

2.2 Protocolo Modbus

O protocolo modbus RTU (Remote Terminal Unit, em tradução livre do inglês significa Unidade Terminal Remota), foi escolhido como meio de comunicação entre o ESP32 LoRa e os controladores de carga MPPTs. O Modbus é amplamente utilizado em sistemas de automação industrial devido à sua simplicidade, eficiência e padronização. Ele permite a leitura e escrita de dados em dispositivos escravos, como os MPPTs, por meio de uma comunicação estabelecida com o dispositivo transmissor do sistema de telemetria. O ESP32 LoRa atua como o mestre Modbus, enviando solicitações de leitura aos controladores de carga e recebendo os dados correspondentes. Essa integração permite a aquisição confiável e precisa dos dados dos MPPTs. Para que a comunicação ocorra com sucesso alguns parâmetros devem ser estabelecidos e configurados nos dispositivos, tanto mestre quanto escravos: quantidade de bits de início do frame (start bit), taxa de transmissão de dados (baud rate), paridade de bits e bits de parada (stop bits) (ALFA INSTRUMENTOS, 2000). Figura 2.

Endereço do escravo	Código da função	Endereço do registrador	Dados	CRC
1 byte	1 byte	1 byte	n bytes	2 bytes

A versão RTU não possui bytes que façam a indicação de início e fim do framing. Para que haja essa identificação não deve haver transmissão de dados por um período mínimo equivalente a 3,5 vezes o tamanho da palavra de dados (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

2.3 Integração com o Node-RED e o InfluxDB

O Node-RED e o influxDB foram selecionados para processar, visualizar e armazenar os dados coletados dos MPPTs. O Node-RED é uma ferramenta de programação visual que facilita a integração de diferentes dispositivos e serviços. A equipe 7 Capitães utilizou o Node-RED para processar os dados recebidos, criar uma interface de usuário personalizada com gráficos e informações relevantes e configurar fluxos de automação e lógica para análise de dados. Por sua vez, o InfluxDB foi escolhido como banco de dados de séries temporais para armazenar com eficiência os dados adquiridos. A capacidade de armazenar e consultar grandes volumes de dados transitórios o torna adequado para aplicações de telemetria em tempo real. Diante da possibilidade de competições em locais remotos sem acesso à internet, a equipe 7 Capitães decidiu utilizar uma rede local (LAN). Eles configuraram um roteador conectado ao notebook, criando uma rede Wi-Fi local para permitir a comunicação entre o ESP32 LoRa, Node-RED e o Banco de Dados. Dessa forma, a equipe poderá monitorar e analisar os dados em tempo real, mesmo em áreas sem sinal de internet.

Ao combinar o ESP32, o protocolo Modbus, o Node-RED e o InfluxDB, a equipe 7 Capitães criou uma solução

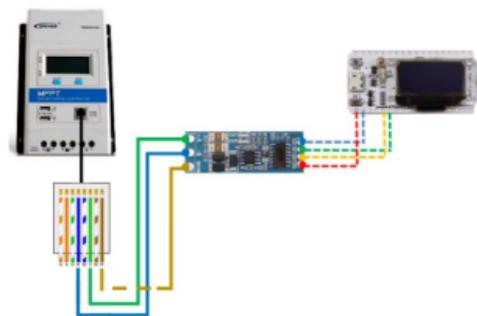
abrangente e eficiente para adquirir, monitorar e armazenar os dados de telemetria dos MPPTs. Essa fundamentação tecnológica permite a tomada de decisões informadas, a identificação de padrões de consumo e carregamento, a otimização do uso de energia solar disponível e o desenvolvimento de estratégias avançadas para competições de barcos movidos a energia solar. O uso dessas tecnologias facilitará o avanço contínuo da engenharia na área de barcos solares e promoverá uma competição mais sustentável e eficiente.

3- METODOLOGIA

A telemetria permite a aquisição de informações precisas e atualizadas sobre o desempenho do barco solar, pois possibilita às decisões informadas sobre gerenciamento de energia do barco, histórico de dados e detecção de problemas. O objetivo da equipe 7 Capitães é coletar e monitorar dados de dois controladores de carga MPPT EPEVER, responsáveis por maximizar a eficiência de carregamento das células solares, isso inclui identificar padrões de consumo e carregamento, otimizar o uso da energia solar disponível, planejar ações durante a competição, fazer ajustes e melhorias no sistema.

3.1 Montagem do hardware

A primeira etapa consiste na montagem do hardware necessário para o sistema de telemetria. A equipe realiza a conexão do Heltec ESP32 LoRa com o módulo conversor RS485 to TTL, garantindo a comunicação adequada entre o ESP32 e os controladores de carga MPPTs. São feitas as devidas conexões elétricas com auxílio de cabos RJ-45, assegurando a integridade dos sinais transmitidos e recebidos. Todo o layout foi realizado conforme a Figura 3.



3.2 Configuração do protocolo Modbus

Após a montagem do hardware, a equipe configura o protocolo Modbus no ESP32 LoRa. São definidos os parâmetros de comunicação, como velocidade de transmissão, endereço do dispositivo escravo (controlador de carga MPPT) e tipo de dado a ser lido. O ESP32 é configurado como mestre Modbus, capaz de enviar solicitações de leitura aos controladores de carga e receber os dados correspondentes.

3.3 Desenvolvimento do software no ESP32 LoRa

O próximo passo envolve o desenvolvimento do software no ESP32 LoRa. Utilizando a linguagem de programação C++ na plataforma Arduino IDE, a equipe programou o ESP32 para estabelecer a comunicação Modbus com os controladores de cargas MPPTs. Esta etapa foi dividida em duas partes de criação de código, sendo elas: dispositivo transmissor e dispositivo receptor, no qual, são implementadas as rotinas de leitura de dados dos MPPTs e o envio desses dados para a plataforma de interface Node-RED. O equipamento Transmissor utiliza o heltec esp32 LoRa, uma placa de desenvolvimento que combina o microcontrolador ESP32 com o transceptor LoRa(Long Range), permitindo a comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia. O módulo RS485 to TTL é utilizado para conectar o ESP32 LoRa aos controladores de carga MPPTs, pois permite a conversão do sinal RS485 para níveis de tensão TTL compatível com o microcontrolador, possibilitando a troca de informações bidirecionais entre o transmissor(mestre) e os MPPTs(escravos), utilizando o protocolo Modbus para aquisição de dados. O equipamento Receptor do sistema, baseado no Heltec ESP32 LoRa, tem papel fundamental na recepção e processamento dos dados do controlador de carga MPPT e na implementação do protocolo MQTT. O dispositivo recebe pacotes de dados e os decodifica para extrair informações, como tensão, corrente, potência, estado de carregamento e outros parâmetros, depois que os dados são decodificados, o dispositivo receptor começa a estabelecer uma conexão MQTT com um broker MQTT (como o Mosquitto). O protocolo mqtt é utilizado para publicar os dados recebidos dos mppts, tornando-os disponíveis para outros dispositivos e serviços conectados ao mesmo broker MQTT, assim integrados ao painel do Node -RED.

3.4 Configuração do LoRa

A tecnologia de comunicação de rede sem fio LoRa (Long Range) foi desenvolvida inicialmente pela empresa Semtech Corporation como uma das suas formas de modulação de sinal para transmissão de dados e atualmente é utilizada das mais diversas formas no mundo do IoT (AUGUSTIN, 2016). Na competição de barcos solares, a tecnologia LoRa(Long Range) é capaz de ser utilizada para determinar uma comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia entre os barcos e a estação base. Ao configurar o LoRa, vários parâmetros são definidos para otimizar o desempenho da comunicação, como o Fator de espalhamento, no qual, determina a taxa de transferência de dados e a sensibilidade do sistema, o Canal escolhido, a tecnologia descrita opera em uma ampla faixa de frequências, sendo necessário escolher um canal específico dentro dessa faixa para evitar interferências e garantir uma comunicação confiável. Além do mais, a potência de transmissão, intensidade do sinal

transmitido pelo dispositivo transmissor, também é definida neste projeto, essa escolha é importante para garantir uma boa cobertura e minimizar a interferência com outros barcos e dispositivos, a largura de banda, estabelece a quantidade de espectro disponível para transmissão de dados, a importância deste, depende da velocidade de transmissão de dados necessária e das condições ambientais.

A frequência 915 MHz para o projeto de telemetria do Gigante Vermelho foi escolhida pois o espectro é isento de licença em muitas regiões, simplificando as operações e evitando custos adicionais. Além disso, a frequência é adequada em situações com obstáculos como água e vegetação e oferece um bom equilíbrio entre cobertura e taxa de transferência de dados, tornando-a adequada para comunicação externa de longa distância.

3.4 Configuração do Node-RED

A equipe configurou e projetou o Node-RED para exibir os dados enviados pelo dispositivo receptor. São criados fluxos de dados para processar as informações recebidas, criar visualizações personalizadas, como gráficos, e estabelecer lógicas de automação para analisar os dados do sistema de telemetria. O node-RED permite a integração de diferentes dispositivos e serviços, facilitando o processamento e a visualização dos dados adquiridos.

3.5 Integração com o InfluxDB

Para armazenar com eficiência os dados adquiridos, a equipe 7 capitães escolheu o InfluxDB, um banco de dados de séries temporais de alto desempenho. O InfluxDB permite armazenar e consultar grandes quantidades de dados transitórios, tornando-o adequado para aplicações em tempo real. Outrossim, os dados são registrados e arquivados para posterior análise e pesquisa de novas estratégias e inovações em sistemas elétricos/eletrônicos de barcos solares.

3.6 Testes e validação

Depois de concluídas as etapas anteriores, a equipe realiza testes e validação do sistema de telemetria. A comunicação adequada entre o esp32 LoRa e os controladores de carga MPPTs, o envio correto de dados para o Node-RED e o armazenamento correto dos dados para o InfluxDB são verificados. Ocorre a realização de testes de desempenho e estabilidade do sistema, garantido seu funcionamento adequado em condições reais de competição. Com base nos resultados dos testes e nas lições aprendidas, a equipe realiza atualizações e aprimoramentos no sistema de telemetria. São identificadas melhorias potenciais na

coleta e análise de dados, na interface e no armazenamento do banco de dados. O sistema foi aprimorado para proporcionar maior eficiência, confiabilidade e facilidade de uso em competições de barco solares.

3- RESULTADOS

Os resultados esperados para o sistema de telemetria desenvolvido pela equipe 7 capitães utilizando o Heltec ESP32 LoRa e o protocolo Modbus são:

- aquisição de dados precisos como corrente, tensão, potencial e percentual de carga nas baterias, além de tensão, corrente e potência dos painéis solares.

-Monitoramento em tempo real, os dados coletados são enviados e exibidos na interface Node-RED, logo possibilita o acompanhamento contínuo do barco.

-Armazenamento de dados: os dados adquiridos permitem o arquivamento para análises posteriores, pesquisa de novas estratégias e inovações futuras no sistema.

4- CONCLUSÃO

O projeto de telemetria desenvolvido pela equipe 7 capitães para a competição Desafio Solar Brasil(DSB) é um exemplo do uso de modernas tecnologias para adquirir, monitorar e armazenar dados dos controladores de carga MPPTs EPEVER. A combinação do heltec ESP32 LoRa, o protocolo Modbus, o Node-RED e o InfluxDB permite a coleta e análise eficiente dos dados de telemetria, o que otimiza o desempenho do barco solar Gigante Vermelho. Com a implementação de uma rede local, a equipe está pronta para enfrentar desafios em locais sem acesso à internet, mantendo a capacidade de monitoramento em tempo real. O projeto da equipe 7 Capitães demonstra como a aplicação de tecnologias inovadoras impulsiona o avanço contínuo da engenharia na área de barcos solares e competições sustentáveis.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos,A.L., & Braga, D. D.(2023). Desenvolvimento de Sistema de Telemetria para Embarcação Movida a Energia Solar(TCC). Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes,Brasil.

PROCOLO Modbus: Saiba mais sobre o protocolo de comunicação mais utilizado na automação industrial. Alfacom, 2020. Disponível em: <https://alfacom.net/2020/12/17/protocolo-modbus-saiba-mais-sobre-o-procolo-decomunicacao-mais-utilizado-na-automacao-industrial/>.

PINOUT, heltec ESP32 LoRa,https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32/WIFI_LoRa_32_V2.pdf

ALFA INSTRUMENTOS. Protocolo de Comunicação Modbus RTU/ASCII. 2000. Disponível em: https://www.dca.ufm.br/~affonso/FTP/DCA447/modbus/modbus_manual.pdf.

NERIS, Alessandra. Entenda o que é MPPT e sua importância. Aldo Solar, 2021. Disponível em: <https://www.aldo.com.br/blog/o-que-e-mppt-e-sua-importancia/>.

WEIS, Olga. Guia da comunicação RS485. Electronic Team, Inc, 2021. Disponível em: <https://www.eltima.com/pt/article/rs485-communication-guide/>.

AUGUSTIN, Aloÿs et al. A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things. Sensors, 16(9), 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466/html>