FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI ANCHIETA

MEDIDOR INTELIGENTE

SMART METER

Anderson Santos da Silva
Felipe Lucas da Cruz
Rudson Santos Barbosa da Silva

Data de submissão: (10/12/2022) Data de aprovação: (20/12/2022)

RESUMO

A redução das emissões de poluentes que provocam o efeito estufa na atmosfera são de interesse global e necessária para garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável de toda a humanidade. Uma das principais medidas de redução tomadas pelas autoridades e montadoras nos últimos anos foi o estabelecimento de metas para a troca de 100% dos veículos movidos a combustão por veículos elétricos. Entretanto, o aumento da demanda por veículos elétricos impõe novos desafios e dificuldades para sua sustentabilidade, tais como as mudanças das infraestruturas da rede elétrica atual para atender as cargas das baterias desses veículos, assim como a instalação de carregadores veiculares em condomínios residenciais. Este trabalho propõe apresentar o desenvolvimento de um sistema de tarifação de carregamento para veículos elétricos para condomínios residenciais composto por dispositivos microcontrolados, medidores de energia e *software* em ambiente *cloud* para análise de consumo de energia e de tarifação individual para os condôminos. O sistema é composto por um medidor de energia interligado ao microcontrolador ESP32 por meio do protocolo Modbus RTU, sendo este responsável pela leitura e envio das medidas da potência em Watts consumida durante o carregamento veicular para a plataforma de gerenciamento WEB, que fará o armazenamento e tratamento dos dados para fins de tarifação. O projeto do sistema de carregamento de bateria S*mart Meter* proposto mostrou-se ser eficaz e preciso dentro da proposta a qual foi submetido.

Palavras-chaves: Veículos elétricos, Carregadores, Recarga inteligente.

ABSTRACT

The reduction of the sustainable quality of pollution that causes the greenhouse effect in the atmosphere is of global interest and to guarantee the quality of life is necessary for the development of all humanity. One of the main reduction measures taken by the authorities in the years was the establishment of targets to change vehicles past 100% of electric vehicles taken to the last vehicles driven by vehicles. However, the increase in electrical loads for the new vehicle network and challenges for its sustainability, such as changes in current electrical loads to meet the battery loads of these vehicles, as well as the installation of electric vehicles in domestic condominiums. This analysiswork will present the development of an electric

vehicle charging system for condominiums composed of microcontrolled devices, energy meters for energy consumption in a cloud environment for consumption and individual tariffs. The system consists of an energy meter of the ESP32 control protocol of the Modbus RTU protocol, which is responsible for reading and sending the power measurements in Watts during vehicle charging to a WEB management platform, which will store and process the data for charging fins. The proposed Smart Meter battery charging system design proved to be effective and low cost compared to current and more sophisticated battery charging systems.

Keywords: Electric Vehicles, Chargers, Smart charging.

1 INTRODUÇÃO

Desde meados do século XIX, a ciência concretiza carros integralmente elétricos junto com as tecnologias de frenagem regenerativa (capaz de transformar energia cinética em energia elétrica durante a frenagem) e o sistema híbrido a gasolina e eletricidade que foram criados entre os anos de 1890 e 1900. De acordo com Struben e Sterman (2006), em 1903 havia cerca de quatro mil automóveis registrados na cidade de Nova York, sendo 53% a vapor, 27% a gasolina e 20% elétricos. Por volta de 1912, quando a frota de carros elétricos na cidade atingiu o ápice de 30 mil unidades, a quantidade de automóveis a gasolina já era trinta vezes maior. Conforme a Administração de Informação de Energia dos Estados Unidos (EIA), nessa época, Henry Ford foi responsável por permitir que o preço final dos carros a combustão ficasse em torno de US$500 a US$1000, enquanto no mesmo período o preço para se produzir um carro elétrico ultrapassava os 2 mil dólares.

Outra afirmação da EIA é que a invenção da partida elétrica, juntamente com as já criadas longas estradas dos Estados Unidos e o descobrimento de petróleo em Texas (barateando o custo do combustível para os norte-americanos) colaboraram para que carros elétricos fossem preteridos na época. Entretanto, nos últimos anos, carros elétricos estão cada vez mais presentes nas discussões sobre avanços tecnológicos apesar da utilização exclusiva de energia elétrica para movimentar veículos ser extremamente antiga e estar diretamente ligada ao desenvolvimento das baterias, segundo Hoyer (2008).

Portador de 213 milhões de habitantes, o Brasil é o sétimo país mais populoso do mundo e sua densidade demográfica mostra que 84,72% deste número vive em regiões urbanizadas, enquanto 15,28% é o valor equivalente dos residentes de zonas rurais (IBGE, 2021). Esse dado corrobora uma urbanização clara no país, trazendo uma concentração excessiva de pessoas em centros urbanos, afetando diretamente a arquitetura das cidades com a construção de prédios e edifícios cada vez mais altos a fim de suprir a demanda populacional por moradia.

Fator que implica na problemática do aumento da frota veicular no país. Segundo dados do Ministério da Infraestrutura, no Brasil de 2004, eram encontrados mais de 39 milhões de veículos, enquanto em 2020 este número subiu para mais de 108 milhões de carros, representando um aumento de 175%. Tangenciando às consequências do efeito estufa provenientes da queima de combustível pelos veículos automotores, encontra-se uma possibilidade de refúgio com a migração da frota movida a petróleo para carros elétricos, a fim de diminuir os danos causados ao meio ambiente com a queima do gás carbônico, tendo em vista que 24% das emissões de gases de efeito estufa são responsáveis pela frota de veículos a combustão, em concordância com Thaynan (2022). O que faz dos modelos elétricos imprescindíveis para o cumprimento do Acordo Climático de Paris.

Assinado em 2015 durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21), o Acordo de Paris tem como principal finalidade a redução das emissões de gases de efeito estufa para limitar o aumento médio de temperatura global a 2 °C. Objetivo que será alcançado, segundo Vieira e Tavares (2021), com os esforços também direcionados para a indústria automobilística, no que tange a diminuição da frota de carros movidos a combustível fóssil (emissores de gás carbônico) e aumento na frota de veículos elétricos.

A União Europeia (UE) acertou entre seus países uma lei que proíbe integralmente a fabricação de carros a gasolina e diesel a partir de 2035. Segundo Abnett (2022), os negociadores dos países da UE e do Parlamento, concordaram em atingir um corte de 100% nas emissões de gás carbônico dentro de suas montadoras até o ano proposto na lei, gerando mais um motivador para o desenvolvimento de carros elétricos que pretendem dominar o mercado e ser a maioria da frota veicular global, aumentando os recursos e assistências necessárias para comportar os novos carros.

Dentro do Brasil, a Comissão de Ciência e Tecnologia (CCT) aprovou o projeto de lei 6.020/2019, criando uma política de incentivo financeiro às pesquisas de desenvolvimento em âmbito da mobilidade elétrica no solo brasileiro. Conforme Balhessa (2022), o programa de inovação Rota 2030 – Mobilidade e Logística, deverá aplicar até 1,5% do benefício em pesquisas diretamente relacionadas aos carros elétricos. Fomentando ainda mais o aumento da tendência dos carros elétricos, o que levanta pontos importantes a serem cuidadosamente analisados, tais como a demanda excessiva do consumo de energia elétrica e falta de infraestrutura predial.

Em consoante com as pesquisas de Triider (2021), em 35 anos foram construídos mais de 10,1 milhões de prédios, comportando mais de 68 milhões de pessoas apenas em solo brasileiro, o que revela uma grande verticalização do país devido ao acúmulo de pessoas nos centros. Ainda assim, por mais que edifícios novos estejam sendo criados, os já existentes podem não suprir a demanda estrutural requerida com a vinda dos veículos elétricos, causando uma sobrecarga na rede ou o não compartimento dos carros para todos os moradores.

Segundo Martins (2016), os elementos que compõem a infraestrutura predial que atende a composição da alocação de carros elétricos são os equipamentos de recarga, medidores de consumo e formas de cobrança localizados em vagas específicas ou estações gerais.

Diante do pressuposto, o cerne deste presente projeto está focado em desenvolver um sistema de tarifação adequado para adaptar edifícios com infraestrutura antiga e facilitar a implementação do sistema, tanto nos prédios datados quanto nos atuais, a fim de propiciar uma alternativa para com a evolução do desenvolvimento dos veículos elétricos no que tange a precariedade da infraestrutura dos edifícios.

1.1 Problema de pesquisa

Acredita-se que o aumento da demanda de veículos elétricos impõe novos desafios e dificuldades para sua sustentabilidade, tais como as mudanças das infraestruturas da rede elétrica atual para atender as cargas das baterias desses veículos, assim como a instalação de carregadores veiculares em condomínios residenciais, os quais, em sua maioria, abastecem os veículos elétricos por pontos de rede elétrica comuns e coletivos.

1.2 Objetivos

Esta pesquisa visa apresentar o desenvolvimento de um carregador de bateria para veículos elétricos com suporte a um painel de medição do consumo de energia e de tarifação. Assim, busca-se utilizar este sistema de tarifação em locais onde não existam infraestrutura de carregamento individualizada, especificamente em condomínios residenciais, os quais na maioria fazem o uso de pontos de carregamento em vagas rotativas e coletivas. Por meio de aplicativo para smartphone os condôminos podem realizar o cadastro e a autenticação para a liberação do sistema de carregamento do seu veículo elétrico, e por meio do aplicativo, são recebidas notificações e apresentado o histórico de consumo durante da carga e a tarifa em moeda real.

O sistema é composto por um controlador microcontrolado, responsável pela leitura de medidores de energia via protocolo Modbus, por uma plataforma web, responsável pela autenticação dos usuários e pelo gerenciamento do consumo de energia elétrica, durante a carga do veículo, e pela tarifação e notificação.

1.3 Justificativa

O intuito da criação desse projeto é reduzir o problema de tarifação individualizada em locais onde não existe infraestrutura devidamente adequada, especificamente em condomínios, que não possuem medição individualizada nas vagas para carregamento de veículos elétricos, visando ser uma solução de baixo custo e de fácil implementação com tecnologia IoT, sem a necessidade de grandes alterações na infraestrutura dos prédios.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os veículos elétricos são classificados de acordo com a sua propulsão de baixa emissão, com quatro principais configurações, a saber:

Veículo Elétrico a Bateria (VEB) – Eletricamente puro, com propulsão elétrica dedicada e alimentado por energia armazenada em uma bateria carregada por fonte externa, como a rede elétrica local. Tem-se como características os veículos alimentados integralmente por bateria carregada por fonte externa de energia.

Veículo Elétrico Híbrido (VEH) – Coexistência de motor elétrico abastecido por uma bateria eletrificada internamente durante o percurso e/ou a partir de energia de frenagem e de outro motor a combustão interna, abastecido com combustível líquido. Tem-se como características os veículos com motor elétrico e por combustão interna. A bateria é carregada durante o percurso e/ou com energia de frenagem.

Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (VEHP) – Combina elementos do híbrido e do elétrico puro. Sua bateria pode ser carregada por uma fonte interna, como um motor gerador a bordo do veículo, ou externa, mediante rede elétrica. Tem-se como características os veículos com motor elétrico e por combustão interna. A bateria pode ser carregada por fonte interna (energia de frenagem) e/ou externa (rede elétrica).

Veículo Elétrico a Célula de Combustível (VECC) – Propulsão elétrica dedicada e alimentada por células de combustível gerada a partir de hidrogênio ou combustíveis líquidos reformados. Tem-se como características os veículos alimentados integralmente por energia elétrica a partir de células movidas a hidrogênio líquido pressurizado ou outros combustíveis líquidos.

Os carregadores de bateria para veículos elétricos são divididos, conforme CAETANO, 2021, nos tipos a seguir:

Carregamento lento, doméstico por tomada fixa não dedicada - Carregamento por corrente AC, conectando em tomada monofásica aterrada em uma rede elétrica doméstica. A instalação residencial deve atender aos requisitos de proteção NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão.

Carregamento normal doméstico por cabo e dispositivo de proteção - É feito por corrente AC alimentado por tomada doméstica ou industrial, possui proteção e controle incorporado no cabo de extensão *In-Cable Control and Protection Device* (ICCPD). Esse equipamento tem função de controle piloto que adapta as condições de recarga de acordo com o estado da bateria e proteções elétricas.

Carregamento em um circuito dedicado e tomada dedicada específica - Carregamento por tomada dedicada em corrente AC com funções de controle piloto e proteção elétrica.

Carregamento rápido em sistema de corrente contínua (CC) - Efetuada através de estação de carregador externo com mais recursos de segurança e proteções devido a geração de alta potência, através de um conversor CA/CC com função de controle piloto.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do medidor de energia inteligente, denominado *Smart Meter,* tem o objetivo de desenvolver um sistema de gerenciamento de energia consumida através de um medidor de energia comercial voltado para vagas rotativas em condomínios prediais, a fim de recargar baterias de veículos elétricos e híbridos.

Visando a segurança do usuário, do veículo e do próprio sistema de carregamento, foram utilizados circuitos de proteções elétricas contra curtos-circuitos e descargas atmosféricas. O *Smart Meter* é composto por uma placa controladora microcontrolada equipada com o *chip* ESP32, o qual é um microcontrolador de alto desempenho com capacidade de realizar comunicações via Wi-Fi. Por meio deste canal de comunicação foi estabelecido a conexão de rede com a plataforma de internet das coisas Tago IO, sendo responsável pela autenticação e gerenciamento do usuário, tarifação e controle do equipamento *Smart Meter*.

A escolha da plataforma Tago IO foi motivada devido a facilidade de integração com dispositivos IOT via protocolo MQTT, por permitir a criação de contas gratuitas e acadêmicas, e por ter componentes gráficos prontos que permitem a geração de relatórios e a geração de notificações por E-mail.

A Tago IO possibilita a integração com redes de dispositivos para o monitoramento e processamento de dados e gerenciamento de usuários através de painéis de controle e *dashboard*. A conectividade é feita através de um dispositivo IoT (ESP32) a um servidor *broker* MQTT, identificado por um número de chave único (*token*).

Na Tago IO o controle do *Smart Meter* é feito via *dashboard*, o qual permite que o usuário, por meio de seu *smartphone*, realize o acionamento do sistema para início da carga do veículo. Assim que a carga do veículo é inicializada, a placa controladora realiza a leitura do consumo, medido por meio de um medidor de energia da Marca Hiking e modelo DDS238-2 ZN/S, via rede RS485 por meio do protocolo Modbus e publica os valores para a plataforma Tago IO, via protocolo de comunicação MQTT. E, logo, no *dashboard* da plataforma é

apresentado o consumo de energia, corrente elétrica sendo demandada pelo sistema de recarga, tensão da rede e fator de potência e custo durante a carga do veículo. Para o usuário acessar o sistema e efetuar a liberação da tomada é necessária a autenticação no sistema com nome de usuário e senha. A Figura 1 apresenta os elementos que compõem o sistema *Smart Meter*.

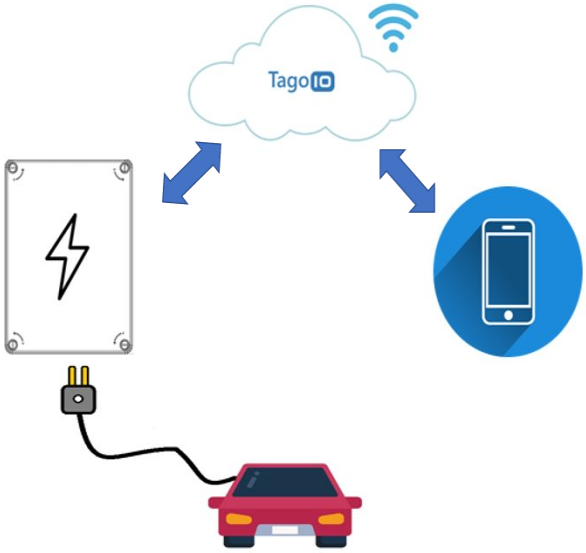


Figura 1 – Elementos que compõem o sistema de carregamento e de tarifação *Smart Meter*.

Estando o veículo elétrico a ser carregado devidamente conectado ao carregador, o usuário pode abrir o aplicativo para *smartphone* e via *dashboard*, acionar o carregamento. Após o término do carregamento, o sistema encaminha uma notificação por e-mail ao usuário para acesso ao histórico de consumo e de tarifação.

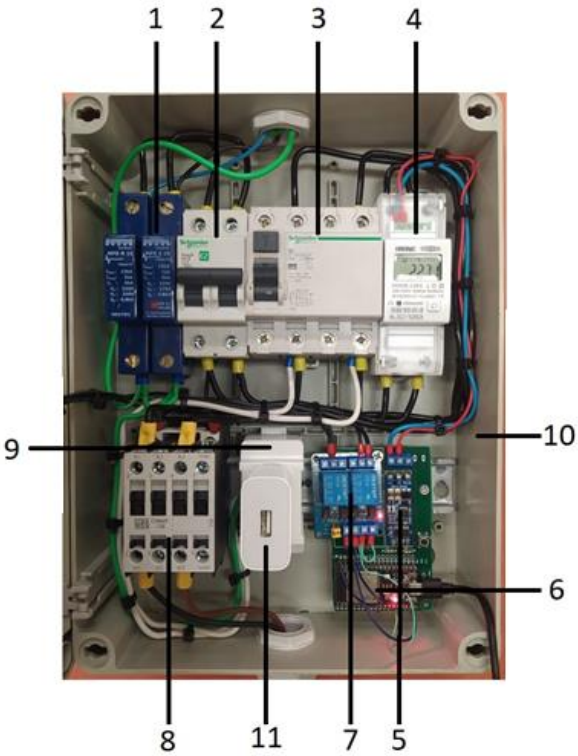
O sistema de tarifação possui dispositivo de proteção contra surto, disjuntor termomagnético e interruptor diferencial residual (IDR) e um medidor de energia DDS238-2 interconectado com a placa controladora com microcontrolador ESP32 por meio de um conversor RS485 para serial TTL. Além desses, contempla módulo de relés para ativação do contator de potência e fonte de alimentação para a placa controladora. Todos os circuitos eletroeletrônicos são fixados em trilho DIN e dispostos em uma caixa de passagem em material ABS.

A Figura 2 apresenta os elementos que compõem o sistema elétrico/eletrônico do carregador de bateria.

3.1 Circuito de proteção

O circuito com proteções elétricas foi dimensionado a fim de proteger o sistema de carregamento de bateria, o veículo elétrico, assim como o usuário contra descargas atmosféricas, sobretensões, sobrecorrentes, choques elétricos e fugas de corrente conforme a norma NBR 5410 “Instalações elétricas de baixa tensão”. Para isso foi utilizado um dispositivo de proteção contra surto (DPS) de classe II 40KA, com finalidade de proteger o sistema contra sobretensões provenientes de descargas atmosféricas ou surtos na instalação, disjuntor termomagnético bipolar 16 A Curva C responsável por proteger o sistema contra sobrecargas de solicitação de corrente e curtos-circuitos e um interruptor diferencial residual

25 A com sensibilidade de detecção de correntes de fuga de 30 mA com a finalidade de proteger o sistema de fuga de corrente e o usuário contra choques elétricos.



1	Protetor de surto
2	Disjuntor termomagnético
3	Interruptor diferencial residual IDR
4	Medidor de energia - DDS238-2 ZN/S
5	Módulo conversor RS485 para serial TTL
6	Microcontrolador ESP32
7	Módulo relé 3.3Vdc – 2 Canais – RL3V2CH
8	Contator de potência - WEG - CWM910E
9	Tomada trilho DIN - TWDIN-20
10	Caixa de passagem
11	Fonte chaveada 5Vcc

Figura 2 - Elementos que compõem o sistema elétrico/eletrônico de carregamento de bateria.

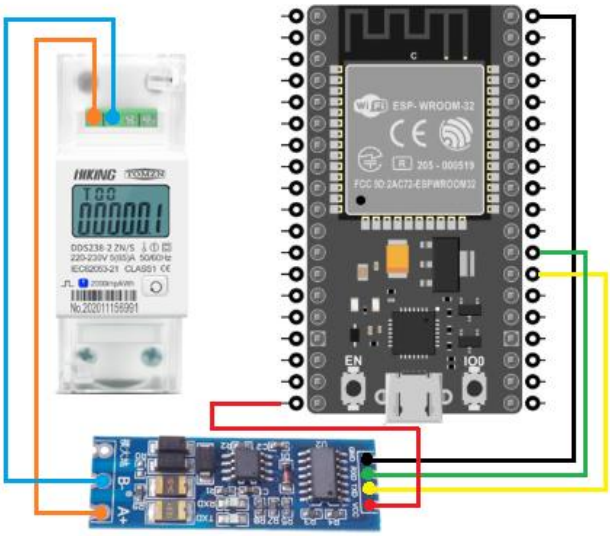


Figura 3 – Esquema de ligação elétrica entre o microcontrolador ESP32, módulo conversor RS485 e medidor de energia.

3.2 Placa Controladora

Foi utilizado o protocolo de comunicação Modbus RTU baseado em transações de comunicação, que consistem em uma requisição seguida de uma resposta. A comunicação é

iniciada pela placa controladora, o qual é o dispositivo *MASTER* na rede RS485 e responsável pelo envio da requisição de leitura das medições feitas pelo medidor de energia. Ao receber a requisição, o medidor de energia, que é o *SLAVE* na rede, retorna com o valor da tensão, corrente e potência consumida de sua última medição feita. O medidor de energia comunica-se via rede RS485 (*Half duplex*), e por esse motivo foi utilizado um módulo conversor RS485 para serial TTL responsável em adequar os níveis de tensão da rede e garantir a comunicação entre os dispositivos.

A Figura 3 apresenta o esquema de ligação elétrica entre o microcontrolador ESP32, módulo conversor RS485 e medidor de energia.

3.3 Medidor de energia

O medidor de energia Hiking DDS238-2 ZN/S foi escolhido por se tratar de um instrumento de medição de baixo custo, voltado para consumos residenciais e efetua diversas medidas da rede elétrica, tais como: tensão (V), corrente (A), consumo (kW/h), potência ativa (kW), potência reativa (kvar), fator de potência e frequência (Hz). Além de ser compacto e de fácil instalação em trilho DIN 35 mm, possui uma precisão de 0,5% em medidas RMS e 1% para medição de consumo kW/h, segundo dados informados no manual do fabricante. Também possui interface de comunicação serial (RS485) via protocolo Modbus RTU que atua na taxa de transmissão de bits por segundo de 1200 a 9600. Suas medidas podem ser lidas acessando os registradores de memória. A Tabela 1 apresenta os endereçamentos dos seus registradores internos os quais são lidos pelo microcontrolador ESP32 por meio de um *software* embarcado.

9.3 Energy meter register address

Register address	Data number	Data item	Data format	Data unit
0x0000	2	Total kWh	XXXXXX. XX	kWh
0x0001				
0x0008	2	Export kWh	XXXXXX. XX	kWh
0x0009				
0x000A	2	Import kWh	XXXXXX. XX	kWh
0x000B				
0x000C	1	Voltage	XXX. X	V
0x000D	1	Current	XX. XX	A
0x000E	1	Active power	XXX. XXX	kW
0x000F	1	Reactive power	XXX. XXX	kvar
0x0010	1	Power factor	X. XXX	
0x0011	1	frequency	XX. XX	Hz
0x0015	1	ID + baud rate	First byte is ID 号, the second byte is baud rate, 01~04 is means Respectively 9600、4800、2400、1200	

Tabela 1 – Registradores internos do medidor de energia DDS238-2.
Fonte: Manual Hiking DDS238-2 ZN/S.

O *software* embarcado no microcontrolador ESP32, foi escrito na linguagem de programação C e é responsável por requisitar os dados de medição do medidor de energia através dos endereçamentos dos registradores *Holding registers* seguindo o protocolo de

comunicação Modbus RTU. A Figura 4 apresenta o fluxograma com as etapas de funcionamento do sistema *Smart Meter*.

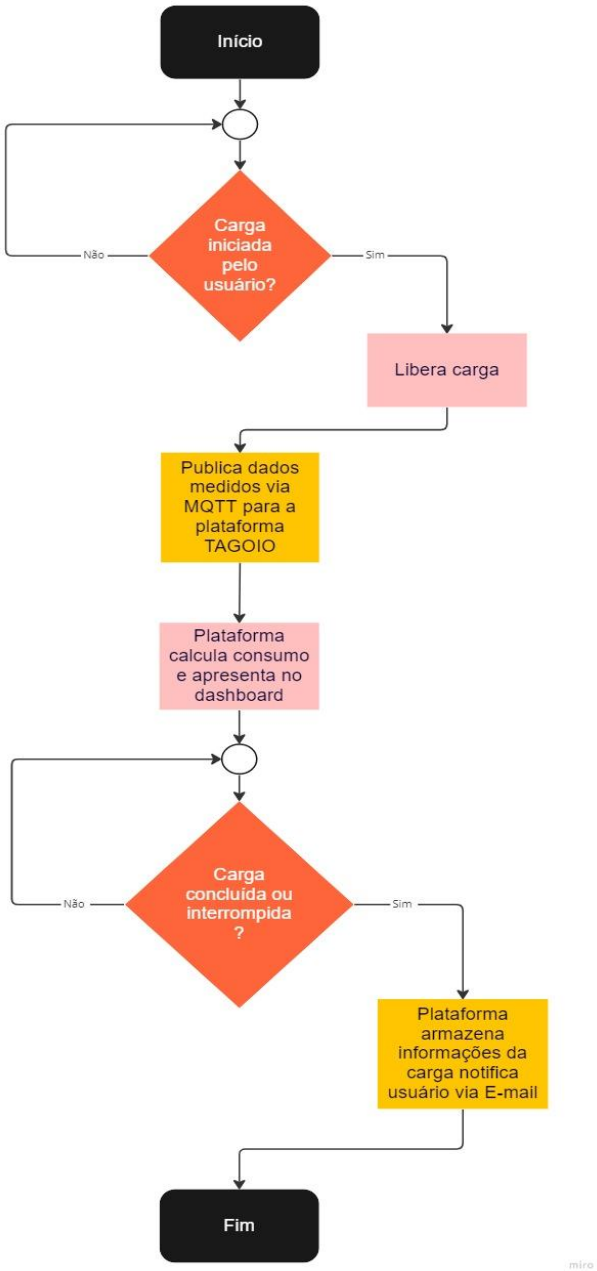


Figura 4 – Esquema de ligação elétrica entre o microcontrolador ESP32, módulo conversor RS485 e medidor de energia.

3.4 Sistema de gerenciamento em nuvem.

A plataforma TAGO IO, possui uma solução de gerenciamento de usuários, dentro dela é possível conceder ou remover acesso, alterar senha, editar informações do usuário, editar *tags* ou excluir o usuário.

Ao realizar a criação de um usuário, é possível vinculá-lo a um valor de tag, que pode ser preenchida manualmente ou através de scripts, essa tag é utilizada para gerenciar a

permissão de acesso do usuário aos recursos da aplicação. Neste projeto foi desenvolvida uma dashboard, para acessar os parâmetros de medição e controle de liberação de carga, na qual o cliente tem permissão de acessar as informações do painel, fazer alteração da sua própria senha e exibir o histórico de recarga.

3.5 Banco de dados (*buckets*)

O sistema de *buckets* na plataforma Tago IO funciona como um banco de dados dos dispositivos, cada vez que um dispositivo é criado ele é vinculado a um *bucket* de mesmo nome, onde serão armazenadas as variáveis. Com essa ferramenta é possível fazer o controle das variáveis de processo, armazená-las e modificá-las através do terminal *payload parser*, além de vincular diferentes dispositivos.

Foi criado na plataforma, um dispositivo e um *bucket* que recebe via protocolo de comunicação MQTT as variáveis de tensão, corrente, fator de potência, consumo, *status* do sistema e comandos para ligar e desligar a carga e as armazenar no banco de dados.

3.6 *Actions*

As *actions* da Tago IO são responsáveis por criar ações que são efetuadas a partir de condições pré-estabelecidas, os chamados gatilhos. Com essa ferramenta é possível ler e publicar dados via MQTT ou HTTP, enviar notificações de textos via E-mail, *push* ou SMS. Foi utilizada a função de publicação e assinatura de tópicos do MQTT para aquisitar os dados publicados pelo medidor de energia separando-os nos seus respectivos tópicos e por meio das actions, foram publicadas mensagens por E-mail ao usuário, informando o histórico do consumo e tarifação.

Na plataforma é possível criar painéis interativos para a visualização do usuário a partir da ferramenta de *dashboards*, utilizando uma gama de *widgets* para acionamento de botões, mensagens de textos e gráficos. Foram utilizadas algumas *widgets* para construir a interface de monitoramento do usuário, tais como: medidores VU, para apresentar os valores de tensão e corrente lidos do sistema de carregamento de bateria. Para a medição de corrente foi utilizado a *widget* denominada angular.

Já a medição de fator de potência utiliza a *widget* denominado cartão. Para acompanhar o *status* do sistema foi utilizado outra *widget* cartão que informa se o sistema está ligado ou desligado. Isso também foi feito para a apresentação da medição do consumo (kW/h). Já na ilustração do custo da recarga foi utilizado um cálculo a partir do parâmetro de consumo multiplicado pela taxa cobrada pela concessionária de energia.

3.7 Controle de carga

O controle de carregamento é feito por acionamento on/off, a partir do pino GPIO 13 do microcontrolador ESP32 que é configurado na programação em C como uma saída digital que comuta a partir do botão de partida do sistema, fazendo a liberação de energia através de um módulo relé em conjunto com uma contadora de potência.

3.8 Sistema de tarifação e notificação

Para efetuar a cobrança e notificação referente ao consumo de energia utilizado pelo usuário na plataforma Tago IO, na aba *action* foi criado uma ação e configurada a condição de envio a partir do *click* no botão *stop*. Assim, é acionado o recurso e notificado o usuário via e-mail com mensagens de texto contendo um *link*, que direciona o usuário ao histórico de consumo e sua última recarga. A Figura 5 apresenta o dashboard (WEB) criado na Tago IO para o gerenciamento e administração das notificações e tarifação do sistema *Smart Meter,* enquanto a Figura 6 apresenta o painel de autenticação do usuário.

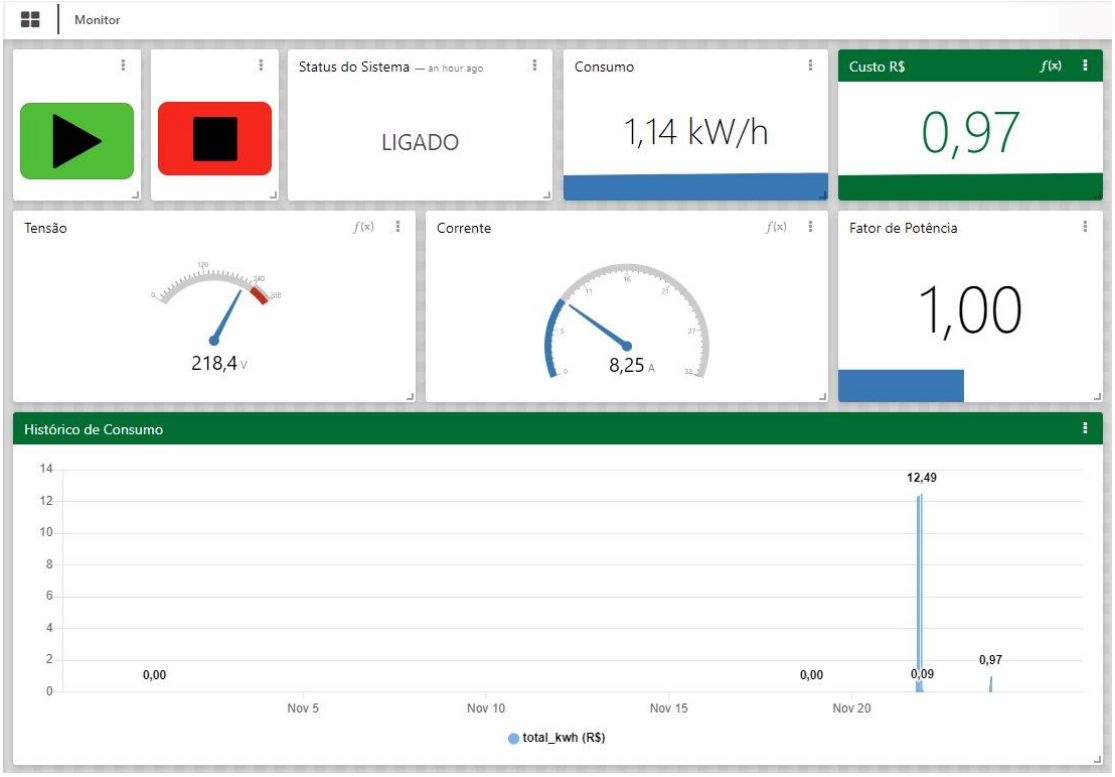


Figura 5 – Dashboard (WEB) criado na Tago.io para o gerenciamento e administração das notificações e tarifação do sistema *Smart Meter*.

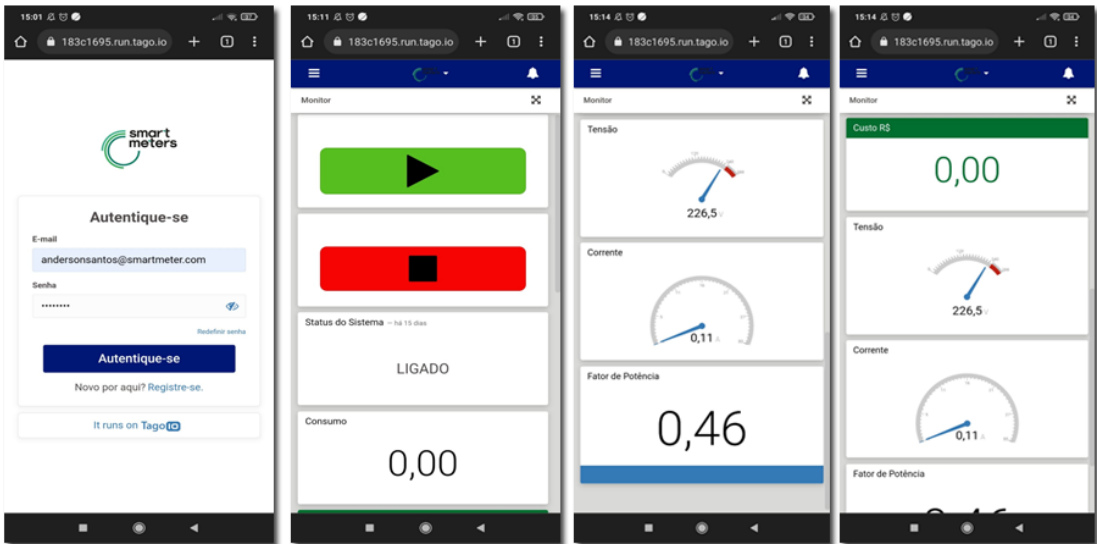


Figura 6 – Dashboard (WEB) para dispositivos móveis.

1 Resultados e discussões

O protótipo do projeto foi submetido a ensaios funcionais. Para avaliar a funcionalidade de recarga do projeto, ele foi submetido a uma carga resistiva com uma potência de consumo de 1800 W. Este ensaio prático teve duração de uma hora sem interrupção. Todos os parâmetros configurados na plataforma web, foram monitorados em tempo real comparando a medição de tensão e corrente com o auxílio de um Multímetro True RMS Fluke de modelo 117. Os dados medidos foram checados comparando as leituras apresentadas no *dashboard* web aos medidos pelo medidor de energia Hiking DDS238-2 ZN/S. De forma semelhante foi feito com a medição da corrente AC, o qual foi feita com o auxílio de um alicate amperímetro Minipa de modelo ET3880. As leituras da potência consumida kW/h, fator de potência também foram analisadas, e mostrou-se coerência com as informações apresentadas no medidor de energia.

Ao finalizar os ensaios experimentais, por meio de um *click* no botão *stop*, foi recebido por E-mail com o link de acesso ao histórico de consumo e custo de sua recarga para fins de cobrança, conforme apresentado na Figura 7. O histórico de consumo e o valor de tarifação é visualizado na Figura 5.

Com isto, deduz-se que o projeto apresentou resultados coerentes e precisos, os quais seguem de acordo com as especificações (precisão e tolerância) do medidor de energia.

Figura 7 – Notificação enviada por E-mail pelo sistema na Tago.io contendo o link de acesso ao *dashboard* contendo o histórico de consumo de energia e tarifação.

4 CONCLUSÃO

O projeto do sistema de tarifação S*mart Meter* proposto mostrou-se ser eficaz preciso dentro da proposta a qual foi submetido.

Além disso, a criação do projeto possui circuito e componentes voltados para a segurança do usuário. Também oferece uma interface de monitoramento em tempo real em uma plataforma web gratuita, com gerenciamento de acesso através de celular ou de computador.

Por utilizar tecnologia de fácil implementação e interação com a internet das coisas, somado aos benefícios do sistema de gerenciamento de consumo e de tarifação, conclui-se que o projeto seja aplicável para uso em vagas rotativas em condomínios residenciais, pois assim, é possível monitorar e gerar relatórios de consumo e de tarifação para cada usuário.

No cenário de crescimento de automóveis elétricos o projeto procurou minimizar os problemas de infraestrutura, principalmente em vagas rotativas em condomínios residenciais onde o uso dos pontos de carregamento para veículos elétricos é de uso comum a todos os condôminos.

REFERÊNCIAS

FREIRE, D. Cúpula do Clima: veículos elétricos no combate ao efeito estufa. São Paulo, 23 de abril de 2022. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/blogs/post/cupula-do-clima-veiculos-eletricos-no-combate-ao-efeito-estufa>. Acesso em: 23 de novembro de 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Estimativas de população enviadas ao TCU. 01 de julho de 2021. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

Vieira, B.P.; Tavares, H.M. Acordo de Paris: O que é? Santa Catarina, 27 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.politize.com.br/acordo-de-paris/>. Acesso em: 24 de novembro de 2022.

CAETANO, A.V.J. Carregadores de veículos elétricos e seu impacto na qualidade da energia elétrica. 2021. 63 f. Trablaho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32110>. Acesso em: 27 de outubro de 2022.

COSTA, V. Eletromobilidade – Uma das soluções para alcançar a neutralidade de carbono. Brasília, 29 de março de 2022. Disponível em: <https://www.pnme.org.br/biblioteca/eletromobilidade-uma-das-solucoes-para-alcancar-a-neutralidade-de-carbono/>. Acesso em: 13 de novembro de 2022.

ABNETT, K. União Europeia aprova a proibição de novos carros a combustão a patir de 2035. 27 de outubro de 2022. Disponível em: < https://www.cnnbrasil.com.br/business/uniao-europeia-aprova-proibicao-de-novos-carros-a-combustao-a-partir-de-2035>. Acesso em: 25 de novembro de 2022.

BALHESSA, M. Comissão aprova incentivo a carros elétricos. São Paulo, 23 de maio de 2022. Disponível em: <https://motorshow.com.br/comissao-aprova-incentivo-a-carros-eletricos-que-pode-chegar-a-r-13-bi>. Acesso em: 01 de novembro de 2022.

LAFUENTE, O.C. Carregador de baterias monofásico para aplicação em veículos elétricos. Fortaleza, julho de 2011. Disponível em: < https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/1392/3/2011_dis_colafuente.pdf>. Acesso em: 11 de agosto de 2022.

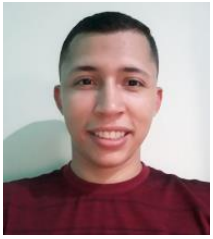
MARTINS, N.C. Infraestrutura de recarga de bateria e subsídios e incentivos fiscais: condições chave para a difusão do carro elétrico. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: < https://revistas.ufrj.br/index.php/dd/article/view/31896>. Acesso em: 16 de agosto de 2022.

AGRADECIMENTOS

A instituição Senai Anchieta, pela infraestrutura e equipamentos necessários para a criação e desenvolvimento do projeto. Ao docente Fernando Simplício, pelo seu apoio e incentivo ao longo dessa reta final de conclusão de curso, juntamente com sua didática excepcional para orientar nas resoluções dos problemas no desenvolvimento do projeto.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

Anderson Santos da Silva



Técnico em Mecânica de Precisão pela instituição Senai Suíço Brasileira (2014), cursando atualmente a graduação em Tecnólogo em Eletrônica Industrial Senai Anchieta (2022). Atualmente é Técnico em metrologia na empresa AMP Metrologia com experencia em equipamentos de medição, calibração e manutenção em diversas grandezas.

Felipe Lucas da Cruz

Graduando no curso Tecnólogo em Eletrônica Industrial no Senai Anchieta (2022), atualmente é Analista de Comunidade na empresa Gaules LTDA. Possui experiência nas áreas de informática principalmente *hardware* computacional, eletrônica e ferramentas de comunicação, tais como *socials* e *Twitch*.

Rudson Santos Barbosa da Silva

Técnico em Eletrotécnica pela instituição ETEC Tereza Nunes, Graduando no curso Tecnólogo em Eletrônica Industrial Senai Anchieta (2022). Atualmente é Técnico em manutenção na empresa SENAI Francisco Matarazzo, com vasta experiência em instalações elétricas.