



UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

EUGÊNIO PEREIRA DA SILVA MATOS
INGRID MACELLI SILVA DE JESUS

**ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO
DE SOFTWARE UTILIZANDO A PLACA NODEMCU-32S COM INTERFACE
BOT TELEGRAM**

**FEIRA DE SANTANA
Dezembro de 2021**

EUGÊNIO PEREIRA DA SILVA MATOS
INGRID MACELLI SILVA DE JESUS

**ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO
DE SOFTWARE UTILIZANDO A PLACA NODEMCU-32S COM INTERFACE
BOT TELEGRAM**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Elétrica, da Unidade de Ensino
Superior de Feira de Santana, em
cumprimento às exigências para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Flávio Couvo
Teixeira Maia

FEIRA DE SANTANA

Dezembro de 2021

EUGÊNIO PEREIRA DA SILVA MATOS
INGRID MACELLI SILVA DE JESUS

**ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO
DE SOFTWARE UTILIZANDO A PLACA NODEMCU-32S COM INTERFACE
BOT TELEGRAM**

Feria de Santana, 16 de maio de 2022.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Flávio Couvo Teixeira Maia
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Orientador

Prof. Me. Reginaldo Barnabé Gonzalez Grimaldi
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

Prof. Me. Márcio da Silva Pereira Bove
Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, em primeiro lugar, por nos guiar até aqui e nunca nos abandonar quando desistir parecia ser a única opção.

Agradecemos também aos nossos pais, por terem nos ensinado a ser fortes, corajosos, honestos e verdadeiros e por todo amor e compreensão.

Agradecemos também a nossa família e amigos por todo carinho, apoio e torcida.

Agradecemos ao nosso orientador, Prof. Me. Flávio Couto Teixeira Maia, pela paciência e conhecimentos passados para a execução deste trabalho.

Enfim, agradecemos a todos que, de alguma forma, passaram por nossas vidas e contribuíram para a construção de quem somos hoje.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.
(Albert Einstein)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira 2020. Fonte: BEN, 2021.	12
Figura 2: Origens da crise de energia elétrica no Brasil (2021). Fonte: BORGES, 2021.....	13
Figura 3: Bandeiras tarifárias. Fonte: G1, 2021.....	14
Figura 4: Evolução no número de dispositivos IoT. Fonte: MOREIRA, NASCIMENTO, 2020.	15
Figura 5: NODEMCU-32S. Fonte: OLIVEIRA, 2019.	15
Figura 7: Código de programação em linguagem C++. Fonte: O Próprio Autor.	16
Figura 8: Formulário respondido pelo microcontrolador. Fonte: O Próprio Autor.	16
Figura 11: Dados armazenados no <i>Realtime Database</i> . Fonte: O Próprio Autor.	17
Figura 12: Fluxograma de comunicação de dados. Fonte: O Próprio Autor.	17
Figura 13: protótipo montado. Fonte: O Próprio Autor.	17
Figura 14: Start Telegram. Fonte: o próprio autor.....	18
Figura 15: Menu 01 Telegram. Fonte: O Próprio Autor.	18
Figura 16: Menu 2 consulta banco de dados. Fonte: O Próprio Autor.	18
Figura 17: Menu 3 e 4 Telegram. Fonte: O Próprio Autor.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela 1: Materiais Utilizados Na Construção Do Protótipo. Fonte: O Próprio Autor.	16
Tabela 2: Planilha pelas respostas do google forms. Fonte: O Próprio Autor.	17
Tabela 3: Planilha dinâmica organizando dados. Fonte: O Próprio Autor.	17
Tabela 4: Tabela 4: Comparação entre leitura do sensor e medidor da Coelba. Fonte: O Próprio Autor.	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica, 10, 11

BEN: Balanço Energético Nacional, 12

IoT: Internet of Things, 11

LTs: Linhas de Transmissão, 12

PIB: Produto Interno Bruto, 10

REIs: Redes Elétrica Inteligentes, 11

SEP: Sistema Elétrico de Potência, 12

SIN: Sistema Interligado Nacional, 12, 13

SUMÁRIO

SUMÁRIO	9
1. Introdução	10
2. Fundamentação Teórica	11
2.1. <i>Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica</i>	<i>12</i>
2.2. <i>Crise energética.....</i>	<i>12</i>
2.3. <i>Consumo de energia elétrica</i>	<i>13</i>
2.4. <i>Estrutura e bandeiras tarifárias</i>	<i>14</i>
2.5. <i>Internet das coisas - IoT</i>	<i>15</i>
2.6. <i>Microcontrolador NODEMCU-32S</i>	<i>15</i>
2.6. <i>REIs.....</i>	<i>15</i>
3. Métodos e Materiais	16
5. Conclusão	19
Referências	19

ACOMPANHAMENTO DE CONSUMO ELÉTRICO ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE UTILIZANDO A PLACA NODEMCU-32S COM INTERFACE BOT TELEGRAM

EUGÊNIO PEREIRA DA SILVA MATOS, INGRID MACELLI SILVA DE JESUS
Departamento de Engenharia Elétrica, Unidade de Ensino Superior de Feira de Santana,
Feira de Santana, Bahia, Brasil.

Abstract: *Electric energy is essential for the quality of life in modern society. The electrical power system is oversized due to peak hours. Due to the different patterns of demand throughout the day, ANEEL approved on 11/22/2011 the normative resolution - REN No. 464 which provides for differentiated pricing throughout the day for low voltage consumers to spread out demand, promoting greater quality in the electricity, avoiding overloads during peak hours. Currently, consumers do not have robust efficient tools for controlling residential consumption. Therefore, this project aims to develop a friendly interface capable of encouraging and promoting demand control in real time using free resources available on the internet applied to IoT using the NODEMCU-32s microcontroller.*

Keywords: *Energy Crisis, NODEMCU, ESP32, IoT, Telegram, FireBase, Google Sheets, Google Forms.*

Resumo: A energia elétrica é fundamental para a qualidade de vida na sociedade moderna. O sistema elétrico de potência está superdimensionado em função dos horários de pico. Em razão dos diferentes padrões de demanda ao longo do dia, ANEEL aprovou em 22/11/2011 a resolução normativa – REN nº 464 que prevê a tarifação diferenciada ao longo do dia para consumidores de baixa tensão para pulverizar a demanda promovendo maior qualidade na energia elétrica evitando sobrecargas nos horários de ponta. Atualmente, apesar das contínuas inovações e o advento de redes Smart grids, os consumidores não dispõem de ferramentas eficientes robustas para o controle de consumo residencial. Sendo assim, este projeto visa desenvolver uma interface amigável capaz de incentivar e promover o controle da demanda em tempo real usando recursos gratuitos disponíveis na internet aplicados a IoT usando o microcontrolador NODEMCU-32s.

Palavras-chave: Crise energética, NODEMCU, ESP32, IoT, Telegram, FireBase, Google Sheets, Google Forms.

1. Introdução

A energia elétrica é fundamental para a qualidade de vida na sociedade moderna. Neste contexto, a reestruturação da distribuição e transmissão que ligam as unidades geradoras aos centros de consumo é de suma importância para atender à crescente demanda. Em 2021, frente ao avanço da vacinação contra o Covid-19 - doença infectocontagiosa causada pelo coronavírus da síndrome respiratória aguda grave 2 -, as expectativas para crescimento do PIB superaram a projetada em 4,8%, sendo assim, a demanda estimada para sustentar tal crescimento é na casa dos 736 mil GWh em 2021 (Dutra & Vivian, 2021) (Carati, Denardin, & Maciel, 2014).

No Brasil há uma vasta quantidade de fontes energéticas, entre elas se destacam a hidrelétrica, termoeletrica, eólica, nuclear e

solar. A distribuição elétrica oriunda de fontes renováveis ainda é a menor quantidade no país. Atualmente, as fontes hidrelétricas e termoeletricas constituem a maior parcela de geração de energia (TOLMASQUIM, GUERREIRO, & GORINI, 2007).

O sistema elétrico de potência está superdimensionado em função dos horários de ponta, período onde concentra-se a maior demanda. Estes horários de pico podem variar de acordo com a classe da unidade consumidora. Em razão dos diferentes padrões de demanda ao longo do dia, a ANEEL aprovou em 22/11/2011 a resolução normativa – REN nº 464 que define a metodologia e os procedimentos gerais de definição da nova estrutura tarifária das concessionárias de distribuição. A resolução prevê a tarifação diferenciada ao longo do dia para

consumidores de baixa tensão.

Esta iniciativa tem como prospecção pulverizar a demanda promovendo maior qualidade na energia elétrica evitando sobrecargas nos horários de ponta. Para o consumidor, o controle dos consumos dentro de faixas horárias pré-determinadas e em demanda limitada, promove uma diminuição de custo visto que o valor da energia já acumula uma alta de 24,97% em 2021 com uma alta de 1,2% em meados de outubro deste mesmo ano tornando-se um dos itens com grande avanço no mês, cerca de 3,91% (Malar, 2021, Carati, Denardin, Maciel, 2014).

Segundo a ANEEL, o brasileiro desde 2015, está submetido à 4 bandeiras tarifárias, sendo elas: Bandeira Verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo; Bandeira Amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,01874 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos; Bandeira Vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,03971 para cada quilowatt-hora kWh consumido. Bandeira Vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,09492 para cada quilowatt-hora kWh consumido (ANEEL, Bandeiras tarifárias. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2021).

As bandeiras também são informadas na conta dos usuários para a base de cálculo total, porém muitos não acompanham seu consumo no medidor e nem o status das bandeiras, ficando com a informação do valor real da conta apenas quando a recebe, não conseguindo planejar-se durante o mês como se faz, por exemplo, com o uso dos dados móveis de um celular (ANEEL, Bandeiras tarifárias. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2021).

Atualmente, os consumidores não

dispõem de ferramentas eficientes robustas para o controle de consumo residencial. Projetos de baixo custo usando microcontroladores expuseram resultados positivos tanto para o consumidor, quanto para a estrutura de transmissão e distribuição de energia (Borges, 2019, Coelho, Humacayo, 2016, Carati, Denardin, Maciel, 2014, Castellano, 2015, Moreira, Nascimento, 2020, Ozur, Pereira, Correa, 2011).

Tal fato expõe um dos maiores problemas da atualidade: o gerenciamento da energia elétrica. A falta do mesmo gera maior desconforto e insegurança aos usuários. A implantação de redes inteligentes (*Smart Grids*) torna o sistema autogerenciável em todos os níveis e partes do processo. A medição inteligente visa coordenar a geração e o consumo de energia para um melhor aproveitamento energético. Esta inovação também é conhecida como REIs (Fracari, Santos, & Sanchez, 2015).

Sendo assim, este projeto visa desenvolver uma interface amigável capaz de incentivar e promover o controle da demanda em tempo real usando recursos gratuitos disponíveis na internet aplicados a IoT para acompanhamento da fatura de energia elétrica de forma mais rápida, clara e intuitiva, trazendo conforto e sempre visando uma melhor e maior eficiência energética.

O projeto testará a adesão do microcontrolador NODEMCU-32s para dimensionamento e análise de consumo de energia elétrica, apresentando a instalação dos componentes e respectivo funcionamento, finalizando com a análise dos custos e dados envolvidos na implantação.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica

No Brasil o SEP iniciou sua estruturação no final do século 19 com o intuito de alimentar cargas pontuais. Com a disseminação do uso da energia elétrica e, por consequência, aumento da demanda, tornou-se necessário transmitir a energia até as residências (Barros, Borelli, & Gedra, 2014)

O SIN corresponde a 98% de toda energia consumida no país. Com este sistema, caso alguma usina deixe de injetar carga na rede, a mesma é compensada imediatamente pelas demais usinas interligadas evitando a ocorrência de interrupções no fornecimento de energia elétrica. A matriz elétrica brasileira é composta em 65,2% de origem hidráulica conforme Figura 01 (Barros, Borelli, & Gedra, 2014).

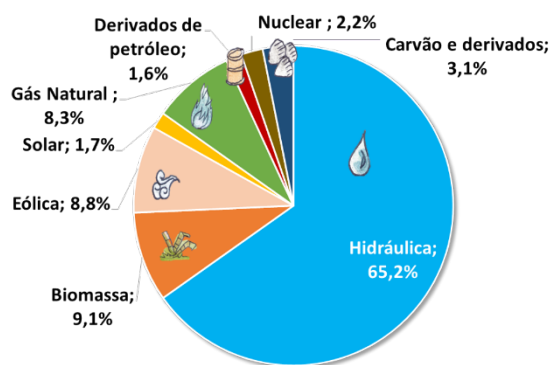


Figura 1: Matriz Elétrica Brasileira 2020. Fonte: BEN, 2021.

A fonte em maior uso é a hidráulica que faz uso da energia potencial da água para transformação em energia potencial elétrica através da passagem da água em turbinas. Como, normalmente, a geração ocorre longe dos centros consumidores, torna-se necessários uma rede de transmissão e distribuição da energia elétrica até as unidades de consumo residenciais, industriais e comerciais (Barros, Borelli, & Gedra, 2014).

A rede de transmissão exige diversos estudos quanto a viabilidade técnica, socioambiental e econômica com o objetivo de um melhor aproveitamento da energia. É importante destacar que todas as etapas de projeto e construção de LTs exigem fortes aportes financeiros, desde a sua concepção até a conclusão. E depois de construídas, estas linhas necessitam ser operadas e conservadas por equipes qualificadas (Barros, Borelli, & Gedra, 2014).

Após ser gerada e transmitida, a energia elétrica chega às estações de distribuição. Nesta etapa, a eficiência da rede depende tanto de fatores comerciais quanto de perdas inerentes ao processo. As perdas comerciais estão ligadas a fraudes e irregularidades nos centros de medição. Já as perdas inerentes ao processo estão ligadas ao dimensionamento dos condutores e transformadores que, logo, estão diretamente ligados a demanda prevista durante o projeto (Barros, Borelli, & Gedra, 2014).

2.2. Crise energética

Entre 1990 e 2000 o consumo cresceu 49% enquanto a capacidade instalada foi expandida em apenas 35% o que culminou na crise energética de 2001. A matriz energética brasileira é constituída majoritariamente por hidrelétricas, logo, é exposta a irregularidade das chuvas e dos grandes períodos de seca que assolam o Brasil em determinados períodos do ano (TOLMASQUIM M. , 2000).

Nos últimos 70 anos, o Brasil teve 23 anos com níveis de chuvas abaixo dos 85% estimados e esperados para manter os níveis dos reservatórios em plenitude. Tal fato gerou uma rápida depleção dos reservatórios que em 1997 fecharam o período seco com 66% de água armazenada, em 1999, 18% e em 2000, 18% (TOLMASQUIM M. , 2000).

Como o Brasil é um país de dimensões

continentais, tal fato fomenta a importância do SIN para o equilíbrio da rede oferecendo uma maior disponibilidade através de um sistema cooperativo, onde as regiões que tenham em um determinado período do ano excesso de água fornecem energia para as regiões onde haja falta de água. A falta do SIN agregaria uma perda de 22% de capacidade (TOLMASQUIM M. , 2000).

Entre 2000 e 2012, em média 91% da produção de eletricidade foi oriunda de fonte hídrica. A escassez de chuva e a excessiva e evidente dependência das hidrelétricas, 20 após a última crise, culminaram na crise energética de 2021 onde o principal resultado em curto prazo é o crescimento severo das tarifas de eletricidade em todo o país (Borges F. , 2021).

A ausência de um processo de planejamento no setor elétrico brasileiro a longo prazo, de maneira a promover a estrategicamente a diversificação de fontes nos anos das décadas de 2000 e 2010, agravou ainda mais o panorama a cada crise, e a dependência hídrica revela pontos críticos severos, como a redução dos níveis dos reservatórios e os impactos socioambientais gerados a partir dos empreendimentos hidrelétricos.
BORGES, 2021

Quanto aos reflexos da crise de 2021, pode-se citar: racionamento da energia elétrica e apagões, diminuição da produtividade industrial, atenuação do panorama ambiental, aumento da tarifação e diminuição do poder de compra visto que como a energia elétrica viabiliza diversos bens e serviços, o custo é repassado para os consumidores e dependerá da faixa tarifária exercitada pelos fornecedores de modo geral (Borges F. , 2021).

O fluxograma da Figura 2 ilustram como essas crises se relacionam.

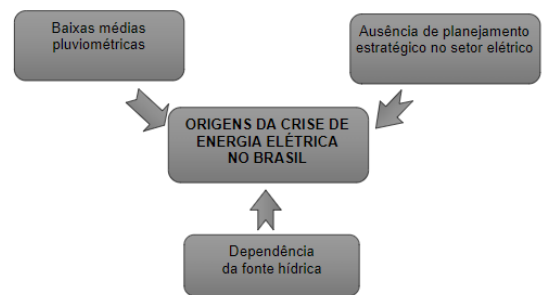


Figura 2: Origens da crise de energia elétrica no Brasil (2021). Fonte: BORGES, 2021.

2.3. Consumo de energia elétrica

O setor residencial é responsável por cerca de 30% do consumo total de energia elétrica no Brasil e tem uma capacidade de redução de até 15%. A participação ativa dos consumidores na gestão dos seus consumos é de fundamental importância para a redução dos impactos ambientais provocados pela produção de energia elétrica. Para que isso seja possível, os consumidores precisam de informações detalhadas sobre o seu consumo de energia (ANEEL, 2005, Ferreira, 2012).

Porém, para que o usuário doméstico possa controlar de forma eficiente o seu consumo de energia é necessário o fácil acesso às informações detalhadas relativas ao seu consumo, fato que é diferente da realidade, como comprova um estudo realizado pela IBM (IBM Institute for Business Value, 2007).

Durante a evolução dos sistemas elétricos, foi constante a preocupação com a medida das grandezas envolvidas. Os primeiros dispositivos concebidos para medir o consumo de energia baseava sua medição no tempo que uma lâmpada permanecia acesa. Atualmente, 92% dos medidores de energia utilizados são eletromecânicos, que possuem baixo custo e alta disponibilidade (Ferreira, 2012)

Esse medidor é constituído por um elemento motor, que consiste em dois

circuitos magnéticos e um leve disco de alumínio suspenso na região do campo magnético criado pela bobina de corrente, onde são induzidas correntes parasitas, de modo a fazer com que o disco gire no seu próprio eixo.

O número de rotações do disco é proporcional à energia consumida pela carga em certo intervalo de tempo, fornecendo a medida do consumo de energia em quilowatt-hora (KWh) (FERREIRA, 2012).

Esses medidores possuem erro máximo de $\pm 2\%$ do valor indicado para a sua faixa nominal de operação, dentro do tempo de vida previsto para o seu funcionamento. Trata-se de um valor relativamente alto, considerando as perdas que podem onerar tanto o fornecedor quanto o consumidor de energia elétrica (FERREIRA, 2012).

Além disso, devido às suas características de construção, tais como o uso de equipamentos indutivos, os medidores eletromecânicos possuem algumas limitações e restrições para que o seu funcionamento seja confiável, como: interferência na operação na presença de corrente contínua; diminuição da precisão para valores muito baixos de potência e por último, os mecanismos destes instrumentos são sensíveis a vibrações e choques produzidos por elementos externos, dificultando sua aplicação em ambientes mecanicamente instáveis ou em aplicações embarcadas. Para leitura da medição, é necessário ir até o local onde o medidor está instalado e ver o valor nele registrado (Ferreira, 2012).

Existe uma forte tendência à substituição dos medidores eletromecânicos por medidores digitais visando, além de uma maior precisão na medição, a possibilidade de leitura remota do consumo de energia ou de aplicação de uma tarifação diferenciada controlada pela faixa de horário ou pela central de distribuição

(FERREIRA, 2012)

Para fins de controle, o consumo pode ser calculado através do produto entre: o somatório do consumo em Watts dos equipamentos, horas em funcionamento, dias em funcionamento e a tarifação da concessionária.

$$Consumo = \frac{W \times H \times D}{1000} \times Tarifa$$

Equação 01: Calculo de Consumo.

Onde:

w é o consumo real em watts

H é o tempo ou faixa de tempo analisa

D é o número de dias analisados

Tarifa é o valor da bandeira tarifária

2.4. Estrutura e bandeiras tarifárias

Os consumidores estão divididos em dois grupos de acordo com a tensão de fornecimento: grupo A e B. Os consumidores do grupo A (alta tensão) estão ligados a tensões iguais ou superiores a 2.3 kV. Já os consumidores do grupo B (baixa tensão) consistem nos consumidores ligados a tensões inferior a 2.3 kV (110V, 220V e 440V) (Castellano, 2015).

	Bandeira VERDE	Condições favoráveis de geração de energia Sem cobrança adicional
	Bandeira AMARELA	Condições menos favoráveis R\$ 1,874 por 100 kWh consumidos
	Bandeira VERMELHA	Térmicas ligadas Dois patamares: um de R\$ 3,971 e outro de R\$ 9,492 para cara 100 kWh
	Bandeira ESCASSEZ HÍDRICA	Custo de energia mais caro R\$ 14,20 por 100 kWh consumidos

Figura 3: Bandeiras tarifárias. Fonte: G1, 2021.

A modalidade Horo-Sazonal (Figura 3) é a comumente empregada e caracteriza-se

pela aplicação de tarifas diferenciadas, levando em conta o consumo de energia elétrica e a demanda de potência variáveis com o horário de utilização e diferentes períodos do ano (Castellano, 2015).

2.5. Internet das coisas - IoT

O termo IoT é relativamente recente e ainda se busca definições sólidas para o mesmo. De maneira geral, pode-se entender como um meio de objetos interconectados com a internet por meio de sensores e controladores que criam um sistema capaz de apresentar e executar soluções funcionais para problemas cotidianos. Nas últimas décadas, seu uso foi disseminado e em 2020 havia mais de 50 bilhões de dispositivos conectados a internet. Um aumento de 50.000% em relação a 1992 conforme visto na Figura 4 (Miguez, 2017, Moreira, Nascimento, 2020).

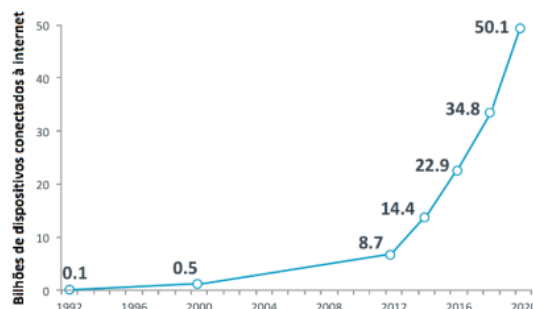


Figura 4: Evolução no número de dispositivos IoT. Fonte: MOREIRA, NASCIMENTO, 2020.

2.6. Microcontrolador NODEMCU-32S

Nos últimos anos, estudos têm mostrado a eficácia do uso de microcontroladores para a melhoria de processo de pequena e grande escala. Um microcontrolador é um pequeno computador capaz de integrar o hardware e software. O mesmo pode ser visualizado na Figura 5. O NODEMCU-32 é comumente utilizado (Leite, Silva, Santos, & Silva, 2020).

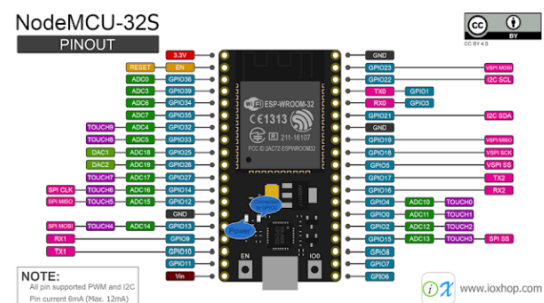


Figura 5: NODEMCU-32S. Fonte: OLIVEIRA, 2019.

O NODEMCU-32S é uma placa baseada no módulo ESP32S WiFi altamente tecnológico desenvolvido para conectar projetos robóticos ou de automação residencial à Rede Mundial de Computadores com maior facilidade e baixo custo (Casa da Robótica, 2021)

2.6. REIs

As chamadas Redes Elétricas Inteligentes (*Smart Grids*) marcam uma nova era no controle de todo o processo ao qual envolve energia elétrica. Torna-se agora possível descentralizar e integrar. O primeiro passo para atingir este patamar é a mudança na forma de controle do consumo de energia elétrica para os consumidores de baixa tensão, permitindo a visualização remota e automática diminuindo déficits para o controle de pico, por exemplo. O Brasil tem investido em projetos. Nos últimos anos foram R\$1,6 bilhão em mais de 200 projetos (Fracari, Santos, & Sanchez, 2015).

Os relatórios de consumo e de pico gerados, guiam a melhor forma de controlar a distribuição de energia para regiões mais com maiores demandas naquele instante de tempo. Um outro fator econômico ligado a Smart Grids é conseguir entender o cada consumidor está utilizando de energia elétrica a cada instante e, com isso, é possível descobrir quando existir algum consumidor com ligação elétrica ilegal (Fracari, Santos, & Sanchez, 2015).

Com esta tecnologia, os consumidores

seriam avisados dos horários de pico e assim melhorariam a estão do uso de forma a minimizar não apenas o impacto financeiro causado pelas bandeiras de tarifação, mas também o impacto no meio ambiente. Este efeito favorece elaboração de campanhas de uso consciente de energia, como menores tarifas fora dos horários de pico (Silva, Silva, & Moura, 2021).

3. Métodos e Materiais

O microcontrolador escolhido foi o NODEMCU-32s pela grande quantidade de portas analógicas disponíveis na sua estrutura e seu processador tem 2 núcleos permitindo a execução de 2 loops simultaneamente interconectados. A lista de materiais está descrita conforme na Tabela 1.

Tabela 1: Tabela 1: Materiais Utilizados Na Construção Do Protótipo. Fonte: O Próprio Autor.

Material	Quantidade
NoddeMCU-32S	1
Sensor de tensão Zmpt101b	1
Sensor de corrente SCT-013	1
Resistor 33 Ω	1
Resistor 10000 Ω	2
Capacitor 10 μ F	1

A programação foi escrita na linguagem de programação C++ no software IDE Arduino e contou com um total de 550 linhas de código conforme figura 6.

Os sensores de tensão foram instalados para que, junto com o sensor de corrente, torna-se o sistema apto para medições de potência real obtida através do produto da tensão versus corrente. O sensor de tensão Zmpt101b, tem capacidade de detecção entre 0 a 250V foi ligado ao pino 35. O sensor de corrente SCT-013, com capacidade de detecção entre 0 a 100 A foi conectado ao pino 34 e foi instalado um circuito de polarização para funcionamento do sensor. O circuito consiste em 2 resistores de 10000 Ω formando um divisor de tensão e no nó intermediário um resistor de 33 Ω com o objetivo de fazer o sinal

excursionar e 1 capacitor de 10 μ F com função de filtro e correção de fator de potência.

O Sinal de corrente é transformado em sinal de tensão e é lido pelo microcontrolador. No intervalo de tempo de menos de 1 segundo o controlador faz a leitura das duas grandezas e com seu produto obtém o valor de potência. Após 20 segundos o NodeMCU envia seus dados para a rede, começando pelo GoogleForms (Figura 7), onde foi programada uma pesquisa, na qual terá como respostas as leituras obtidas pelos sensores.

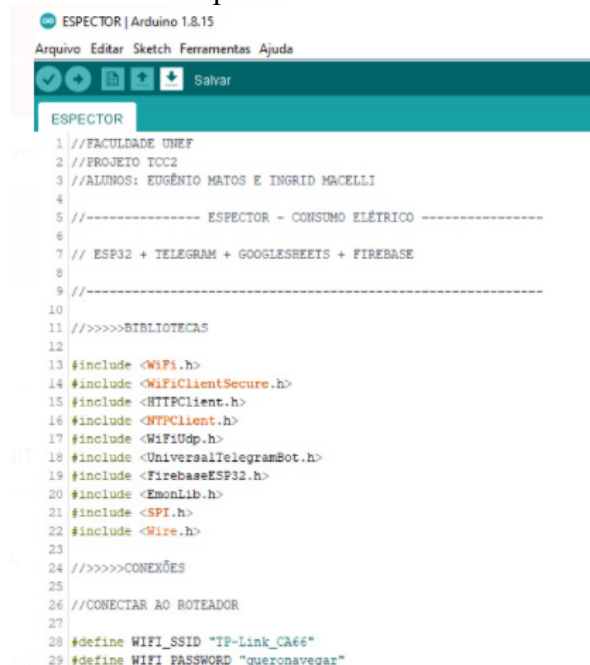


Figura 6: Código de programação em linguagem C++. Fonte: O Próprio Autor.

Figura 7: Formulário respondido pelo microcontrolador. Fonte: O Próprio Autor.

Esses resultados alimentam uma planilha (Tabelas 2 e 3) no *GoogleSheets*, o qual também funciona como banco de dados, e através de *scripts* executa tarefas sempre após o input de resposta de um novo form.

Tabela 2: Planilha pelas respostas do google forms.
Fonte: O Próprio Autor.

	B	C	D	E	F	G	H
1	Corrente	Potência	Tarifa	Tempo	Intervalo de tempo	Bandeira	Kw
61619	16122021	1023	3.97	14:58:11	00:00:21	Vermelha 1	1,023
61620	16122021	1027	3.97	14:58:32	00:00:21	Vermelha 1	1,027
61621	16122021	1032	3.97	14:58:53	00:00:21	Vermelha 1	1,032
61622	16122021	1043	3.97	14:59:14	00:00:21	Vermelha 1	1,043
61623	16122021	1045	3.97	14:59:34	00:00:20	Vermelha 1	1,045
61624	16122021	1036	3.97	14:59:55	00:00:21	Vermelha 1	1,036
61625	16122021	1039	3.97	15:00:19	00:00:24	Vermelha 1	1,039
61626	16122021	1027	3.97	15:00:39	00:00:20	Vermelha 1	1,027
61627	16122021	1033	3.97	15:01:00	00:00:21	Vermelha 1	1,033
61628	16122021	1016	3.97	15:01:22	00:00:22	Vermelha 1	1,016
61629	16122021	1033	3.97	15:01:43	00:00:21	Vermelha 1	1,033
61630	16122021	1070	3.97	15:02:03	00:00:20	Vermelha 1	1,07

Tabela 3: Planilha dinâmica organizando dados.
Fonte: O Próprio Autor.

	B	C	D	E
	Data	SUM de kWh	SUM de TUSD	SUM de TE
2122021	2122021	2,267881667	1,322369738	0,7540168465
3122021	3122021	12,63497694	7,36727643	4,200830057
4122021	4122021	13,58511194	7,921286716	4,516727402
5122021	5122021	13,59483	7,926953177	4,519958425
6122021	6122021	13,42895806	7,830235591	4,464809939
7122021	7122021	14,23852472	8,302282469	4,733971648
8122021	8122021	12,62101361	7,359134608	4,19618758
9122021	9122021	12,476515	7,274879511	4,14814522
10122021	10122021	13,34651111	7,782161943	4,437398286
11122021	11122021	6,542325833	3,814737702	2,175168117
13122021	13122021	4,687457778	2,733190362	1,558468497
14122021	14122021	14,56694722	8,493780986	4,843164337
15122021	15122021	16,28828167	9,497466765	5,415467199
16122021	16122021	9,156158889	5,338826803	3,044205592

Ao escrever ou ler diretamente na planilha, através dos códigos em JavaScript, geralmente as variáveis necessárias para os cálculos são escritas e lidas como *strings*. O *Firestore*, através do *RealTime Database* (figura 9) facilita esse processo, através da permissão da definição das variáveis, como *float*, *int*, ou *string*, possibilitando cálculos com números inteiros ou decimais na planilha.

Para ter acesso a todas essas informações, utilizamos um *bot* no telegrama, no qual ao digitar comandos, faz a leitura de alguns menus, e possibilita a leitura de sensores e banco de dados de forma intuitiva e rápida ao usuário. O fluxo de dados segue conforme Figura 10.



Figura 9: Dados armazenados no *Realtime Database*. Fonte: O Próprio Autor.

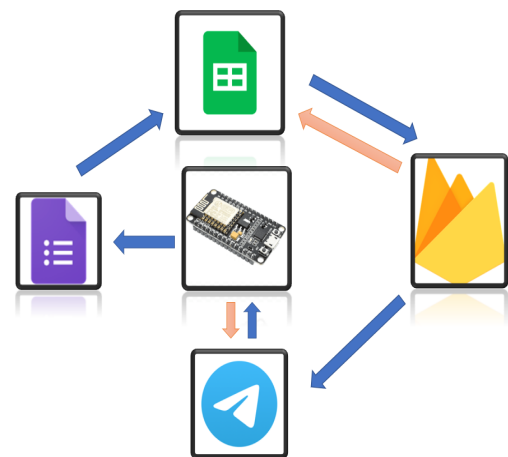


Figura 10: Fluxograma de comunicação de dados.
Fonte: O Próprio Autor.

4. Resultados

Realizada as ligações e instalação do protótipo ao quadro de alimentação da residência. O protótipo montado está mostrado na Figura 11.

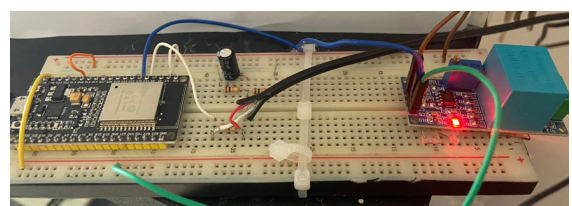


Figura 11: protótipo montado. Fonte: O Próprio Autor.

No Telegram, após abrir o chat do bot as seguintes opções são fornecidas ao usuário conforme Figura 12.

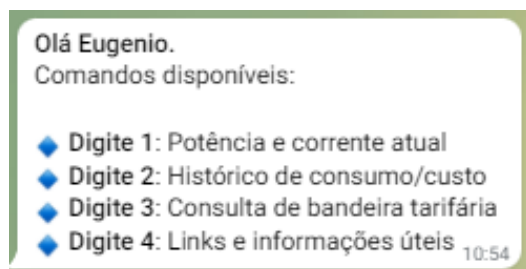


Figura 12: Start Telegram. Fonte: o próprio autor.

No menu 1, é lido em tempo real o sensor SCT-01 e o sensor ZMpt101b, (ambos calibrados com base em um wattímetro PZEM-061) retornando os dados, ao usuário com uma média de menos de 5 segundos (Figura 13).

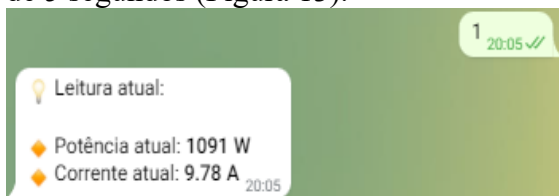


Figura 13: Menu 01 Telegram. Fonte: O Próprio Autor.

O menu 2 (Figura 14) é o responsável pela consulta de banco de dados. Após o *input* do usuário, ele faz a consulta da planilha e retorna o valor de uma data ou um intervalo de datas. Média de tempo para a operação é de menos de 8 segundos.



Figura 14: Menu 2 consulta banco de dados. Fonte: O Próprio Autor.

Os valores de TUSD, TE e a bandeira tarifária já são calculados com os impostos, ICMS, PIS e COFINS retornando para o usuário tanto o valor total quanto a subdivisão dos valores, como estão presentes na conta de energia.

O menu 3 e o menu 4 (Figura 15) são apenas informativos ao usuário, fazendo a coleta de variáveis já preenchidas no Firebase e retornando como resposta pelo Telegram.

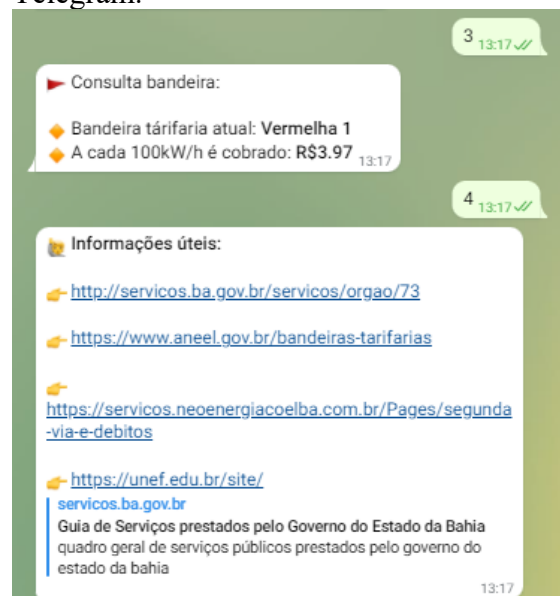


Figura 15: Menu 3 e 4 Telegram. Fonte: O Próprio Autor.

Para comprovar a acurácia do projeto (Tabela 4), foram analisados durante 10 dias os resultados obtidos pelo microcontrolador e a checagem no medidor de energia, as leituras eram realizadas todos os dias às 19h.

Tabela 4: Comparação entre leitura do sensor e medidor da Coelba. Fonte: O Próprio Autor.

Data	kWh		Acurácia
	LeituraMedidor	Leitura "Espectro"	
28/11/2021	12	13,2	90,91%
29/11/2021	12	12,4	96,77%
30/11/2021	12	12,89	93,10%
01/12/2021	13	13,35	97,38%
02/12/2021	12	12,63	95,01%
03/12/2021	14	15,2	92,11%
04/12/2021	13	13,59	95,66%
05/12/2021	13	14,23	91,36%
06/12/2021	12	13,2	90,91%
07/12/2021	12	12,92	92,88%
08/12/2021	12	13,6	88,24%
MÉDIA			92,88%

5. Conclusão

O objetivo de deixar as informações mais claras ao consumidor, após os resultados, mostram-se promissores. Não obtendo o resultado da conta somente no fim do mês e possuindo esses dados com clareza e quando tiver a necessidade o cliente pode se planejar e organizar seus gastos de uma melhor forma, gerenciando e organizando suas finanças.

O investimento para execução do protótipo foi de R\$ 132,00, ao comparar com alguns medidores de energia elétrica do mercado, como o WDS688 com limite de até 60A e sem opção de manipulação de banco de dados (R\$ 349,00) e o SM-2W-Lite, o que mais tem mais características parecidas com o protótipo (R\$ 379,00) mostra-se eficaz.

Aliado as plataformas do Google e Telegram, é possível obter uma ferramenta IoT poderosa e grátis, que pode ser moldada da melhor maneira à atender ao usuário, nesse caso, acompanhando o consumo de energia elétrica. Como ponto positivo tem-se a facilidade no gerenciamento e organização do banco de dados, o que não exige um conhecimento de programação muito específico, diferente de outros como o “MYSQL” e a confiabilidade do envio das informações.

Referências

- ANEEL. (2005). Atlas da Energia elétrica no Brasil.
- ANEEL. (2021). *Bandeiras tarifárias. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)*. Acesso em Dezembro de 2021, disponível em <https://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>
- Barros, B., Borelli, R., & Gedra, R. (2014). *Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica* (1 ed.). São Paulo: Érica.
- BEN, Balanço Energético Nacional Interativo;. (2021). Acesso em Dezembro de 2021, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
- Borges, E. (2019). *SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO A TECNOLOGIA ESP32 COMO ALTERNATIVA DE BAIXO CUSTO*. Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí.
- Borges, F. (2021). *CRISE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: UMA BREVE REFLEXÃO SOBRE A DINÂMICA DE SUAS ORIGENS E RESULTADOS. RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICAMULTIDISCIPLINAR*, 2. Fonte: <https://doi.org/10.47820/recima21.v2i10.809>
- Brito, S., Braga, I., Cunha, C., Palácio, M., & Takenamil, I. (Abril de 2020). *Pandemia da COVID-19: o maior desafio do século XXI*. pp. 54-63. Acesso em Novembro de 2021, disponível em https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/07/1103209/2020_p-028.pdf
- Carati, E., Denardin, G., & Maciel, S. (2014). *CONTROLADOR DE DEMANDA E EMULADOR DO CONSUMIDOR RESIDENCIAL PARA MANUTENÇÃO DO CONFORTO DO USUÁRIO EM SMART GRIDS. DISSERTAÇÃO, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, PATO BRANCO*.
- Casa da Robótica. (Dezembro de 2021). *NodeMCU ESP32S Iot com WiFi e Bluetooth - 38 Pinos*. Fonte: <https://www.casadarobotica.com/placas-embarcadas/esp/placas/nodemcu-esp32s-iot-com-wifi-e-bluetooth-38-pinos>
- Castellano, G. (2015). *Desenvolvimento de um Controlador de Demanda de Energia Elétrica de Baixo Custo para a Greylogix Brasil*. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Automação e sistemas, Florianópolis.
- Castro, T., Silveira, J., & Souza, T. (2015). *Autonomia Inteligente na Geração de Energia Elétrica – População Rural e Pequenas Comunidades Isoladas. THE XI LATIN-AMERICAN CONGRESS ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION*. Guaratinguetá/SP.
- COELHO, A., & HUMACAYO, A. (2016). *ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE UM MEDIDOR DE CONSUMO DE ENERGIA MICROCONTROLADO. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ,*

- DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE
ELETRÔNICA, PONTA GROSSA.
- Dutra, J., & Vivian, F. (2021). Emergência hídrica e restrições de oferta. *Conjuntura Econômica*, pp. 44-46.
- Ferreira, J. (2012). *Análise de Formas de Medição de Consumo de Energia Elétrica no Setor Residencial*. Trabalho de Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Fracari, F., Santos, I. d., & Sanchez, G. (2015). Smart Grid: uma nova forma de controle de Energia Elétrica. *Rev. de Empreendedorismo, Inovação e Tecnologia*, 15-22.
- Leite, M., Silva, G., Santos, P., & Silva, J. (2020). *Proposta de automação de baixo custo para aviários utilizando o microcontrolador ESP32*. Instituto Federal do Mato Grosso, Cuiabá.
- MALAR, J. (Outubro de 2021). Energia elétrica tem alta acumulada de quase 25% em 2021. *CNN Brasil Business*. Acesso em Dezembro de 2021, disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/business/energia-eletrica-tem-alta-acumulada-de-quase-25-em-2021-diz-ibge/>
- Menezes, V. (Agosto de 2015). LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ASPECTOS TÉCNICOS, ORÇAMENTÁRIOS E CONSTRUTIVOS.
- Miguez, A. (2017). *Assistência à autonomia no domicílio com integração de Automação e Inteligência Artificial*. Dissertação, (Mestrado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal. Acesso em 2021, disponível em https://biblioteca.inatel.br/cict/acervo%20publico/sumarios/Artigos%20de%20TCC/TCC_Gradua%C3%A7%C3%A3o/Engenharia%20de%20Controle%20e%20Automa%C3%A7%C3%A3o/2020/TCC_Proposta%20de%20um%20Sistema%20Controlador%20de%20Demanda.pdf
- Ministério da Economia . (2020). *COMO ANALISAR GASTOS COM ENERGIA ELÉTRICA*. Acesso em Dezembro de 2021, disponível em https://www.gov.br/compras/pt-br/sistemas/arquivos-doc-e-pdf/cartilha_energia.pdf
- Moreira, F., & Nascimento, G. (2020). Proposta de um Sistema Controlador de Demanda Industrial baseado em IoT.
- Moreira, F., & Nascimento, G. (2020). *Proposta de um Sistema Controlador de Demanda Industrial baseado em IoT*. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto Nacional de Telecomunicações.
- Oliveira, I. (2019). *DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL BASEADO EM IOT PARA CONTROLE E MONITORAMENTO DE DISPOSITIVOS ELÉTRICOS*. Monografia, Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Colegiado do curso de Engenharia de Controle e Automação - CECAU, Ouro Preto.
- Ozur, F., Pereira, T., & Correa, J. (2011). CONTROLE DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA. *Exacta*, 4, pp. 191-202.
- Racanici, J. (24 de Setembro de 2021). Conta de luz da tarifa social continua com bandeira vermelha 2 em outubro, informa Aneel. Acesso em Dezembro de 2021, disponível em <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/09/24/conta-de-luz-da-tarifa-social-continua-com-bandeira-vermelha-2-em-outubro-informa-aneel.ghtml>
- Silva, J. D., Silva, T. R., & Moura, E. d. (2021). SMART GRIDS COMO ALTERNATIVA DE DESENVOLVIMENTO URBANO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL EM PARINTINS/AM. *Revista Caibena de Ciências Sociais*, 176-191.
- TOLMASQUIM, M. (2000). As Origens da Crise Energética Brasileira. *Ambiente & Sociedade*, pp. 179-183.
- TOLMASQUIM, M., GUERREIRO, A., & GORINI, R. (2007). Visão prospectiva da matriz energética brasileira: energizando o desenvolvimento sustentável do país. *Revista Brasileira de Energia*, 13, p. 1.