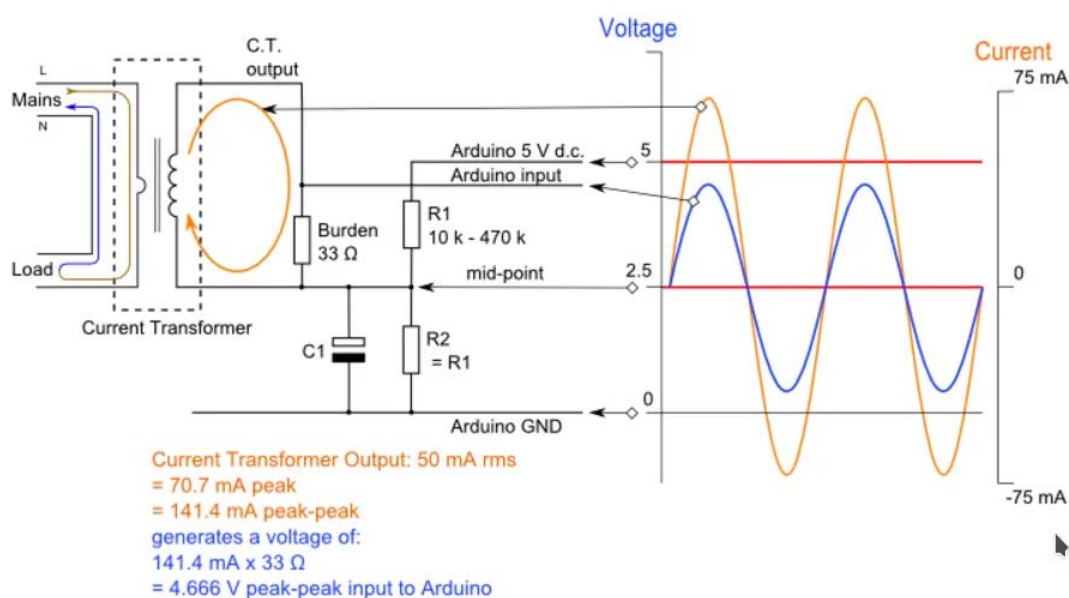
Onde:

2000 é a relação de transformação de 100 amperes para 50 miliamperes

33 é o valor do resistor de carga

Além deste resistor de 33 Ω , utiliza-se mais 2 resistores de 100 K Ω , R1 e R2 para o divisor de tensão e 1 capacitor eletrolítico C1 de 10 μf que funciona como filtro, como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Esquema de ligação do conversor de tensão



Fonte: DOBITAOBYTE

Para ler a corrente é chamada a função *EnerMonitor.calcIrms*(1240), em que 1240 (OLIVEIRA, 2018) é o número de amostras usadas para determinar o valor da corrente.

O sensor voltímetro ZMPT101B não necessitou de circuito adicional para o seu funcionamento. Porém, efetuamos a calibragem com a ajuda de um multímetro digital de boa precisão, da marca MINIPA, modelo ET-2042E *True RMS*. O procedimento consistiu em colocar o multímetro, na função de voltímetro de corrente alternada, com fundo de escala ajustado para 600 volts em paralelo com a entrada do sensor. Com o auxílio de uma mini-chave de fenda, foi-se girando o parafuso de ajuste do sensor até que a leitura no display LCD igualasse ao valor da tensão indicada no voltímetro (multímetro), como mostra a Figura 19:

Figura 19 - Calibragem do sensor voltímetro ZMPT101B



Antes da realização da calibragem do sensor voltímetro, houve a necessidade de programação da placa controladora Arduino UNO.

B) Programação do Arduino UNO / MEGA

Um programa de computador, ou *software*, é uma sequência de instruções que são enviadas para o computador. Cada tipo de microprocessador (cérebro) entende um conjunto de instruções diferente, ou seja, o seu próprio "idioma". Também chama-se esse idioma de linguagem de máquina.

As linguagens de máquina são, no fundo, as únicas linguagens que os computadores conseguem entender, porém elas são muito difíceis para os seres humanos compreenderem. Por isso que é utilizada uma ferramenta chamada linguagem de programação. No caso de sistemas como o Arduino (os chamados sistemas embarcados), o *software* que roda no microprocessador é também chamado de firmware e que necessita de instruções da linguagem de programação para funcionar.

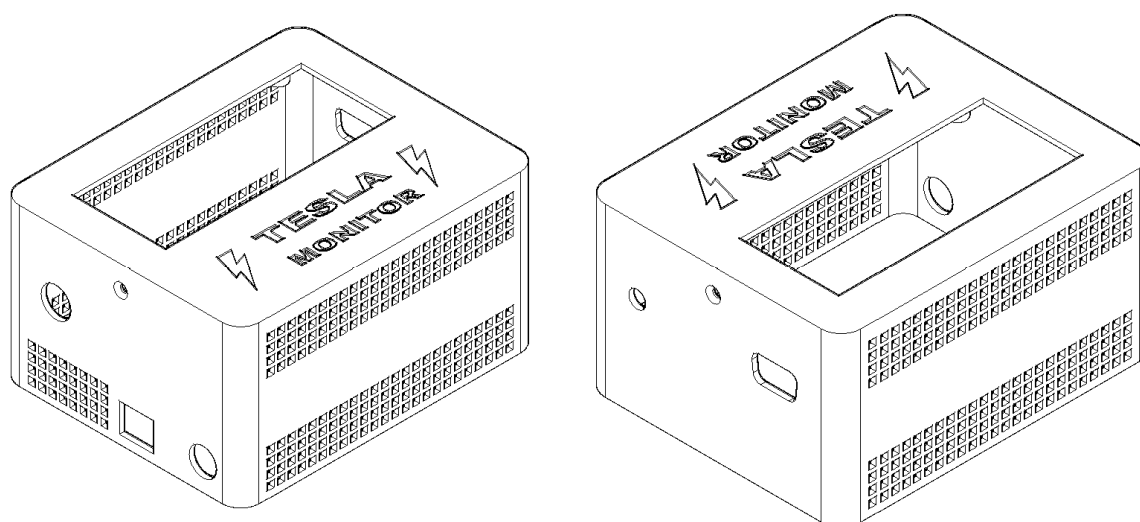
Essas linguagens de programação também são chamadas de linguagens de programação de alto nível. A linguagem de programação utilizada no Arduino atualmente é a linguagem C++ (com pequenas modificações), que é uma linguagem muito tradicional e conhecida (CHAVIER, 2018).

Para o desenvolvimento deste projeto, foi utilizada a IDE própria do Arduino para escrever o código de programação. Ela é gratuita e disponibilizada no link <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Além disso, para cada tipo de aplicação ou placas a serem utilizadas é necessário a obtenção de bibliotecas específicas. Os detalhes de quais bibliotecas foram utilizadas no projeto encontram-se no código de programação do Arduino, nos Apêndices deste trabalho.

Antes de colocarmos o projeto para realizar as medições, houve a necessidade de acondicionar os componentes eletrônicos em um "case" apropriado, devido ao risco de curto circuito. Como não existe algo do gênero, específico para o projeto,

resolvemos “moldar” uma caixa em impressora 3D. Utilizando o Autocad, os componentes da caixa foram perfilados e modelados de acordo com as dimensões das placas, obtendo o seguinte resultado (Figura 20):

Figura 20 - Perspectiva do Protótipo Case Arduíno



Após a modelagem, os componentes do case foram exportados no formato STL e preparados para a impressão no *software open source* *MATTER CONTROL V. 2.20.4.10449*.

Com o case pronto, as placas e os *shields* Arduinos foram devidamente montados. Durante os testes preliminares, verificamos que o sistema não funcionava quando o *shield wi-fi* e o *display LCD* eram conectados simultaneamente. Fizemos uma vasta pesquisa na internet, consultamos blogs e técnicos ligados a Arduínos e infelizmente não conseguimos resolver o problema.

Verificando os projetos com Arduino UNO disponibilizados na internet, observamos que a quantidade de *shields* e sensores envolvidos era pequena, um ou dois no máximo. Nosso projeto conta com 4 sensores 1 *shield wi-fi* e um display LCD. A quantidade de sensores e *shields* que o Arduino UNO tinha que controlar ultrapassavam sua capacidade de processamento. Então decidimos adquirir uma placa controladora mais potente, o Arduino MEGA. Com isso, elevou-se a capacidade de processamento e na primeira montagem o sistema funcionou perfeitamente.

Paralelamente a estes acontecimentos, foi desenvolvido o aplicativo *Dashboard* para *Android* na plataforma Blynk, como mostra a Figura 21.

Figura 21 - *Dashboard Tesla Monitor*

Com o *hardware* montado e funcionando e o aplicativo desenvolvido passou-se a monitorar a energia elétrica.

2.3 MONITORAMENTO / RESULTADOS

O sistema permaneceu ligado 24 horas por 21 dias. Durante esse período, foi possível acompanhar a evolução do consumo, que aumentava gradativamente com o passar dos dias. Porém, passados 21 dias foi observado que o consumo estava muito abaixo do esperado, praticamente a metade, 85 kw. Resolveu-se, então, interromper o monitoramento para descobrirmos a falha que, a princípio, indicava ser um dos sensores de corrente.

Foi realizada a checagem do hardware para constatar problemas como mal contato, curtos circuitos, sensor com problema etc. Todos os elementos de hardware estavam funcionando corretamente, a próxima etapa foi a checagem da programação.

Constatou-se que havia sido atribuída a mesma instância *EnerMonitor* para ambos os sensores de corrente:

```
EnerMonitor.current(InputSCT1, I_calibration); // configura pino SCT1 e fator de calibração
EnerMonitor.current(InputSCT2, I_calibration); // configura pino SCT2 e fator de calibração
```

A expressão correta seria:

```
EnerMonitor.current(InputSCT1, I_calibration); // configura pino SCT1 e fator de calibração
EnerMonitor2.current(InputSCT2, I_calibration); // configura pino SCT2 e fator de calibração
```

Feitas as correções, foram realizados os testes novamente e o sistema foi colocado para monitorar a energia. Além desse contratempo, foi ajustado a fórmula do cálculo do consumo de energia. Observou-se que o microcontrolador do Arduino Mega não realiza cálculos complexos, isto é, cálculos envolvendo várias variáveis e várias operações em um único ciclo. A solução foi criar mais variáveis e separar o cálculo envolvendo no máximo duas operações. Com isso conseguimos realizar as medições do consumo por segundo e acumulá-los em uma variável. Os detalhes poderão ser conferidos no código de programação constante no Apêndice deste trabalho.

Foi realizado o monitoramento por alguns dias e pode-se observar que a tensão sofreu variações significativas, da ordem de 11,19 volts, em uma das fases (Figura 22).

Figura 22 - *Dashboard* com valores de tensão



Pode-se observar também que a tensão máxima em uma das fases excedeu o limite especificado pela companhia responsável pelo fornecimento de energia, que é de 133 volts, de acordo com a tabela constante no verso da conta:

Figura 23 - Tabela de tensões da CPFL

LIMITE DE TENSÃO (volts)		
Nominal	Limite Inferior	Limite Superior
115	106	121
120	110	126
127	117	133
220	202	231
230	212	242
240	221	252
380	350	399

Módulo 8 do PRODIST - ANEEL

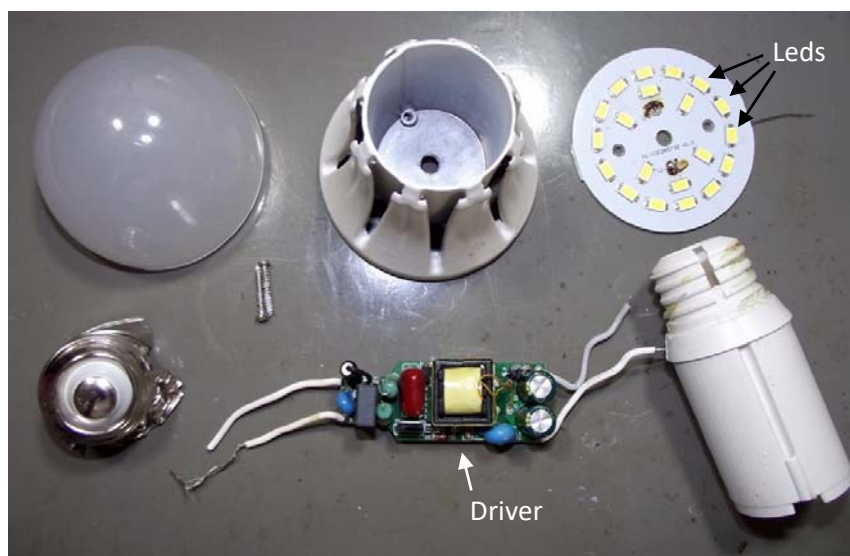
Informações sobre condições gerais de fornecimento, tarifas, produtos, serviços prestados e impostos se encontram à disposição dos consumidores para consulta em nossos canais de atendimento ou em www.cpfl.com.br.

Autenticação Mecânica

Essa variação de 11,19 volts, aparentemente, está dentro dos limites especificados pela CPFL, que é de 16 volts. Porém, se levarmos em consideração o pico de tensão atingido que foi de 134,97, quase 135 volts, isso é preocupante. Tanto a alta quanto a baixa tensão são prejudiciais aos equipamentos eletrônicos, que muitas vezes, são montados com componentes trabalhando quase no limite de sua

capacidade máxima. Tomamos como exemplo uma lâmpada LED (Figura 24), ela possui em seu interior um transformador de energia que diminui a tensão da rede. Um LED de alto brilho, que é utilizado nessas lâmpadas, trabalha com uma tensão de 3 volts e corrente da ordem de 1 a 50 ma (miliampères) ou 0,01 a 0,05 amperes. Há no interior da lâmpada uma associação em série e em paralelo desses leds, de acordo com a potência e a tensão de saída do transformador ou “driver” como são chamados. Além disso a potência da lâmpada especifica a quantidade necessária de leds, ou seja, quanto maior a quantidade de leds maior será o brilho da lâmpada e maior será o consumo.

Figura 24 - Lâmpada led tipo bulbo desmontada



Fonte: Google

Como qualquer outro dispositivo eletrônico, o driver está sujeito a falhas ou defeitos e essas podem ser classificadas de três formas:

- A) Falha por alimentação inadequada (grandes oscilações de tensão da rede elétrica, surtos ou descargas atmosféricas);
- B) Falhas prematuras por defeito de fabricação dos componentes ou produto;
- C) Utilização do produto fora da especificação do fabricante.

O driver transforma a energia recebida para alimentação dos LEDs, por isso, acaba absorvendo todos os ruídos e imperfeições da rede elétrica. Muitas vezes, através de componentes específicos como controladores inteligentes, varistores e fusíveis, o driver atua com proteções de autodesligamento, ou até mesmo se sacrifica para evitar danos maiores no produto e/ou instalação elétrica, protegendo dessa maneira o sistema contra possíveis sobrecargas e princípios de incêndio. Nesses casos, é comum o produto LED parar de funcionar, mas substituindo o driver, ele volta a operar normalmente. Além disso as falhas prematuras ou defeito de fabricação estão relacionados com os problemas nos componentes eletrônicos especificados no projeto e que são utilizados para montagem do produto. Também deve ser incluído possíveis erros no processo de fabricação como inserção incorreta do componente, excesso ou insuficiência de solda, problemas de manuseio e inspeção etc. Todos os drivers de LED possuem limites definidos pelo fabricante e devem ser respeitados para o correto funcionamento do produto. Operar fora das especificações, além da

perda da garantia, pode causar a queima do driver ou a redução drástica da vida útil como tensão de alimentação (90-270Vac), características da saída (22-50Vdc; 500-700mA; 10-30W) e temperatura de operação (0 – 40°C) (ZEMBOVICI. 2019).

Com base nas informações fornecidas pelo sistema de monitoramento de energia, como podemos proteger os equipamentos elétricos e eletrônicos das variações no fornecimento de energia? Infelizmente não existe uma maneira de se garantir um fornecimento de energia estável senão por investimentos gigantescos no setor, através da criação de novas redes de interligação entre as usinas e as centrais de distribuição. Além disso, podemos observar a diminuição dos níveis de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas das regiões sul e sudeste do país, que obriga o Operador Nacional do Sistema, a ONS, a acionar as termoeletricas e que encarece e muito a conta de luz para os consumidores. Encarece tanto a ponto de indústrias e grandes consumidores utilizarem geradores de energia elétrica à diesel durante os horários de pico, a fim de reduzir seus gastos com eletricidade.

Atualmente a alternativa mais viável seria a instalação de painéis fotovoltaicos. Isso significa um investimento relativamente alto no início, porém a longo prazo se mostra vantajoso. Devemos ressaltar que a utilização de fontes alternativas de energia exige um estudo detalhado e elaborado, começando pelo projeto arquitetônico, seguido pelos demais projetos de engenharia civil e engenharia elétrica. Com o surgimento de novas tecnologias, a ideia de tornarmos autossuficiente na geração de energia elétrica limpa se consolida a cada dia e num futuro próximo isso se concretizará. A maior barreira é a política energética do país que tenta a todo custo manter os lucros exorbitantes das empresas fornecedoras de energia elétrica.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que este trabalho atingiu os objetivos propostos, através do monitoramento do consumo e demonstrando as oscilações da tensão. Observou-se também que a qualidade dos serviços prestados pela distribuidora, quanto a tensão fornecida, necessita de melhorias. A ideia de tornar o produto deste trabalho um protótipo comercial nos fez elaborar não só o “case” de acondicionamento dos componentes, como também a forma de ligar o dispositivo na rede, sempre priorizando a segurança do usuário. A maior preocupação foi o sensor de tensão pois se liga diretamente na rede de 127 volts e para isso utilizamos um conector serial fêmea de 9 pinos. Os detalhes podem ser conferidos nas Figuras 25 a 29.

3.1 IMAGENS DO PROTÓTIPO

Figura 25 - Tesla Monitor em operação



Figura 26 - Vista lateral direita



Figura 28 - Vista em planta



Figura 27 - Vista lateral esquerda



Figura 29 - Vista lateral direita -
entrada dos sensores



4 REFERÊNCIAS

ARDUINO. *Libraries*. 2020. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/reference/libraries/> . Acesso em: 27 abril 2020.

BLYNK. **Blynk**. 2020. Disponível em: <https://blynk.io/> . Acesso em 28 abril 2020.

BRASIL ESCOLA. **O que é a eletricidade; O que é resistência elétrica**. 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-eletricidade.htm> ; <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-resistencia-eletrica.htm> . Acesso em 21 jun 2020.

BRITES, Paulo. **Watts RMS, um erro conceitual**. 2013. Disponível em <https://www.paulobrites.com.br/watts-rms-um-erro-conceitual/> . Acesso em 24 jun 2020.

BRUM, Bruno. **Tensão elétrica**. 2020. Disponível em: <https://www.infoescola.com/fisica/tensao-eletrica/> . Acesso em 15 junho 2020.

CHAVIER, Luíz Fernando. **Programação para Arduino - Primeiros Passos**. Disponível em: <https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/#:~:text=A%20linguagem%20de%20programa%C3%A7%C3%A3o%20utilizada,utilizaremos%20ao%20longo%20deste%20tutorial> . Acesso em: 24 jun. 2020.

EBIOGRAFIA, **Nikola Tesla; Thomas Edson**. 2020. Disponível em: https://www.ebiografia.com/nikola_tesla/ ; https://www.ebiografia.com/invencoes_fatos_historia_thomas_edison/ . Acesso em 16 jun. 2020.

EDUCA + BRASIL. **Energia elétrica**. 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/energia-eletrica> . Acesso em 24 jun. 2020.

GOUVEIA, Rosimar. **Energia; Potência elétrica**. 2020. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/energia/> ; <https://www.todamateria.com.br/potencia-eletrica/> . Acesso em 21 jun. 2020.

MARKUS, Otávio. **Circuito elétricos-corrente contínua e corrente alternada**. 1. Ed. São Paulo: Érica, 2001.

MIRANDA, Caio Marcelo de. **Introdução a corrente alternada: características e valores notáveis, ângulo inicial, fasores**. Curitiba, 2016. (Apostila). Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/caiomiranda/ensino/electricidade2-el02d/apresentacoes/folder_contents . Acesso em 24 jun. 2020.

OLIVEIRA, Euler. **Comunicando o shield WiFi ESP8266 com o arduino através da serial nativa; Como usar com arduino sensor de tensão AC 0 a 250V voltímetro ZMPT101B; Conhecendo o Blynk**. 2018. Disponível em:

<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp8266/comunicando-o-shield-wifi-esp8266-com-o-arduino-atraves-da-serial-nativa/> ;
<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-sensor-de-tensao-ac-0-a-250v-voltmetro-zmpt101b/> ;
<https://blogmasterwalkershop.com.br/blynk/conhecendo-o-blynk/> . Acesso em: 24 abr. 2020.

PRYSMIANGROUP. **Manual de instalações elétricas residenciais**. São Paulo: 2006.

DOBITAOBYTE. **Sensor de corrente não invasivo SCT013 com Arduino**. [s/d]. Disponível em: <https://www.dobitaobyte.com.br/sensor-de-corrente-nao-invasivo-sct013-com-arduino/> . Acesso em 18 jun. 2020.

SOFISICA, **Eletrodinâmica**. 2020. Disponível em: <https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/corrente.php> . Acesso em: 17 jun. 2020

STRAUB, Matheus Gebert. **Projeto arduino com display lcd e adaptador i2c**. 2018. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/blog/projeto-arduino-com-display-lcd-e-adaptador-i2c/> . Acesso em: 23 abr. 2020.

VIDAL, Vitor. **Medidor de corrente e energia com arduino: sensor de corrente**. 2017. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/medidor-de-corrente-e-energia-com-arduino-sensor-de-corrente-e-tensao/> . Acesso em: 24 abr. 2020.

ZEMBOVICI, Kleiton Chochi. **Drivers e a vida útil dos LEDs**. 2019. Disponível em <https://www.lumicenteriluminacao.com.br/drivers-e-a-vida-util-dos-leds/> . Acesso em 24 jun. 2020.

5 APÊNDICE

5.1 APÊNDICE A – Código de programação – Arduino MEGA

```
#define BLYNK_PRINT Serial// BLINK
#include <SPI.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <ESP8266_Lib.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include "EmonLib.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA

char auth[] = "KjceJxVIEvlwJyITubx-jiETOFsCdSeDq-"; //TOKEN GERADO PELO
APLICATIVO MOBILE
char ssid[] = "NomeDaRede"; //VARIÁVEL QUE ARMAZENA O NOME DA REDE SEM FIO
EM QUE VAI CONECTAR
char pass[] = "SenhaDaRede"; //VARIÁVEL QUE ARMAZENA A SENHA DA REDE SEM
FIO EM QUE VAI CONECTAR

#define ESP8266_BAUD 9600 //ESP8266 baud rate:

ESP8266 wifi(&Serial); //PASSO OS PARÂMETROS PARA A FUNÇÃO

EnergyMonitor emon1; //CRIA UMA INSTÂNCIA emon1

EnergyMonitor emon2; //criar outra instancia para a quantidade de dispositivos a ser
medidos

EnergyMonitor emon2; EnergyMonitor emon3; .....

EnergyMonitor EnerMonitor; //CRIA uma INSTANCIA EnerMonitor

EnergyMonitor EnerMonitor2; //CRIA uma INSTANCIA EnerMonitor2

#define VOLT_CAL 211.6 //VALOR DE CALIBRAÇÃO

#define InputSCT1 0 // define o canal analógico para o sinal do SCT = pino A0
#define InputSCT2 2 // define o canal analógico para o sinal do SCT = pino A2
#define I_calibration 60 // fator de calibração da corrente

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE); //ENDEREÇO DO I2C E DEMAIS
INFORMAÇÕES
float Irms = 0;
float Irms1 = 0;
float Irms2 = 0;
float kwh1 = 0;

//=====
=====
//INICIALIZANDO VARIÁVEIS PRA MEDIR A MINIMA E MAXIMA TENSÃO DAS 2 FASES

//FASE1

float tensaoMaxima1 = 0;
```

```

float tensaoMinima1 = 140;

//FASE 2

float tensaoMaxima2 = 0;
float tensaoMinima2 = 140;

//=====SETUP=====
=====

void setup(){
  Serial.begin(9600); //INICIALIZA A SERIAL

  emon1.voltage(1, VOLT_CAL, 1.7); //PASSA PARA A FUNÇÃO OS PARÂMETROS (PINO
  ANALÓGIO 1/ VALOR DE CALIBRAÇÃO / MUDANÇA DE FASE)
  emon2.voltage(3, VOLT_CAL, 1.7); //PASSA PARA A FUNÇÃO OS PARÂMETROS (PINO
  ANALÓGIO 3/ VALOR DE CALIBRAÇÃO / MUDANÇA DE FASE)

  //replicar o codigo para cada instancia de Tensão.

  lcd.begin (20,4); //SETA A QTD DE COLUNAS(20) E O NÚMERO DE LINHAS(4) NO
  DISPLAY

  lcd.setBacklight(HIGH); //LIGA O BACKLIGHT (LUZ DE FUNDO)

  lcd.clear(); // limpa tela do LCD

  Blynk.begin(auth, wifi, ssid, pass); //INICIALIZA A COMUNICAÇÃO BLYNK INFORMANDO
  OS PARÂMETROS

  EnerMonitor.current(InputSCT1, I_calibration); // configura pino SCT1 e fator de calibração
  EnerMonitor2.current(InputSCT2, I_calibration); // configura pino SCT2 e fator de
  calibração

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("***TESLA MONITOR***");
  lcd.setCursor(0,1);           // seleciona coluna 0, linha 0
  lcd.print("Irms(A)=");        // mostra texto
  lcd.setCursor(0,2);           // seleciona coluna 0, linha 0
  lcd.print("Tensao(V)=");       // mostra texto
  lcd.setCursor(0,3);           // seleciona coluna 0, linha 1
  lcd.print("Energia(Wh)=");     // mostra texto
}

//=====LOOP=====
=====

void loop(){

  // INICIA A BIBLIOTECA BLINK
  Blynk.run();

```

```

    emon1.calcVI(17,2000);          //FUNÇÃO DE CÁLCULO (17 SEMICICLOS, TEMPO
    LIMITE PARA FAZER A MEDIÇÃO)
    emon2.calcVI(17,2000);          //FUNÇÃO DE CÁLCULO (17 SEMICICLOS, TEMPO
    LIMITE PARA FAZER A MEDIÇÃO)
    float supplyVoltage1 = emon1.Vrms; //VARIÁVEL RECEBE O VALOR DE TENSÃO RMS
    OBTIDO
    float supplyVoltage2 = emon2.Vrms; //VARIÁVEL RECEBE O VALOR DE TENSÃO RMS
    OBTIDO

    float supplyVoltage = (supplyVoltage1 + supplyVoltage2)/2; // Calcula a média das supply
    voltage das duas fases

    //FASE 1

    if (supplyVoltage1 < tensaoMinima1 ){
    tensaoMinima1 = supplyVoltage1;
    }

    if ( supplyVoltage1 > tensaoMaxima1 ){
    tensaoMaxima1 = supplyVoltage1;
    }

    //FASE 2

    if (supplyVoltage2 < tensaoMinima2 ){
    tensaoMinima2 = supplyVoltage2;
    }

    if ( supplyVoltage2 > tensaoMaxima2 ){
    tensaoMaxima2 = supplyVoltage2;
    }

    //CALCULANDO A CORRENTE DAS DUAS FASES

    Irms1 = EnerMonitor.calcIrms(1240);
    Irms2 = EnerMonitor2.calcIrms(1240);
    Irms = (Irms1 + Irms2); // calculo da corrente RMS

    //DEFININDO O CALCULO DE KWH PRAS 2 FASES

    float w1 = (Irms1*supplyVoltage1)/3600;
    float w2 = (Irms2*supplyVoltage2)/3600;
    float kwh = (w1+w2)/1000;
    kwh1 = (kwh1 + kwh);

    //LIGANDO OS PINOS DO APLICATIVO AO ARDUINO

    Blynk.virtualWrite (V3, kwh1);

    //MOSTRANDO NO BLYNK AS 2 FASES DA TENSAO

    Blynk.virtualWrite (V1, supplyVoltage1);
    Blynk.virtualWrite (V2, supplyVoltage2);

```

```
//MOSTRANDO NO BLYNK AS 2 FASES DA CORRENTE
```

```
Blynk.virtualWrite (V8, Irms1);  
Blynk.virtualWrite (V9, Irms2);
```

```
//MOSTRANDO NO BLYNK TENSÃO MINIMA E MAXIMA DA FASE 1 E 2
```

```
Blynk.virtualWrite (V4, tensaoMinima1);  
Blynk.virtualWrite (V5, tensaoMaxima1);  
Blynk.virtualWrite (V6, tensaoMinima2);  
Blynk.virtualWrite (V7, tensaoMaxima2);
```

```
lcd.setCursor(15,1);           // seleciona coluna 9, linha 0  
lcd.print(Irms,1);             // mostra valor da corrente  
lcd.setCursor(15,2);           // seleciona coluna 9, linha 1  
lcd.print(supplyVoltage,1);    // mostra a tensão  
lcd.setCursor(15,3);           // seleciona coluna 9, linha 2  
lcd.print(kwh1,1);             // calculo de Watt/hora  
//Tempo++;  
delay(1000);                   // atraso de 1 segundo  
}
```