

RELATÓRIO FINAL - IFSP

IoT aplicada no monitoramento de pacientes com doenças cognitivas

Nome do Bolsista: Willian Gustavo Rocha Leme

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo-IFSP – Campus Birigui

Rua Pedro Cavalo, 709 – Portal da Pérola II – Birigui-SP

CEP: 16201-407

Telefone: (18) 3643-1160

e-mail: cpi.bri@ifsp.edu.br;

Nome do Orientador: Prof. Dr. Rogério Pinto Alexandre

Telefone do Orientador: (14) 99746-6682

Email do Orientador: rpalexandre@ifsp.edu.br

RESUMO

O fenômeno do envelhecimento populacional tem sido observado em todo o mundo e constatado, não somente pelas produções das comunidades científicas, mas também começa a fazer parte da concepção do senso comum, e no Brasil não tem sido diferente. Neste contexto está inserida a doença de Alzheimer como uma forma de demência que afeta o idoso e compromete sobremaneira sua integridade física, mental e social, acarretando uma situação de dependência total com cuidados cada vez mais complexo. Este artigo propõe o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo para realizar o monitoramento de pacientes com doenças cognitivas, utilizando tecnologias com sistema de GPS – Sistema de Posicionamento Global. Visando realizar o monitoramento em tempo real da localização dos pacientes utilizando de dois dispositivos que se comunicarão entre si (escravo e mestre), um fixamente posicionado e outro se movendo com o paciente. Busca-se com o trabalho contribuir no âmbito social, com o foco na melhoria da qualidade de vida dos pacientes e, conseqüentemente, todos os familiares e pessoas relacionadas.

Palavras-chave: GPS; Tecnologia Assistiva; monitoramento; doenças cognitivas.

APRESENTAÇÃO

Introdução:

A complexidade dos problemas sociais relacionados ao impacto provocado pelo aumentada expectativa de vida das pessoas reflete diretamente na manutenção da saúde dos idosos e na preservação de sua permanência junto à família. Neste contexto estão inseridas algumas doenças cognitivas, como a doença de Alzheimer, uma forma de demência que afeta pessoas idosas e compromete profundamente sua integridade física, mental e social, acarretando numa série de dependências mais complexas, surgindo assim necessidades específicas quanto aos cuidados a esses pacientes (LUZARDO, GORINI e SILVA, 2006).

O Masaryk Memorial Cancer Institute (MMCI), um centro de tratamento oncológico localizado na República Checa, está empregando uma rede Wi-Fi baseada em um sistema de localização em tempo real (RTLS) para permitir que seus pacientes tenham assistência rápida em caso de emergência e para tornar os funcionários mais eficientes, graças à rápida localização de dispositivos médicos e pacientes (SWEDBERG, 2012).

Considera-se pessoa com deficiência “aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2015). Levando-se em conta que as barreiras sejam eliminadas e a acessibilidade alcançada, ainda que existam pessoas com limitações relacionadas às condições: motoras, visuais, auditivas, físicas, entre outras, interferindo diretamente no modo para acessar o mundo. Portanto, para compensar essas limitações e propiciar a participação na sociedade entra em cena a Tecnologia Assistiva (TA).

Complementa Sonza (2013, p. 199) que a TA pode ser “o conjunto de artefatos disponibilizados às pessoas com necessidades especiais, que contribui para prover-lhes uma vida mais independente, com mais qualidade e possibilidades de inclusão social.” Nessa concepção, ampliam-se as possibilidades da pessoa com deficiência quanto à comunicação no trabalho, na vida familiar e na sociedade, assim como no processo de aprendizagem.

Inicialmente foi realizada pesquisa bibliográfica sobre as principais tecnologias de transmissão de dados, como GPS, Wi-fi, RF, Ethernet, LoRa, SigFox, NB-IoT, RPMA, dentre outras, e selecionar a mais adequada para o desenvolvimento do equipamento, levando em conta algumas necessidades, como área de abrangência de rede escolhida, comunicação em ambientes internos/externos, comunicação contínua do aparato, custos de hardware e planos de coberturas das operadoras, bem como possíveis custos de manutenção.

Justificativa:

Baseado neste contexto, este trabalho apresenta informações relativas à utilização de IoT para disponibilizar um serviço de rastreamento utilizando um dispositivo de baixo custo para o monitoramento de pacientes com doenças cognitivas, com o objetivo de efetuar o monitoramento em tempo real da localização dos pacientes.

Objetivo:

Posto os assuntos aludidos, foi identificado um dilema, o aumento de casos com pessoas com doenças cognitivas e como este mal afeta no cotidiano de pessoas que sofrem destas doenças, tirando delas um bem valioso e incomparável: sua liberdade. Assim foi levantada a questão de como fornecer aos pacientes, suas preciosas independência e liberdade, sem que seus cuidadores se aflijam com a situação dos mesmos.

Desta forma, o projeto procura apresentar um dispositivo de baixo custo que utiliza de tecnologias como IoT e microcontroladores para obter um rastreamento em tempo real de indivíduos com doenças cognitivas e ilustrar estas informações para seus devidos cuidadores.

INTERNET DAS COISAS

O termo refere-se a uma revolução tecnológica que tem como objetivo conectar os itens usados do dia a dia à rede mundial de computadores, a Internet (ZAMBARDA, 2014). A ideia é fazer cada vez mais dispositivos que se comuniquem com os outros, um conceito capaz de mudar não só nosso estilo de vida como também o modo como trabalhamos, uma vez que a cada dia surgem mais dispositivos com a capacidade de conectar-se à Internet, como eletrodomésticos, muito visados na automação das smart houses (BARRAGANA, 2018), carros, aparelhos vestíveis como o Google Glass além de computadores e smartphones propriamente.

O conceito pode ser utilizado em inúmeras aplicações diferentes, de maneira a diminuir custos e aumentar produtividade em lugares como hospitais, onde pacientes podem utilizar dispositivos conectados que colem informações, e os dados serem enviados automaticamente para o sistema que controla os exames, ou em fábricas, tornando possível medir em tempo real a produtividade de máquinas ou indicar quais setores precisam de mais equipamentos ou suprimentos, e até mesmo em lojas, com prateleiras inteligentes que controlam a todo instante quais produtos estão em falta e quais têm pouca demanda (ALECRIM, 2017).

Muitos objetos já são conectados atualmente, e pensando em otimizar o funcionamento da conexão entre as diversas máquinas, vêm surgindo inúmeras iniciativas, que envolvem empresas grandes, para unificar a Internet das Coisas, como o Open Interconnect Consortium (OIC), grupo formado em julho de 2014, formado pelas multinacionais Dell, Intel e Samsung com o objetivo de criar um protocolo comum para os mais variados dispositivos conectados à Internet, utilizando recursos como Wi-Fi, Bluetooth e NFC, independente do fabricante (RIBEIRO, 2014).

Entre outras iniciativas estão (ALECRIM, 2017):

- OpenFog Consortium: formada por companhias como Dell, Microsoft e Cisco;

- Internet of Things Consortium: constituída por empresas como Logitech, Wolfram e Indiegogo;
- Open Connectivity Foundation: apoiada por companhias como Intel, Samsung e Microsoft.

A Internet das coisas possibilita inúmeras oportunidades e conexões, muitas das quais não conseguimos imaginar nem entender completamente, gerando expectativas para um futuro de oportunidades, como a criação de cidades inteligentes, ou 'smart cities', direcionando os avanços na tecnologia e armazenamento de dados para o ambiente e infraestrutura de nossas cidades, porém repleto de riscos e desafios, como melhorar os sistemas de segurança e encriptação, e a análise e armazenamento de Big Data, imensas quantidades de informação que são gerada pelas novas tecnologias diariamente (VILLARINO, 2017).

LORA E PROTOCOLO LORAWAN

A rede LoRa é uma tecnologia de rádio frequência criada pela Semtech que permite comunicação a longas distâncias com consumo mínimo de energia e transmissão segura de dados (SEMTECH, 2018). De acordo com a Semtech (2018), redes públicas e privadas que usam a tecnologia possuem cobertura em área maior do que as atuais redes de telefonia celular. Enquanto a LoRa pode ser compreendida como a camada física da rede, o protocolo LoRaWAN é a camada lógica que define a arquitetura do sistema bem como os parâmetros de comunicação (INSTITUTO NEWTON C. BRAGA, 2018).

LoRaWAN é uma especificação de protocolo construída sobre a tecnologia LoRa desenvolvida pela LoRa Alliance. Ele usa espectro de rádio não licenciado nas bandas Industrial, Científica e Médica (ISM) para permitir a comunicação de área ampla e baixa energia entre sensores remotos e gateways conectados à rede. Essa abordagem baseada em padrões para a criação de um LPWAN permite a rápida configuração de redes de IoT públicas ou privadas em qualquer lugar usando hardware e software bi-direcionalmente seguros, interoperáveis e móveis, fornece localização precisa e funciona da maneira esperada (SEMTECH, 2018, tradução nossa).

A tecnologia se mostrou muito popular e já foi aderida em 43 países até março de 2018 (LORA ALLIANCE, 2018), conforme mostrado na Figura 1.

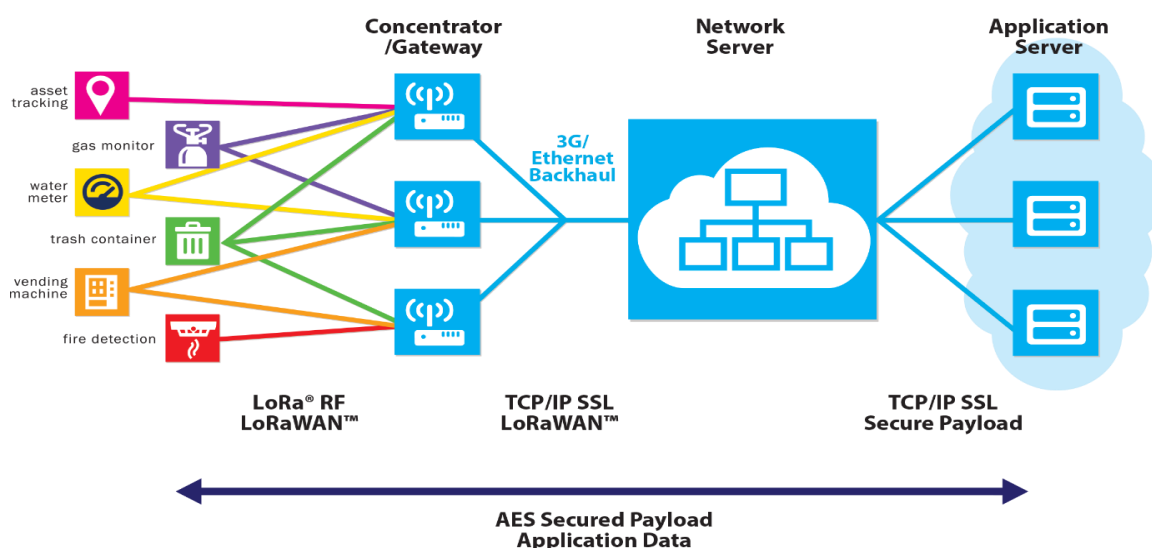
Figura 1 – Redes LoRaWAN



Fonte: LORA ALLIANCE, 2022

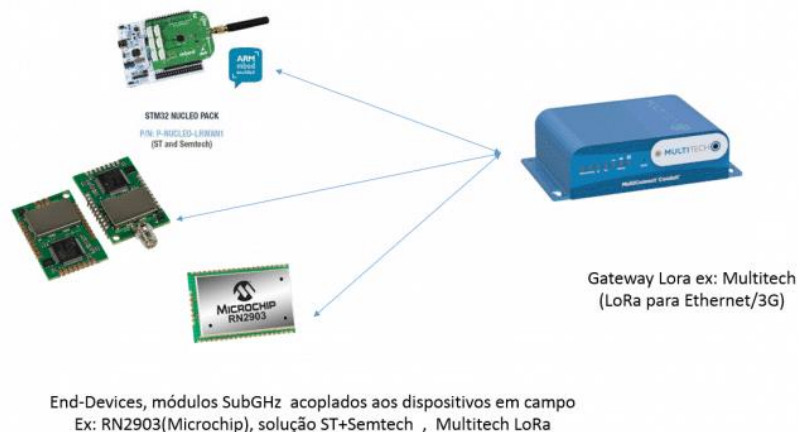
O sistema LoRa funciona com um módulo sub-GHz no end-device e um gateway que enviará os dados para servidores locais e/ou remotos. As empresas podem criar redes próprias ou usar redes de terceiros. As Figuras 2 e 3 a seguir representam um diagrama simplificado da rede e um exemplo de infraestrutura básica para uma empresa, respectivamente.

Figura 2 – Diagrama de Redes



Fonte: SEMTECH, 2022

Figura 3 - Exemplo de uma estrutura de rede LoRa



Fonte: NUNES, 2017

SISTEMA EM UM CHIP

Um sistema em um chip ou sistema no chip - “SoC” (*System-on-Chip*, do inglês “sistema em um chip”) é um circuito integrado que integra todos os componentes de um computador ou outro sistema eletrônico. Esses componentes geralmente incluem uma unidade de processamento central (CPU), memória, portas de entrada/saída e armazenamento secundário, tudo em um único componente. Pode conter funções de processamento de sinais digitais, analógicas, de sinal misto e frequentemente de frequência de rádio, dependendo da aplicação (OLIVEIRA, 2017).

Como estão integrados em um único componente, os SoCs consomem muito menos energia e ocupam muito menos área do que os projetos com vários chips com funcionalidade equivalente. Por isso, os SoCs são muito comuns nos mercados de computação móvel e computação de borda. Sistemas em chip são comumente usados em sistemas embarcados e na Internet das Coisas. Os sistemas em chip estão em contraste com a arquitetura tradicional de PC baseada em placa-mãe, que separa os componentes com base na função e os conecta através de uma placa central de interface.

Enquanto uma placa-mãe hospeda e conecta componentes destacáveis ou substituíveis, os SoCs integram todos esses componentes em um único circuito

integrado como se todas essas funções estivessem embutidas na placa-mãe. Um SoC normalmente integra interfaces de CPU, gráficos e memória, conectividade de disco rígido e USB, acesso aleatório e memórias somente de leitura e armazenamento secundário em um único circuito, enquanto uma placa-mãe conectaria esses módulos como componentes discretos ou placas de expansão (STOLBERG, 2019).

Figura 4 - Comparação de atributos de tecnologias SoC

	ESP32	ESP8266	ARDUINO UNO R3
Cores	2	1	1
Arquitetura	32 bits	32 bits	8 bits
Clock	160MHz	80MHz	16MHz
WiFi	Sim	Sim	Não
Bluetooth	Sim	Não	Não
RAM	512KB	160KB	2KB
FLASH	16Mb	16Mb	32KB
GPIO	36	17	14
Interfaces	SPI / I2C / UART / I2S / CAN	SPI / I2C / UART / I2S	SPI / I2C / UART
ADC	18	1	6
DAC	2	0	0

Fonte: OLIVEIRA, 2017

ESP32

O ESP32 é uma série de SoC's, desenvolvido pela Espressif Systems, contendo um microprocessador Tensilica Xtensa LX6, WiFi e Bluetooth integrado. Foi desenvolvido para que tivesse baixo consumo e baixo custo, sendo uma opção interessante para makers ou desenvolvedores de produtos.

O Módulo WiFi ESP32 com suporte de bateria, GPS e LORA 915MHZ é uma placa da família do ESP. Este módulo conta com diversas funcionalidades, sendo um módulo de alta performance para aplicações envolvendo transmissões de radio frequência, caracterizando-se por um baixo consumo de energia (~1,5mA sleep mode) e comunicação à longas distâncias (~3,6 km). Este módulo também conta com um GPS NEO-6M, com antena integrada e suporte para bateria 18650 (TTGO, 2019).

Protocolo MQTT

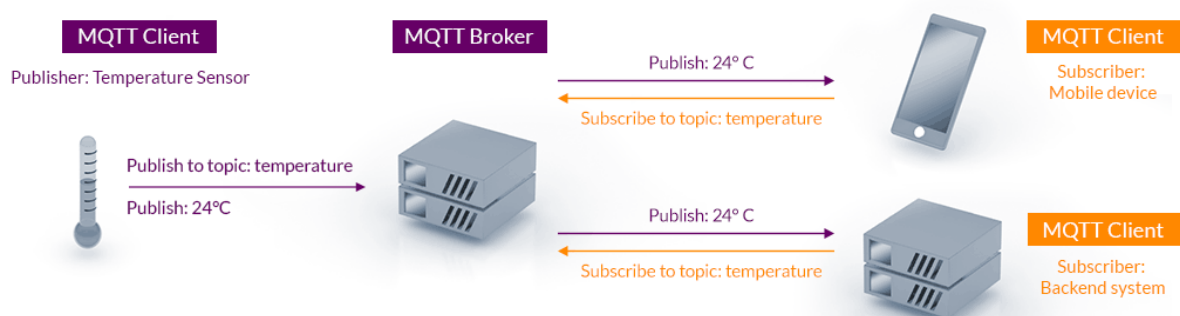
O MQTT (Message Queue Telemetry Transport) é um protocolo de comunicação entre máquinas, ele permite o envio de mensagens e comandos entre os dispositivos que falam MQTT por meio de TCP/IP. Este foi projetado para passar apenas os dados solicitados, há a melhora da performance com baixa largura de banda, não sobrecarregando internet e dispositivo e, assim, melhora a comunicação entre vários dispositivos. Outra vantagem é a simples codificação, o que facilita que o MQTT funcione em sistemas não tão modernos ou com problemas de armazenamento.

Um dispositivo dentro do protocolo MQTT pode ser “inscrito= subscribed” ou uma “publicação=publish”. Quando tal dispositivo é um Publish, ele publica informações pré-estabelecidas. Já o dispositivo Subscribe recebe todas essas informações que estão sendo publicadas.

Inúmeras informações podem ser publicadas, assim como inúmeros dispositivos podem receber e/ou publicar informações. Estas informações podem ser simplesmente dados ou até mesmo comandos. Caso o dispositivo gere alguma informação que não está cadastrada, esta não será publicada. Por isso que a maior vantagem deste protocolo é a economia de banda de internet, já que não há tráfego de informações sem importância.

Outro elemento importante do elemento MQTT é o Broker, ele é um servidor que gere as informações aos inscritos e vice-versa, funcionando, então, como um intermediário entre Subscribers e Publishers. Além de armazenar, o Broker também filtra as informações. Os dados dentro deste servidor estão armazenados em tópicos e, desta forma, os Subscribers escolhem quais os tópicos querem se inscrever e receber apenas os que os convém. Em outras palavras, o Broker recebe todas as mensagens, filtra e decide quem está interessado e inscrito nela ou não. O Broker pode ser tanto um servidor local, como uma estrutura em nuvem.

Figura 5 – Funcionamento do protocolo MQTT

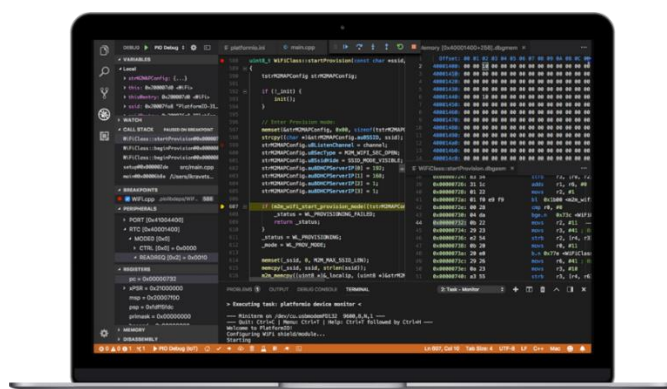


Fonte: mqtt.org

PlatFromIO

PlatformIO foi a ferramenta de desenvolvimento escolhida para a elaboração dos códigos do projeto, ela é uma extensão do editor de código Visual Studio Code, popularmente conhecido como “VS Code”. Ela não é simplesmente uma extensão, é um conjunto de ferramentas para desenvolvimento de sistemas embarcados em C/C++. Começou como uma plataforma onde era necessário pagar para se ter todas as funcionalidades, mas em junho de 2019 foi anunciado Open Source(Código aberto) e com todas as funcionalidades gratuitas. Ela possui todas as funcionalidades da IDE Arduino como upload e execução de código e algumas outras.

Figura 6 – Extensão PlatFormIO dentro do VS Code



Fonte: PlaFormIO, 2022

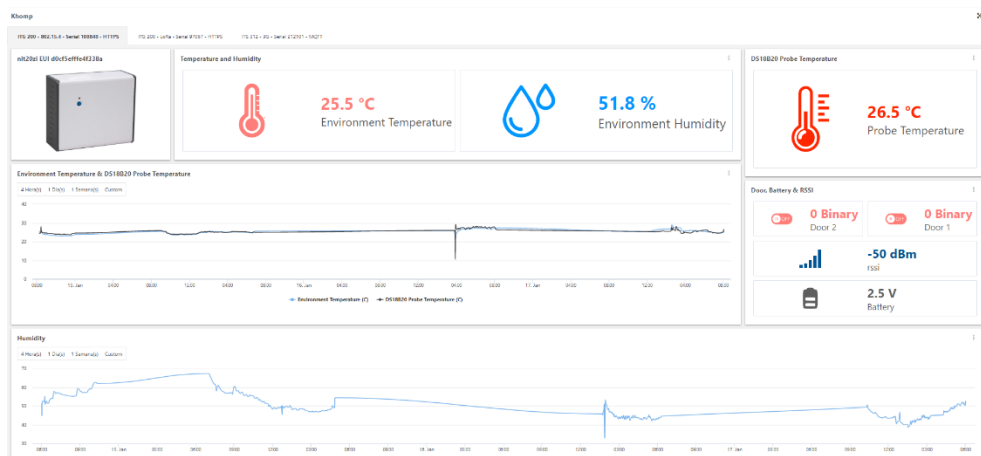
TagoIO

TagoIO é uma plataforma web, 100% cloud e de alto nível para monitoramento de ambientes via dispositivos IoT conectados à sua rede. Segundo seu CEO, Fábio Rosa, a Tago hoje possui dois diferenciais: a velocidade que a uma solução de IoT pode ser implementada no mercado, e ser uma ferramenta poderosa que oferece diversas funcionalidades necessárias para tal implementação.

Por meio da plataforma, o usuário pode observar os dados coletados em um dashboard prático para construir suas aplicações. Tendo um painel simples e dinâmico, é possível compartilhar e rastrear o uso da aplicação, além de criar níveis de acesso para diversos usuários, definindo o que cada um poderá visualizar e editar. A plataforma TagoIO permite às empresas construírem e desenvolverem rapidamente uma solução IoT. Tais aplicações podem acontecer em diversos segmentos, como: automação

industrial, irrigação inteligente, localização interna de depósitos, composição, refrigeração e telemática. (Khomp,2022).

Figura 6 – Exemplo de Dashboard da TagoIO



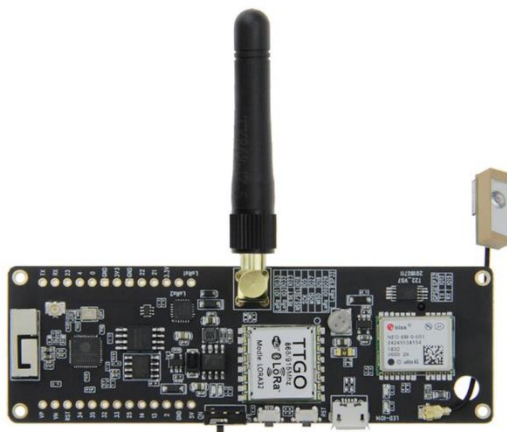
Fonte: Blog da Khomp, 2019

DESENVOLVIMENTO

Para obter os resultados foi utilizado:

- Placa Wemos® TTGO T-Beam ESP32 915Mhz WiFi Wireless Bluetooth Module ESP-32 GPS NEO-6M SMA LORA 32 18650 Battery Holder;
- Bateria 18650 Panasonic Ncr18650a 3000mah 3,6v.

Figura 7 - Placa Wemos® TTGO T-Beam ESP32.



Fonte: LILYGO, 2022

Figura 8 - Bateria 18650 Panasonic.



Fonte: Panasonic, 2022

Escolha de plataforma

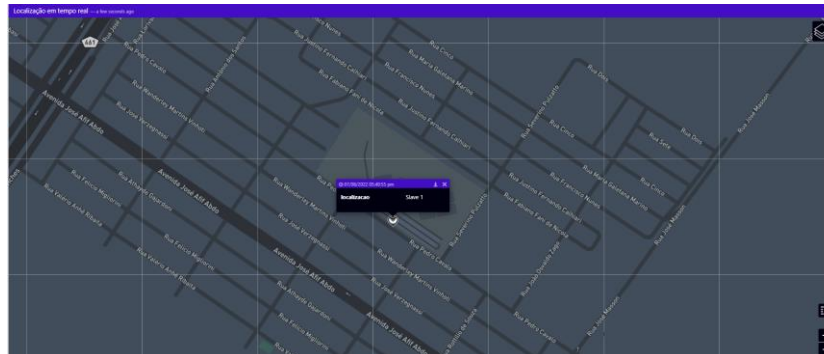
A priori foi feita uma pesquisa sobre qual plataforma web de cloud iria hospedar os dados fornecidos pelos dispositivos. Tal plataforma necessitaria de suportar o protocolo MQTT e também ser gratuita, afim de atingir o proposito do projeto que é de ser um dispositivo de baixo custo. Todavia, os pacotes gratuitos encontrados dentro das plataformas pesquisadas sempre eram acompanhados de limitações.

Posto isto, foi escolhido a plataforma TagIO, já mencionada neste trabalho, que possui limitações no seu plano gratuito, porém serviria o propósito de testar o protótipo do projeto.

Testes práticos

À partida, foram realizados testes para a obtenção de localização GPS fixa, sem qualquer comunicação entre os dois dispositivos utilizados neste projeto (Master e Slave).

Figura 9 – Localização obtida pelo ESP32 e exibida no dashboard da TagIO



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Nos primeiros testes foram realizadas verificações de formato de dados fornecidos pelo modulo GPS (NEO- 6M) para o correto processamento e identificação do dispositivo que está sendo monitorado, além da verificação da posição de GPS fornecida, com o intuito de posteriormente armazená-las na plataforma precitada.

Em seguida, foi estabelecida a comunicação entre os dois dispositivos (Master e Slave) através da tecnologia de radiofrequência LoRa. Os testes iniciais se tratavam de envios de pacotes simples no formato de simples vetores

de cobertura da tecnologia de transmissão, custo/benefício dos dispositivos e autonomia de bateria.

Outro fator a ser considerado na análise dos resultados obtidos é a altura do dispositivo Master, posto que não foi possível posicioná-lo em uma altura elevada para obter uma captura maior de sinal.

Problemas ao longo do projeto

A execução dos testes práticos não foi um completo sucesso, posto que nos testes práticos o dispositivo Slave muitas vezes perdia o sinal GPS. Como é visível nas figuras 10 e 11 acima, essas setas fora do trajeto indicam que o Slave enviava latitude e longitude 0.0 para o Master, assim o dashboard traçava a rota do ponto atual até tal localização.

Outro problema ocorrido foi a perda de comunicação entre Master e Slave, pois alguns parâmetros de comunicação não foram estabelecidos inicialmente, tais como: largura de banda, palavra de sincronização e ativação do crc, entre os dispositivos, o que foi corrigido de acordo com a imagem abaixo.

Figura 12 – Parâmetros para a comunicação LoRa

```
LoRa.setSpreadingFactor(12); //define o fator de espalhamento
LoRa.setSignalBandwidth(250E3); //define a largura de banda
LoRa.setCodingRate4(5); //define o Coding Rate
LoRa.setPreambleLength(6); //define o comprimento do preâmbulo
LoRa.setSyncWord(0x15); //define a palavra de sincronização
LoRa.crc();
```

Fonte: Elaborado pelo autor 2022

Outro parâmetro que foi implementado para melhor alcance da comunicação foi o ganho, parametrizado em dBm, conforme a figura abaixo.

Figura 13 – Ganho para aumento do alcance LoRa

```
#define GANHO 20 // ganho dBm que permite maior alcance
LoRa.setTxPower(GANHO);
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

O que posteriormente foi suspeito de causar outro problema, a perda de sinal de gps do dispositivo, pois este ganho adicional pode ter causado a constância do sinal, visto que este procedimento é algo parecido com o Overclock feito em processadores.

Para testes dos dispositivos de funcionamento foram utilizados dois aparelhos para a comunicação, um Slave que tem a finalidade de se comportar como um nó final de comunicação, o qual envia o sinal de rastreamento GPS, e o Master, que trabalha como um gateway receptando e tratando os dados conforme recebido. Os dados eram enviados eram do tipo Double e processados em funções dentro do código fonte do Master, assim transformando os dados em formato Json, publicando através de MQTT na plataforma TagIO.

APÊNDICE

Função Setup - Master

```
void setup(){
  Serial.begin(115200);
  setupWifi();
  conectaWifi();
  conectaMQTT();
  while (setupLoRa () == false);
  delay(1000);
}
```

Função Loop - Master

```
void loop() {
  MQTT.loop();
  String payload;
  Dado dadoLoRa;
  char recebido;
  int tamanhoPacote = 0;
  char * informacaoRecebida = NULL;
  tamanhoPacote = LoRa.parsePacket();

  if (tamanhoPacote == sizeof(Dado))
  {
    Serial.println("[LoRa Receptor] Há dados a serem lidos");
    informacaoRecebida = (char *)&dadoLoRa;
    while (LoRa.available())
    {
```

```

        recebido = (char)LoRa.read();
        *informacaoRecebida = recebido;
        informacaoRecebida++;
    }
    payload = criaJson(dadoLoRa);
    publica(payload);
}
}

```

Função Setup – Slave

```

void setup(){
    Serial.begin(115200);
    SerialGPS.begin(9600, SERIAL_8N1, 12, 15); //Instancia as portas
    seriais
    while (setupLoRa () == false); // Tenta, até obter sucesso,
    comunicacao com o chip LoRa
    delay(1000);
}

```

Função Loop – Slave

```

void loop() {
    enviaLoRa();
    delayGPS(1000);
}

```

As outras funções foram ocultadas a fim de proteção intelectual, posto que os códigos foram desenvolvidos unicamente pelo bolsista.

CONCLUSÃO

Neste momento, o protótipo se encontra em fase de testes de monitoramento e ambientação da infraestrutura de redes para a realização de testes mais complexos.

Diante do testes que foram realizados e os dados obtidos através deles, foi verificado o quão viável o projeto pode ser no cenário real, assim como a continuidade das atividades de aprimoramento dos códigos fonte, além da possibilidade de deslocar o tratamento de dados para outras plataformas com maior abrangência de funções gratuitas e até mesmo a ligação direta com o

sistema web desenvolvido simultaneamente em outro projeto de pesquisa, que pretende-se obter como produto final de ambos projetos.

Por conseguinte, o protótipo passou por alguns obstáculos e necessita de correção dos mesmos, todavia ao decorrer do projeto foi identificado possíveis melhorias, elevando a ideia proposta além de um dispositivo de localização em tempo real, colocando o projeto como um dispositivo que irá auxiliar os cuidadores. Novas funções a serem implementadas foram pensadas, tais como: gerar uma cerca virtual através do processamento dos dados obtidos, parametrizando uma localização GPS como residência do paciente, onde fora do raio de alcance preestabelecido, o sistema web irá gerar um alerta; Caso o paciente estiver fora da localização residência por muito tempo, irá gerar um alerta; Caso o paciente estiver se movimentando acima de uma velocidade preestabelecida, irá gerar um alerta; Tratamento dos alertas gerados, assim dando um relatório de tais alertas, auxiliando no monitoramento do avanço da doença cognitiva em questão, posto que este é o público alvo do projeto.

Algumas limitações deverão ser consideradas ao desenvolver novas funções, como a distância entre Master e Slave, apesar disso, todas funções pensadas são viáveis, posto que o módulo GPS do dispositivo fornece todas informações necessárias para o desenvolvimento das mesmas.

Destarte, o projeto possui correções a serem feitas, e melhorias a serem implementadas, contudo demonstrou possuir uma grande perspectiva de futura e ser de grande viabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALECRIM, Emerson. **O que é Internet das Coisas (Internet of Things)?** 2017. Disponível em:

<<https://www.infowester.com/iot.php>> . Acesso em: 12 Fev. 2022.

BRASIL. Lei no 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 13 de Fev, 2022.

ESPRESSIF. **ESP32: A Different IoT Power and Performance.** 2018. Disponível em:

<<https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp32/overview>> . Acesso em: 13 Fev. 2022.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. **Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN™ (LOR001).** Disponível em:

<<http://newtoncbraga.com.br/index.php/electronica/52-artigos-diversos/11992-conheca-a-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan-lor001>> . Acesso em: 13 Fev. 2022.

LORA ALLIANCE. **LoRaWAN Networks.** 2018. Disponível em: <<https://www.lora-alliance.org>> . Acesso em: 1 abr. 2019.

FLIPEFLOP. **Como programar o ESP32 com VS Code e PlatFormIO .** 2022. Disponível em < <https://www.filipeflop.com/blog/como-programar-esp32-com-vs-code-e-platformio/>> . Acesso em: 13 fev.2022

PlatFormIO. **Professional collaborative platform for embedded development.** 2022. Disponível em < <https://platformio.org>> . Acesso em 13 Fev. 2022.

TTGO, T.BEAM. **TTGO-TBEAM Datasheet.** Disponível em: <<https://github.com/LilyGO/TTGO-T-Beam>> . Acesso em: 13 Fev. 2022.

HiTecnologia. **O que é protocolo MQTT?** 2017. Disponível em: <https://www.hitecnologia.com.br/blog/o-que-e-protocolo-mqtt>. Acesso em 07, Jul, 2022.

Khomp. **Conheça a TagoIO, a primeira ferramenta cloud para desenvolvimento de solução IoT homologada Khomp.** 2019. Disponível em: <https://www.khomp.com/pt/tagoio-solucao-iot/>. Acesso em 07, Jul, 2022.

Willian Gustavo Rocha Leme

Prof. Dr. Rogério Pinto Alexandre