

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GUARULHOS  
CURSO DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

VINICIUS DIAS BARROS

**SISTEMA INTEGRADO DE AQUISIÇÃO  
E GESTÃO ELÉTRICA.**

Monografia Apresentada no Curso de Graduação  
a Instituto Federal de São Paulo  
como requisito parcial para a obtenção do  
grau de Tecnologia em Automação Industrial

Prof.Me. Milton Barreiro Junior  
Orientador

Prof.Me. Alexandre dos S. Ribeiro  
Co-orientador

Guarulhos, Dezembro de 2018

## **CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO**

Dias Barros, Vinicius

SISTEMA INTEGRADO DE AQUISIÇÃO E GESTÃO ELÉTRICA. / Vinicius Dias Barros. – Guarulhos: Técnólogo em Automação Industrial, 2018.

88 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Superior) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Curso de Tecnologia em Automação Industrial, Guarulhos, BR-SP, 2018. Orientador: Milton Barreiro Junior ; Co-orientador: Alexandre dos S. Ribeiro .

1. Sistema Integrado. 2. Gestão de Dados. 3. IFSP. 4. Experiencia do consumidor. 5. Automatizar. 6. Banco de Dados. I. , Milton Barreiro Junior. II. , Alexandre dos S. Ribeiro. III. Título.

*Dedico este trabalho à minha família.*



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar força para superar todas as dificuldades. A este instituto e todo seu corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

Aos meus pais, pelo amor, carinho, paciência e seus ensinamentos. Ao meu professor que por todo o tempo que dedicou a me ajudar durante o processo de realização deste trabalho. E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, obrigado.



## RESUMO

No Brasil o número de aparelhos elétricos aumentou comparado aos anos 2000, com a propagação da internet o número de itens e aparelhos domésticos obtiveram um maior espaço no mercado, contudo, com a modernização desses aparelhos, sistemas elétricos e micro-controlados passaram a integrar desde eletrodomésticos a equipamentos mecânicos, elevando seu custo e consequentemente sua manutenção.

Este trabalho tem por fim criar um sistema de controle elétrico no qual seja possível analisar o consumo energético de um equipamento elétrico em operação cotidiana, com esses dados se torna possível prever um mau funcionamento e agilizar os reparos necessários, eliminando custos de manutenção e até perda de aparelhos mais sensíveis.

Em um primeiro momento a preocupação é possuir os níveis de energia necessários para realizar a operação do equipamento visto que qualquer falha na rede elétrica pode prejudicar o uso do aparelho. Assim como a quantidade de energia que chega ao equipamento, a qualidade que chega a um equipamento é outro fator importante,

"No Brasil ainda não existe uma norma específica para qualidade de energia, porém a maioria dos equipamentos de análise de qualidade de energia utiliza a norma Europeia EN50160. Esta norma define os parâmetros de medição da energia elétrica para que seja possível indicar a qualidade da energia entregue"

---

FERNANDO, 2008

O trabalho é composto por um hardware confeccionado para obter o sinal elétrico utilizando a placa micro-controlada (Nodemcu) e um software capaz de receber esses dados em uma planilha e fazer os cálculos e as visualizações necessárias. Os dados são obtidos pelo sensor SCT 013 que permite obter a corrente como um alicate amperímetro garantindo a segurança sem a retirada do isolamento do eletrodoméstico usado na medição.

O software escolhido para receber a informação é em duas interfaces: a primeira que será a aplicação mobile e a segunda um servidor web em conjunto com o banco de dados.

Com esse sistema é possível medir os níveis elétricos que o aparelho utiliza de forma segura e automatizada evitando possíveis acidentes.

**Palavras-chave:** Sistema Integrado. Gestão de Dados. IFSP. Experiencia do consumidor. Automatizar. Banco de Dados.



## ABSTRACT

In Brazil, the number of electronic devices increased compared to the years 2000, with the spread of the Internet the number of items and domestic appliances gained space in the market, however with the modernization of these devices, electrical systems and microcontrollers began to integrate from electrical appliances to mechanical lifting equipment its cost and consequently its maintenance.

This work aims to create an electrical control system so that it is possible to analyze the consumption of an electric or electronic equipment in daily operation, with this data it is possible to predict a malfunction and speed up the necessary repairs, eliminating maintenance costs and even loss of more sensitive devices.

At first, the concern is to have the necessary energy levels to perform the operation of the equipment since any failure in the electrical network can harm the use of the device, as well as the amount of energy the quality that comes to an equipment is another important factor ,

"In Brazil, there is still no specific standard for energy quality, but most energy quality analysis equipment uses the European standard EN50160. This standard defines the electrical energy measurement parameters so that it is possible to indicate the quality of energy delivered "

---

FERNANDO, 2008

The work consists of ready-made hardware to obtain the electrical signal using the microcontroller board (Arduino) and a software capable of receiving this data in a worksheet in order to make calculations and visualizations necessary. The data is obtained by the sensor SCT 013 which allows to obtain the current as an ammeter gauge ensuring safety without removing the insulation from the appliance used in the measurement.

The software chosen to receive the information is made with java primaly and the web done by php in conjunction with a database.

With this system it will be possible to measure the electrical levels that the device uses in a safe and automated way avoiding possible accidents.

**Palavras-chave:** Integrated system. Data Management. IFSP. Consumer experience. Automate. Database.



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IFSP	Instituto Federal de Ciência Educação e Tecnologia.
SCT	<i>Sensor Current Transformer.</i>
EBC	Empresa Brasil Comunicação.
CSME	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico.
GWH	<i>Gigawatts hora</i>
EPE	Empresa de pesquisa energética
KWH	<i>Kilowatts hora</i>
KVA	<i>Quilovolt-Ampere</i>
ONS	Operador Nacional Do Sistema Elétrico
FP	Fator de potência
SDK	<i>Software Developer's Kit.</i>
IOT	<i>Internet Of Things.</i>
RTOS	<i>Real Time Operating Systems</i>
MHz	<i>Megahertz</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
MBps	<i>Megabytes per second</i>
GPIO	<i>General Purpose Input/Output</i>
RST	<i>Reset</i>
DTR	<i>Data Terminal Ready</i>
RST	<i>Request To Send</i>
mA	MiliAmpere
IDE	Integrated Development Environment
CT	<i>Current Transformer</i>
TC	Transformador de corrente
RMS	<i>Root Mean Square</i>
W	<i>Watts</i>
PCB	<i>Printed Circuited Board</i>
SPI	Serial protocolo de interface periférica

**HTTP** *Hypertext Transfer Protocol*

**TCP** *Transmission Control Protocol*

**APIS** *Application Programming Interface*

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 3.1:	Estrutura da distribuição energética (Ageradora, 2018) . . . . .	21
Figura 3.2:	Curva de carga elétrodomésticos no Sudeste (Procel, 2006) . . . . .	24
Figura 3.3:	Consumo estimado de eletrodomésticos no Sudeste (Procel, 2006) . .	25
Figura 3.4:	Tarifas Aplicadas a clientes atendidos em Baixa Tensão - Grupo B (aeseletrerpaulo, 2017). . . . .	27
Figura 3.5:	Curva de carga na rede elétrica (ONS,2016). . . . .	28
Figura 3.6:	Consumo energético, ilustração (ABESCO,2016). . . . .	29
Figura 3.7:	Ilustração do triangulo de potências (Autor, 2018). . . . .	30
Figura 3.8:	Exemplo de curva de carga não linear (OpenEnergy, 2018). . . . .	31
Figura 3.9:	Curva de senoidal de carga negativa (OpenEnergy, 2018). . . . .	32
Figura 3.10:	Medição por campo magnético (Fazedores, 2018). . . . .	33
Figura 3.11:	Definição da tensão de modo comum de entrada. (Eetimes, 2018). .	34
Figura 3.12:	Detecção de corrente no lado inferior. (bau da eletronica, 2018). .	34
Figura 3.13:	Detecção de corrente no lado alto. (bau da eletrônica, 2018). . .	35
Figura 3.14:	Direcionalidade. (Baú da eletrônica, 2018). . . . .	35
Figura 3.15:	Medidores Inteligentes de Energia SMW (WEG, 2018). . . . .	36
Figura 3.16:	Analizador de energia citisystems (Citisystems, 2018). . . . .	37
Figura 4.1:	Cronograma (Autor, 2018). . . . .	40
Figura 4.2:	Linha do tempo, ilustração visual (Autor, 2018). . . . .	40
Figura 4.3:	Fluxo de trabalho (Autor, 2018) . . . . .	42
Figura 4.4:	Modelo de Nodemcu (Filipeflop, 2018) . . . . .	42
Figura 4.5:	Esp8266 (Aliexpress, 2018) . . . . .	43
Figura 4.6:	Nodemcu pinagem ( <a href="http://www.arduining.com">www.arduining.com</a> , 2018) . . . . .	44
Figura 4.7:	Configuração da URL (Autor, 2018) . . . . .	45
Figura 4.8:	Opções arduino (Autor, 2018) . . . . .	46
Figura 4.9:	Sensor de corrente núcleo sólido (Magnetlab, 2018) . . . . .	46
Figura 4.10:	Sensor de corrente não invasivo (João Luis, 2016) . . . . .	47
Figura 4.11:	Sensor de corrente vista frontal (NiceGear, 2016) . . . . .	47
Figura 4.12:	Modelos de sensores de corrente da YHDC (NiceGear, 2016) . . .	48
Figura 4.13:	Dimensionamento do circuito (Autor,2018) . . . . .	49
Figura 4.14:	Dimensionamento do circuito (Autor,2018) . . . . .	50
Figura 4.15:	Testes de Linearidade (YHDC,2018) . . . . .	51
Figura 4.16:	Testes de Linearidade (YHDC,2018) . . . . .	51
Figura 4.17:	Exemplo de encaixe dos sct (Autor, 2018) . . . . .	52
Figura 4.18:	Código, arquivo .h (Autor, 2018) . . . . .	53
Figura 4.19:	Exemplo de teste alterado (Autor, 2018) . . . . .	53
Figura 4.20:	Teste com ferro de solda (Autor, 2018) . . . . .	54
Figura 4.21:	Teste com ferro de solda (Autor, 2018) . . . . .	54

Figura 4.22: Teste com ferro de solda (Autor, 2018) . . . . .	55
Figura 4.23: Exemplo de corrente baixa (Autor, 2018) . . . . .	56
Figura 4.24: Sd card (Bau da eletronica, 2018) . . . . .	56
Figura 4.25: Nodemcu com Sd card (Autor, 2018) . . . . .	57
Figura 4.26: Código Sd card (Autor, 2018) . . . . .	58
Figura 4.27: Thingspeak (Site, 2018) . . . . .	59
Figura 4.28: Modelo de integração Thingspeak (Thingspeak, 2018) . . . . .	59
Figura 4.29: Integração do NodeMcu com o server (Thingspeak, 2018) . . . . .	60
Figura 4.30: Criação de canal (Thingspeak, 2018) . . . . .	60
Figura 4.31: Configurações do canal NodeMcu (Autor, 2018) . . . . .	61
Figura 4.32: Chave para acesso ao canal NodeMcu (Autor, 2018) . . . . .	61
Figura 4.33: Código NodeMcu (Autor, 2018) . . . . .	62
Figura 4.34: Teste de envio (Autor, 2018) . . . . .	63
Figura 4.35: Media Calculada (Autor, 2018) . . . . .	63
Figura 4.36: Configuração Twitter (Autor, 2018) . . . . .	64
Figura 4.37: Resultado Twitter (Autor, 2018) . . . . .	64
Figura 4.38: Modulo Rele (Bau da Eletronica, 2018) . . . . .	65
Figura 4.39: Circuito de comutação para baixa potência (www.efeitonerd.com, 2018)	65
Figura 4.40: Plataforma desenvolvimento mobile (Blynk, 2018) . . . . .	66
Figura 4.41: Esquematico de conexão (Blynk, 2018) . . . . .	67
Figura 4.42: Tela de criação de projeto (Blynk, 2018) . . . . .	67
Figura 4.43: Objetos de criação (Blynk, 2018) . . . . .	68
Figura 4.44: Tela protótipo (Autor, 2018) . . . . .	68
Figura 4.45: Exemplo de conexão rápida (Autor, 2018) . . . . .	69
Figura 4.46: Tela protótipo layout (Autor, 2018) . . . . .	70
Figura 4.47: Gráfico Blynk (Autor, 2018) . . . . .	70
Figura 4.48: Campos do gráfico (Autor, 2018) . . . . .	71
Figura 4.49: Campos do gráfico (Autor, 2018) . . . . .	71
Figura 4.50: Campos do gráfico (Autor, 2018) . . . . .	72
Figura 4.51: Instalando bibliotecas Blynk (Autor, 2018) . . . . .	72
Figura 4.52: Instalando bibliotecas Blynk (Autor, 2018) . . . . .	73
Figura 4.53: protótipo easyeda (Autor, 2018) . . . . .	74
Figura 4.54: protótipo easyeda (Autor, 2018) . . . . .	74
Figura 4.55: Código arduino - 1 (Autor, 2018) . . . . .	75
Figura 4.56: Código Arduíno - 2 (Autor, 2018) . . . . .	76
Figura 4.57: Código Arduíno - Void loop (Autor, 2018) . . . . .	77
Figura 4.58: Código Arduíno - Final (Autor, 2018) . . . . .	78
Figura 4.59: Gastos em reais (Autor, 2018) . . . . .	79
Figura 4.60: Custo de outras soluções (Autor, 2018) . . . . .	79
 Figura 6.1: Datasheet SD (Eletroncs, 2018) . . . . .	83
Figura 6.2: Funções permitidas no modulo SD (Eletroncs, 2018) . . . . .	84
Figura 6.3: Funções setup (Autor, 2018) . . . . .	84
Figura 6.4: Datasheet SCT-013 (Autor, 2018) . . . . .	85

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO . . . . .</b>	17
<b>1.1 Motivação . . . . .</b>	18
<b>2 OBJETIVOS . . . . .</b>	19
<b>2.1 Objetivos Específicos . . . . .</b>	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>	21
<b>3.1 Estrutura de uma rede de fornecimento energético . . . . .</b>	21
<b>3.2 Setor elétrico no Brasil . . . . .</b>	23
<b>3.3 Cálculo e dimensionamento de consumo . . . . .</b>	25
<b>3.3.1 Gastos energéticos . . . . .</b>	26
<b>3.4 Consumo elétrico por equipamentos . . . . .</b>	29
<b>3.4.1 Fator de Potência . . . . .</b>	29
<b>3.4.2 Direção de fluxo de potência . . . . .</b>	31
<b>3.4.3 Calculos RMS . . . . .</b>	32
<b>3.5 Formas de medir a corrente . . . . .</b>	32
<b>3.6 Pesquisa de Mercado . . . . .</b>	36
<b>4 DESENVOLVIMENTO . . . . .</b>	39
<b>4.1 Planejamento . . . . .</b>	39
<b>4.1.1 Cronograma . . . . .</b>	41
<b>4.2 Fluxo de trabalho . . . . .</b>	41
<b>4.3 Hardware escolhido . . . . .</b>	42
<b>4.3.1 Pinagem Nodemcu . . . . .</b>	43
<b>4.3.2 Conectando o Nodemcu . . . . .</b>	45
<b>4.3.3 Utilizando IDE Arduino . . . . .</b>	45
<b>4.4 Transformadores de corrente . . . . .</b>	46
<b>4.4.1 Resistor de carga . . . . .</b>	47
<b>4.5 Sensor de corrente SCT 013-100 . . . . .</b>	47
<b>4.5.1 Relação e saturação . . . . .</b>	50
<b>4.5.2 Instalação do SCT . . . . .</b>	52
<b>4.6 Aquisição de dados . . . . .</b>	53
<b>4.7 Coleta de dados - Modulo SD . . . . .</b>	56
<b>4.8 Armazenamento web . . . . .</b>	58
<b>4.8.1 Integração Twitter . . . . .</b>	63
<b>4.9 Modulo Rele . . . . .</b>	64
<b>4.10 Integrando ao Blynk . . . . .</b>	66
<b>4.11 Sistema de aquisição (Prototipação) . . . . .</b>	73
<b>4.12 Sistema de aquisição (Arduíno desconstruído) . . . . .</b>	74
<b>4.13 Calculo de Gastos . . . . .</b>	78

<b>5 CONCLUSÃO</b>	81
<b>5.1 Trabalhos Futuros</b>	82
<b>6 APENDICE</b>	83
<b>REFERÊNCIAS</b>	87

# 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do número de aparelhos elétricos de cargas capacitivas a rede elétrica brasileira sofreu mudanças desde a década de 70, nesta época a demanda maior era de cargas resistivas como chuveiros elétricos, ferros de passar e os antigos modelos de televisão como citado por Ewaldo em seu artigo qualidade de energia elétrica. A popularização e a modernização de aparelhos na era *smart* criou o aumento de cargas capacitivas consequentemente prejudicando a qualidade do sinal.

"As cargas elétricas comandadas eletronicamente possuem uma característica intrínseca que é a não-linearidade das mesmas, ou seja, não requerem a corrente elétrica constantemente, mas solicitam apenas picos de energia em determinados momentos. Dependendo da topologia do conversor eletrônico empregado, a corrente de entrada é disparada em determinado período ou ângulo da oscilação senoidal. Com isto, as cargas eletrônicas acabam por distorcer a forma de onda (tensão e corrente) que lhe é entregue e como consequência gerando uma "poluição" na rede de energia elétrica"(EWALDO, 2004).

No quesito de fornecimento energético um dos fatores indicativos de qualidade do serviço é a continuidade do fornecimento de energia elétrica ao cliente. "De uma forma geral, graças à estrutura da rede (normalmente radial) quando surge um defeito em algum troço da rede acaba por ser afetado todo o ramal desde a subestação"(Ferreira, 2016). Um outro problema constatado, é que nas redes elétricas de fornecimento cotidiano não existe um equipamento de proteção com relação a perdas ao longo do ramal de modo que qualquer alteração da quantidade de energia o mesmo não pode ser isolado ou captado da rede.

Como consequência, aparelhos elétricos e eletrônicos mal dimensionados ou em estado de conservação baixo, possuem uma maior probabilidade de serem danificados devido a "poluição elétrica", para equipamentos de custo baixo a troca do aparelho se torna uma questão viável, mas com aparelhos de maior valor o mesmo não pode ser feito, com isso surge uma necessidade de monitoramento dos equipamentos.

Ao realizar esse projeto, o desenvolvimento de um sistema capaz de adquirir e mostrar em dados visuais o desempenho e o consumo do aparelho se torna plausível, com a finalidade de obter dados com uma alta taxa de amostragem para observar mudanças bruscas de comportamento e tomar uma ação. O software específico para este projeto torna possível o estudo das informações coletadas e a conversão para dados úteis.

O trabalho engloba em sua maior parte conceitos da área eletrônica e de computação, esta monografia abordará a construção e o desenvolvimento deste sistema de forma sucinta com testes em situações cotidianas

## 1.1 Motivação

A motivação do trabalho surgiu, com a possibilidade de criar um sistema simples para se obter informações de um aparelho que tem um valor alto ou uso frequente. Em um ambiente industrial ou doméstico, quando há a necessidade de realizar uma medição elétrica, o procedimento correto é realizar a parada do equipamento e então fazer suas verificações, perdendo tempo e demandando esforço.

Medições elétricas em aparelhos podem ser feitas através de um alicate amperímetro. Assim a retirada do isolamento do objeto não é necessária não gerando riscos a segurança e obtendo dados de forma ágil, mas seu uso é manual e possui custo elevado. Com isso surge a ideia de criar um dispositivo que possa adquirir esses dados e transporta-los para um outro ambiente, no qual não necessite uma pessoa para realizar medições pontuais e realizar a parada do equipamento frequentemente.

## 2 OBJETIVOS

Objetivo principal deste trabalho consiste em criar um sistema de gerenciamento e monitoramento de consumo elétrico para equipamentos elétricos e eletrônicos.

### 2.1 Objetivos Específicos

- Gerar informações para o usuário sobre o desempenho elétrico de seu aparelho;
- Criar análise em tempo real do consumo do aparelho;
- Criar software de gestão elétrica do aparelho.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nessa seção será descrito os principais referenciais teóricos, envolvendo conceitos e informações fundamentais sobre o tema escolhido. No contexto abordado, são apresentadas as principais informações sobre a rede energética, como é o consumo em equipamentos eletrônicos, como são calculados seus gastos e dimensionamentos e como é a integração dos sistemas medidores em processos de alto consumo, assim como conceitos de automação industrial e gerenciamento da informação em alto nível.

#### 3.1 Estrutura de uma rede de fornecimento energético

Primeiramente antes de entrar no consumo feito por aparelhos elétricos e eletrônicos, é necessário entender como é a estrutura de fornecimento energético a fim de entender o porque das variações ocasionadas no fornecimento e o porque o estudo é importante, em vista da demanda que se tem no momento em que este projeto é desenvolvido.

De forma resumida a rede de energia elétrica está dividida essencialmente em quatro partes distintas: a produção, o transporte, a distribuição e a comercialização. Um ponto que deve sofrer ressalva é que por mais que exista métodos para armazenar parte dessa energia gerada e a energia que é produzida, necessita ser consumida a cada momento.

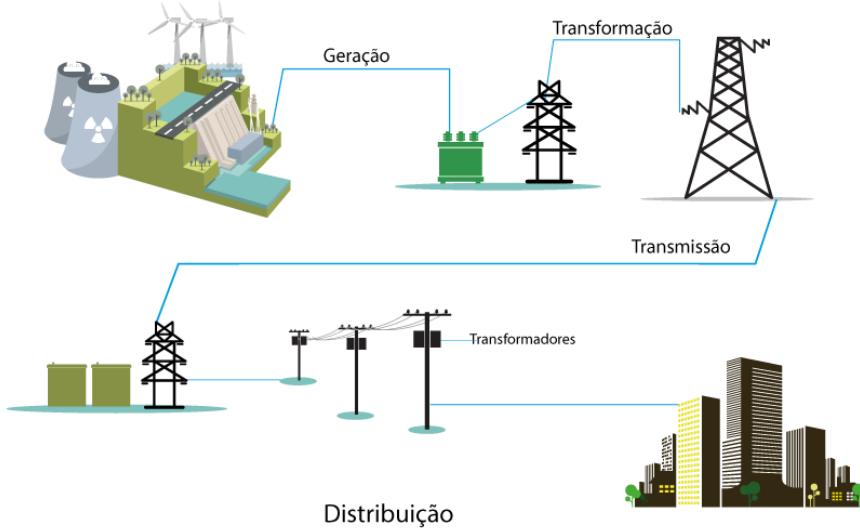


Figura 3.1: Estrutura da distribuição energética (Ageradora, 2018)

Na parte de fonte energética de uma rede elétrica, a produção de nível mundial baseia-se atualmente nas centrais de carvão, nuclear e de gás natural, que são conhecidas como fontes de energia não renováveis. Em produções renováveis governos investem mundialmente em centrais hidroelétricas, eólicas, solares e geotérmicas. Com isso, a parte do subsídio para produção energética é estabelecida.

Depois da fase de produção inicia-se a fase de transporte, responsável por fazer a ponte entre a central de produção e os centros de consumo, isto é, o início da rede de distribuição. De uma forma geral a eletricidade é transportada através de cabos aéreos visíveis por não estarem enterrados, sendo revestidos por camadas isolantes e fixados em grandes torres de metal. O conjunto é denominado 'cabos e torres', ou rede de transmissão de energia elétrica.

As transmissoras energéticas são responsáveis por transmitir a demanda em alta voltagem, entretanto outras distribuidoras levam quantidades energéticas mais baixas a regiões e locais de concessão.

O conjunto de transmissão é composto por fios condutores metálicos suspensos em torres, também metálicas, por meio de isoladores cerâmicos ou de outros materiais altamente isolantes. Como os sistemas de potência são trifásicos, geralmente existem três conjuntos de cabos de cada lado das torres, acompanhados por um cabo mais alto, no topo, que é o cabo para-raios.

Na fase de distribuição de energia no qual ocorre com o sistema de transmissão, a distribuição é também composta por fios condutores, transformadores e equipamentos diversos de medição, controle e proteção das redes elétricas, mas diferente do sistema de transmissão, este processo é mais ramificado e controlado.

Para este processo a energia percorre as subestações que são responsáveis pela redução energética, transformando de alta tensão para média com o objetivo de transmitir esta energia ao consumidor final.

As saídas das subestações são compostas de:

- Rede de média tensão;
- Rede de baixa tensão;
- Postos de transformação;
- Iluminação pública.

Nos postos de transformação há os seguintes componentes:

- Transformador;
- Equipamentos de interrupção e proteção ;
- Quadro geral de baixa tensão onde derivam os ramais.

Na etapa de comercialização a empresa gera da melhor forma possível a relação com os consumidores finais e outras empresas, o qual inclui o faturamento baseado no consumo da forma que é feito o serviço. Nesta etapa o consumidor final que gera demandas energéticas também possui um faturamento caso a demanda seja alta ou haja o abatimento de valores da fatura.

### 3.2 Setor elétrico no Brasil

Com o objetivo de demonstrar através de dados coletados o resumo de energia elétrica até o período de 2018, demonstrar seu impacto gerado na economia e os novos investimentos no setor energético. Esta seção a partir destes dados analisa os fatores que ocasionaram movimentações no setor industrial e populacional, analisando a viabilidade de investimentos em equipamentos de monitoramento e controle.

Analizando os dados obtidos do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CSME) no dia 07 de março de 2018 mostra o aumento consumo de energia elétrica no inicio do ano de 2017, após dois anos de decréscimo neste registo o final do ano de 2017 foi registrado com um aumento de 0,8%. De acordo com a EBC "Esta é a primeira vez que o consumo volta a crescer depois de dois anos de queda. Ainda assim, o CMSE destacou que o percentual de consumo está no mesmo patamar de 2014."(EBC,2018).

A alta foi registrada em 1,1% nos setores industriais que tiveram o mesmo aumento percentual no ano de 2016. As áreas residenciais atingiram um valor de 0,3%, houve o mesmo aumento entre comércios e outros serviços. No período de 2018 a 2020 o órgão projeta que o crescimento anual de consumo seja de 3,9%.

O estado de São Paulo é responsável por mais de 30% do consumo de energia elétrica do país. A soma de Iluminação Pública, Poder Público e Serviços Públicos consome anualmente 11.270 GWh, aproximadamente 8,9% do consumo de energia elétrica do estado.

Evidenciando isto, o aumento no consumo energético vem devido a evolução da população brasileira com uma economia estável se comparada ao período do plano real, licitando serviços e segmentos comerciais de crescente evolução, aliados ao potencial das exportações de equipamentos eletrônicos e o setor turístico, ambos contribuem para um aumento significativo no sistema elétrico (EPE, 2015), Com o aumento dos gastos na área, seguem dados sobre o consumo que permitem uma análise sobre os maiores consumidores energéticos a nível consumidor final.

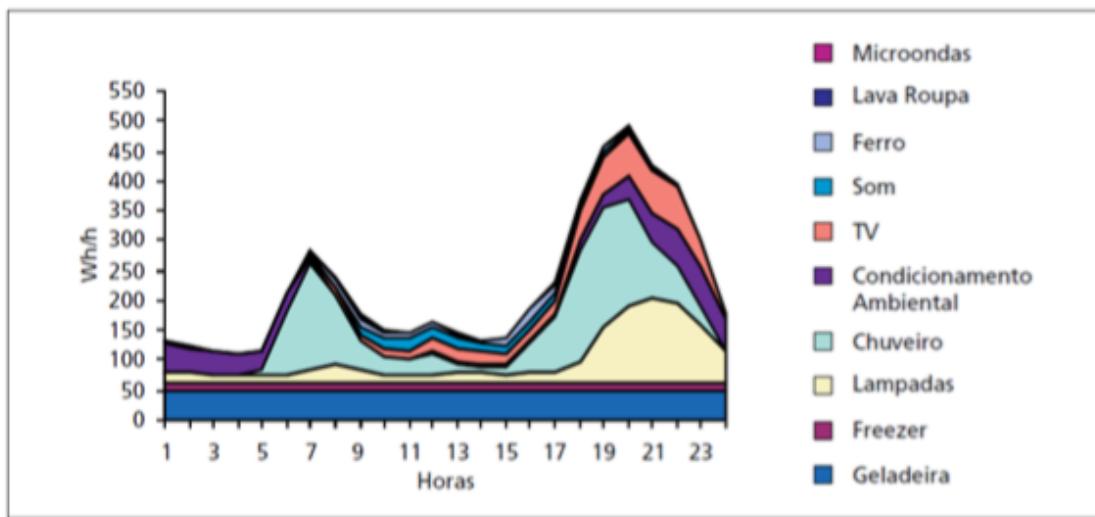


Figura 3.2: Curva de carga elétrodomésticos no Sudeste (Procel, 2006)

Os maiores "vilões" do consumo energético são os equipamentos com maior demanda e facilidade de acesso aos consumidores: refrigeradores, equipamentos de iluminação e aparelhos condicionadores de ar. É esperado que o aumento do consumo por equipamentos conectados a web tenha um crescimento significativo no mercado global.

Com vista do aumento do gasto energético principalmente a equipamentos atrelados a rede doméstica, segue uma imagem demonstrativa que classifica alguns aparelhos eletrônicos por potência, número de dias de uso por mês, tempo médio de uso por dia, consumo médio mensal e gasto total mensal. Para o cálculo, foi considerada a média do custo do KWh de R\$ 0,35 sem impostos, com isso é possível ter uma base do gasto estimado dos aparelhos. O capítulo referente a gastos abrangerá com detalhes o consumo por aparelho.

Consumo médio mensal dos principais aparelhos eletrodomésticos					
Aparelho	Potência média (watts)	Número estimado de dias de uso/mês	Tempo médio de uso por dia	Consumo médio mensal (kWh)	Gasto mensal (R\$)
Aparelho de som	20	30	4 h	2,4	0,84
Ar condicionado	3500	30	8 h	360,0	126,00
Aspirador de pó	1000	30	20 min.	10,0	3,50
Cafeteira elétrica	100	30	1h	30,0	10,50
Chuveiro elétrico**	3500	10	40min	70,0	24,50
Ferro elétrico	1000	12	1h	12,0	4,20

Figura 3.3: Consumo estimado de eletrodomésticos no Sudeste (Procel, 2006)

### 3.3 Cálculo e dimensionamento de consumo

Quando se entra no tema de redução de custos, envolvem-se todas as questões a respeito de gestão de faturas, ajuste e adequação de tarifas e ajuste do fator de carga.

Deste modo, estão inclusos os cálculos que englobam estes conceitos: Cálculos para adequação das tarifas, que são necessários ao contratar uma demanda. O ajuste do fator de carga deve ser realizado nos equipamentos conectados a rede de forma que o mesmo seja eficiente e não ocasione poluição a rede elétrica, a implantação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) para que a organização possa desenvolver e implementar uma política de energia, estabelecendo objetivos, metas e planos de ação para eficientização o uso da energia dentro da mesma.

Para o seguimento deste trabalho, é necessário o esclarecimento de alguns termos em relação ao controle energético e de gastos:

- Energia ativa – energia capaz de produzir trabalho. A unidade de medida usada é o quilowatt-hora (kWh)
- Energia reativa – energia solicitada por alguns equipamentos elétricos, necessária à manutenção dos fluxos magnéticos e que não produz trabalho. A unidade de medida usada é o quilovolt-ampère reativo-hora (kvarh)
- Energia aparente – energia resultante da soma das energias ativa e reativa. É aquela que a concessionária realmente fornece para o consumidor (kVA)
- Consumo – quantidade total de energia utilizada pelo consumidor. A unidade de medida é o quilowatt-hora (kWh)

- Potência – quantidade de energia solicitada na unidade de tempo. A unidade usada é o quilowatt (kW)
- Demanda – potência média, medida por aparelho integrador, apurada durante qualquer intervalo de quinze minutos
- Demanda contratada – demanda obrigatória e continuamente colocada à disposição do cliente, por parte da concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixado em contrato
- Carga instalada – soma da potência de todos os aparelhos instalados nas dependências da unidade consumidora que, em qualquer momento, podem utilizar energia elétrica da concessionária
- Fator de potência (FP) – Relação entre energia ativa e reativa horária, a partir de leituras dos respectivos aparelhos de medição
- Tarifa de demanda – valor, em reais, do kW de demanda em determinado segmento horo-sazonal
- Tarifa de consumo – valor, em reais, do kWh ou MWh de energia utilizada em determinado segmento horo-sazonal
- Tarifa de ultrapassagem – tarifa a ser aplicada ao valor de demanda registrada que supera o valor da demanda contratada, respeitada a tolerância
- Tarifação horo-sazonal (THS) – sistema de tarifas que considera os segmentos horo-sazonais para especificar a energia
- Horário de ponta (HP) – período definido pela concessionária, composto por três horas consecutivas, compreendidas entre as 18 e 21hs, exceção dos sábados, domingos, terça-feira de Carnaval, sexta-feira da Paixão, Corpus Christi, Finados e demais feriados por lei federal. Nesse intervalo (HP) a energia é mais cara
- Horário fora de ponta (HFP) – corresponde às horas complementares às três horas consecutivas que compõem o horário de ponta, acrescidas da totalidade das horas dos sábados e domingos e dos feriados citados. Neste intervalo a energia elétrica é mais barata
- Curva de carga do sistema – a curva de carga do sistema elétrico em um dia típico apresenta o perfil mostrado na Figura 3.2 O horário de ponta representa o período do dia em que o sistema demanda mais carga.

### 3.3.1 Gastos energéticos

As contas de energia elétrica geradas pela concessionária fornecem informações sobre a demanda e o consumo de energia elétrica provenientes de um ponto de instalação.

A estrutura tarifária é composta de um conjunto de valores aplicáveis aos componentes de consumo de energia e/ou demanda de potência, de acordo com a modalidade que é escolhida e surge as definições.

As tarificações dependem de alguns critérios a se estabelecer, entre eles estão:

- Nível de tensão e fornecimento.
- Classes e Subclasses de consumo.
- Sazonalidade diária e anual.

Disponível pela AES eletropaulo segue a resolução homologada 2.263, da ANEEL válida a partir de 2017. Com isso é possível realizar cálculos de parâmetros para o melhor uso da energia em horários específicos como denotado na figura abaixo

Tarifas Aplicadas a clientes atendidos em Baixa Tensão (Grupo B)		
MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL		
SUBGRUPO / CLASSE / SUBCLASSE (R\$/kWh)	Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) (R\$/kWh)	Tarifa de Energia TE (R\$/kWh))
B1 - RESIDENCIAL	0,18074	0,23887
B1 - RESIDENCIAL - BAIXA RENDA		
Consumo mensal até 30kWh	0,05427	0,08360
Consumo mensal entre 31 e 100kWh	0,09304	0,14332
Consumo mensal entre 101 e 220kWh	0,13956	0,21498
Consumo mensal superior a 220kWh	0,15506	0,23887
B2 - RURAL	0,12652	0,16721
B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL	0,12652	0,16721
B2 - SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO	0,10844	0,14332
B3 - DEMAIS CLASSES	0,18074	0,23887
B4 - ILUMINAÇÃO PÚBLICA		
Illuminação Pública (B4a)	0,09941	0,13138
Illuminação Pública (B4b)	0,10844	0,14332

Figura 3.4: Tarifas Aplicadas a clientes atendidos em Baixa Tensão - Grupo B (aeseletropaulo, 2017).

Um levantamento feito pela ONS mostra diferentes curvas de cargas de consumo elétrico durante um período de 24 horas, após diferentes medições ao alinhar as curvas de cargas é possível concluir onde será a maior ponte de oscilação da rede elétrica.

Esses dados facilitam trabalhar com equipamentos mais sensíveis onde o período possui uma oscilação maior.

No caso das medições mostradas na figura de curva de carga, são levantadas diversas curvas de cargas de aparelhos diferentes, a partir deste levantamento é compreendido que o período das 11:00 á 16:00 tem maior demanda energética, enquanto o período das 17:00 até as 23:00 possuí uma taxa com o valor maior.

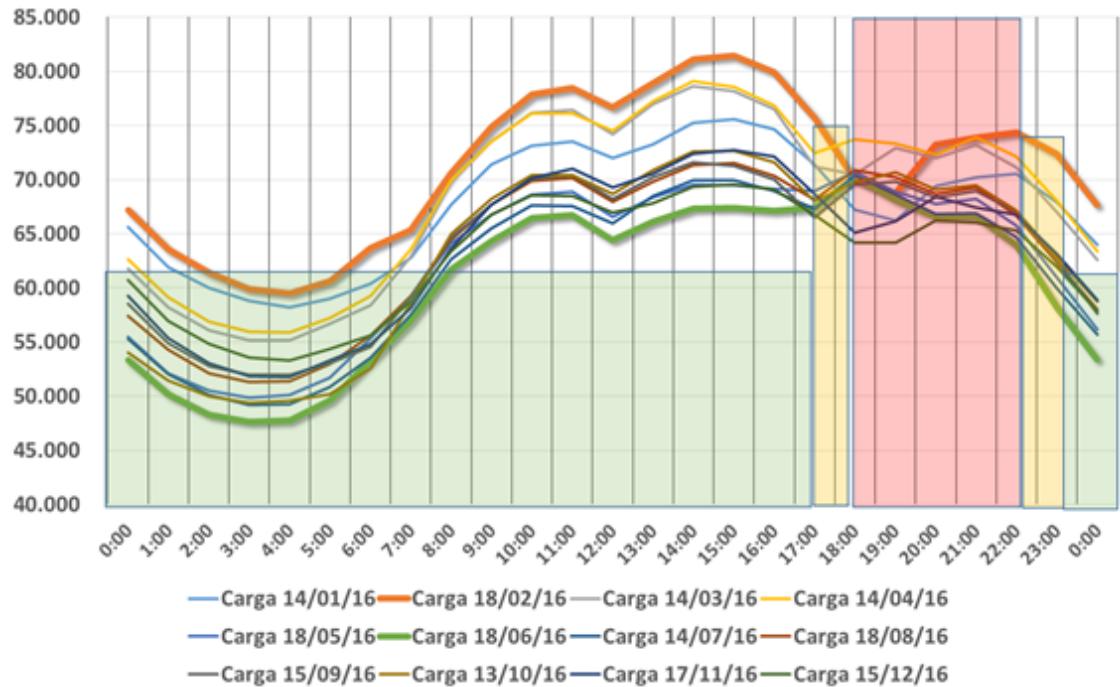


Figura 3.5: Curva de carga na rede elétrica (ONS, 2016).

Com isso pode se avaliar a qualidade de energia e o seu preço por consumo do maquinário ou eletrodoméstico como segue exemplo abaixo.

#### Chuveiro Elétrico.

A potência do chuveiro varia de acordo com a posição da chave. Pode variar de 4.500 a 6.000 watts no modo Inverno (quente) ou de 2.100 a 3.500 watts no modo Verão (morno). O consumo por hora (60 minutos) de uso é de 4,50 a 6,0 kWh (quilowatts-hora) na posição Inverno e de 2,10 a 3,50 kWh no Verão. Para calcular o consumo do chuveiro, utiliza-se a regra abaixo:

$$\text{Consumo} = (\text{potência em watt}/1000) \times (\text{tempo}) \text{ número de horas} = \text{total em KWh}$$

Assim, se a potência for de 5.500 W e a utilização por determinado período for de 2 horas, o consumo total expresso em kWh será de  $= 5.500w/1000 \times 2 = 11 \text{ kWh}$ .

A regra é válida para cálculos em outros equipamentos, mas é importante ressaltar que a taxa em horários de pico é maior e os valores por longos períodos serão diferentes dos valores que não adentram esta faixa de horário.

De uma forma ilustrativa é possível identificar os equipamentos de alto consumo dentro de uma residência.



Figura 3.6: Consumo energético, ilustração (ABESCO,2016).

### 3.4 Consumo elétrico por equipamentos

Indicadores de consumo elétrico são utilizados como itens de parametrização para diagnósticos energéticos. Com eles é possível fazer um estudo global do perfil energético da instalação, permitindo a análise de consumo e perdas obtidas durante o processo.

#### 3.4.1 Fator de Potência

Para se ter os valores para uma análise elétrica são necessários elementos como:

- Tensão
- Corrente
- Potência

Com esses dados é obtido uma compreensão mais robusta de como o sistema ou aparelho está desempenhando e gerando gastos, entretanto outras medições em equipamentos elétricos são analisados a fim de analisar o fluxo em que a potência é composta. A potência pode ser dividida em 3 elementos.

- Potência Ativa (W): Energia que realiza o trabalho útil, como calor, luz, movimento, etc. Sua unidade é o Watt (W).
- Potência Reativa (Q): Energia que não produz trabalho útil, sendo armazenada por componentes indutivos e capacitivos. Sua unidade é o volt ampere reativo (VAr).
- Potência Aparente (S): Energia resultante(vetor), composta pela potência ativa(W) e reativa (Q). Sua unidade é o volt ampere (VA).

Para um melhor entendimento segue figura abaixo.

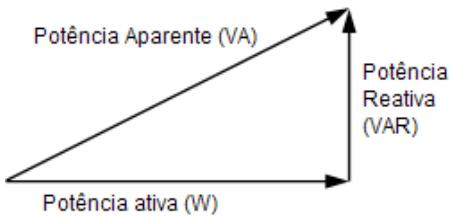


Figura 3.7: Ilustração do triangulo de potências (Autor, 2018).

Sabe-se que em máquinas de alto consumo, boa parte em sua construção dispõe de motores, transformadores e outros elementos que exigem mais da rede elétrica. Ao gerar uma maior perda energética a energia reativa, é responsável pela criação dos campos elétricos e magnéticos em equipamentos (VIEIRA, 1989), enquanto a energia ativa gera movimento e alimenta circuitos para sua real construção.

Por definição o FP é o quociente entre a potência ativa e a potência aparente do sistema.

Esse fator possui valor entre 0 e 1. Quando o FP é igual a zero, o fluxo de energia é inteiramente reativo e a energia armazenada é devolvida totalmente a fonte em cada ciclo. Quando o FP é 1, toda a energia fornecida pela fonte é consumida pela carga.

Equipamentos puramente resistivos como por exemplo um ferro de passar roupas, possuem FP próximos de 1, enquanto equipamentos que possuem motores por indução como o ventilador, possuem um FP não tão próximo de 1 porém deve sempre estar igual ou acima do limite permitido por lei (Jão Luis, 2016).

$$FP = \cos\varphi = PS \quad (3.1)$$

Ao tratar de equipamentos em um sistema real, é quase impossível possuir somente cargas resistivas, pois a maioria dos sistemas industriais conectados a rede, compõe equipamentos no qual sua construção possuí motores, transformadores, reatores, fornos de indução, etc. Então, visando corrigir um FP para o mais próximo possível de 1, aplica-se bancos de capacitores que fornecem energia reativa contrária a da carga indutiva no circuito, compensando a defasagem para que as ondas entrem em fase novamente.

É interessante a ressalva que a medição do fator de potência é válido em cargas senoidais lineares. Fontes de determinados dispositivos dc podem possuir uma carga não linear a rede como segue o exemplo abaixo.

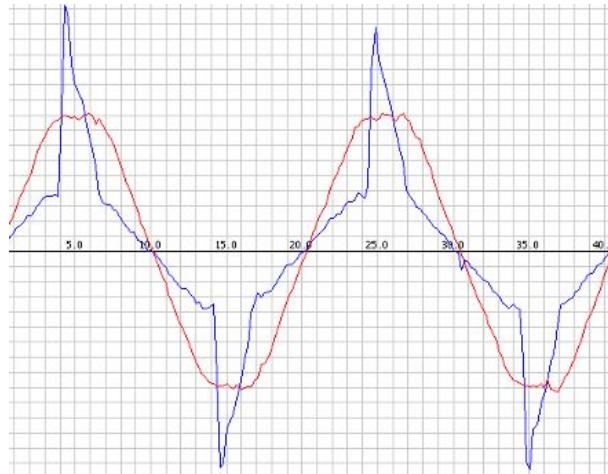


Figura 3.8: Exemplo de curva de carga não linear (OpenEnergy, 2018).

### 3.4.2 Direção de fluxo de potência

O fluxo de potências consiste essencialmente na determinação de:

- Tensões complexas das barras.
- Distribuições dos fluxos de potência que fluem pelas linhas.
- Tensões complexas das barras;

Esses estudos são usados no planejamento do sistema de potência. Supõe-se que o sistema esteja operando num regime equilibrado.

Para esse tipo de estudo a modelagem da rede é estática, ou seja, ela é representada por um sistema de equações e inequações algébricas onde as variações com o tempo são lentas e, portanto, não são levados em consideração.

O importante é considerar a posição vetorial da carga, a partir do momento que há um consumo ou uma geração energética. Assumindo o pressuposto que um equipamento consome energia ele recebe um determinado fluxo, no entanto se o mesmo esta fornecendo energia o fluxo é invertido. Como a corrente é alternada a direção em que ela está se inverte cerca de 50 (ou 60) vezes por segundo é necessário um meio para comparar a direção. A comparação é feita através da voltagem.

Exemplificando se uma casa está gerando energia, a direção da corrente é invertida em relação ao exemplo anterior. Quando a tensão é positiva, (acima do eixo X) a corrente é negativa (abaixo do eixo X), e quando a tensão é negativa, a corrente é positiva. A potência sempre negativa, toda a curva de potência permanece abaixo do eixo X.

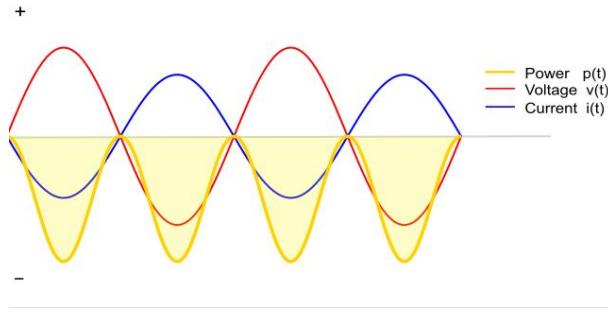


Figura 3.9: Curva de senoidal de carga negativa (OpenEnergy, 2018).

### 3.4.3 Calculos RMS

O valor RMS é definido como a raiz quadrada do valor médio dos quadrados dos valores instantâneos de uma quantidade de amostras variáveis sendo medidas periodicamente, calculada em média ao longo de um ciclo completo. A equação de tempo discreto para calcular a tensão RMS é a seguinte:

$$U_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} u^2(n)}{N}} \quad (3.2)$$

A potência real (conhecida como potência ativa) é a energia utilizada por um equipamento para produzir trabalho útil

Matematicamente a integral definida da voltagem,  $u(t)$ , vezes atual,  $i(t)$ , é expressa abaixo:

$$P = \frac{1}{T} \int U(t).i(t)dt \equiv U.I.\cos(\varphi) \quad (3.3)$$

E com isso a potência aparente é calculada da seguinte forma:

$$Potencia\ aparente = RMS\ Voltagem \cdot RMS\ corrente \quad (3.4)$$

Sendo que:

U - Tensão raiz média quadrada (RMS).

I - Corrente quadrada média (RMS).

Cosseno phi - Fator de potência.

$U(n)$  - Instância amostrada de  $u(t)$

$I(n)$  - Exemplo amostrado de  $i(t)$

N - Número de amostras.

A potência real é calculada simplesmente como a média de N produtos de corrente de tensão. Este método é válido para formas de onda senoidais e distorcidas.

## 3.5 Formas de medir a corrente

Conhecer a quantidade de corrente que está sendo entregue a uma carga pode ser útil em uma ampla variedade de aplicações. Por exemplo, em produtos de consumo de baixa

potência, a corrente de fornecimento pode ser monitorada para entender o impacto do sistema na vida útil da bateria. A corrente de carga também pode ser usada para tomar decisões críticas de segurança em circuitos de proteção de sobrecorrente como no caso deste projeto. No controle do motor, saber a magnitude e a direção da corrente pode informar a velocidade e a direção do motor. Finalmente, os dispositivos de teste podem ser desenvolvidos para monitorar todas as correntes de suprimento para entender o desempenho do subcomponente do sistema. Cada uma das aplicações mencionadas anteriormente possui diferentes requisitos de projeto em relação à voltagem de modo comum, direcionalidade e precisão.

Existem dois tipos de detecção de corrente: direta e indireta. A detecção de corrente indireta é baseada nas leis de Ampere e Faraday. Colocando uma bobina (por exemplo bobina de Rogowski) ao redor de um condutor de corrente, uma tensão é induzida através da bobina que é proporcional à corrente.

Isso permite uma medição não invasiva onde o circuito de detecção não está conectado eletricamente ao sistema monitorado. Como não há conexão direta entre o circuito de detecção e o sistema, o sistema é inherentemente isolado. O sensor de corrente indireta é tipicamente usado para correntes de carga na faixa de 100A-1000A. Este tipo de detecção, no entanto, requer sensores relativamente caros e não é propício para detectar correntes em um PCB.

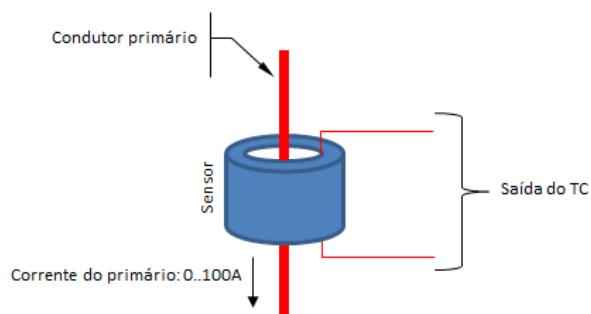


Figura 3.10: Medição por campo magnético (Fazedores, 2018).

A detecção de corrente contínua é baseada na lei de Ohm. Ao colocar um resistor *shunt* em série com a carga do sistema, uma tensão é gerada através do resistor e proporcional à corrente de carga do sistema. A tensão através da derivação pode ser medida por amplificadores diferenciais, como monitores de derivação de corrente (CSMs), amplificadores operacionais, amplificadores de diferença (DAs) ou amplificadores de instrumentação (IAs).

Este método é uma medida invasiva da corrente, uma vez que o resistor de derivação e o circuito de detecção estão conectados eletricamente ao sistema monitorado. Portanto, a detecção direta normalmente é usada quando o isolamento galvânico não é necessário. O resistor de derivação também dissipava energia, o que pode não ser desejável. A detecção de corrente contínua normalmente é implementada para correntes de carga menor que 100A.

Esta especificação é importante porque limita a escolha de amplificadores diferenciais. Por exemplo, amplificadores operacionais e IAs exigem uma tensão de modo comum

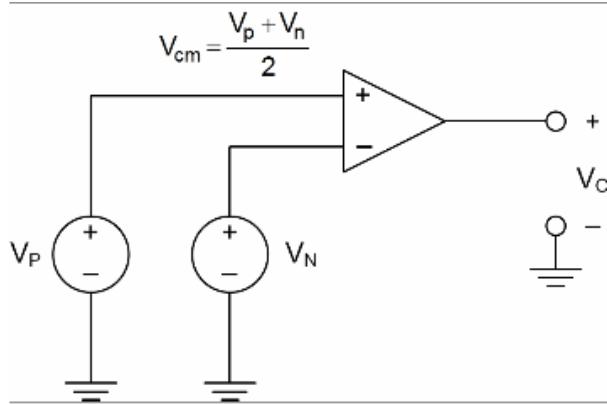


Figura 3.11: Definição da tensão de modo comum de entrada. (Eetimes, 2018).

de entrada dentro de suas fontes de alimentação. No entanto, amplificadores de diferença e CSMs, normalmente podem acomodar tensões de modo comum de entrada em excesso de suas fontes de alimentação. Isso é útil em aplicações em que o amplificador detecta a tensão de derivação na presença de uma grande tensão de modo comum e deve fazer interface com um conversor analógico-digital de baixa tensão (ADC). Em tal cenário, o amplificador e o ADC podem ser alimentados com a mesma tensão de alimentação, independentemente da tensão de modo comum do sistema.

Ao monitorar a corrente de carga, o projetista pode optar por colocar o resistor de detecção entre a tensão de alimentação ( $V_{bus}$ ) e a carga, ou entre a carga e o terra. O primeiro é chamado de *high-side sensing*, enquanto o segundo é chamado de *low-side sensing*.

A detecção de baixo-lado é desejável porque a tensão de modo comum está próxima do ponto de aterramento, o que permite o uso de amplificadores operacionais de entrada / saída de fonte única, trilho a trilho. As desvantagens da detecção do lado inferior são distúrbios no potencial de aterramento da carga do sistema e a incapacidade de detectar curtos de carga. A Figura abaixo descreve um cenário de sensoriamento baixo.

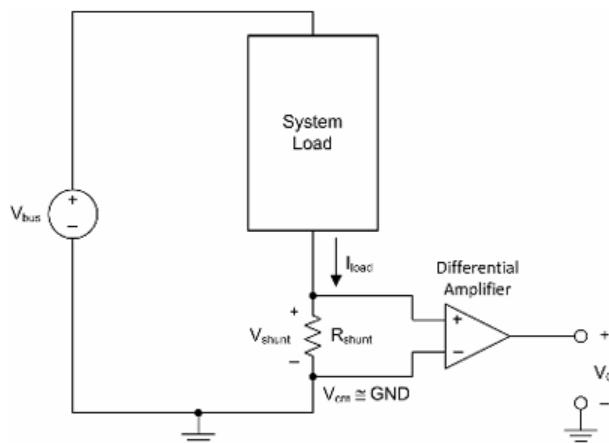


Figura 3.12: Detecção de corrente no lado inferior. (bau da eletronica, 2018).

A detecção do lado alto é desejável, pois monitora diretamente a corrente fornecida

pelo suprimento, o que permite a detecção de curtos de carga. O desafio é que a faixa de tensão do modo comum de entrada do amplificador deve incluir a tensão de alimentação da carga, ou  $V_{bus}$ . Este requisito frequentemente requer o uso de DAs ou CSMs dedicados, que permitem tensões de modo comum fora de sua faixa de fornecimento de tensão. A Figura 3.13 descreve um cenário típico de alta sensibilidade.

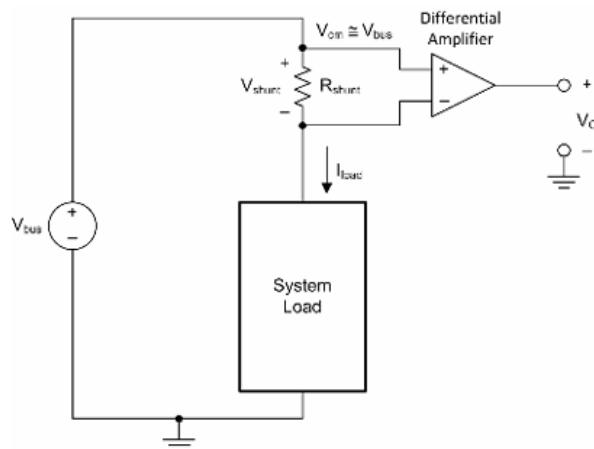


Figura 3.13: Detecção de corrente no lado alto. (bau da eletrônica, 2018).

Dependendo da aplicação, a corrente de alimentação pode fluir em uma direção (unidirecional) ou ambas as direções (bidirecional). Projetos unidirecionais são diretos, pois a tensão de saída do amplificador não precisa distinguir a direção. Se um design bidirecional é necessário, as soluções bidirecionais têm uma entrada para uma referência ou tensão de pedestal.

A saída do dispositivo é então referenciada a essa tensão conhecida. Tensões de saída acima da tensão de referência conhecida estão em uma direção, enquanto as tensões de saída abaixo da tensão de referência conhecida estão na direção oposta. A figura abaixo representa o conceito de direcionalidade atual.

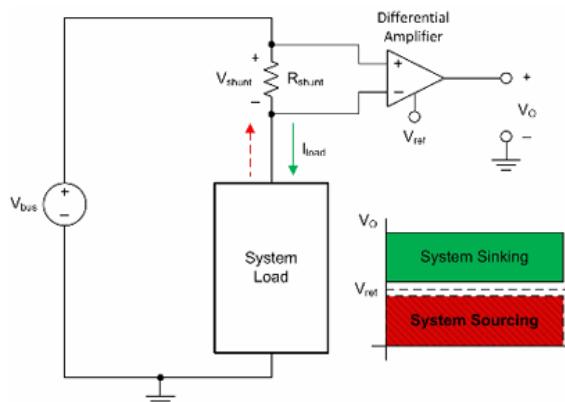


Figura 3.14: Direcionalidade. (Baú da eletrônica, 2018).

### 3.6 Pesquisa de Mercado

Para validar o modelo a ser implementado em bases atuais, verificou se os prestadores de serviço que fornecem um sistema de medição elétrico com diferentes finalidades com o objetivo de avaliar os modelos existentes.

"Até o final do ano haverá cerca de 4.9 bilhões de “coisas” conectadas em todo o mundo, transformando a forma como trabalhamos e vivemos"

Diretor da Orange Business Services  
para América Latina

#### 1. WEG - Medidores Inteligentes de Energia SMW



Figura 3.15: Medidores Inteligentes de Energia SMW (WEG, 2018).

Os medidores WEG tem por objetivo o atendimento das necessidades metrológicas nas residencias e comercios, o foco do aparelho se resume a permitir com que a distribuidora tenha acesso a diversos pontos de consumo para retirada de dados manualmente e permitir uma avaliação local mais precisa de como a energia é entregue.

## 1. Citisystems - Analisador de energia.

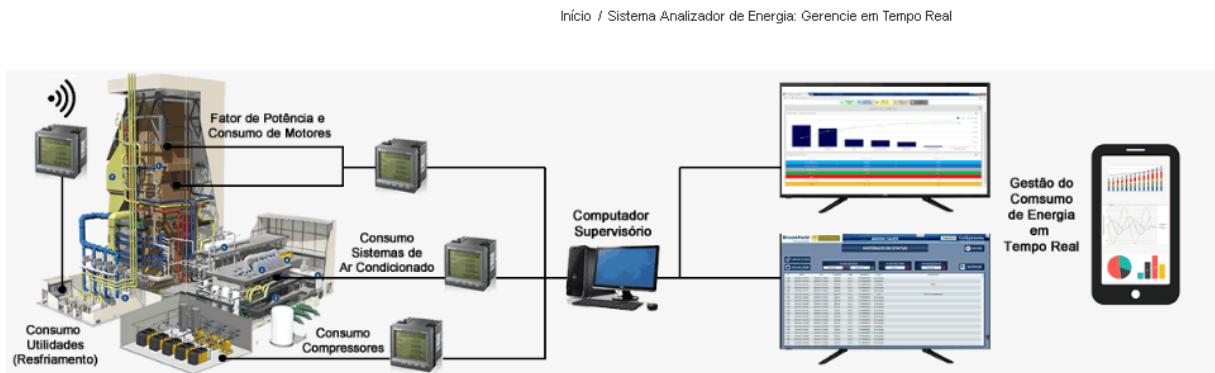


Figura 3.16: Analisador de energia citisystems (Citisystems, 2018).

"Com o Analizador de Energia é possível realizar medições localizadas ou centralizadas de consumo de energia a fim de detectar possíveis distorções na rede. Com os dados, pode-se projetar os bancos de capacitores adequados e filtros a fim de obter redução nas contas de energia"(Citisystem, 2018).

O sistema promovido pela empresa tem o objetivo de gerar coleta de dados em tempo real, gerar relatórios e criar um sistema de proteção a dispositivos conectados. Similar ao sistema proposto, a empresa fornece o protótipo com custo mensal e implantação rápida.



## 4 DESENVOLVIMENTO

O projeto tem a proposta de criar um sistema de monitoramento em máquinas elétricas e eletrônicas e gerar um sistema de gestão de informação.

Para isso será utilizado uma placa micro-controlada, afim de receber a entrada de sinal de elétrico e direcionar a saída entre os dispositivos conectados a ele.

Em seu inicio é abordado temas bases para compreensão da aplicação do dispositivo modelado, no sistema atual em que é medido é o consumo da rede elétrica e a forma que é tarifada. Então primeiramente é explanado como é o sistema elétrico brasileiro, apresentando seu funcionamento.

O tema seguinte é contextualizado de forma a compreender a importância da construção e aplicação do equipamento proposto, que entra no modelo de conceitos de dimensionamento de um equipamento e como é seu consumo, quais são os picos entre outros.

Com o capítulo de abordagem sobre gastos energéticos é possível ter uma compreensão aprofundada sobre demandas energéticas e seu impacto na rede, a compreensão dos períodos de uso apropriado para cada equipamento permite seu uso controlado e calcular seus gastos.

### 4.1 Planejamento

Segundo Maximiano (2004, p. 131) “[...] Planejamento é o processo de tomar decisões sobre o futuro. As decisões que procuram, de alguma forma, influenciar o futuro, ou que serão colocadas em prática no futuro, são decisões de planejamento.[...]"

O planejamento constitui a primeira das funções administrativas, Planejar significa interpretar a missão e estabelecer os objetivos de um projeto ou cronograma, bem como os meios necessários para a realização desses objetivos com o máximo de eficiência e eficácia, em vista de atingir os objetivos deste trabalho um cronograma foi elaborado de forma à atingir o objetivo principal do projeto, seu funcionamento e teste

Com isso todas as atividades foram desenvolvidas conforme o cronograma mostrado a seguir.

## Etapas do Projeto

Data	Etapa	Atribuída a	Posição
05/01/2018	Início do Projeto		20
05/01/2018	Etapa 1 - Definição de Tema	Vinicius	111
06/02/2018	Etapa 2 - Levantamento e análise bibliográfica	Vinicius	-10
06/03/2018	Etapa 3 - Análise dos modelos de mercado	Vinicius	25
10/03/2018	Etapa 4 - Seleção de componentes necessários	Vinicius	-15
09/04/2018	Etapa 5 - Elaboração de modelo	Vinicius	15
10/05/2018	Etapa 6 - Levantamento de dados	Vinicius	-15
11/07/2018	Etapa 7 - Desenvolver análise gráfica	Vinicius	15
12/08/2018	Etapa 8 - Desenvolver software de gestão	Vinicius	-20
13/09/2018	Etapa 9 - Integração do sistema	Vinicius	20
14/09/2018	Etapa 10 - Testes e correções	Vinicius	-15
05/12/2018	Etapa 11 - Escrita do TCC	Vinicius	111
05/12/2018	Fim do Projeto		5

Figura 4.1: Cronograma (Autor, 2018).

## Linha do Tempo do Projeto

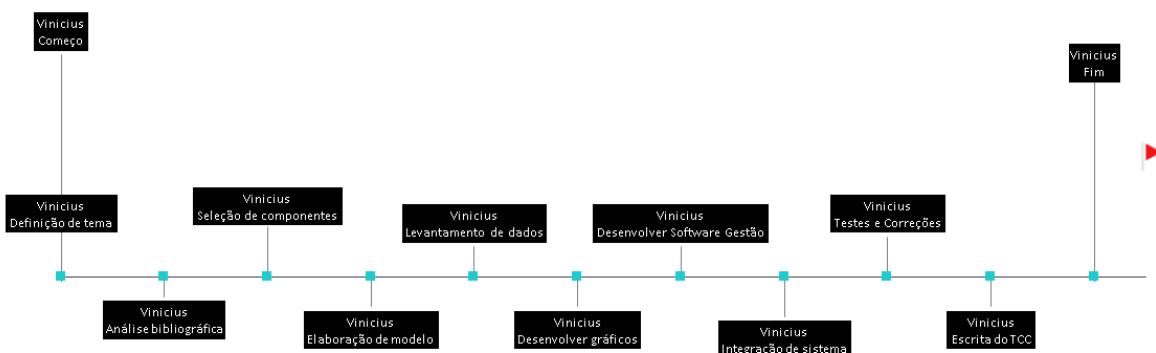


Figura 4.2: Linha do tempo, ilustração visual (Autor, 2018).

#### **4.1.1 Cronograma**

Segue abaixo o cronograma do projeto desenvolvido

1. Elaboração da proposta de TCC.
2. Levantamento de bibliografias (Pesquisa de livros e artigos relacionados.)
3. Análise dos modelos implementados de sistemas microcontrolados.
4. Seleção dos componentes necessários.
5. Elaboração do modelo de projeto que sera implementando.
6. Elaboração de testes e construção de protótipos.
7. Levantamento de dados (Novas variaveis a partir dos testes de controle).
8. Desenvolvimento da analise gráfica dos dados em tempo real.
9. Desenvolvimento do software de gestão.
10. Integração dos módulos que compõe o sistema.)
11. Teste e correções.
12. Escrita redação do TCC.

#### **4.2 Fluxo de trabalho**

O fluxo de trabalho é a sequência de etapas conectadas que compõem um processo de trabalho. O fluxo de trabalho é considerado como uma parte abstrata do trabalho real, envolvendo o esforço de um determinado numero de pessoas. Determinar um fluxo de trabalho eficiente pode agregar valor significativo às atividades de uma organização.

Para a implementação e desenvolvimento do protótipo observou-se a necessidade de estabelecer um fluxo sobre o processo para que as etapas sejam fundamentadas seguindo uma linha lógica de compreensão. Conhecer cada processo envolvido em seu detalhe, ajuda a construir a elaboração do protótipo de uma forma organizada em seu entendimento.

Utilizando uma ferramenta online de elaboração de fluxogramas, obtém-se o seguinte mapeamento.

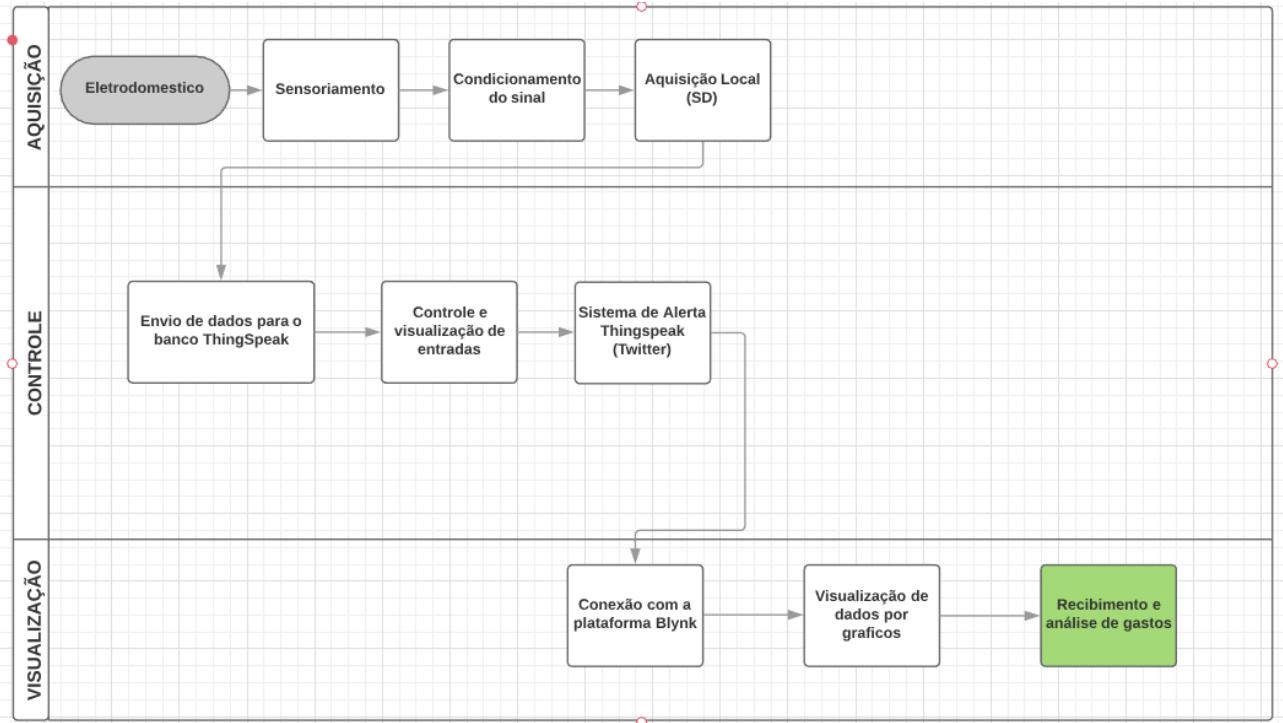


Figura 4.3: Fluxo de trabalho (Autor, 2018)

### 4.3 Hardware escolhido

O NodeMCU é um firmware baseado em Lua de código aberto para o ESP8266 WiFi SOC da Espressif e usa um sistema de arquivos SPIFFS baseado em flash no módulo . O NodeMCU é implementado em C e é colocado em camadas no SDK Espressif NON-OS .

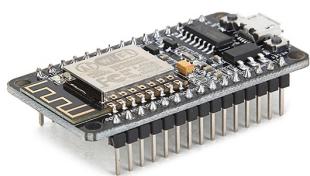


Figura 4.4: Modelo de Nodemcu (Filipeflop, 2018)

O firmware foi inicialmente desenvolvido como um projeto complementar aos populares módulos de desenvolvimento NodeMCU baseados em ESP8266 , o projeto é suportado pela comunidade, e o firmware agora pode ser executado em qualquer módulo da familia ESP.

O proposito de seu projeto foi direcionado a dispositivos móveis, eletrônicos vestíveis e aplicativos IoT, o ESP8266EX alcança baixo consumo de energia com uma combinação

de várias tecnologias proprietárias. A arquitetura de economia de energia apresenta três modos de operação: modo ativo, modo de suspensão e modo de suspensão profunda. Isso permite que os designs movidos a bateria sejam executados por mais tempo.

O ESP8266EX é capaz de funcionar de forma consistente em ambientes industriais, devido à sua faixa de temperatura operacional(-40 Celsius a 160 Celsius). Com isso visando criar um dispositivo portátil de alto rendimento é escalado a placa para o protótipo.

Como especificado pelo fabricante o microcontrolador ESP8266EX integra a um processador RISC Tensilica L106 de 32 bits, que atinge um consumo de energia baixo e atinge uma velocidade máxima de clock de 160 MHz. O sistema operacional em tempo real (RTOS) e a pilha Wi-Fi permitem que cerca de 80% da capacidade de processamento esteja disponível para programação e desenvolvimento de aplicativos do usuário contribuindo para que o mesmo seja compacto.

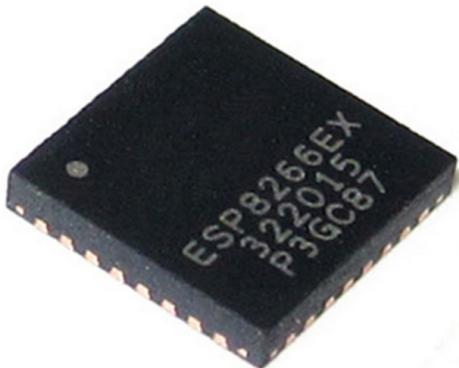


Figura 4.5: Esp8266 (Aliexpress, 2018)

O ESP8266EX possui recursos interessantes para criação de um protótipo IOT, o mesmo é integrado a um processador Tensilica de 32 bits, interfaces periféricas digitais padrão, comutadores de antena, amplificador de potência, amplificador de recepção de baixo ruído, filtros e módulos de gerenciamento de energia, todos compactos no ESP8266EX.

#### 4.3.1 Pinagem Nodemcu

A alimentação dessa placa pode ser feita através do próprio conector USB (5,0V) ou então através do pino VIN (EXT), com alimentação controlada de 5,0V.

O Regulador AMS1117 aceitar tensões de até 9V na entrada, Não é recomendado o uso do pino 3,3V para a entrada de alimentação da placa. Este pino é a saída do regulador. "A alimentação pode ser também através do pino 3,3V REG, entretanto com isso cria-se

uma proteção para evitar sobre aquecimento e a danificação da placa."(Expressif, 2018)

O Chip da interface Serial-USB é o CP2102 da *Silicon Labs*. Ele suporta USB 2.0. (não suporta USB 3.0). *Baud Rates* até 1 MBps. Na placa NodeMCU, a alimentação 3,3V do CP2102 é feita através do regulador AMS1117. Consumo máximo de corrente desse chip é de apenas 26 mA. O CP2102 possui um regulador interno de 3,3V, mas nessa placa NodeMCU, esse regulador não é usado.

Para fazer a comunicação serial-USB com o computador há a necessidade de instalar os drivers do CP2102.

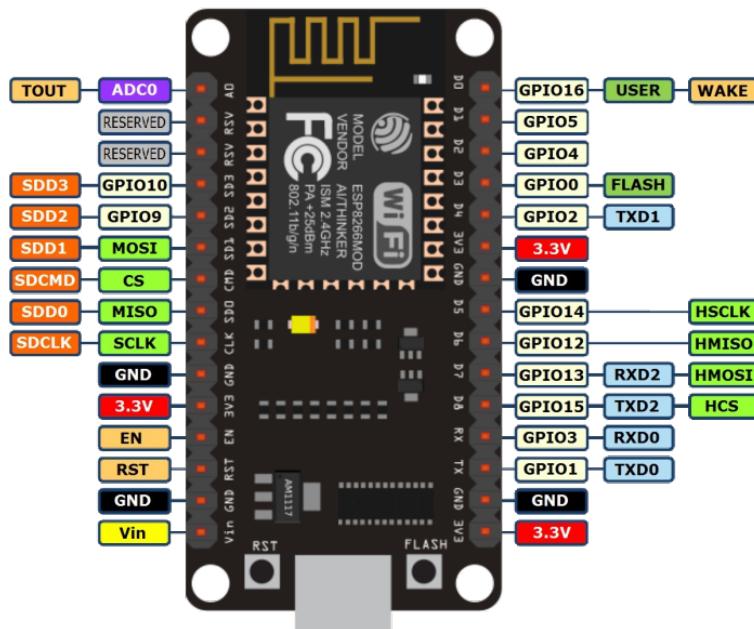


Figura 4.6: Nodemcu pinagem ([www.arduinoing.com](http://www.arduinoing.com), 2018)

Referente aos indicadores do node quando esta processando informações, o mesmo pode ser observado:

- Led indicador Azul – esta conectado no pino GPIO 16. Um pulso LOW(0V) acionará o led.
- Led Indicador ESP-12 – pisca quando a memória Flash esta sendo gravada.
- Botão de RST – dá um pulso *LOW* (0V) no pino RST (*reset*) *reboot* no módulo ESP-12.
- Botão de *FLASH* – dá um pulso *LOW* (0V) no pino GPIO 0 – permite a gravação do programa no ESP-12.

Os pinos DTR e RTS do Chip CP2102, controlam o pino ENA (*reset chip* ESP-12) e o pino GPI 0 (*Load program*). Portanto, ao gravar um programa com a IDE Arduino, não é necessário pressionar o botão de *BOOT* (*Load*).

### 4.3.2 Conectando o Nodemcu

A Placa NodeMCU ESP12 deve ser conectada no computador, utilizando um cabo USB com conector micro-USB. Não há uma preferência de porta a ser utilizada, entretanto é válido ressaltar que a conexão forneça 500 mA ou mais para um funcionamento adequado, com os *drivers* instalados o dispositivo é reconhecido pelo Windows.

Com o dispositivo conectado utilizando o pesquisar do menu iniciar é pesquisado "Gerenciador de Dispositivos", nesta seção na aba "Portas COM e LPT" deve se identificar o novo dispositivo conectado.

Qualquer porta USB poderá ser usada, mas a preferência deve ser fornecida à uma porta USB que suporte a corrente de 500 mA ou mais. Antes de conectar o cabo, deve se instalar os *drivers* do chip Serial-USB. Após o reconhecimento da placa é feito pelo Windows. Para descobrir qual porta COM será usada pela Plataforma de Desenvolvimento (IDE) do ESP8266, o gerenciador de dispositivos mostrará as entradas conectadas, no caso da placa ela ficará na opção COM. Nas opções de configuração, a porta configurada foi a COM3.

### 4.3.3 Utilizando IDE Arduino

Para a programação no Nodemcu é utilizado a ide do Arduíno, entretanto é necessário a instalação de algumas bibliotecas e configurações.

A primeira alteração é acessar o menu preferencias e inserir a url no gerenciador de placas a seguinte URL



Figura 4.7: Configuração da URL (Autor, 2018)

Após estas configurações é buscado no gerenciador de bibliotecas "esp8266 by ESP8266 Community" após é clicado no botão instalar.

Após a instalação o sistema ficara com as seguintes opções.

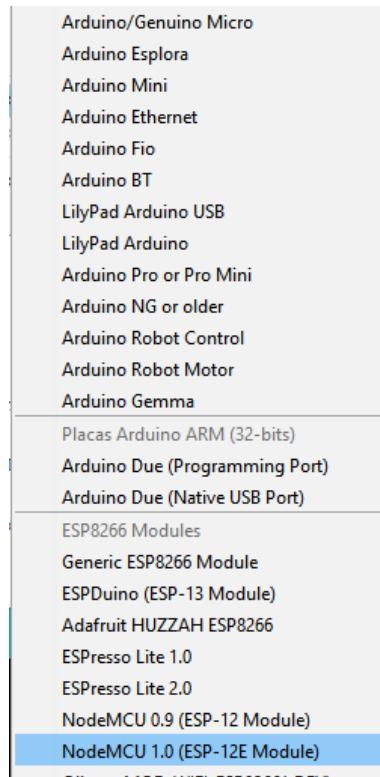


Figura 4.8: Opções arduino (Autor, 2018)

Com o processo de instalação da placa finalizado, é necessário criar e dimensionar o protótipo de coleta de corrente.

#### 4.4 Transformadores de corrente

Transformadores de corrente (TCs) são sensores que medem corrente alternada (AC). O tipo de núcleo pode ser de diferentes formas, dividido, como o fornecido pela empresa Magnelab e pode ser de nucleo sólido.

Como qualquer outro transformador, um transformador de corrente tem um enrolamento primário, um núcleo magnético e um enrolamento secundário.



Figura 4.9: Sensor de corrente núcleo sólido (Magnelab, 2018)

Exemplificando com o monitoramento de uma casa, o enrolamento primário é o fio vivo que é passado pela abertura no TC.

A corrente alternada que flui no primário produz um campo magnético no núcleo, que induz uma corrente no circuito de enrolamento secundário.

A corrente no enrolamento secundário é transmitido ao microcontrolador e com isso é realizado as medições de saída dos aparelhos:

#### 4.4.1 Resistor de carga

O transformador de "saída de corrente" precisa ser utilizado com um resistor de sobrecarga. O valor da carga é escolhido para fornecer uma tensão proporcional à corrente secundária de forma que o valor da carga seja baixo o suficiente para evitar a saturação do núcleo do TC.

### 4.5 Sensor de corrente SCT 013-100

O sensor utilizado neste projeto corresponde a um alicate amperímetro, o SCT 013-000 é um transformador de corrente com a finalidade de obter dados de medição de corrente de forma que não seja necessário modificar o sistema que já está em trabalho, operando de forma não invasiva.

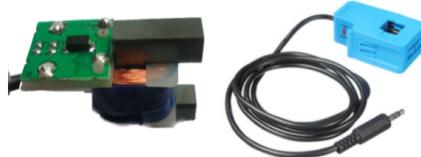


Figura 4.10: Sensor de corrente não invasivo (João Luis, 2016)

A especificação é de 100A na bobina primária, com a saída de sinal de até 50mA secundário, o fator de transformação especificado pela fabricante é de K (Relação das espiras do trafo) equivalente a 2000, sua construção permite operar em condições padrão de -25 graus celcius até 70 graus. A taxa de variação deste modelo específico corresponde de 3%.

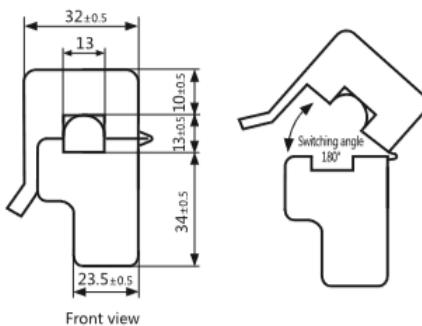


Figura 4.11: Sensor de corrente vista frontal (NiceGear, 2016)

A faixa de operação deste aparelho não é linear de forma que seu valor nominal varia de 10% a 100% (10A até 120A), correspondente a faixa de valores ideal para se trabalhar.

A marca YHDC possui modelos para aplicações específicas, pela acessibilidade do modelo o 013-000 foi determinado o mesmo para a construção do equipamento.

Table of technical parameters:		Diagram for standard three-pin plug			
Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output mode	Current/33mA	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-070
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	
Output mode	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	

Figura 4.12: Modelos de sensores de corrente da YHDC (NiceGear, 2016)

Devido o tipo de sensor o modo de se obter os dados se torna diferente. O sensor SCT 013-000 possui variações na corrente, em outros modelos em sua construção interna é possível a obtenção da variação de tensão, entretanto para este modelo será necessária a construção do sistema para que a leitura possa ser realizada pelo Node.

Para esta medição é necessário um resistor de carga, que possui a finalidade de ajustar a carga de tensão com a possibilidade de operar em níveis variados de tensão sem que a potência do sistema seja alterada.

Para o calculo do resistor deve se considerar alguns pontos:

- Determinar a máxima corrente que a bobina do transformador primário irá exercer.

Como é necessário obter o funcionamento do equipamento a cargas resistivas a corrente de 100A deve ser convertida em seu valor eficaz (RMS), para ser obtido o máximo de corrente transmitido da onda periódica para a resistência.

$$I_{p1} = I_{rms} \times \sqrt{2} = 141,4A \quad (4.1)$$

Com o valor relação de transformação K sendo 2000, calcula-se a corrente de pico no secundário:

$$I_{p2} = \frac{141,4}{2000} = 70,7mA \quad (4.2)$$

"Para se ter uma melhora na resolução do Nodemcu fazendo com que a corrente que dentro da faixa de operação de tensão, como demonstrado na Figura 14, deve-se utilizar a metade da tensão máxima do Nodemcu: 2,5V "(João Luis, 2016).

Portanto o calculo do resistor de carga:

$$R = 2,5 \times 0,0707 = 35,4\Omega \quad (4.3)$$

Simplificando todos os cálculos:

$$R = \frac{5K}{2\sqrt{2} \times I_{p1}} \quad (4.4)$$

Como demonstrado no inicio do tópico o Nodemcu possui uma operação máxima de 3.3 volts, com este dimensionamento é estabelecido limites de operação para que a placa não queime, com o resistor de carga limita-se que o consumo máximo não ultrapasse 2,5 volts.

Posicionando um Capacitor de elétrolítico será possível eliminar as cargas negativas geradas pela onda senoidal, sendo assim quando o Nodemcu receber o sinal na entrada AD (Analógica / Digital) será possível avaliar as mudanças de tensão positivamente evitando que o equipamento calcule a media de tensão formada pela onda senoidal.

Após o dimensionamento dos componentes, tem-se o seguinte exemplo de arranjo.

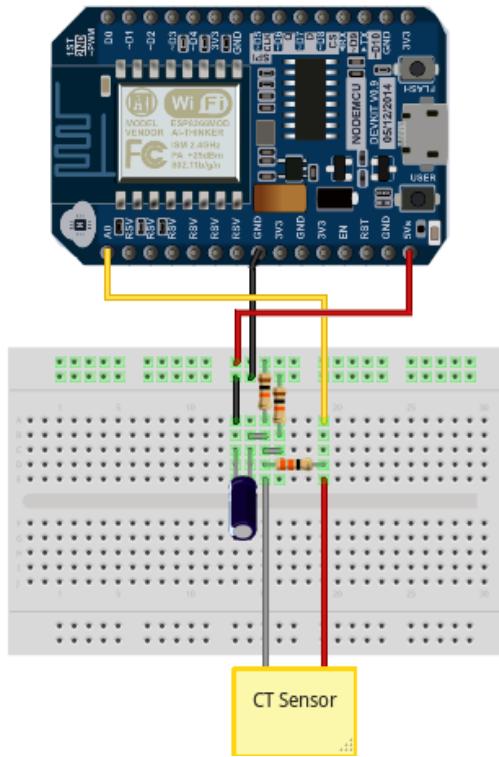


Figura 4.13: Dimensionamento do circuito (Autor,2018)

#### 4.5.1 Relação e saturação

A saturação e relação são obtidas com base até 30 amperes feitos ligando 3 aparelhos que consomem no máximo 10A em paralelo, a partir disto o mesmo foi auto completado com os dados fornecidos pelo fabricante em que o mesmo utiliza de 0,5 A para 250 A com um multímetro na faixa de AC MA como carga.

Corrente Primária	Corrente Secundária	Corrente Secundária de Projeto	erro
0,5	0,2534	0,25	1,36%
1	0,504	0,5	0,80%
1,5	0,75	0,75	0,00%
2	1,012	1	1,20%
5	2,45	2,5	-2,00%
10	5	5	0,00%
20	10,07	10	0,70%
30	15,25	15	1,67%
40	20,31	20	1,55%
50	25,35	25	1,40%

Figura 4.14: Dimensionamento do circuito (Autor,2018)

A relação medida está confortavelmente dentro da especificação ( 3% na faixa de 10 a 120 amperes).

O fabricante informa que o erro se torna sem sentido acima de cerca de 140 Amperes quando a saturação se aproxima. Nesta área, a forma de onda torna-se cada vez mais distorcida e inutilizável para propósitos de medição.

O teste é feito com um resistor de 22 ohms como a carga, e medindo a tensão de carga. Correntes de 250 A foram aplicadas para observar o efeito da saturação do núcleo.

Segue abaixo os dados colhidos referentes a linearidade e o processo de saturação do núcleo o que permite ter uma visibilidade maior de faixas de operação para o dispositivo.

Primeiramente o processo evidenciando a linearidade.

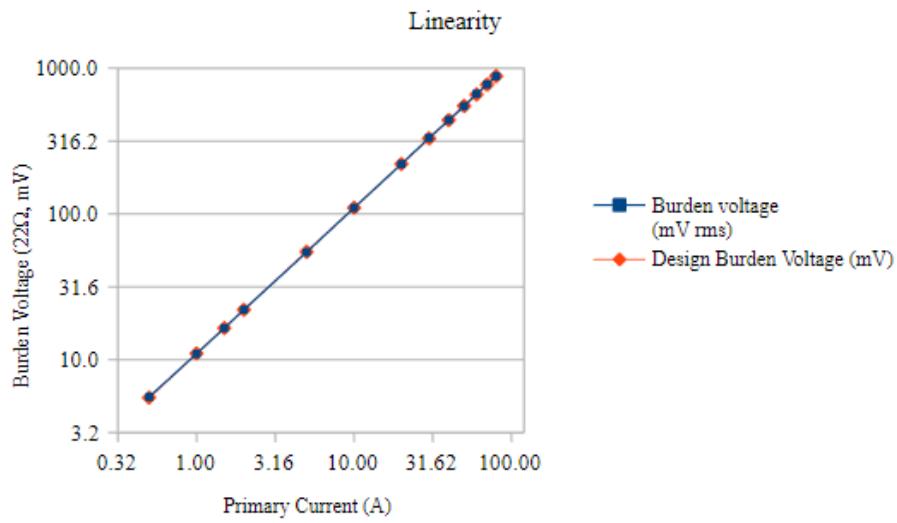


Figura 4.15: Testes de Lineraridade (YHDC,2018)

E a curva de saturação

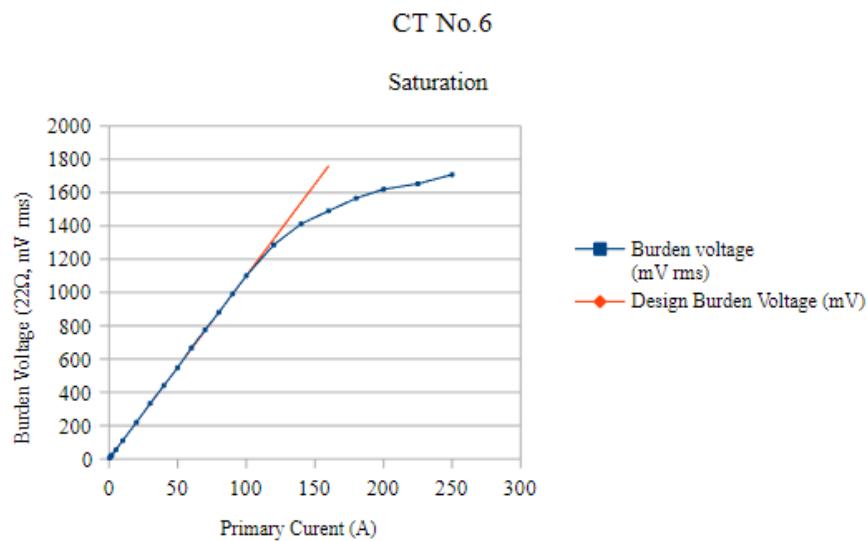


Figura 4.16: Testes de Lineraridade (YHDC,2018)

#### 4.5.2 Instalação do SCT

Com a montagem do esquemático o fabricante determina a melhor forma de instalação para o equipamento.

O enrolamento primário do TC é o fio que transporta a corrente que será medida. Não se deve prender em torno de um cabo de dois ou três núcleos que tenha fios carregando a mesma corrente, mas em direções opostas, os campos magnéticos criados pelos fios se anularão mutuamente e o transformador não terá saída.

O TC utilizado possui um núcleo de ferrite (fabricados pela YHDC), não é "preso" ao cabo usando qualquer tipo de material de embalagem, porque a natureza frágil do núcleo de ferrite pode ser facilmente quebrado, abaixo segue um esquema de posicionamento dos sct.



Figura 4.17: Exemplo de encaixe dos sct (Autor, 2018)

O fabricante recomenda prender o TC ao cabo ou barramento se a caixa for projetada especificamente para isso. Da mesma forma, um TC com núcleo de anel nunca deve ser forçado a um cabo que seja grande demais para passar livremente pelo centro.

Para anexar o dispositivo a posição e orientação do cabo dentro da abertura do TC não faz diferença pois não afeta a saída.

## 4.6 Aquisição de dados

Para realização dos primeiros testes do modelo é utilizado a biblioteca emonlib, ela possui um compilado de implementações feitas para medição na placa arduino, entretanto suas funções podem ser utilizadas sendo necessário alterar a tensão máxima dentro da função, configurando a tensão de 5 volts para 3.3 volts.

No código será utilizada a função "EnergyMonitor :: current", sendo que a mesma pede o pino analógico no qual o dispositivo receberá a entrada de dados e o fator de correção como o segundo campo.

```
void EnergyMonitor :: current ( unsigned int _inPinI, double _ICAL )
{
    inPinI = _inPinI;
    ICAL = _ICAL;
    offsetI = ADC_COUNTS >> 1 ;
}
```

Figura 4.18: Código, arquivo .h (Autor, 2018)

Para o código teste de funcionamento do protótipo a biblioteca instalada dispõe de um exemplo simples para análise de carga.

```
01. #include "EmonLib.h"                                // Inclui a biblioteca Emon
02. EnergyMonitor emon1;                               // Cria uma instancia
03.
04. void setup()
05. {
06.     Serial.begin(9600);
07.
08.     emon1.current(1, 111.1);                      // Calculo corrente (PINO, CALIBRAÇÃO)
09. }
10.
11. void loop()
12. {
13.     double Irms = emon1.calcIrms(1480); // Calculat IRMS
14.
15.     Serial.print(Irms*117.0);           // Energia Aparente
16.     Serial.print(" ");
17.     Serial.println(Irms);             // Irms
18. }
```

Figura 4.19: Exemplo de teste alterado (Autor, 2018)

Utilizando os testes medindo um ferro de solda de 60 watts foi obtido os seguintes valores.

0.45	117.00
	52.86
0.38	117.00
	44.59
0.46	117.00
	53.63
0.49	117.00
	56.82
0.46	117.00
	54.15
0.46	117.00
	53.45
0.48	117.00
	56.10
0.46	117.00
	53.85
0.43	117.00
	49.84
0.47	117.00
	54.90
0.48	117.00

Figura 4.20: Teste com ferro de solda (Autor, 2018)

Após os testes o seguinte ponto deve ser explicado, o porquê ocorre medições de valores de correntes mesmo quando não há corrente fluindo.

Basicamente porque o conversor analógico do Nodemcu não consegue filtrar estes dados.

Exemplificando: Uma corrente de valor baixo fluindo entre os resistores do divisor de tensão de polarização no circuito do estágio de entrada de corrente, faz com que a tensão média fique exatamente no meio do intervalo de entrada do ADC do Nodemcu. Neste ponto, cada número do conversor analógico para digital representa não uma tensão, mas uma banda de tensões. O conversor analógico para digital medirá a forma de onda em muitos pontos - cerca de 50 na prática, e se a amplitude da onda for pequena o suficiente, cada amostra da onda (sampleI) terá o valor 511.

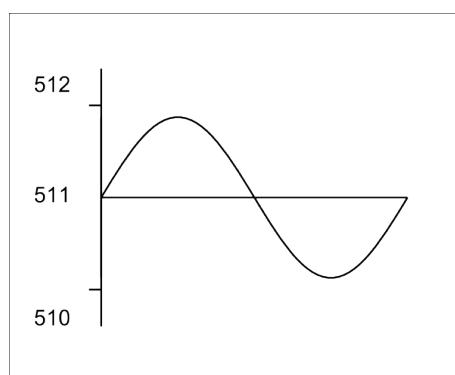


Figura 4.21: Teste com ferro de solda (Autor, 2018)

O filtro de alta frequência no software mudará a onda para que o valor médio seja

zero. Isso é equivalente a subtrair o valor médio de cada amostra. A média é 511, então cada amostra filtrada será agora 0.

Vamos ver o que acontece se a tensão de polarização se desviar um pouco. Agora o valor médio está logo acima da mudança de 511 para 512. Desta vez, quando o conversor analógico para digital mede a onda, as amostras no primeiro meio ciclo receberão o valor 512, e o restante terá o valor 511. O processo de amostragem transforma a onda senoidal em uma onda quadrada.

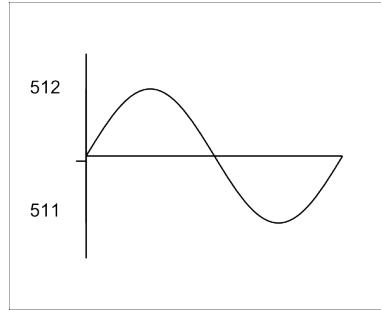


Figura 4.22: Teste com ferro de solda (Autor, 2018)

O filtro de alta frequência no software mudará novamente a onda, então o valor médio é zero, isso é equivalente a subtrair o valor médio de cada amostra. Utilizando um valor decimal que seria uma amostragem real por exemplo, tem se uma média é 511,6 (ponto flutuante no software), então cada amostra no primeiro ponto será  $512 - 511,6 = 0,4$ , e cada amostra no segundo ponto será  $511 - 511,6 = -0,6$ .

O principal é calculo do software em relação a potência e o valor RMS da onda.

Para calcular a potência, a corrente e a tensão das amostras correspondentes são multiplicadas juntas e a média disso é a potência. Para calcular a corrente eficaz, cada amostra atual é multiplicada por si mesma. Após a média é calculada e a corrente efetiva é a raiz quadrada desse número.

Essa é situação no primeiro caso, porque cada amostra atual é zero, a energia e a corrente rms são ambas zero.

No segundo caso, e assumindo que as formas de onda de tensão e corrente estão exatamente em fase, a potência média será a média de cada amostra de tensão de meio ciclo positiva multiplicada por 0,4 e cada amostra de tensão negativa de meio ciclo multiplicada por -0,6, ou cerca de 0,45 unidades. A corrente efetiva será a raiz quadrada da média de  $0,42 + (-0,6)^2$ , ou cerca de 0,72 unidades. As unidades serão definidas a seguir.

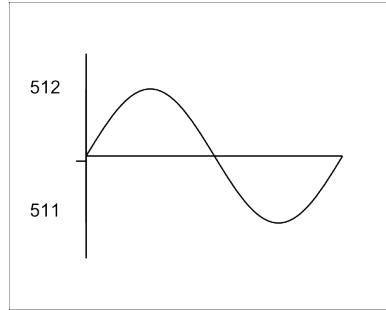


Figura 4.23: Exemplo de corrente baixa (Autor, 2018)

Para ver que números são esperados na prática após alguns testes, se a voltagem é 240, e o sensor atual é o TC padrão de 100 A com o resistor de carga padrão de 18 ohms. O valor de 100 RMS representa uma contagem pico a pico de cerca de 800, então a onda com amplitude de pico a pico com uma contagem tem um valor RMS de cerca de 0,125 A. Isso representa uma potência real de 30 W. Portanto, em No segundo caso, poderíamos ler 13,5 W e 0,09 A, Considerando um fator de potência unitário, lemos uma potência aparente de 21,6 VA e um fator de potência de 0,625.

Mas nos testes são obtidos os mesmos resultados se a corrente for a menor imaginável, embora ainda seja suficiente para virar o conversor analógico para digital entre dois valores adjacentes. Então, na prática, você pode ler qualquer coisa, de potência e corrente zero, a uma potência de 13,5 W e uma corrente de 0,09 A.

Até este ponto, é assumido que a entrada do Nodemcu ADC vem do sensor atual. Também pode vir de ruído digital gerado pelo próprio Nodemcu, ou fora do ruído captado pelo PCB ou pela fiação.

Após o sucesso na obtenção dos primeiros resultados de teste, parte para a seguinte etapa, aquisição e coleta de dados.

## 4.7 Coleta de dados - Modulo SD

Para aquisição dos dados localmente em caso de perda de conectividade com um ambiente *web* (servidor), foi pensado um modo de armazenamento local, de modo que em caso de queda de conexão do servidor o dispositivo de armazenamento consiga coletar os dados sem interrupção, com isso foi escolhido o modulo SD em conexão com o Nodemcu.

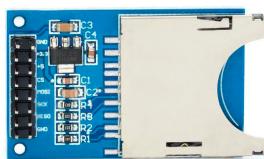


Figura 4.24: Sd card (Bau da eletronica, 2018)

O módulo de usuário SD Card (cartão de memória *Secure Digital*) implementa uma interface de cartão SD / MMC. Usa um bloco digital no modo SPI para se comunicar com um cartão SD. Ele também usa um ou mais pinos de porta para seleção de chip, detecção de cartão e notificação de proteção contra gravação.

Os sinais entre o PSoC e o cartão de memória SD são rotulados em relação ao cartão SD.

São quatro sinais necessários que são funcionalmente equivalentes a uma interface SPI padrão e dois cartões SD sinais específicos que são opcionais.

Para a utilização do dispositivo segue abaixo o esquema de ligação.

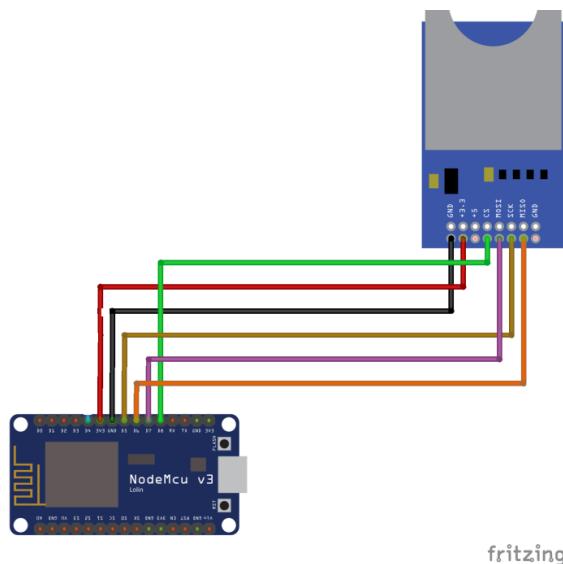


Figura 4.25: Nodemcu com Sd card (Autor, 2018)

A conexão do Nodemcu com o sd card é disposto do seguinte modo:

1. Gnd da placa com o Gnd do SD
2. 3.3 Volts conectado com o do SD card
3. O pino D5 e conectado ao SCK
4. O pino D6 e conectado ao MISO
5. O pino D7 e conectado ao MOSI
6. O pino D8 e conectado ao CS

Após a conexão dos pontos o seguinte código é feito.

```

01. if (!SD.begin(pinsd)){
02.   Serial.println("Falha, verifique se o cartao esta presente")
03.
04.   return;
05. }
06.
07. //se chegou ate aqui e porque inicializou
08.
09. Serial.println("Cartão inicializado")
10.
11. File dataFile = SD.open("log.txt", FILE_WRITE);
12. //se arquivo aberto, escreve nele.
13. if(dataFile){
14.   Serial.println("Arquivo inicializado com sucesso")
15.
16.   //Formatação no arquivo: linha a linha
17.
18.   dataFile.println(media);
19.   datafile.print("|");
20.   dataFile.println(tenSensor);
21.   dataFile.print("|");
22.   dataFile.print(tenSensor * media);
23.
24.   //Fecha arquivo apos usar
25.
26.   dataFile.close();
27.
28. }
29.
30. // se o arquivo não pode ser aberto os dados não serão gravados.
31.
32. else {
33.   Serial.println("Falha ao abrir o arquivo LOG.txt");
34. }
```

Figura 4.26: Código Sd card (Autor, 2018)

O código possui o seguinte formato.

1. Exibir uma mensagem de inicialização primariamente.
2. Após isso é usada a função *File dataFile* para abrir um novo arquivo no *SD card* sendo que o arquivo deve ser informado e o modo de operação ("mensagem", *FILE\_WRITE*).
3. Caso não haja problemas durante a inicialização, ele exibira a mensagem de sucesso.
4. A gravação dos dados é feita através do *dataFile.print* e fechada no *dataFile.close*
5. Se houver problemas, o programa exibira, falha ao abrir arquivo

## 4.8 Armazenamento web

Após dimensionado e implementado a parte de armazenamento local, para maior integração e confiabilidade do sistema o thingspeak foi escolhido como o serviço de armazenamento em nuvem.



Figura 4.27: Thingspeak (Site, 2018)

O ThingSpeak é uma plataforma de serviço IoT que permite agragar, visualizar e analisar fluxos de dados ao vivo na nuvem. O ThingSpeak fornece visualizações instantâneas de dados postados por dispositivos integrados ao sistema. O mesmo possui a capacidade de executar o código MATLAB realizando a análise e o processamento on-line dos dados conforme eles são recebidos. O ThingSpeak é frequentemente usado para prototipagem de sistemas IoT de verificação de conceito que exigem análise.

O Thingspeak permite a conexão de diversas placas mapeadas em seu sistema, abaixo segue o esquematico de integração.

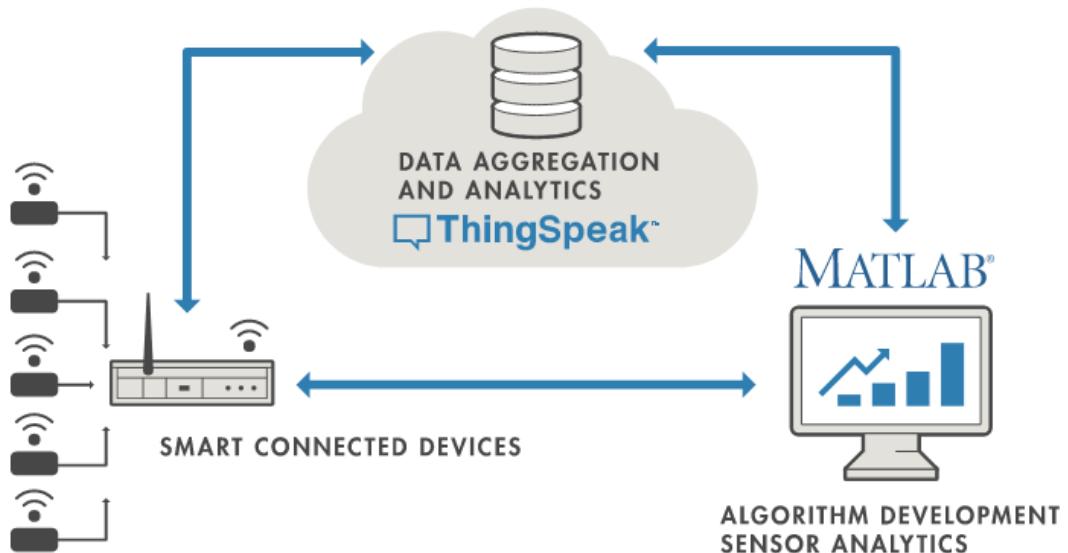


Figura 4.28: Modelo de integração Thingspeak (Thingspeak, 2018)

No protótipo a conexão com NodeMcu é feita do seguinte modo:

Através de um requisição os dados enviados ao ThingSpeak, são transmitidos através de uma requisição HTTP ao servidor. Como explicado pelo autor Pedro Bertoleti Uma requisição HTTP é que uma string (que contém as informações da requisição HTTP) enviada via *socket* TCP client (quem deseja fazer a requisição) a um *socket* TCP server (servidor que receberá a requisição, no caso o servidor do ThingSpeak) através da porta

Nesse tipo de conexão de dados com o servidor, o período de conectividade é intercalado de forma que o tráfego de dados é feito no momento em que é feita a requisição e por fim o mesmo é encerrado.

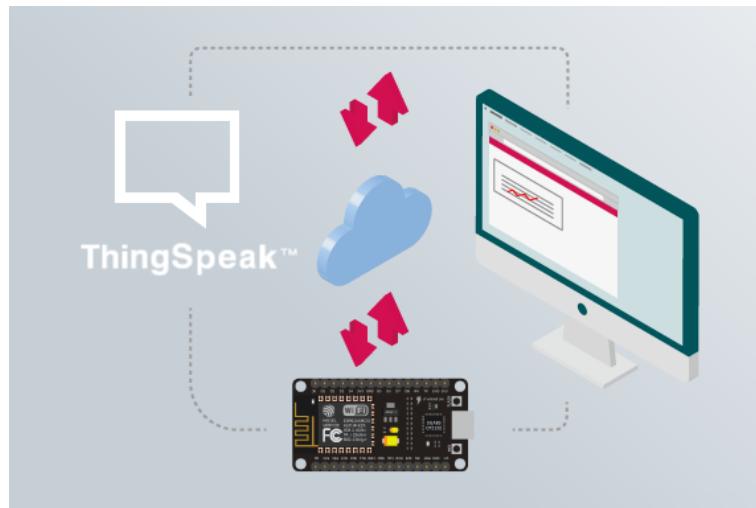


Figura 4.29: Integração do NodeMcu com o server (Thingspeak, 2018)

Para realizar a integração do sistema com o server os seguintes passos são feitos.

Na pagina inicial do Thingspeak, em canais é clicado na opção criação de novo canal.



Figura 4.30: Criação de canal (Thingspeak, 2018)

Com isso serão abertas as opções de definição do canal para transmissão dos dados, os campos destinados a este projeto primariamente são corrente e potência calculada, portanto nas configurações serão colocados os campos para armazenamento de dados; a descrição e por fim o nome do canal.

**Channel Settings**

Percentage complete	50%	
ID do canal	580099	
Name	Nodemcu_monitor	
Description	monitor de corrente e tensão	
Campo 1	Corrente	<input checked="" type="checkbox"/>
Campo 2	Tensão	<input checked="" type="checkbox"/>
Campo 3	Potência	<input checked="" type="checkbox"/>
Campo 4	Custo	<input checked="" type="checkbox"/>
Campo 5		<input type="checkbox"/>

Figura 4.31: Configurações do canal NodeMcu (Autor, 2018)

Para acessar o canal é preciso gerar uma chave de escrita que funciona como um mecanismo de autenticação do seu canal. para isso clica-se no botão gerar nova chave de escrita.

Private View	Public View	Channel Settings	Sharing	Chaves	De
<b>Chave de Escrita</b>					
Chave	88NJ35H87NSAC8G1				
<b>Read API Keys</b>					
Chave	L9Q30S9U99HT7GZ2				

Figura 4.32: Chave para acesso ao canal NodeMcu (Autor, 2018)

É interessante ressaltar que as chaves de escrita e leitura são diferentes e não se deve usar a mesma para ambas finalidades.

Após configurado o canal de informações no servidor o mesmo deve ser parametrizado no NodeMcu de forma que receba os dados.

```

#define INTERVALO_ENVIO_THINGSPEAK 30000 //intervalo entre envios de dados ao ThingSpeak (em ms)

//constantes e variáveis globais
char EnderecoAPIThingSpeak[] = "api.thingspeak.com";
String ChaveEscritaThingSpeak = "KGFP6X4JQTJZFIAP";

//prototypes
void EnviaInformacoesThingspeak(String StringDados);

void loop {
    //Inicia um client TCP para o envio dos dados
    if (client.connect(server,80)) {
        String postStr = apiKey;
        postStr += "&field1=";
        postStr += String(Corrente);
        postStr += "&field2=";
        postStr += String(Tensão);
        postStr += "&field3=";
        postStr += String(Potência);
        postStr += "\r\n\r\n";
        client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
        client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
        client.print("Connection: close\n");
        client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
        client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
        client.print("Content-Length: ");
        client.print(postStr.length());
        client.print("\n\n");
        client.print(postStr);
    }
}

```

Figura 4.33: Código NodeMcu (Autor, 2018)

Os campos de maior importancia neste ponto são: "EnderecoAPIThingSpeak" e "ChaveEscritaThingSpeak" pois com estes elementos a integração do dispositivo com o servidor será feita de modo que o local será o endereço de onde a requisição será enviada, e a chave será responsável para acessar o canal da aplicação, que foi configurada neste caso, como pública.

Com isso pode ser criado uma função protótipo como no exemplo, ou colocar o próprio código dentro do loop.

O campo "postStr" será responsável para enviar as strings ao canal, de forma que cada string deve ser mencionada o campo a qual foi criado no site.

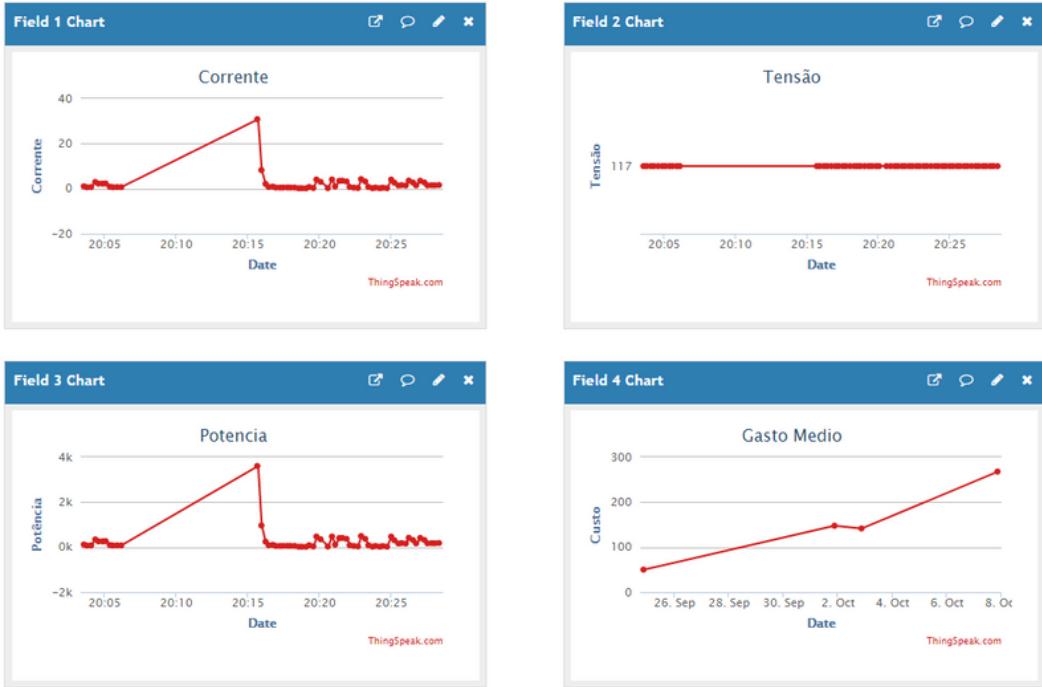


Figura 4.34: Teste de envio (Autor, 2018)

O campo Gasto Médio é um campo calculado que o site permite em suas opções, neste caso ele foi feito com o objetivo de ver a média de consumo elétrico do ponto monitorado durante o mês.

Título:	<input type="text" value="Gasto Medio"/>	Escala de tempo:	<input type="button" value="▼"/>
Eixo X:	<input type="button" value=""/>	Média:	<input type="button" value="daily"/>

Figura 4.35: Media Calculada (Autor, 2018)

#### 4.8.1 Integração Twitter

Com o objetivo de criar uma integração maior e um sistema de notificação, o Twitter (que é uma plataforma de envio e postagem de informações), será usado como uma das fontes de comunicação com o usuário que implementa o protótipo.

O Tweet (A mensagem do Twitter) é gerado através de um recurso do ThingSpeak, o React. Este recurso permite programar uma ação a ser tomada mediante o atendimento de uma determinada situação condicional (com base nos seus dados do canal configurado no ThingSpeak). No caso deste projeto, será criado e configurado um React para enviar um Tweet automaticamente quando o campo de consumo de corrente atingir um pico maior do que 0.3A, no caso para teste, de forma que notifique que o consumo está acima do normal e precisa ser desligado ou verificado.

Name:	Corrente
Condition	Numeric
Type:	
Test Frequency:	On data insertion
Last Ran:	2018-10-08 23:25
Canal:	Nodemcu_monitor
Condition:	Campo 1 (Corrente) is greater than or equal to 0.3
ThingTweet:	Viniciu12466729: O consumo de corrente está além do normal, favor verificar sistema
Run:	Only the first time the condition is met
Criada em:	2018-09-21 12:46 pm

Figura 4.36: Configuração Twitter (Autor, 2018)

A situação condicional foi feita para o processo de inserção de dados. A conta teste foi criada e configurada na aba ThingTweet.Com isso os testes foram realizados e obtém-se o seguinte resultado.



Figura 4.37: Resultado Twitter (Autor, 2018)

## 4.9 Modulo Rele

Com o acionamento a aquisição de dados referentes ao consumo elétrico, se torna possível o controle condicional a partir de determinadas situações industriais ou cotidianas, visando um quesito de desativação de pontos e um sistema de segurança o módulo rele é escolhido como objeto de proteção ao sistema elétrico



Figura 4.38: Modulo Rele (Bau da Eletronica, 2018)

O modulo rele é composto por transistores de forma geral permitindo que possa ser operado em baixos níveis de corrente para uso em sensoriamento e também acionamento através de placas micro-controladas.

Visando a facilidade e agilidade nos processos de implementação e teste foi escolhido um modelo simples de acionamento de rele para teste de desarme de cargas.

O modulo funciona com a seguinte operação.

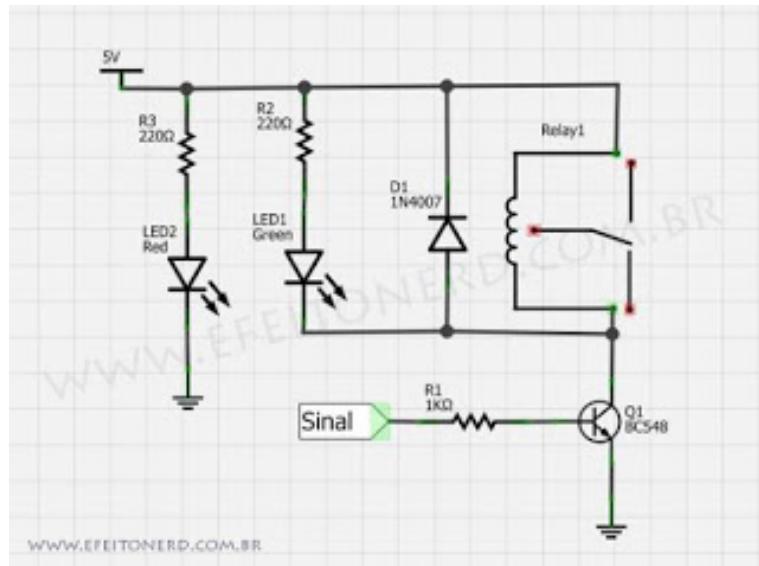


Figura 4.39: Circuito de comutação para baixa potência ([www.efeitonerd.com](http://www.efeitonerd.com), 2018)

O rele possui o borne de contato para o posicionamento dos fios em uma das extremidades e na outra os seguintes pinos são dispostos:

1. Vcc (Alimentação do dispositivo pela placa)
2. Gnd (A referencia terra do circuito)

### 3. Vin (Pino de entrada de sinal)

Dos pinos dispostos o Vin será o responsável pelo disparo da comutação, assim alternando os estados do relé para aberto ou fechado.

Para o acionamento do relé como ponto de desativação ou ativação o mesmo será feito integrando a plataforma Blynk

## 4.10 Integrando ao Blynk

Blynk é uma plataforma para a criação de aplicações IOS e Android para controle de placas micro controladas dentre elas Arduino, Raspberry Pi e outros.

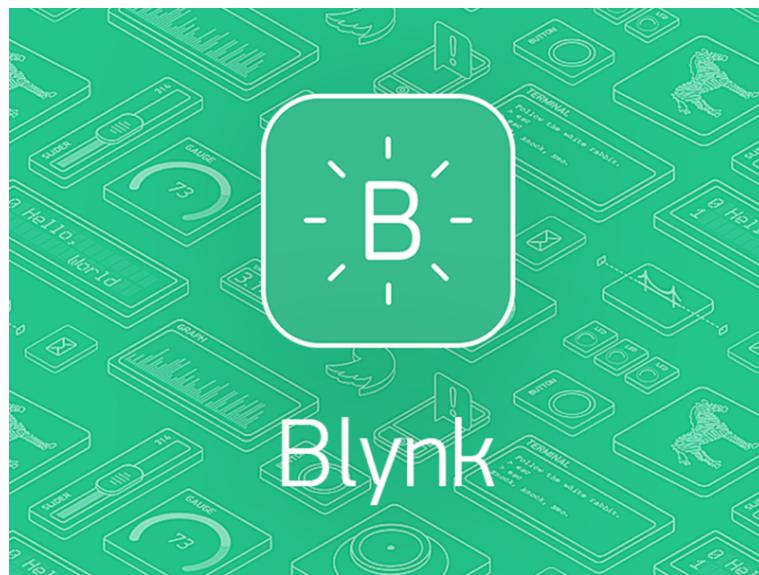


Figura 4.40: Plataforma desenvolvimento mobile (Blynk, 2018)

A ideia do sistema é integração de plataformas por meio do recurso *drag and drop* o painel digital permite criar uma interface gráfica para o seu projeto arrastando e soltando *widgets*.

Propõe a simples implementação e configuração, sendo possível criar uma aplicação em minutos.

A plataforma Blynk suporta o hardware escolhido ao invés de ser uma aplicação local. Se o dispositivo é ligado à Internet através de Wi-Fi, Ethernet ou no caso do projeto o chip ESP8266, Blynk permite colocar o sistema online pronto para uso.

A implementação é feita do seguinte modo.

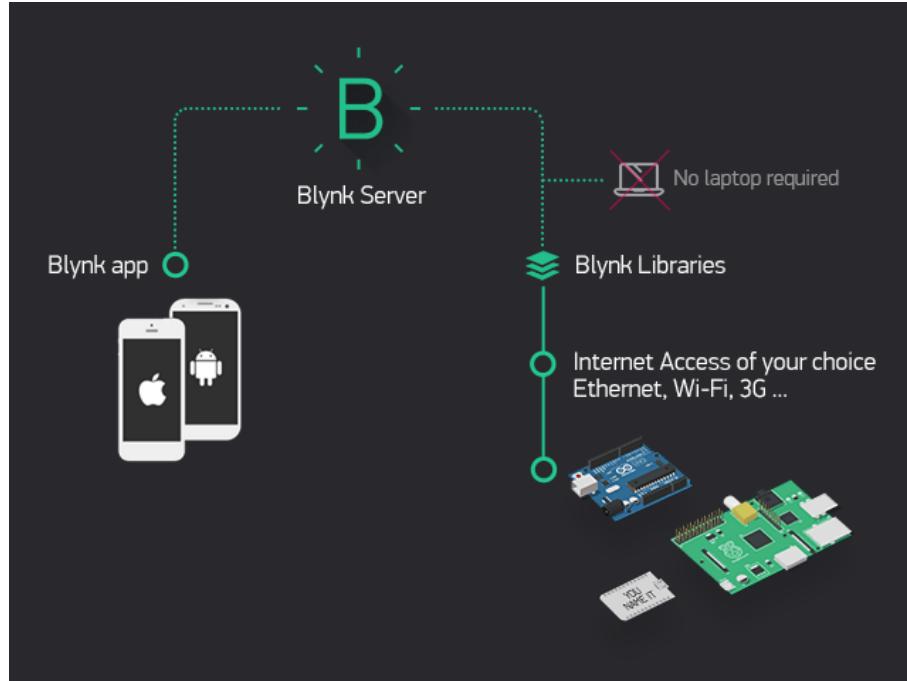


Figura 4.41: Esquematico de conexão (Blynk, 2018)

Primariamente verifica-se a compatibilidade de hardware, a fim de observar se o hardware é suportado pela plataforma.

Após é instalado a aplicação de interface em um dispositivo IOS ou Android. Para o sistema obter conexão com o servidor do Blynk, o server valida o acesso através do Token destinado ao projeto.

Com o download do aplicativo a conta google é conectada e habita-se o menu de criação de projetos.

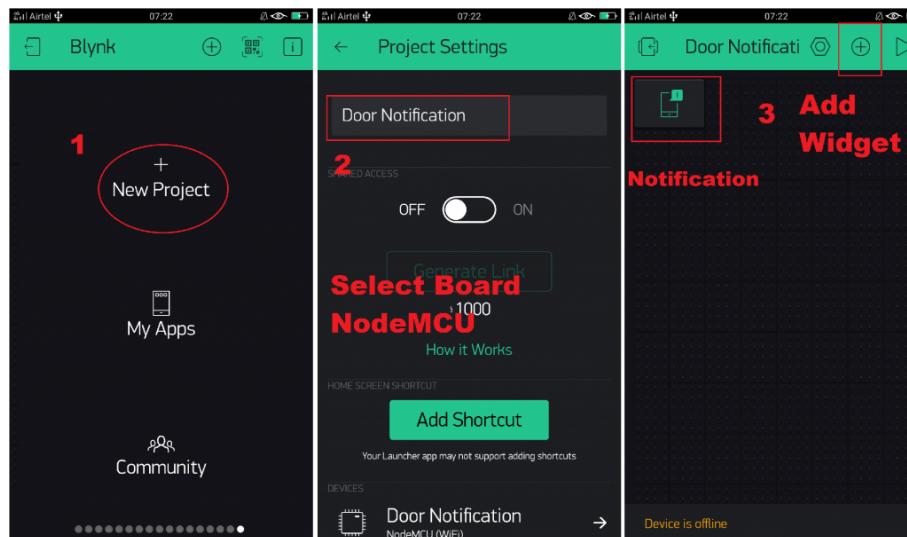


Figura 4.42: Tela de criação de projeto (Blynk, 2018)

Selecionado o novo projeto é definido um título e por fim selecionado a placa NodeMcu habilitando a tela de edição como visto na figura 4.42

O aplicativo dispõe de diversos tipos de acionamentos, painéis e recursos visuais que podem ser adicionados ao projeto.



Figura 4.43: Objetos de criação (Blynk, 2018)

No caso do protótipo de controle energético, cria-se a primeira configuração

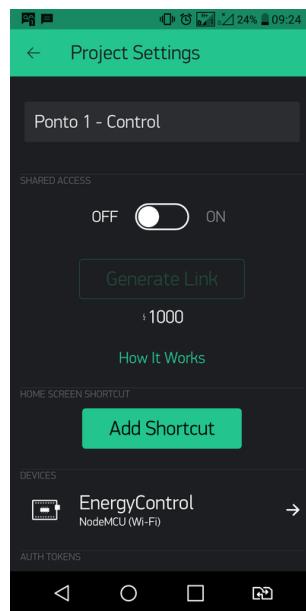
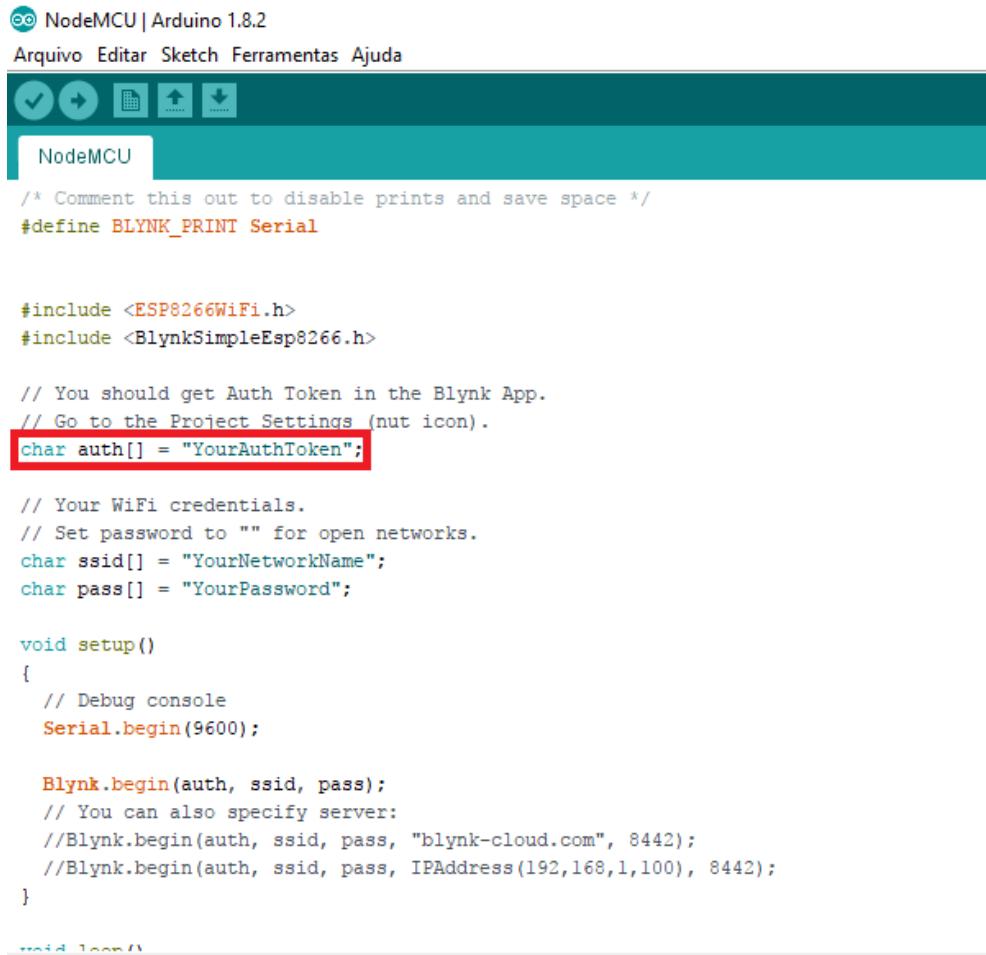


Figura 4.44: Tela protótipo (Autor, 2018)

Com a primeira configuração realizada são instaladas as bibliotecas necessárias para compilação do código na IDE Arduíno.

Com a instalação feita os *sketchs* serão disponibilizados na interface.



```

NodeMCU | Arduino 1.8.2
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

NodeMCU

/* Comment this out to disable prints and save space */
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "YourAuthToken"; // Red box highlights this line

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "YourNetworkName";
char pass[] = "YourPassword";

void setup()
{
    // Debug console
    Serial.begin(9600);

    Blynk.begin(auth, ssid, pass);
    // You can also specify server:
    //Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk-cloud.com", 8442);
    //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8442);
}

void loop()

```

Figura 4.45: Exemplo de conexão rápida (Autor, 2018)

Com o *setup* da IDE feito o layout da aplicação é iniciado.

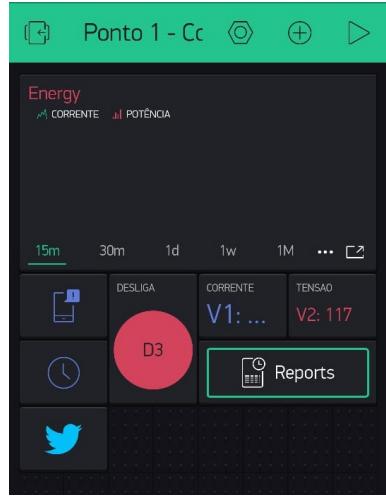


Figura 4.46: Tela protótipo layout (Autor, 2018)

No ponto *Energy* são realizados os *setups* das variáveis que serão demonstradas de forma gráfica ao longo do tempo.

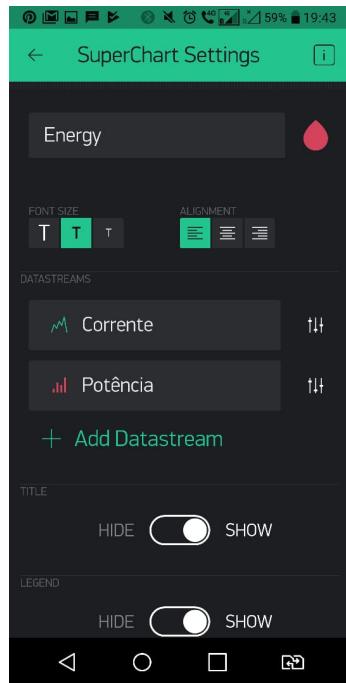


Figura 4.47: Gráfico Blynk (Autor, 2018)

Com o *setup* das variáveis que serão demonstradas, é necessário configurar os campos corrente e tensão.

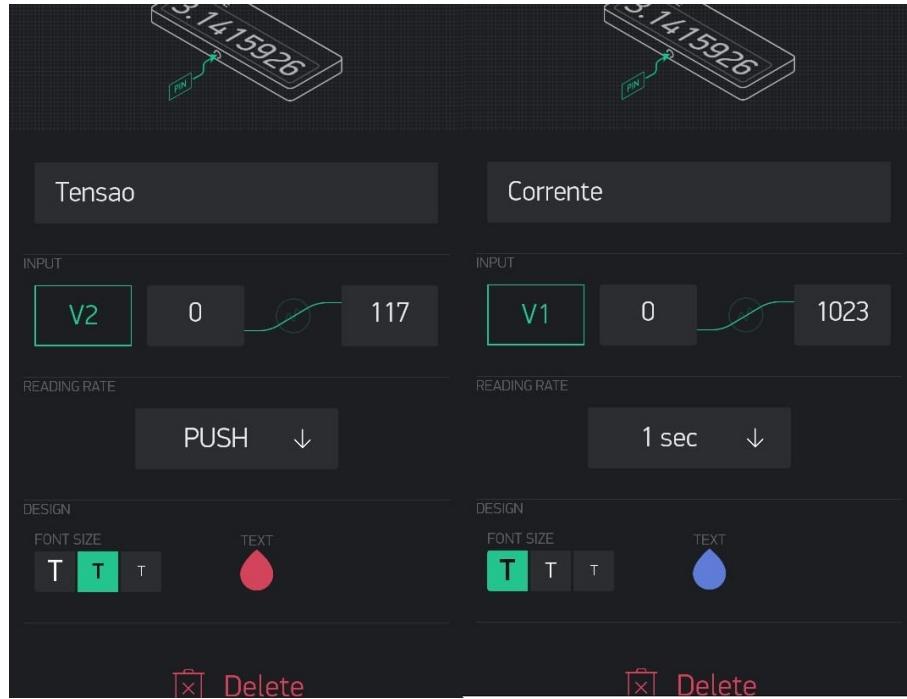


Figura 4.48: Campos do gráfico (Autor, 2018)

As principais alterações são as entradas virtuais, para fornecer troca de qualquer dado entre o hardware e o aplicativo móvel Blynk.

Os pinos virtuais são diferentes dos pinos de Entrada/Saída Digital e Analógica (E / S). Eles são pinos físicos na placa do microcontrolador, onde você conecta sensores e atuadores.

Pinos Virtuais de uma forma ilustrada são como uma caixa onde você pode colocar qualquer valor, e todos que tiverem acesso a essa caixa poderão ver esse valor.

É um recurso para exibir e enviar dados do seu hardware, para isto existem comandos para uso dos Pinos virtuais:

```
BLYNK_WRITE(V5) // V5 is the number of Virtual Pin
{
    int pinValue = param.asInt();
}
```

Figura 4.49: Campos do gráfico (Autor, 2018)

Com as configurações de entrada prontas é adicionado um *Widget* para sincronização dos dados em tempo real.

Com todos os pontos primários configurados o código no Arduíno já pode ser incluído.

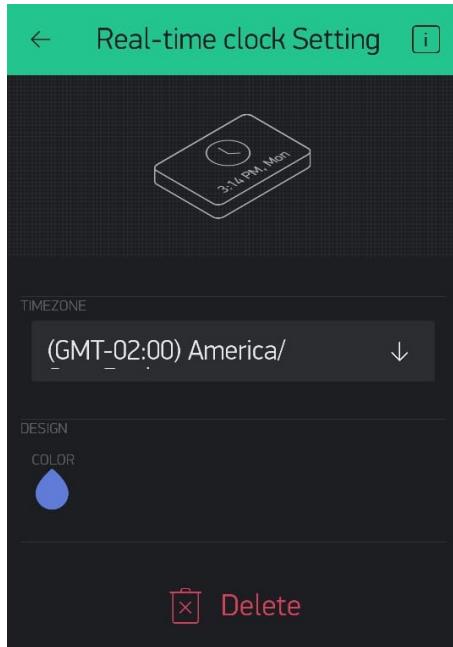


Figura 4.50: Campos do gráfico (Autor, 2018)

Primeiro é instalado a biblioteca Blynk\_Release\_vXX.zip, O conteúdo é descompactado e o arquivo na pasta sketchbook do Arduíno IDE já pode ser utilizado. A localização desta pasta pode ser obtida diretamente da IDE Arduíno como segue no exemplo abaixo.

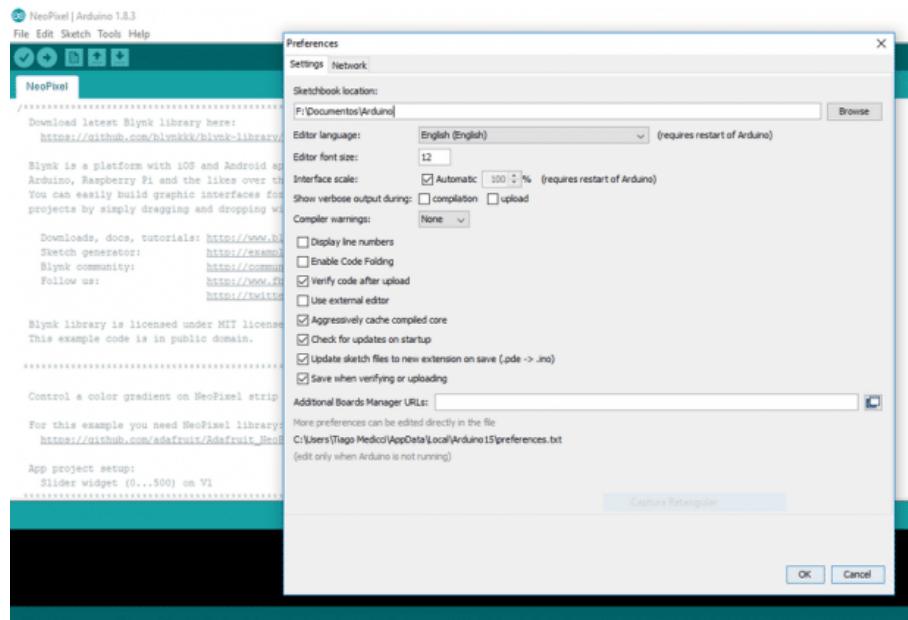


Figura 4.51: Instalando bibliotecas Blynk (Autor, 2018)

Com a biblioteca configurada o seguinte código deve ser implementado ao protótipo:

```

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "YourAuthToken";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "YourNetworkName";
char pass[] = "YourPassword";

void setup()
{
    // Debug console
    Serial.begin(9600);

    Blynk.begin(auth, ssid, pass);
}

void loop()
{
    Blynk.run();
}

```

Figura 4.52: Instalando bibliotecas Blynk (Autor, 2018)

Para a sincronização de dados o *token* da aplicação deve ser inserido da mesma forma que é feita com o thingspeak para o recebimento de dados.

Para inicio do processo a função "Blynk.begin()" é acionada requisitando login e senha e por fim a função "Blynk.run()" dentro da função *loop* para estabelecer a conexão.

Com o protótipo estabelecido é incluso os pontos de escrita do código:

- Blynk.virtualWrite(V1,media);
- Blynk.virtualWrite(V2,tenSensor);
- Blynk.virtualWrite(V0,tenSensor\*Irms);

Sendo declaradas primariamente as portas virtuais que estão relacionadas ao aplicativo e posteriormente a variável que será enviada

## 4.11 Sistema de aquisição (Prototipação)

Após os cálculos e o detalhamento dos componentes para o circuito de condicionamento, foi feito um projeto integrando os circuitos que foram descritos separadamente em conjunto com o circuito de sensoriamento e aquisição em uma única placa. Para a construção do circuito da placa e posteriormente sua PCI (placa de circuito impresso)

A fabricação do sistema o esquemático é preparado através da ferramenta Easyeda, com ela é possível a esquematização e o teste de circuitos com as placas utilizadas no projeto.

Afim de obter uma visão do ambiente de desenvolvimento e dos níveis em único software foi escolhido o Easyeda pois ele atinge: esquemático, placas de circuito impresso



Figura 4.53: protótipo easyeda (Autor, 2018)

(PCI) e código, com isso montar todo o projeto em um esquemático e após exportar a placa de circuito impresso, apenas precisando realocar os componentes e suas trilhas para um melhor posicionamento. Uma função muito interessante da última versão do EasyEda, é a possibilidade de após a prototipação realizar um pedido de fabricação no site.

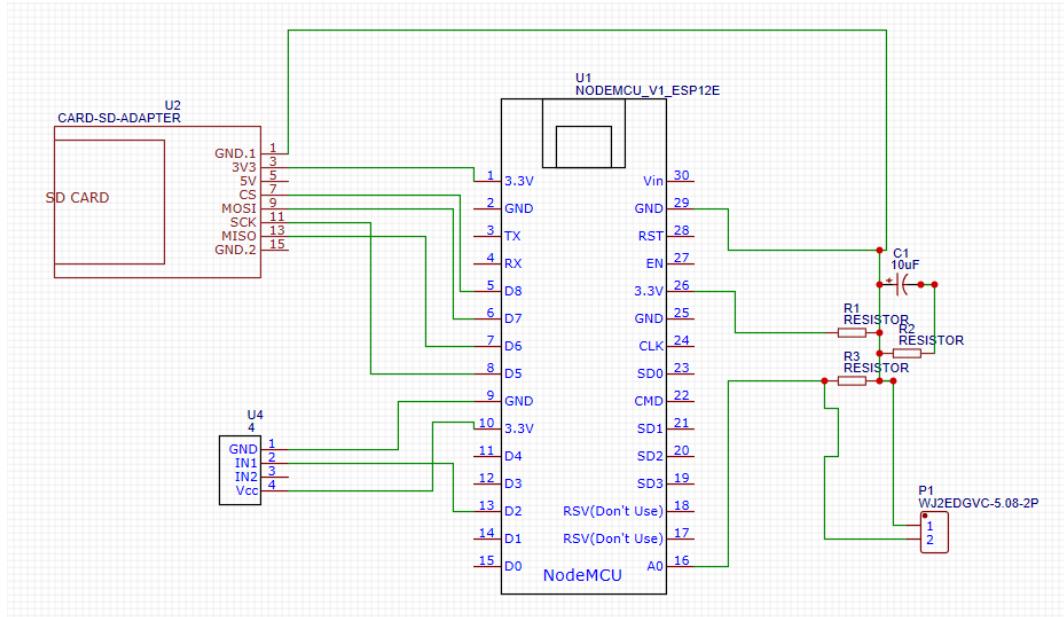


Figura 4.54: protótipo easyeda (Autor, 2018)

Com isso pode se criar o protótipo com os circuitos que estavam anteriormente sendo testados de forma separada 1:

## 4.12 Sistema de aquisição (Arduino desconstruído)

Após as montagens físicas e os testes individuais, surge a etapa final, a junção do código como um todo e explanar alguns pontos que não foram focos durante os principais tópicos. O objetivo desse ponto é a explicação desconstruída do código de forma que seja possível não apenas a compreensão como um todo mas deixar este trabalho como base para as futuras melhorias.

Para que a explicação seja feita de forma didática divisão do código sera dividida da

seguinte forma:

- Bibliotecas utilizadas.
- Declaração de variáveis e inicio de funções.
- *Void setup* e o que está configurado.
- *Void Loop* antes da conexão rede
- *Void Loop* após *client stop*
- SD card (*data file*).

Inicialmente temos a declaração das principais bibliotecas usadas.

```

01. #include <ESP8266WiFi.h>
02. #include "EmonLib.h"
03. #include <SPI.h>
04. #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
05. #include <SD.h>
06. #define CURRENT_CAL 87.2
07. #define BLYNK_PRINT Serial
08.

```

Figura 4.55: Código arduino - 1 (Autor, 2018)

Quando é feita a instalação da placa pelo gerenciador é incluso nas *libraries* o arquivo ESP8266.h ele é responsável pelas funções de conexão de rede do dispositivo,

Emonlib.h é a principal biblioteca do protótipo, dentro dela esta a função de cálculo de corrente Irms de forma pré definida sendo apenas necessário realizar a calibração.

Spi.h é a interface serial periférica (SPI). É um protocolo de dados seriais síncronos usado por microcontroladores para se comunicar com um ou mais dispositivos periféricos rapidamente em curtas distâncias. Também pode ser usado para comunicação entre dois microcontroladores. Com uma conexão SPI, há sempre um dispositivo mestre (geralmente um microcontrolador) que controla os dispositivos periféricos. Com a utilização do sd card esta biblioteca se torna necessária.

BlynkSimpleEsp8266.h explicada no tópico em que é citado o blynk, a mesma é utilizada para a conexão com o servidor através do *token de acesso*

SD.h é a biblioteca com algumas funções e *setups* pré definidos para o sd card como *my file* etc.

Os outros são apenas definições de variáveis que será explanado mais a frente.

```

25.
26. void setup() {
27.   Serial.begin(115200);
28.   emon1.current(pinSCT, CURRENT_CAL);
29.
30.   // verifica se o cartão SD está presente e se pode ser inicializado
31.   if (!SD.begin(pinsd)) {
32.     Serial.println("Falha, verifique se o cartão está presente.");
33.     //programa encerrado
34.     return;
35.   }
36.
37.   //se chegou aqui é porque o cartão foi inicializado corretamente
38.   Serial.println("Cartão inicializado.");
39.
40.   WiFi.disconnect();
41.   delay(10);
42.   WiFi.begin(ssid, password);
43.
44.   Serial.println();
45.   Serial.println();
46.   Serial.print("Connecting to ");
47.   Serial.println(ssid);
48.
49.   WiFi.begin(ssid, password);
50.
51.   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
52.     delay(500);
53.     Serial.print(".");
54.   }
55.   Serial.println("");
56.   Serial.print("NodeMcu connected to wifi...");
57.   Serial.println(ssid);
58.   Serial.println();
59.   Blynk.begin(auth, ssid, password);
60.   Blynk.run();
61.   Blynk.tweet("Sistema online e operante, qualquer mudança o notificaremos via tweet");
62.
63. }
```

Figura 4.56: Código Arduíno - 2 (Autor, 2018)

No *void setup* são definidos os *pre sets* ou seja toda compilação de código sendo chamada quando um esboço é iniciado. usado para inicializar variáveis, modos de pinos, começar a usar bibliotecas, etc. A execução é feita apenas uma vez, após cada energização ou reinicialização da placa do Arduíno.

No começo da função é feito a inicialização da porta serial com a taxa de transferência em 115200 bits por segundo, este valor é importante para poder visualizar na saída serial.

Após é feita declaração da função "emon1.current"é declarado o pino de aquisição de dados e o fator de calibração do sensor. Com a declaração feita é inicializado as funções a fim de verificar se o *SD card* está inserido, caso o mesmo não esteja inserido o programa é encerrado.

Com a entrada do código é feito a desconexão de qualquer rede que o node esteja ligado e após e inicializado a uma nova rede com *login* e senha, enquanto o aparelho estiver buscando a conexão através do *while* na função "Wifi.status"irá colocar pontos através do serial *print*.

Para realizar a integração com o site Blynk, são declaradas as funções Blynk.begin para inicializar o *login* e senha e o run para inicializar a conexão com o servidor.

O Blynk assim como o Thingspeak permite a integração via tweet então após a inicialização é postado o *tweet*.

```

63.
64.
65. void loop() {
66.     int i = 0;
67.     double soma = 0;
68.     double media = 0;
69.     double Irms = emon1.calcIrms(1480);
70.     while(i<1000){
71.         soma = soma + Irms;
72.         i++;
73.     }
74.     media = soma /i;
75.
76.     float tenSensor = 117;
77.     double potencia = tenSensor * Irms;
78.
79.     if (client.connect(server,80))
80.     {
81.         String tsData = apiWritekey;
82.         tsData += "&field1=";
83.         tsData += String(media);
84.         tsData += "&field2=";
85.         tsData += String(tenSensor);
86.         tsData += "\r\n\r\n";
87.         tsData += "&field3=";
88.         tsData += String(potencia);
89.         tsData += "\r\n\r\n";
90.         tsData += "&field4=";
91.         tsData += String(potencia);
92.         tsData += "\r\n\r\n";
93.
94.         client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
95.         client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
96.         client.print("Connection: close\n");
97.         client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiWritekey+"\n");
98.         client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
99.         client.print("Content-Length: ");
100.        client.print(tsData.length());
101.        client.print("\n\n"); // the 2 carriage returns indicate closing of Header fields & starting of data
102.        client.print(tsData);
103.
104.        Serial.print("Corrente: ");
105.        Serial.println(media);
106.        Serial.print("Tensão: ");
107.        Serial.println(tenSensor);
108.        Serial.print("Potencia: ");
109.        Serial.println(potencia);
110.        Serial.println("uploaded to Thingspeak server....");
111.        Blynk.virtualWrite(V1,media);
112.        Blynk.virtualWrite(V2,tenSensor);
113.        Blynk.virtualWrite(V0,tenSensor*Irms);
114.
115.    }
}

```

Figura 4.57: Código Arduíno - Void loop (Autor, 2018)

No *void loop* é feito um calculo das medias amostradas, devido alguns ruídos que poderiam surgir e dar um pico no sistema e disparar os alertas.

Se o cliente estiver conectado ao servidor é inicializado o envio das informações em forma de string para o thingspeak através do *apiWritekey* com os *fields* declarados.

Com os "clients.prints" é feito o envio das mensagens ao servidor e por fim o mesmo valor é escrito na saída serial para a verificação de corrente e potencia.

No aplicativo Blynk o mesmo processo de escrita é feito através da função "Blynk.virtualWrite"

```

116.     client.stop();
117.
118.     Serial.println("Waiting to upload next reading...");
119.     Serial.println();
120.
121.     File dataFile = SD.open("log.txt", FILE_WRITE);
122.     // se o arquivo foi aberto corretamente, escreve os dados nele
123.     if (dataFile) {
124.         Serial.println("O arquivo foi aberto com sucesso.");
125.         //formatação no arquivo: linha a linha >> UMIDADE | TEMPERATURA
126.         dataFile.println(media);
127.         dataFile.print(" | ");
128.         dataFile.println(tenSensor);
129.         dataFile.print(" | ");
130.         dataFile.println(tenSensor*media);
131.
132.         //fecha o arquivo após usá-lo
133.         dataFile.close();
134.     }
135.     // se o arquivo não pôde ser aberto os dados não serão gravados.
136.     else {
137.         Serial.println("Falha ao abrir o arquivo LOG.txt");
138.     }
139.
140.     // thingspeak needs minimum 15 sec delay between updates
141.     delay(15000);
142. }
```

Figura 4.58: Código Arduíno - Final (Autor, 2018)

Por fim o *client* fecha a requisição pois o envio de pacotes e dado por um curto período e é aguardado a próxima leitura.

No "SD.open"são declarados as funções de escrita e o arquivo e fechado, caso tenha algum impedimento no processo de gravação, na saída serial aparece a mensagem de falha.

Um dos pontos mais importantes do código é o *delay*, pois toda comunicação entre as APIs não ocorre em um tempo menor do que 15 segundos, é essencial que o tempo seja este para que ocorra a conexão com ambos serviços

### 4.13 Calculo de Gastos

Este capítulo tem o objetivo de ser sucinto, visando demonstrar os gastos envolvidos na construção do protótipo e o comparativo com os outros aparelhos no mercado.

Em um primeiro momento para ter um comparativo é demonstrado abaixo os gastos em reais envolvidos neste projeto.

Em total o gasto foi de R\$ 169.9 para compra de todos os componentes necessários a fim de se realizar um protótipo funcional,

Comparando o modelo construído com outros dispositivos do mercado temos os seguintes valores seguidos de equipamentos não conectados á soluções completas.

ITENS	VALOR
MODULO SD CARD	12,9
MODULO RELE	9
NODEMCU	30
SENSOR SCT	80
FIOS E CABOS	12
PROTOBOARD	10
LED	2
COMPONENTES (CAP, RES)	7

Figura 4.59: Gastos em reais (Autor, 2018)

Aparelhos e sistemas medidores de energia	Preço (R\$)
Medidor de energia trifásico - E34A 0312	715
Medidor de tensão e corrente - Power-z Km001	439,9
Medidor de potencia - Keedox Cat II	159
Medidor de energia bifásico - E34A	315
Smart Meter Fronius Centrium Energy - 4300013529	1930,12
ense Energy Monitor: Electricity Usage Monitor To Track Energy - Amazon	700
Eyedro EHEM1 Home Electricity Monitor - Amazon	500
EnergyCloud - Home Energy Monitor - Amazon	750

Figura 4.60: Custo de outras soluções (Autor, 2018)

Utilizando um simulador da CEEE - (Companhia Estadual de Energia Elétrica), como base o gasto de uma residencia de uma família em que convivem 5 pessoas, ao selecionar os componentes e o tempo do seu uso foi obtido um valor de 427,80 Kwh e R\$ 305,53.

O uso do equipamento nos principais pontos de consumo pode ajudar a um melhor controle de possíveis gastos desnecessários.



## 5 CONCLUSÃO

No começo deste trabalho, conceitos e dados de pesquisas relacionadas foram apresentados a respeito dos tópicos: processo de geração e distribuição da energia consumo de energia elétrica, com o intuito de primeiramente criar um referencial comparativo a respeito de como é feito o processo de geração e fornecimento até os pontos de acesso industrial e residencial. Tendo em vista a situação energética do país este projeto demonstra uma viabilidade econômica atual visto que os investimentos de multinacionais estão cada vez focados na área de desenvolvimento de controle de gastos e industria 4.0.

Este trabalho atingiu o objetivo principal de desenvolver um protótipo de medição do consumo de energia em tempo real com o sistema de gerenciamento de energia, com custo acessível. O protótipo facilita a visualização dos dados e possibilita um melhor acompanhamento do consumo de energia, podendo ser usado para reduzir o desperdício de energia. Ao se conhecer o consumo atual dos equipamentos ligados na rede, o usuário poderá atuar de maneira proativa em busca da minimização do desperdício, além poder desativar pontos de consumo de maneira remota

Os objetivos específicos foram atingidos com êxito. O microcontrolador Nodemcu funcionou conforme o esperado e através dele o sensor de corrente sendo possível medir com eficiência o consumo de energia elétrica

A parte mais complicada é o método de utilização do sistema para que o mesmo seja feito de forma precisa. Para efeito de comparação, apresentou-se no capítulo anterior, todos os gastos envolvidos no projeto. Fez-se uma rápida pesquisa em sites *e-commerce* e, um sistema sistema similar ou até mesmo menos potente, custa de R\$ 200,00 a R\$ 1.900,00

O medidor desenvolvido apresentou um resultado satisfatório nos testes, tomando como base nos equipamentos de mercados, onde se pode observar que os valores de potência e corrente medidos pelo módulo estavam bem próximos dos 3,1% de erro, em média. Este erro está dentro do aceitável, porém os estudos em relação a eles devem continuar para que seja possível diminui-lo ainda sim pode-se ajustar na variável de calibração de forma que atinja os valores próximos ao modelo real.

Os gastos totalizaram em torno de 130 reais para a montagem do protótipo se tornando uma forma viável o sistema entretanto o fato do Nodemcu possuir uma porta analógica dificulta a montagem de um circuito leitor de tensão.

## 5.1 Trabalhos Futuros

Deixo este trabalho como base para futuras melhorias de forma que possam ser medidos outras variáveis em torno do processo e o valor financeiro seja demonstrado na prototipação.

O modelo deste projeto teve como base o objetivo principal, a análise dos dados adquiridos, no entanto se encontra de forma rústica e pode ser melhorado em quesito de design tanto da funcionalidade, quanto da própria aplicação.

Uma outra sugestão seria escolher outro tipo de placa com maior processamento e portas analógicas a fim de ser integrado outra componente da biblioteca "emonlib,H" que permite o cálculo do fator de potência de forma seja utilizado em linhas de consumo com cargas indutivas e capacitivas.

## 6 APENDICE

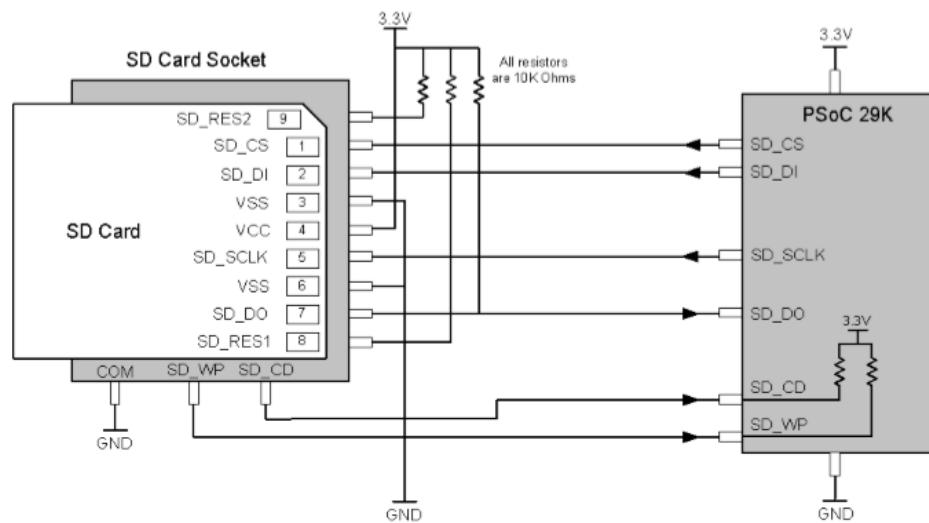


Figura 6.1: Datasheet SD (Electronics, 2018)

Resources	Build Configurations									
	Full File System		Standard File System		Basic File System		Read Only File System		Basic Read Write	
	Approximate PSoC® Memory Use (bytes)									
Resources	Flash	RAM <sup>a</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM
CY8C29xxx, CY8CLED16	19633	629	17050	613	16437	613	11751	613	4245	575
SDCard Functions Included in the Configuration										
SDCard_clearerr	X		X		X		X		X	
SDCard_fclose	X		X		X		X			
SDCard_eof	X		X		X		X			
SDCard_ferror	X		X		X		X			
SDCard_fflush	X		X		X				X	
SDCard_fgetc	X		X		X		X		X	
SDCard_fbgetc	X		X		X		X		X	
SDCard_fopen	X		X		X		X			
SDCard_fputBuff	X		X		X				X	
SDCard_fputcBuff	X		X		X				X	
SDCard_fputc	X		X		X				X	
SDCard_fputcs	X		X		X				X	
SDCard_fputs	X		X		X				X	
SDCard_fseek	X		X		X		X		X	
SDCard_ftell	X		X		X		X		X	
SDCard_Copy	X		X							
SDCard_GetFileCount	X		X		X		X			
SDCard_GetFilename	X		X		X		X			
SDCard_GetFileSize	X		X		X		X			
SDCard_InitCard	X		X		X		X		X	
SDCard_Present	X		X		X		X		X	

Figura 6.2: Funções permitidas no modulo SD (Eletroncs, 2018)

Resources	Build Configurations									
	Full File System		Standard File System		Basic File System		Read Only File System		Basic Read Write	
	Approximate PSoC® Memory Use (bytes)									
Resources	Flash	RAM <sup>a</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM <sup>b</sup>	Flash	RAM
SDCard_Remove	X		X		X					
SDCard_Rename	X		X							
SDCard_Select	X		X		X		X		X	
SDcard_Start	X		X		X		X		X	
SDard_Stop	X		X		X		X		X	
SDCard_WriteProtect	X		X		X				X	
Comments	Supports FAT16/32		Supports FAT16		Supports FAT16		Supports FAT16		Not PC Compatible	

Figura 6.3: Funções setup (Autor, 2018)

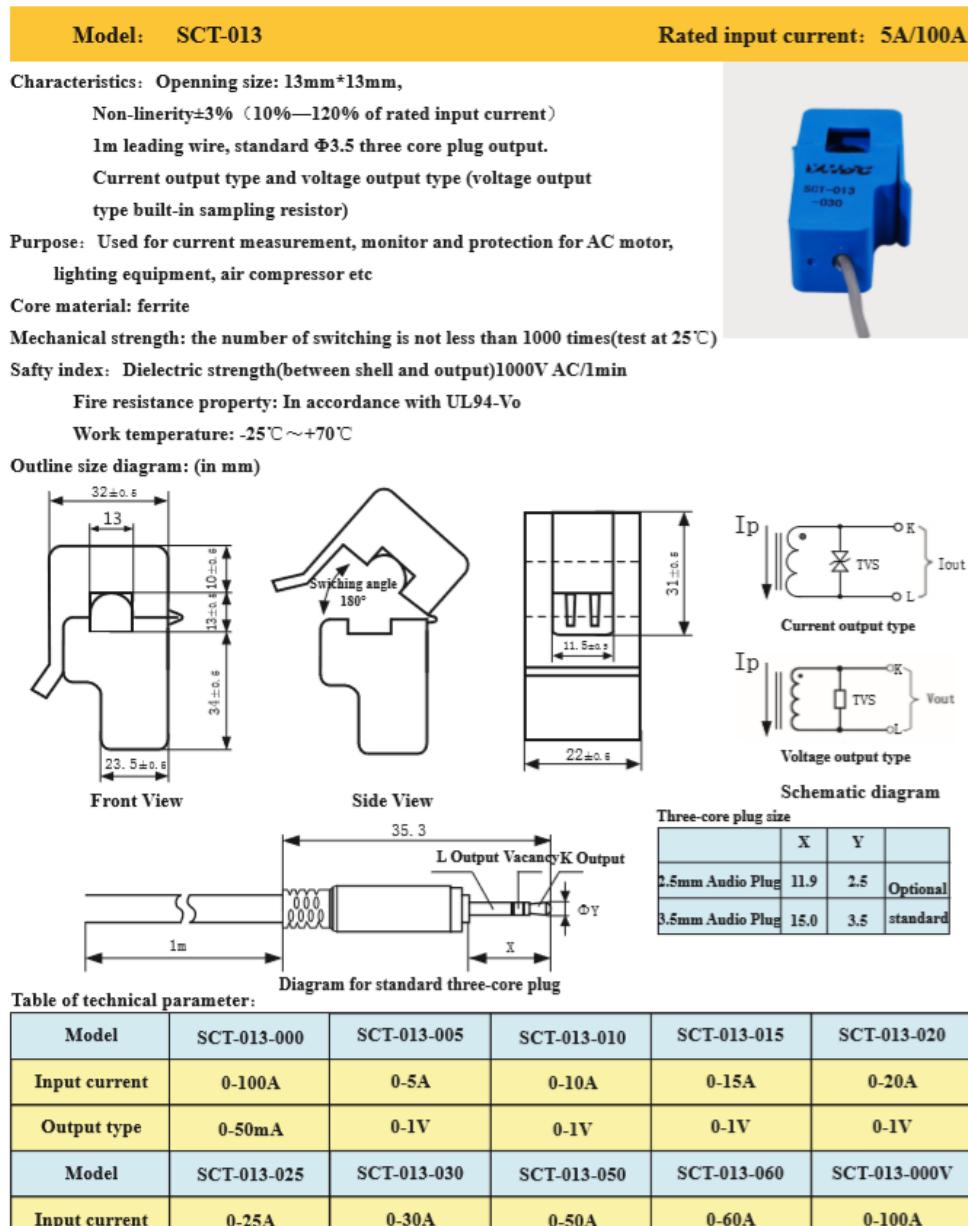


Figura 6.4: Datasheet SCT-013 (Autor, 2018)



## REFERÊNCIAS

- [1] FORBES. A very short history of the internet of things, data de acesso: out 2017 <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/#6b904c6010de>
- [2] EMBARCADOS. Iot contexto geral perspectiva parte 1, data de acesso: set 2017. <https://www.embarcados.com.br/iot-contexto-geral-perspectiva-parte-1/>
- [3] Allaboutcircuits Power resistive and reactive ac circuits <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/alternating-current/chpt-11/power-resistive-reactive-ac-circuits/>
- [4] THINGSPEAK. Get Started with ThingSpeak, data de acesso: jul 2018. <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/getting-started-with-thingspeak.html>
- [5] BLYNK. How to display ANY sensor data in Blynk app, data de acesso: set 2018. <https://www.embarcados.com.br/iot-contexto-geral-perspectiva-parte-2/>
- [6] EMBARCADOS. Iot contexto geral perspectiva parte 2, data de acesso: set 2017. <http://help.blynk.cc/getting-started-library-auth-token-code-examples/blynk-basics/how-to-display-any-sensor-data-in-blynk-app>
- [7] IMASTER. Conservação de aparelhos eletrodomésticos e eletroeletrônicos, set 2018 [http://http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/17-05\\_material\\_3.pdf](http://http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/17-05_material_3.pdf)
- [8] ANEEL. Testando o mysql no Raspberry pi, set 2017 <http://imasters.com.br/banco-de-dados/testando-o-mysql-no-raspberry-pi/?trace=1519021197&source=single>
- [9] CIO. Sera o ano das start-ups no Brasil <http://cio.com.br/opiniao/2017/01/30/2017-sera-o-ano-das-startups-no-brasil>
- [10] Samuel Lazato. *GERENCIAMENTO DE BANCO DE DADOS DISTRIBUIDOS*. UNITRI, Uberlândia, 2003.

- [11] Fernando Oliveira. *ANALISADOR AUTÔNOMO DE QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA COM PROCESSAMENTO EM SOFTWARE.* UP/NCET , Curitiba, 2008
- [12] RODRIGO LISBOA. *PROTÓTIPO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA RESIDÊNCIA.* SÃO CALROS, 2016
- [13] ANDRE L, GABRIEL C. *DESENVOLVIMENTO DE UM MÓDULO DE MEDição DE ENERGIA WIRELESS COM TRANSMISSOR EM TEMPO REAL DE PARÂMETROS PARA CARGAS DE ATÉ 10KW.* BRASILIA, 2013
- [14] GUILHERME PIMENTA . *SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA UMA RESIDÊNCIA.* Brasilia, 2015
- [15] EWALDO L. M. *DESENVOLVIMENTO DE UM CONTROLADOR DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA RESIDENCIAL .*
- [16] TIAGO QUARTIERO. *Qualidade da Energia Elétrica.* Ararangua, 2016
- [17] ALEXANDRE CORRÊA. *DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO REMOTO MICROCONTROLADO PARA ANÁLISE DA PERFORMANCE DE BANCOS DE BATERIAS.* Florianopoles, 2012
- [18] ALYSSON, FERNANDA, GUSTAVO. *DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA MEDição DE ENERGIA ELÉTRICA .* Curitiba, 2016
- [19] GERALDO PEREIRA. *UM SISTEMA DE ALERTA PARA O MONITORAMENTO REMOTO DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO REDES DE SENsoRES SEM FIO .* Florianopoles, 2012
- [20] GROOVER. *Automação industrial e sistemas de manufatura (automação industrial e sistemas de manufatura 3 Edição.*
- [21] FERNANDO Potencia e Fator de Potência. São Paulo.  
bibitemLuiz Felipe et all LUIZ FELIPE ET ALL *SISTEMA INTELIGENTE DE SENSORIAMENTO ENERGÉTICO: PROTÓTIPO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO..* São Paulo.
- [22] GUSTAVO,WELLINGTON *Sistema de Monitoramento de Consumo de Energia Elétrica de Aparelhos Eletroeletrônicos Residenciais.* São Paulo.
- [23] WUIDART *Understanding Power Factor.* 2018