



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VINICIUS NUNES ALMEIDA

**UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE
CONSUMO DE BEBEDOUROS.**

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

VINICIUS NUNES ALMEIDA

**UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE
CONSUMO DE BEBEDOUROS.**

Trabalho Final de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Mato Grosso, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador:
Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis

CUIABÁ – MT
DEZEMBRO, 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A447p Almeida, Vinicius Nunes.

Uma proposta de implementação de um dispositivo de medição de consumo de bebedouros [recurso eletrônico] / Vinicius Nunes Almeida. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 25 f., il. color., pdf). -- 2022.

Orientador: Saulo Roberto Sodré dos Reis.

TCC (graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Cuiabá, 2022.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://bdm.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Automação Industrial, Bebedouro, Eficiência Energética, ESP32, Medidor de Energia, Microcontrolador. I. Reis, Saulo Roberto Sodré dos, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

DESPACHO

Processo nº 23108.104305/2022-19

Interessado: @interessados_virgula_espaco@

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA MONOGRAFIA: UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE BEBEDOUROS

ALUNO: VINICIUS NUNES ALMEIDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, como requisito para a obtenção de grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 12 de dezembro de 2022.

Nota final: 9,0(Nove)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Saulo Roberto Sodré dos Reis

Orientador

Prof. Dr. Antonio de Pádua Finazzi

Examinador

Prof. Dr. Jorge Luiz Brito de Faria



Documento assinado eletronicamente por **SAULO ROBERTO SODRE DOS REIS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **JORGE LUIZ BRITO DE FARIA, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **ANTONIO DE PADUA FINAZZI, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 15/12/2022, às 16:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5376872** e o código CRC **F9878E02**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde e resiliência para superar as dificuldades.

Em segundo lugar gostaria de agradecer à minha família que com seu amor e apoio incondicional me fizeram chegar à conclusão desta graduação.

Em terceiro lugar minha namorada Jéssica pelo amor e incentivo nessa etapa de minha vida.

Aos amigos que fiz durante a graduação, Alexandre Alves, Fernando Martins, Giovane Guerra, Jader José, João Vitor Fabris, Lucas Rodrigo, Maria Beatriz, quero agradecer o apoio e cumplicidade nessa árdua caminhada.

Aos meus queridos amigos do CSSG, Bruno Luiz, Caio Mesquita, João Nogueira, Matheus Moreira e Yuri Gazzoni, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade e pelo apoio ao longo de todo este tempo juntos.

Ao professor Saulo pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

ALMEIDA, V.N. **UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE BEBEDOUROS.** 2022. 23f. Trabalho Final de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2022.

Com a instalação dos bebedouros ao longo do Campus da UFMT, surgiu a preocupação com relação ao consumo de energia elétrica destes dispositivos com a instalação de um protótipo microcontrolado para automatização do processo de medição de energia para bebedouros localizados na Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (FAET), Campus Cuiabá. O objetivo do trabalho foi desenvolver um protótipo microcontrolado para automatizar o processo de controle do bebedouro, o protótipo mede a corrente e a tensão do equipamento, além de realizar o controle do consumo a partir do acionamento e desligamento em horários pré-estabelecidos baseados no fluxo de pessoas pelo bloco. O protótipo foi desenvolvido utilizando a plataforma de desenvolvimento livre ESP32 para controlar os bebedouros industriais, com a função de medidor de corrente, tensão, temporizador para desligamento automático em horários definidos pelo usuário, e Data Logger em Cartão SD. Por meio de medições realizadas durante 5 dias foi possível traçar o perfil de carga com e sem automação, e consequentemente verificar a sua eficácia. Esse artigo visa regular os ciclos de atuação do equipamento, com o objetivo de reduzir o seu consumo de energia, trazendo economia para Universidade Federal de Mato Grosso.

Palavras-chave: Automação Industrial, Bebedouro, Eficiência Energética, ESP32, Medidor de Energia, Microcontrolador.

ABSTRACT

The installation of water fountains along the UFMT Campus, a concern arose regarding the consumption of electrical energy by these devices with the installation of a microcontrolled prototype for automating the process of measuring energy for water fountains located in the Faculty of Architecture, Engineering and Technology (FAET), Campus Cuiabá. The objective of the work was to develop a microcontrolled prototype to automate the process of controlling the water fountain, the prototype measures the current and voltage of the equipment, in addition to controlling consumption from activation and deactivation at pre-established times based on the flow of people across the block. The prototype was developed using the ESP32 free development platform to control industrial drinking fountains, with the function of current meter, voltage, timer for automatic shutdown at user-defined times, and Data Logger on SD Card. Through measurements carried out during 5 days, it was possible to trace the load profile with and without automation, and consequently verify its effectiveness. This article aims to regulate the equipment's performance cycles, with the objective of reducing its energy consumption, bringing savings to the Federal University of Mato Grosso.

Keywords: Industrial Automation, Water dispenser, Energy Efficiency, ESP32, Power Meter, Microcontroller.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Fig. 1. Diagrama de Bloco utilizado no protótipo..	15
Fig. 2. Microprocessador DOIT ESP32 DEV KIT v1.....	15
Fig. 3. Módulo ZMPT101B.....	16
Fig. 4. Módulo ACS712	16
Fig. 5. LCD 16x2 com I2C	16
Fig. 6. Módulo Leitor SD.	17
Fig. 7. Relé SSR	17
Fig. 8. RTC3231	17
Fig. 9. Push-Button.....	18
Fig. 10. Esquemático utilizado no Proteus	18
Fig. 11. Fluxograma do Programa.	18
Fig. 12. ATMEGA328 no Proteus.....	19
Fig. 13. LCD 16x2 simulado no Proteus.	19
Fig. 14. SD Registrando em arquivo de texto.	19
Fig. 15. Trilhas de solda do projeto.....	19
Fig. 16. Disposição de montagem do sistema.	20
Fig. 17. Conceito de ligação do sistema... ..	20
Fig. 18. Conexão da carga com o protótipo.....	20
Fig. 19. Visão da conexão da carga com o protótipo.	21
Fig. 20. Exibição de Dados no LCD.....	21
Fig. 21. Gráfico dos dados medidos de potência no modo 02.....	21
Fig. 22. L Gráfico dos dados medidos de potência no modo 01..	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades do DOIT ESP32 DEV KIT v1	15
Tabela 2 - Propriedades do Módulo ZMPT101B	16
Tabela 3 - Propriedades do ACS712	16
Tabela 4 - Propriedades do LCD 16x2	17
Tabela 5 - Propriedades do Módulo Leitor de SD Card.	17
Tabela 6 -Propriedades do Relé de estado sólido	17
Tabela 7 - Dados registrados na simulação	19
Tabela 8 - Medição dos Modos	22
Tabela 9 - Custo do Sistema de Medição	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFMT	Universidade Federal de Mato Grosso
FAET	Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
SD	Secure Digital
RMS	Root Measure Square
SSR	Solid State Relay
RAM	Random-Acess Memory
IDE	Integrated Development Environment
PCB	Printed Circuit Board
LCD	Liquid crystal display
GPIO	General Purpose Input Output
IOT	Internet of Things

LISTA DE SÍMBOLOS

Elaborada conforme a NBR 14724.

Elaborada de acordo com a ordem apresentada no texto, com o devido significado.

i	Corrente
q	Carga em Coulomb
t	Intervalo de tempo
P	Potência
V	Tensão
V_{ef}	Valor Eficaz
V_{rms}	Valor de tensão RMS
V_p	Tensão de pico

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	12
II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
III. TRABALHOS RELACIONADOS	14
IV. DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE DO DISPOSITIVO	15
V. COMPONENTES DO HARDWARE DO DISPOSITIVO	15
VI. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DO DISPOSITIVO	17
VII. SIMULAÇÃO EM SOFTWARE PROTEUS	18
VIII. MONTAGEM E RESULTADOS	19
X. TRABALHOS FUTUROS	22
XI. REFERÊNCIAS	22

UMA PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE MEDIÇÃO DE CONSUMO DE BEBEDOUROS

Vinicius Nunes Almeida

Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)

Cuiabá-MT, Brasil

(vinicius.nunesmt@gmail.com)

Resumo – Com a instalação dos bebedouros ao longo do Campus da UFMT, surgiu a preocupação com relação ao consumo de energia elétrica destes dispositivos com a instalação de um protótipo microcontrolado para automatização do processo de medição de energia para bebedouros localizados na Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia (FAET), Campus Cuiabá. O objetivo do trabalho foi desenvolver um protótipo microcontrolado para automatizar o processo de controle do bebedouro, o protótipo mede a corrente e a tensão do equipamento, além de realizar o controle do consumo a partir do acionamento e desligamento em horários pré-estabelecidos baseados no fluxo de pessoas pelo bloco. O protótipo foi desenvolvido utilizando a plataforma de desenvolvimento livre ESP32 para controlar os bebedouros industriais, com a função de medidor de corrente, tensão, temporizador para desligamento automático em horários definidos pelo usuário, e Data Logger em Cartão SD. Por meio de medições realizadas durante 5 dias foi possível traçar o perfil de carga com e sem automação, e consequentemente verificar a sua eficácia. Esse artigo visa regular os ciclos de atuação do equipamento, com o objetivo de reduzir o seu consumo de energia, trazendo economia para Universidade Federal de Mato Grosso.

Palavras-Chave - Automação Industrial, Bebedouro, Eficiência Energética, ESP32, Medidor de Energia, Microcontrolador.

CASE STUDY: A PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A CONSUMPTION MEASUREMENT SYSTEM IN WATER FOUNTAINS FOR ENERGY EFFICIENCY.

Abstract – The installation of water fountains along the UFMT Campus, a concern arose regarding the consumption of electrical energy by these devices with the installation of a microcontrolled prototype for automating the process of measuring energy for water fountains located in the Faculty of Architecture, Engineering and Technology (FAET), Campus Cuiabá. The objective of the work was to develop a microcontrolled prototype to automate the process of controlling the water fountain, the prototype measures the current and voltage of the equipment, in addition to controlling consumption from activation and

deactivation at pre-established times based on the flow of people across the block. The prototype was developed using the ESP32 free development platform to control industrial drinking fountains, with the function of current meter, voltage, timer for automatic shutdown at user-defined times, and Data Logger on SD Card. Through measurements carried out during 5 days, it was possible to trace the load profile with and without automation, and consequently verify its effectiveness. This article aims to regulate the equipment's performance cycles, with the objective of reducing its energy consumption, bringing savings to the Federal University of Mato Grosso.

Keywords - Industrial Automation. Water dispenser. Energy Efficiency. ESP32. Power Meter. Microcontroller.

1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a maioria dos prédios da UFMT dispõem de bebedouros para o abastecimento de água potável, o que provoca um maior consumo de energia. Um bebedouro de água resfria periodicamente para garantir que água fria esteja sempre disponível para o usuário. No entanto, esse mecanismo é ineficiente porque os usuários não utilizam água fria durante todo o dia letivo.

Com base nessa análise podemos observar que ocorre um grande desperdício de energia, causados pelo uso não otimizado bebedouros, pois ficam ligados durante 24 horas nos 7 dias da semana, resfriando a água mesmo em horários e dias em que não ocorre a utilização. Isso gera um prejuízo para escolas e universidades, em particular na UFMT, e pode ser evitado através da automação, que limitaria o horário de funcionamento dos bebedouros apenas para momentos em que ocorram sua utilização, programado para fazer o desligamento a partir das 21h da noite até as 06h da manhã, horário de circulação de estudantes pelo Campus da UFMT.

A partir do levantamento feito no Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FAET), foram identificados aproximadamente 10 bebedouros na FAET, com a automação de todos os bebedouros será possível reduzir o consumo de energia, principalmente nos dias em que ocorrem menor concentração de pessoas pela FAET.

Dentro deste contexto, a implementação de um dispositivo de baixo custo de medição de energia foi construído, podendo ser utilizado de várias maneiras, sendo aferição de consumo, monitoramento inteligente de energia, e automação.

O sistema utiliza um Microcontrolador ESP32, que mede a tensão RMS, a corrente RMS do equipamento e calcula a potência e consumo do bebedouro e o consumo do bebedouro localizado no bloco de Engenharia Elétrica, para registrar horário e realizar armazenagem no cartão SD (Data Logger) e relé de estado sólido SSR permitirá o desligamento automático de bebedouros em horários pré-estabelecidos, resultando em uma eficiência energética do dispositivo.

Este artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção II aborda sobre a fundamentação teórica. A seção III discorre de forma breve sobre trabalhos relacionados. A seção IV aborda a etapa de desenvolvimento do Hardware do dispositivo. A seção V aborda os componentes de Hardware utilizados no dispositivo e o motivo de sua utilização. A seção VI aborda o desenvolvimento do Software do Dispositivo. A seção VII discorre sobre a simulação no Software Proteus. A seção VIII explica a etapa de montagem e a medição dos dados. A seção IX aborda a conclusão do artigo. A seção XI sugere melhorias a trabalhos futuros. Por fim a seção X lista as referências que foram utilizadas neste artigo.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho apresentado é uma proposta de medição de consumo de bebedouros, logo esta seção pretende esclarecer os conceitos e modelos utilizados no tema proposto.

2.1 Grandezas Elétricas

Medir é estabelecer uma relação numérica entre uma grandeza e outra, de mesma espécie, tomada como unidade. Medidas elétricas só podem ser realizadas com a utilização de instrumentos medidores, que permitem a quantificação de grandezas cujo valor não poderia ser determinado através dos sentidos humanos. [1]

A) Tensão Elétrica

Para deslocar o elétron em um condutor a determinado sentido é necessário algum trabalho ou transferência de energia. Esse trabalho é realizado por uma força eletromotriz (FEM) externa. Essa FEM também é conhecida como tensão ou diferença de potencial. Portanto tensão por definição é a energia necessária para deslocar uma carga unitária através de um elemento, medida em volts (V). [2]

B) Corrente Elétrica

A tensão aplicada é o mecanismo de partida e a corrente é uma reação à tensão aplicada. Logo a proposição básica de um circuito elétrico é a de mover ou transferir cargas através de um percurso especificado. Esse movimento de carga constitui a corrente, denotada pela letra (i), a corrente é a taxa de variação da carga no tempo, indicado na equação 1.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

Onde **q** representa a quantidade de carga, expressa em Coulombs [C]

A corrente **i** é expressa em Ampère [C/s]. [2]

C) Potência e Energia

Para relacionar potência e energia à tensão e corrente definimos que Potência é a velocidade com que se consome ou se absorve energia medida em watts (W), indicado na equação 2.

$$P = v \times i \quad (2)$$

A potência **p** na Equação (2) é uma quantidade variável com o tempo e é denominada potência instantânea. Portanto, a potência absorvida ou fornecida por um elemento é o produto da tensão no elemento pela corrente através dele. [2]

2.2 Efeito Hall

Efeito Hall ocorre quando se produz uma diferença de potencial em um condutor elétrico quando uma corrente é aplicada sobre ele, juntamente com a presença de um campo magnético. Ocorre um acúmulo de cargas positivas em um lado do condutor e negativas no lado oposto, causando assim uma diferença de potencial, consequentemente uma tensão que aumenta e diminui de acordo com a corrente que está passando pelo condutor. Como o efeito Hall é a produção de diferença de potencial através de um condutor elétrico. Essa tensão é transversal a corrente no condutor e é perpendicular ao campo magnético. Existem diversas aplicações para o Efeito Hall, no caso deste artigo foi utilizado na medição de corrente através do Módulo de Sensor de Corrente ACS712. [3]

2.3 Valor de Pico

Por definição o Valor de pico é o valor máximo V_m ou I_m . Isso é aplicado tanto no pico positivo como no pico negativo. O valor de pico-a-pico pode ser especificado e correspondente ao dobro do valor de pico quando os valores de pico positivos e negativos são simétricos. A amplitude de pico é o valor máximo de tensão de uma alternância. [3]

2.4 Valor Eficaz (Root Mean Square - RMS)

O valor eficaz (também denominado tensão RMS) de uma tensão periódica no tempo representa o valor de uma tensão constante que produz a mesma dissipação de potência realizada pela tensão periódica. [4] Matematicamente, o valor eficaz (V_{ef}) de uma grandeza periódica $v(t)$ é calculado através da expressão 3.

$$v_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v(t)^2 dt} \quad (3)$$

Onde:

V_{ef} - Valor Eficaz.

v - tensão.

t - Intervalo de tempo.

No caso particular de um sinal senoidal, a relação entre tensão eficaz e tensão máxima, ou tensão de pico, é dada pela expressão 4.

$$V_{rms} = V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

Onde:

V_{rms} – Valor de tensão RMS.

V_{ef} - Valor Eficaz.

V_p – Tensão de pico. [4]

2.5 Microcontrolador

O microcontrolador é considerado um computador completo desenvolvido em um único circuito integrado. O circuito integrado é uma miniatura de um circuito eletrônico feito com semicondutores e encapsulado em silício, geralmente, assim ocupa menos espaço em um circuito que teria vários componentes, como resistores, capacitores e diodos. Desta forma, um microcontrolador tem a capacidade de processar informações e possui componentes que possibilitam a execução de tarefas de maneira autônoma. Possui memória para gravar dados, conversores de sinais e portas de entrada e saída programáveis para controlar outros dispositivos. [5]

O microcontrolador escolhido para este protótipo foi o ESP32 que é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia, boa conectividade WiFi e facilidade de programação através da IDE do Arduino.

O ESP32 acabou sendo criado para superar o ESP8266, contendo mais funcionalidades, como maior poder de processamento, maior memória RAM para execução de programas, conectividade wireless complementada com Bluetooth, sensores de temperatura, e efeito Hall.

Além de possuir enormes vantagens em relação ao Arduino UNO em relação a processamento sendo o ESP32 um processador de 32 bits, enquanto o Arduino Uno utiliza apenas 8 bits, além de não possuir Wifi, Bluetooth e pouca memória.

2.6 Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE)

IDE pode ser identificado como um ambiente de desenvolvimento integrado que reúne características e ferramentas que dão apoio ao desenvolvimento de software, com o objetivo de agilizar o processo. Geralmente, IDE apresenta a técnica RAD (do inglês Rapid Application Development), que consiste em permitir que os desenvolvedores tenham um aproveitamento maior, desenvolvendo códigos com mais rapidez e facilidade.

É integrado porque envolve pelo menos, editor, compilador e depurador. [6]

A) Arduino IDE

É um software de código aberto que permite construir e testar instruções que compõem um programa ou um esboço para placas Arduino, e possui compatibilidade com o ESP32.

Isso acaba facilitando a escrita do código. Pois é simples de usar e permite fazer upload de esboços para as placas do microcontrolador ESP32. É compatível com Windows, Linux e Mac OS X [7].

B) Proteus Design Suite

É um software para criação e simulação de projetos eletrônicos, composto por diversas ferramentas, incluindo captura esquemática, simulação e módulos de projetos de placas de circuito impresso (PCB, na sigla em inglês), usadas para o projeto de circuitos integrados.

O programa é amplamente usado por engenheiros de projeto eletrônico e técnicos para criar esquemáticos e impressões eletrônicas para a manufatura de PCBs, é ferramenta ideal para os estudantes e profissionais que desejam desenvolvimento de aplicações analógicas e digitais.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Na literatura existem diversos trabalhos que buscam implementar um sistema de medição de consumo. Esta seção descreve brevemente alguns trabalhos que de alguma forma contribuíram para elaboração dos conceitos que foram trabalhados neste artigo.

O trabalho apresentado por Diefenbach [7] conseguiu desenvolver um medidor capaz de estimar a potência individualmente de cada dispositivo residencial ou industrial a fim de monitorar seu consumo utilizando o módulo ACS712.

Visando a medição de energia de maneira eficiente QUEIROZ [8] desenvolveu um sistema de automação residencial. Trata-se de um sistema robusto e com baixo custo de implementação. Utilizando tecnologias recentes, foi criado um sistema que permite ao usuário final o acesso remoto às tomadas de sua residência, verificando o consumo delas em tempo real e se há algum equipamento ligado em cada tomada. [8]

O estudo feito por Miron-Alexe [10] propõe uma solução prática para um sistema de monitoramento de consumo de energia dinâmico, acessível e flexível, baseado em sensores elétricos conectados à rede elétrica do próprio edifício. O estudo trabalha com um protótipo de um sistema de monitoramento de energia em tempo real que foi implementado em uma casa ou edifício inteligente autônomo que usa energia renovável. Esse sistema automatizado é capaz de ler os dados dos sensores, convertê-los em valores digitais e armazená-los.

O estudo apresentado Shuo-Yan [10] objetivou uma estratégia automática de economia de energia para um bebedouro com base no comportamento do usuário. O sistema proposto permite que o dispensador de água determine automaticamente o tempo apropriado para refrigerar e entrar no modo de espera com base no comportamento do usuário. A estratégia de controle proposta envolve várias etapas. Primeiro, ele coleta dados

históricos, analisa o comportamento do consumo de água. Os sensores instalados no dispensador de água coletam dados de consumo de água. Em segundo lugar, este estudo aplica redes neurais recorrentes com memória de longo prazo para prever o consumo futuro de água.

Por fim, o sistema proposto utiliza o resultado da previsão para determinar a programação do modo de aquecimento, resfriamento e hibernação. Este estudo utiliza um bebedouro de um campus universitário chinês como protótipo para testar o sistema proposto.

IV. DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE DO DISPOSITIVO

O projeto do hardware se iniciou com estudos sobre as principais ferramentas de desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos, assim como, os estudos voltados aos componentes eletrônicos e projetos que possivelmente se assemelham ao protótipo que foi feito para medir o consumo dos bebedouros. Apresentada na figura 1 está diagrama de Bloco do medidor de energia. foi feito centralizado a partir do ESP32, que recebe informações do RTC3231, dos módulos ACS712 e ZMPT101B que analisa os dados da carga e armazena as informações no Módulo de Cartão SD.

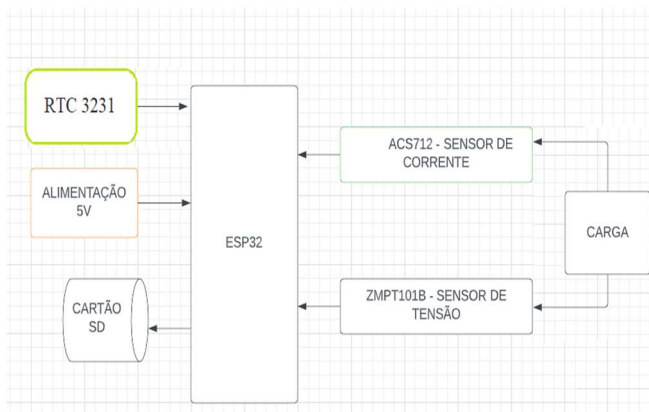


Fig. 1. Diagrama de Bloco utilizado no protótipo.
Fonte: Autor

V. COMPONENTES DO HARDWARE DO DISPOSITIVO

Os equipamentos que foram utilizados na implementação do medidor estão descritos a seguir, assim como uma justificativa pela aplicação e função destes componentes no trabalho.

A) Microprocessador DOIT ESP32 DEV KIT v1

O ESP32 é uma série de microcontroladores de sistemas em chip de baixa potência com Wi-Fi integrado e Bluetooth de modo duplo. A série ESP32 emprega dez microcontroladores Extensa LX6 de sílica em ambos os microprocessadores RISC-V dual-core e inclui interruptores de antena integrados, amplificador de potência, amplificador de recepção de baixo ruído, filtros e

módulos de gerenciamento de energia. O ESP32 é criado e desenvolvido pela Espressif Systems, uma empresa chinesa com sede em Xangai, e é fabricado pela TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company). O ESP32 foi escolhido por essas características e pela compatibilidade com os sensores utilizados no projeto, além de ser um microcontrolador de baixo custo. Seus dados se encontram na Tabela 1.

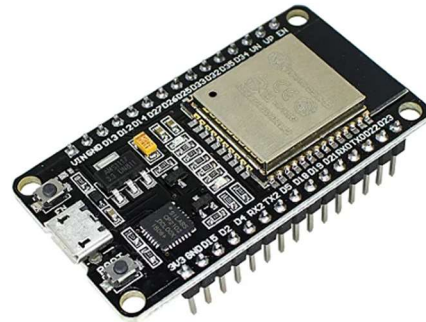


Fig. 2. DOIT ESP32 DEV KIT v1
Fonte: SARAVATI

CPU:	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
ROM:	448 KBytes
RAM:	520 Kbytes
Clock:	80 à 240MHz (Ajustável)
Flash:	4 MB
Tensão de Alimentação:	4,5 a 12,0 VDC (Pino Vin)
Tensão de nível lógico:	3,3VDC (não tolera 5V)
Corrente de consumo:	80mA (típica)
Corrente de consumo:	500mA (máxima)
Compatível:	IDE do Arduino

Tabela. 1. Propriedades do DOIT ESP32 DEV KIT v1 [10]
Fonte: SARAVATI

B) Módulo ZMPT101B

O Módulo ZMPT101B é um medidor de tensão CA monofásico baseado em um transformador. O Sensor de Tensão CA ZMPT101B possui um transformador que possui uma parte primária e secundária, e sua saída é analógica, além disso o sinal é convertido para digital através de um conversor analógico para digital.

Pode medir até 250 volts, conta com um transformador de voltagem de micro precisão integrado e circuito amplificador operacional (AMP-OP) integrado de alta precisão. Sua aplicabilidade se deve a sua simplicidade além de possuir um potenciômetro de corte múltiplo para ajustar a saída do sensor. Suas propriedades se encontram na Tabela 2.



Fig. 3. Módulo ZMPT101B
Fonte: CURTO CIRCUITO

Tensão de alimentação:	5 a 30VDC;
Tensão de entrada:	0 a 250VAC;
Corrente nominal:	2mA;
Proporção:	1000:1000;
Isolamento tensão:	4000V;
Margem de Erro:	±1%

Tabela. 2. Propriedades do Módulo ZMPT101B [11]
Fonte: CURTO CIRCUITO

C) Módulo ACS712:

O Módulo ACS712 é um medidor de corrente, que utiliza para medição o princípio do Efeito Hall. Ele possui recursos de cancelamento de ruído e tempo de resposta muito alto.

É um sensor de corrente que utiliza seu condutor para calcular e medir a quantidade de corrente aplicada esses módulos ACS712 medem até 5A, podendo ser corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC). Para o projeto proposto foram realizados testes com a utilização de sensores de $\pm 5A$. Sua sensibilidade (V/A) é de 185mV/A. Depois, é necessário realizar a conversão do sinal de tensão analógico para a forma digital. Essa conversão é denominada conversão analógica digital, ou conversão A/D.

Portanto, o microcontrolador ESP32 fará a leitura da porta analógica que está ligada ao módulo ACS712 que realizará a conversão linear para o valor de corrente. Suas propriedades se encontram na Tabela 3.

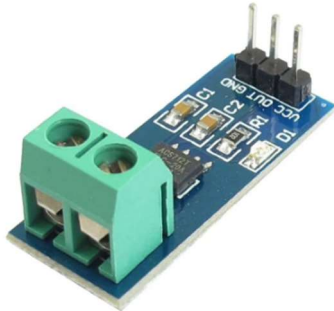


Fig. 4. Módulo ACS712
Fonte: FILIPEFLOP

Faixa de medição	-5A a +5A
Alimentação	5V
Tempo de resposta	5 μ s
Saída analógica proporcional	185mV/A

Tabela. 3. Propriedades do ACS712 [12]
FONTE: FILIPEFLOP

D) Display LCD 16x2:

O Display eletrônico LCD (Liquid Crystal Display) 16x2 utiliza o controlador HD44780, utilizado em toda indústria de LCD's como base de interface que pode ser operado em 4 ou 8-bits paralelamente. Sua conexão é feita através de 4 pinos e foi utilizado o módulo I2C. Neste projeto, o LCD foi utilizado para mostrar os dados de tensão, corrente, potência, horário e o modo em que se encontra o sistema. Seus dados se encontram na Tabela 4.



Fig. 5. LCD 16x2 com I2C
Fonte: ELETROGATE

Possui	I2C integrado
Possui	Potenciômetro para ajuste do contraste
Tensão de operação	5V
Linhas	2
Colunas	16
Interface	I2C

Tabela. 4. Propriedades do LCD 16x2 [13]
Fonte: ELETROGATE

E) Módulo Leitor de SD Card

O Módulo leitor de SD Card é um componente desenvolvido com o objetivo de proporcionar que as plataformas microcontroladas possam ler e escrever dados obtidos dos outros componentes no cartão de memória. Este módulo opera em nível lógico de 3,3V e ele já possui um divisor de tensão embutido para que a comunicação entre o módulo e plataforma ESP32 possa ocorrer normalmente. No projeto este módulo foi fundamental pois armazenava os dados obtidos nas medições no cartão SD. Seus dados se encontram na Tabela 5.

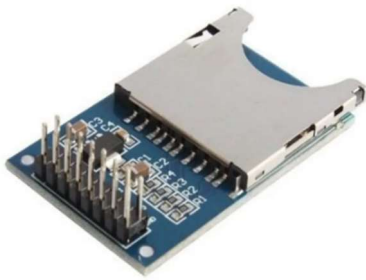


Fig. 6. Módulo Leitor SD.
Fonte: FILIPEFLOP
Datasheet [15]

Tensão de entrada:	5v ou 3.3v
Interface SPI:	MOSI, SCK, MISO e CS.
Formatação:	FAT16 ou FAT32

Tabela. 5. Propriedades do Módulo Leitor de SD Card [14].

F) Módulo Relé de Estado Sólido

O Módulo Relé de estado sólido (SSR - Solid State Relay), é um dispositivo semicondutor capaz de desempenhar as mesmas funções de um relé eletromecânico comum, com a diferença de não possuir partes ou contatos mecânicos. Isso aumenta a vida útil do relé, além de reduzir a produção de ruídos durante o acionamento. Neste projeto, esse módulo será utilizado para desligar o bebedouro da energia da rede elétrica no horário programado. Seus dados se encontram na Tabela 6.



Fig. 7. Relé SSR
Fonte: FILIPEFLOP [15]

Tensão de operação	5VDC
Corrente da fonte alimentação	160mA
Corrente de operação	12,5mA
Capacidade do relé	250VAC/2A
Quantidade de canais	1
Sinal de acionamento (LOW)	0 - 1,5V
Sinal de acionamento (HIGH)	2,5 - 5V
Dimensões	55 x 57mm x 23mm

Tabela. 6. Propriedades do Relé de estado sólido [15]
Fonte: FILIPEFLOP

G) Módulo RTC DS3231

Este módulo é um relógio em tempo real de alta precisão e baixo consumo de energia. Possui um sensor de temperatura embutido e um cristal oscilador para ampliar sua exatidão. O dispositivo é capaz de fornecer informações de hora, minutos, segundos, dia, data, mês e ano. Para o funcionamento do módulo, é necessário, além da alimentação da placa, uma bateria CR2032, permitindo que os dados fiquem armazenados mesmo com a falta de energia, além de trabalhar com uma tensão de operação de 3,3-5V. No projeto este módulo foi fundamental para identificar o dia e o horário para o funcionamento do datalogger.



Fig. 8. RTC3231. [16]
Fonte: FILIPEFLOP

H) Push-Button

Um Push-Button ou simplesmente um botão é um mecanismo de comutação simples para controlar algum aspecto de uma máquina ou um processo. No projeto ele foi utilizado para alternar os tipos de modos que o projeto propõe, sendo modo de economia de energia, modo de funcionamento normal e modo stand-by.



Fig. 9. Push-Button. [17]
Fonte: USINA INFO

VI. DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DO DISPOSITIVO

O desenvolvimento do software foi feito no Arduino IDE e foi feito na linguagem C++. O código foi desenvolvido por partes, assim cada componente era testado de forma isolada antes de ser inserido no código

principal, utilizando diversas bibliotecas, para o funcionamento adequado dos componentes e do microcontrolador ESP32.

O esquemático foi feito no Software Proteus, nele se encontram as ligações feitas em cada componente eletrônico e foi de grande importância na orientação e elaboração do protótipo físico.

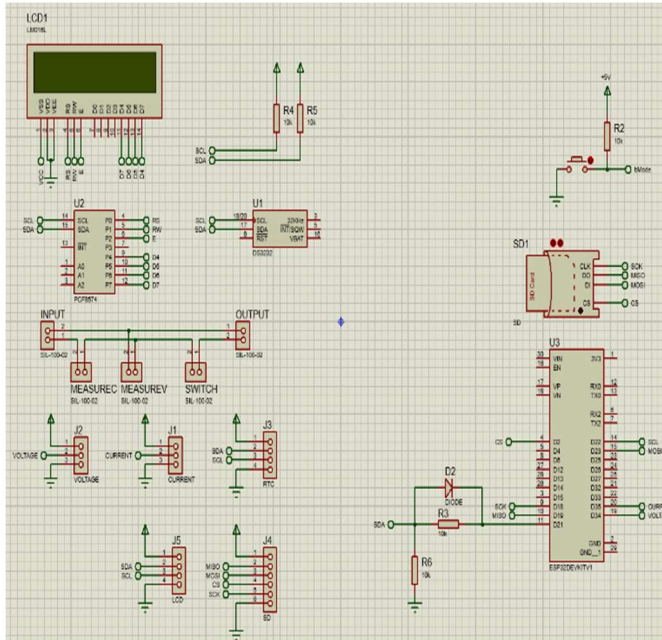


Fig. 10. Esquemático utilizado no Proteus.
Fonte: Autor

Os dados coletados de medição, horário e tipo de modo são apresentados no Display LCD. Estas informações são apresentadas de forma sequencial, sendo alternadas ao pressionar o push-button. Já para a armazenagem de dados foi utilizada uma variável string que recebe as informações de data, hora, tensão, corrente e potência dentro de um loop de execução. Desta maneira, os dados serão salvos no cartão SD.

A característica principal do código é ter 03 tipos de modo de atuação sendo o primeiro modo focado em economizar energia, nele foi definido uma janela de horário de funcionamento, as medições e armazenamento de dados ocorrem durante todo o processo sendo feito para desligar apenas a alimentação da carga a partir das 21:00 até as 6:00 do outro dia, atuando como um medidor com desligamento automático programado previamente. O segundo modo não possui nenhuma janela de horário de funcionamento, logo todo o processo de medição, armazenamento de dados ocorre sem alterar a alimentação da carga, atuando apenas como medidor de energia.

O terceiro modo serve apenas como modo stand-by ou modo de espera, nele não serão feitas medições ou armazenagem, a carga ainda é alimentada e foi feito apenas para utilização durante trocas do cartão SD, evitando assim o risco de corrupção do datalogger.

O fluxograma é uma forma padronizada e eficaz para representar os passos lógicos do código utilizado na elaboração Protótipo. Nele observamos o funcionamento a

partir da sua definição de modo, e suas rotinas com base no RTC para medir consumo, implementação de Datalogger, e desligamento a partir do relé SSR.

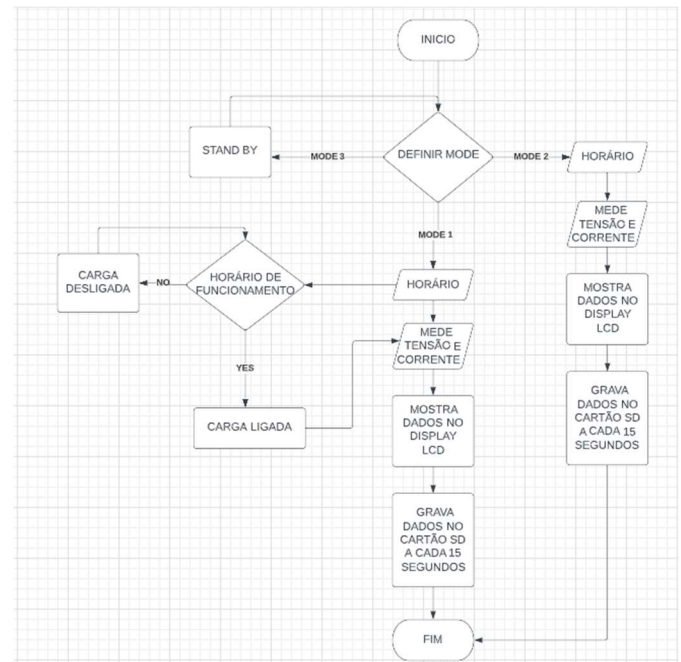


Fig. 11. Fluxograma do Programa.
Fonte: Autor

VII. SIMULAÇÃO EM SOFTWARE PROTEUS

Devido a incompatibilidade do Software Proteus com o microcontrolador ESP32 não possível simular utilizando próprio ESP32. Como alternativa para simulação, foi necessário utilizar o microcontrolador ATmega328 devido a compatibilidade de código para o software de desenvolvimento da programação Arduino IDE que também possui suporte para o ESP32.

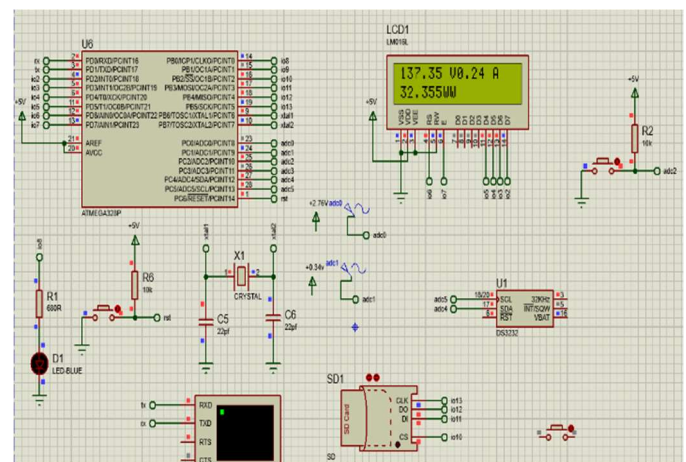


Fig. 12. ATMEGA328 no Proteus.
Fonte: Autor

É possível notar na figura 11 que o painel LCD está mostrando as informações necessárias para a aferição do consumo, sendo elas tensão, corrente e potência.

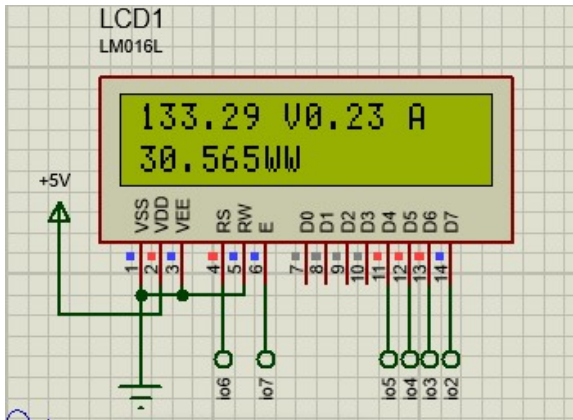


Fig. 13. LCD 16x2 simulado no Proteus.
Fonte: Autor

É importante saber que estes dados estão sendo registrados a cada 15 segundos na simulação de módulo SD, este que cria um arquivo de texto contendo os dados de tensão, corrente, potência, data e hora.

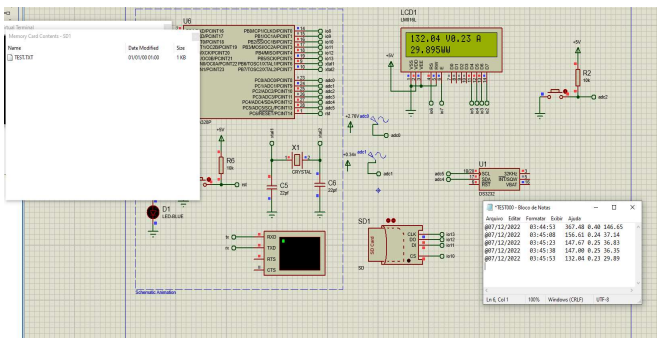


Fig. 14. SD Registrando em arquivo de texto
Fonte: Autor

Os dados da tabela 7 mostram que as medições foram registradas de maneira satisfatória e já podem ser utilizados para analisar a tensão, corrente e potência, é possível utilizar esses dados para traçar o perfil de carga do equipamento.

Na primeira linha é possível notar uma tensão nitidamente maior que as outras, isso se trata de um erro na leitura do dispositivo que ocorreu nesta simulação.

DATA	HORA	TENSÃO	CORRENTE	POT.
07/12/2022	03:44:53	367.48	0.40	146.65
07/12/2022	03:45:08	156.61	0.24	37.14
07/12/2022	03:45:23	147.67	0.25	36.83
07/12/2022	03:45:38	147.00	0.25	36.35
07/12/2022	03:45:53	132.04	0.23	29.89

Tabela. 7. Dados registrados na simulação.
Fonte: Autor

VIII. MONTAGEM E RESULTADOS

9.1 Montagem na Placa

Durante o desenvolvimento do protótipo de medição, verificou-se a necessidade de utilizar uma placa de fenolite ilhada para conexões e interface com os dispositivos interligados ao ESP32, pois a utilização de uma protoboard poderia prejudicar a alimentação dos sensores e o repasse de informações para o microcontrolador.

Esta placa permite a realização de montagens compactas e tem a vantagem que a separação dos furos coincide com a separação dos pinos dos circuitos integrados e outros componentes com base DIL (Dual In Line Package).

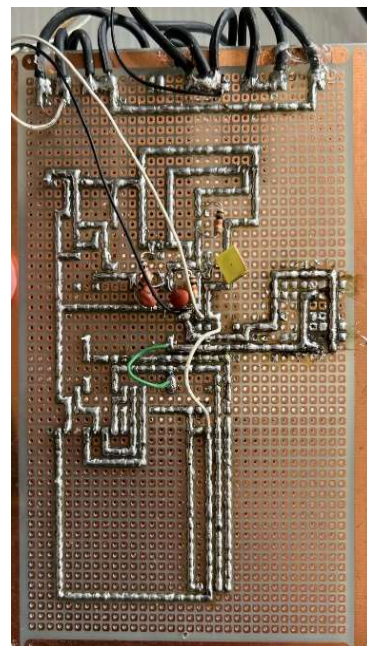


Fig. 15. Trilhas de solda do projeto.
Fonte: Autor

A figura 15 mostra as trilhas de solda e como o projeto foi montado na placa de fenolite ilhada. É possível notar que além das trilhas foram utilizados alguns jumpers para ligar alguns componentes, como o push-button no pino do ESP32, o jumper foi utilizado devido a proximidades dos pinos GPIO (General Purpose Input/Output).

Devido à proximidade das trilhas de solda, fez-se necessário a realização de diversos testes de continuidade, para extinguir a possibilidade de algum curto-circuito no sistema. Além de verificar a continuidade das trilhas de solda, ligando o microprocessador aos componentes que foram utilizados.

A placa foi montada seguindo as instruções de conexões, que foram previamente estabelecidas no esquemático, sendo simulado no software Proteus. Como dito anteriormente, o módulo de medição de tensão foi conectado em paralelo com a carga, já o sensor de corrente é conectado em série com a carga.

Para a alimentação do circuito interno foi utilizado uma fonte de 5V, esta fonte foi conectada na

mesma entrada de alimentação da carga, evitando assim a necessidade de utilização de alimentação de baterias.

Por causa das conexões de entrada e de saída com a rede de energia foi necessário pensar numa disposição mais segura possível para manuseio e montagem, pois o circuito está conectado na tomada, sendo alimentado por 127 Volts. É possível observar as conexões na Figura 16.

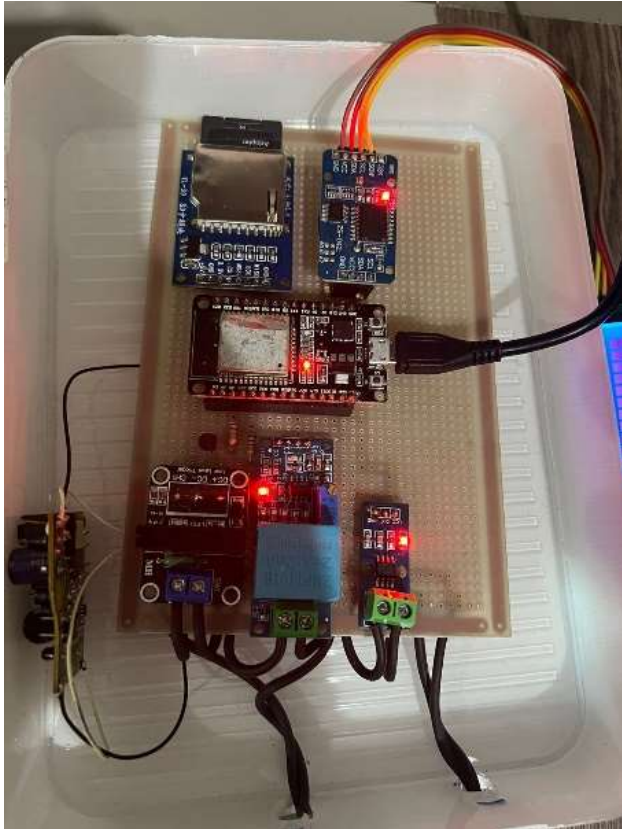


Fig. 16. Disposição de montagem do sistema.
Fonte: Autor

Para facilitar o entendimento foi desenvolvido um conceito que detalha melhor as ligações feitas na placa de fenolite e a conexão junto a fonte de energia elétrica, é possível observar na Figura 17.

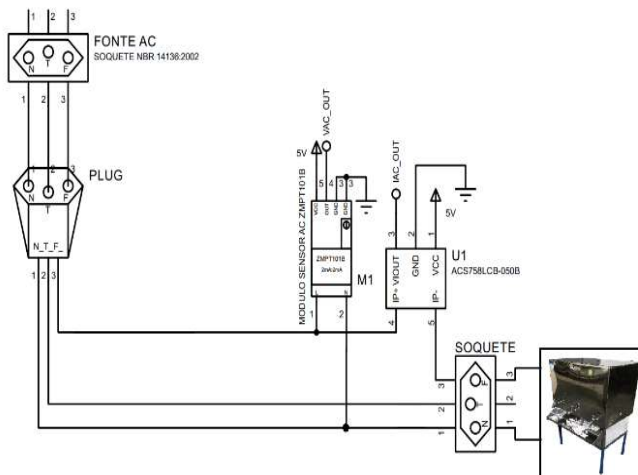


Fig. 17. Conceito de ligação do sistema.
Fonte: Autor

9.2 Medição com o protótipo

Como visto na figura 16, a carga escolhida para a aplicação do protótipo foi o bebedouro industrial de piso por pressão, modelo BB 200L da empresa Refrigeração Nacional. Localizado no Bloco D, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura (FAET) próximo aos laboratórios de Engenharia Elétrica da UFMT.



Fig. 18. Conexão da carga com o protótipo.
Fonte: Autor

Para a iniciar a medição, foi necessário conectar o plug de alimentação da carga no soquete do protótipo, após isso, bastou conectar o plug de alimentação do protótipo na tomada que era destinada a energizar o bebedouro. Como visto na figura 17.



Fig. 19. Visão da conexão da carga com o protótipo.
Fonte: Autor

É possível observar nas Fig. 18, que dados de medição de tensão, corrente, potência, horário, e tipo de modo são exibidos no display LCD. Esses dados são registrados no cartão SD a cada 15 segundos são salvos em

arquivos de texto, para depois ocorrer um tratamento de dados no programa Microsoft Excel.



Fig. 20. Exibição de Dados no LCD.

Fonte: Autor

9.3 Resultados:

A medição ocorreu durante 5 dias. Iniciou-se no dia 02/12/2022 (sexta-feira) e foi feita até o dia 06/12/2022 (terça-feira), durante esses dias foi possível testar o modo com desligamento para economizar energia (modo 01), o modo normal de funcionamento do bebedouro (modo 02) e tendo utilizado o modo stand-by (modo 03) apenas para fazer a retirada dos dados medidos durante esses dias.

Os dados do arquivo de texto foram posteriormente catalogados e organizados no Microsoft Excel, com esses dados foi calculada a potência consumida pelo Bebedouro em cada modo. A seguir estão apresentados os dados medidos dos modos 01 e modo 02:

A) Modo de Funcionamento Normal (Modo 02)

Foram medidos os valores de potência da carga ao longo de 3 dias. é possível observar os dados na Figura 19, que contém a potência medida durante 24 horas, o 1º dia foi medido um valor de 28,10 W/hora e indicado na cor verde, o 2º dia foi medido um valor de 47,63 kW/hora e indicado na cor azul na cor amarelo, o 3º dia foi medido um valor de 32,88 kW/hora e indicado na cor amarelo, com os valores registrados foi calculado a média no valor de **36,88 kW/hora**, para melhor visualização a média foi incluída junto aos gráficos de medição, sendo indicada na cor violeta.

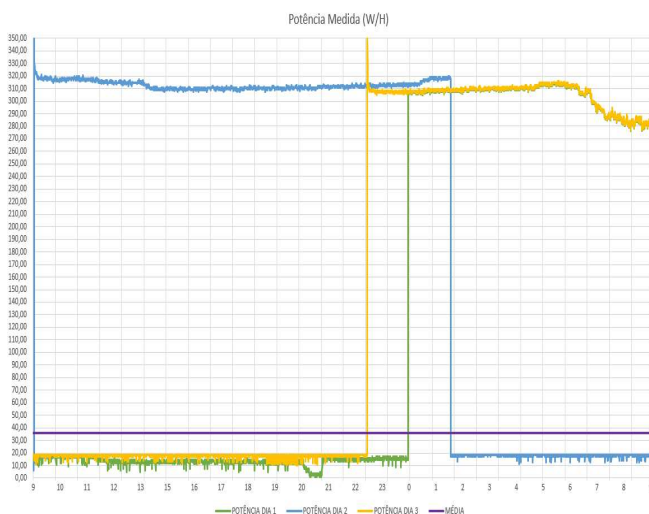


Fig. 21. Gráfico dos dados medidos de potência no modo 02.

Fonte: Autor

B) Modo de Funcionamento com Desligamento (Modo 01)

Foram medidos os valores de potência da carga ao longo de 2 dias. é possível observar os dados que a carga foi desligada pelo relé SSR a partir das 21h da noite até as 6h da manhã do outro dia, a Figura 20 contém a potência medida durante 24 horas, o 1º dia foi medido um valor de **26,34 kW/hora**.

Para melhor visualização a o consumo foi incluído junto aos gráficos de medição, sendo indicada na cor violeta.

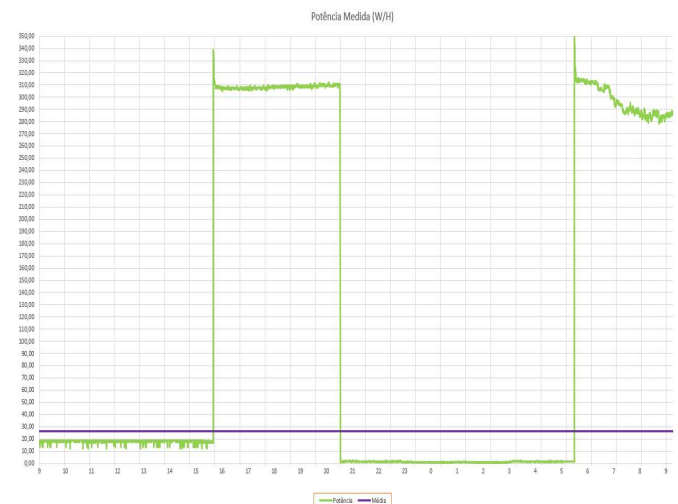


Fig. 22. Gráfico dos dados medidos de potência no modo 01.

Fonte: Autor

O projeto propôs um sistema de desligamento programado com o intuito de economizar energia através da ativação do modo 01, podemos notar na tabela 9 que existe uma diferença de valores de 9,86 kW/h, logo o modo de economia de energia é funcional e economiza 25% de energia, economizando um valor de R\$ 10,26 na tarifa de energia atual de 1,04 por kW em apenas um bebedouro, ao trazermos isso em grande escala é possível economizar uma quantidade significativa de energia ao aplicarmos uma rotina de desligamento para outros bebedouros da UFMT.

MODO	CONSUMO EM KW/H	TARIFA	VALOR (R\$)
ECONOMIA DE ENERGIA (01)	26,34	1,04	R\$ 27,39
FUNCIONAMENTO NORMAL (02)	36,20	1,04	R\$ 37,65
DIFERENÇA NOS VALORES	9,86	-	R\$ 10,26

Tabela. 8. Medição dos Modos.

Fonte: Autor

9.4 Custo do protótipo:

Por se tratar de um protótipo de baixo custo o valor gasto na elaboração foi baixo, pois se trata de um dispositivo com tamanhas atribuições e o custo final encontra na Tabela 8.

Descrição	Qtd.	Valor Unitário (R\$)	Total (R\$)
ESP32 DEVKit V1	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Módulo Sensor de Tensão ZMPT101B	1	R\$ 29,00	R\$ 29,00
Módulo Sensor de corrente ACS712 5A	1	R\$ 21,00	R\$ 21,00
Módulo Relé de Estado Sólido SSR 5V	1	R\$ 19,00	R\$ 19,00
Real Time Clock RTC DS3231	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Display LCD 16x2	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00
Módulo SD Card	1	R\$ 11,00	R\$ 11,00
TOTAL			R\$ 190,00

Tabela. 9. Custo do Sistema de Medição.

Fonte: Autor

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propôs a implementação e desenvolvimento de um protótipo de baixo custo para equipamentos elétricos, sendo a carga escolhida para estudo um bebedouro da UFMT, o protótipo coleta os dados referentes às grandezas elétricas, tais como: tensão, corrente, potência, consumo de energia.

A partir dos valores medidos por cada sensor ao longo de 5 dias, o dispositivo conseguiu atingir o objetivo proposto de redução de consumo de energia e implementação de um modo de desligamento automático para os períodos em que não há fluxo de alunos no campus da UFMT.

O protótipo apresentou confiabilidade e a facilidade na coleta de dados por meio de seu datalogger, o protótipo com plataforma ESP32 mostrou que o uso da tecnologia na análise de perfil de carga e otimização de funcionamento através do desligamento programado visando uma economia de energia em cargas deve ser mais divulgado e incentivado na UFMT.

X. TRABALHOS FUTUROS

Em vista do que foi dito durante este artigo surgiram alguns aspectos que se mostraram pertinentes para uma abordagem futura. Logo, como propostas de continuidade do trabalho, sugere-se:

- Desenvolvimento do envio de dados através da conexão com a internet via Internet of Things (IoT).
- Aprimoramento de um sistema de detecção de rotina de consumo para desligamento de cargas através de Redes Neurais.
- Desenvolvimento de um display interativo para análise de dados.
- Utilização do sensor de corrente ACS758 que mede até 50A.
- Aplicar em outros tipos de cargas.
- Aplicar rotina nos outros bebedouros da UFMT.

XI. REFERÊNCIAS

- BERTEQUINI, F.; SÉRGIO, L.; SUMÁRIO, K., **Capítulo 1 -Introdução a Medidas Elétricas**, Prof. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/capitulo-1_medidas-eletricas_fabiobleao.pdf>.
- HALLIDAY, RESNICK, WALKER, **Fundamentos de Física. Vol. 3. 8ª ed.** Editora: LTC, 2009.
- ALEXANDRE, Charles K.; SADIKU, **Matthew N. O. Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- [4]. Galeazzo, Elisabete. **Moodle USP: e-Disciplinas. Medições de Grandezas Elétricas em Corrente Alternada (AC)** Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4523087/mod_resource/content/2/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20Te%C3%B3rica%20Exp_02%20Vers%C3%A3o_2019_rev_1_semestral.pdf>. Acesso em: 5 de dezembro de 2022.
- [5] SILVA, R. O. da; ARAUJO, W. M.; CAVALCANTE, M. M, **Visão geral sobre microcontroladores e prototipagem com Arduino**. TECNOLOGIAS EM PROJEÇÃO, v. 10, n. 1, p. 36–46, 2019.
- SEBESTA, Robert W. **Conceitos de linguagens de programação**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- Mohamed, & Ali Al Dahoud, (2018). **Integrated Development Environment “IDE” For Arduino**, WSN applications, 1-12.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA CENTRO DE TECNOLOGIA TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO VITOR DIEFENBACH DA SILVA **ESTIMADOR DE POTÊNCIA APARENTE UTILIZANDO SENSOR DE CORRENTE PARA APLICAÇÃO RESIDENCIAL SANTA MARIA** 2014. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/429/2018/11/TCC_Vitor_Diefenbach.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.
- QUEIROZ, Matheus Castelo Branco. **Automação residencial utilizando conceitos de IoT focado em eficiência energética**. 2018. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia da Computação e Telecomunicações, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018. Disponível em: <<http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/421>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2022
- Miron-Alexe, Viorel. (2017). **Iot Power Consumption Monitoring System For Off-Grid Households**. University of Pitesti Scientific Bulletin. 17.
- Shuo-Yan Chou, Anindhita Dewabharata, Yudhistira C. Bayu, Ray-Guang Cheng, Ferani Eva Zulvia, **An automatic energy saving strategy for a water dispenser based on user behavior**, Advanced Engineering Informatics, Volume 51, 2022.

- [12] SARAVATI. **Microcontrolador ESP32 WiFi / Bluetooth DEV Kit V1 30 Pinos**. Disponível em: <<https://www.saravati.com.br/placa-esp32-wifi/-/bluetooth-devkit-v1-30-pinos>>. Acesso em: 7 de dezembro de 2022.
- [13] CURTOCIRCUITO. **Módulo sensor de tensão AC - ZMPT101B**. [S.l.], 2019. Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/modulo-sensor-de-tensao-ac-zmpt101b.html>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- [14] FILIPEFLOP. **Sensor de Corrente ACS712**. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-corrente-acs712-30a-a-30a/>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- [15] ELETROGATE. **Guia completo do Display LCD - Arduino**. [S.l.], 2022. Disponível em:
- [16] <<http://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-display-lcd-arduino/>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- [17] FILIPEFLOP. **Módulo Cartão SD**. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-cartao-sd-card/>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022.
- [18] FILIPEFLOP. **Módulo Relé de Estado Sólido Solid State Relay SSR 1 Canal 5V**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-rele-deestado-solido-ssr-1-canal-5v/>>. Acesso em: 10 dezembro. 2022.
- [19] FILIPEFLOP. **Real Time Clock RTC DS3231**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds3231/>>. Acesso em: 10 dezembro. 2022.
- [20] USINA INFO. **Push Button**. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/push-buttons/push-button-chave-tactil-12x12x4-para-projetos-2985.html>>. Acesso em: 2 de dezembro de 2022