



RELATÓRIO FINAL
FORMAÇÃO EM CONTEXTO DE TRABALHO
DA LICENCIATURA EM INFORMÁTICA

ESTÁGIO DESENVOLVIDO NA CÂMARA MUNICIPAL DA MAIA
Utilização da infraestrutura LoRaWan existente no Concelho



ELABORADO POR:
ERICO DAVI ALFAMA

ORIENTAÇÃO: ENG. PEDRO CORREIA CRAVO PIMENTA
SUPERVISÃO: PROF. AGOSTINHO GIL LOPES TEIXEIRA

Porto, 11 de julho de 2023

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO

Instituição de Ensino Superior:

UNIVERSIDADE DA MAIA

Licenciatura em: INFORMÁTICA

Entidade Acolhedora: Câmara Municipal da Maia

Departamento onde realizou o estágio: Departamento Sistema de Informação

Nome Completo do Aluno: Erico Davi Alfama

N.º de Aluno: 32778

Nome do Orientador na Entidade Acolhedora:

Pedro Correia Cravo Pimenta

Nome do Supervisor do ISMAI:

Agostinho Gil Lopes Teixeira

Duração do Estágio: 250h

Período de Realização do Estágio: 23/03/2023 a 31/05/2023

Validação:

Assinatura do Aluno: _____

Assinatura do Orientador: _____

Assinatura do Supervisor: _____

Após a conclusão da Formação em Contexto de Trabalho/Estágio, recebeu um convite para ficar a desempenhar funções na entidade?

☐ Sim

☐ Não

RESUMO

O relatório descreve o estágio realizado no Departamento de Sistemas de Informação da Câmara Municipal da Maia, visando integrar e compreender a dinâmica da entidade, a tecnologia LoraWAN e dispositivos Rak Wireless para coleta de dados. Teve duração aproximada de três meses.

Durante o estágio, foram realizadas atividades para compreender as camadas e componentes da tecnologia LoraWAN, estudar a infraestrutura existente no município da Maia, aprender sobre os índices de desempenho RSSI e SNR, e configurar e utilizar o dispositivo Rak5205. Também foram realizados testes preliminares com o dispositivo Rak com intuito de obter um "mapa de calor".

O estágio foi dividido em duas fases, uma teórica e outra mais prática. A fase teórica envolveu o estudo dos conceitos relacionados ao tema do estágio, como a rede LoRa, o servidor de rede ChirpStack e a tecnologia LoraWAN. A fase prática incluiu a coleta de dados com os dispositivos Rak em diferentes áreas do município, com o propósito de criar um mapa de calor correndo a ferramentas/software apropriados.

Palavras-chave: Câmara Municipal da Maia, LoRaWan, API, BaZe, Rak, estágio, Gateway

AGRADECIMENTOS

Agradeço à entidade acolhedora, a Câmara Municipal da Maia, pela oportunidade de realizar estágio curricular.

Ao Eng. Pedro Pimenta, pela orientação, incentivo, acompanhamento e disponibilidade para me ajudar em várias etapas do estágio.

A Universidade da Maia, aos meus colegas de estágio e ao meu Prof. Agostinho Gil Lopes pela orientação e pelos conselhos.

“Last but not least” agradeço a minha família por estar sempre presente mesmo que de longe pelo apoio mural, a minha namorada e os meus amigos.

Agradecer a minha mãe pelo apoio incondicional em todos os momentos e em especial dedico ao meu avô “Papá” hoje ficaria feliz por eu estar a completar mais uma etapa da minha vida.

ÍNDICE

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO	ii
RESUMO	iii
AGRADECIMENTOS	iv
ÍNDICE	v
LISTAS DE FIGURAS	7
SIGLAS E ABREVIATURAS	8
INTRODUÇÃO	9
Objetivos	9
DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	10
DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS E DAS ATIVIDADES DA EMPRESA	12
DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS PELO ESTUDANTE	14
Plano de trabalho	14
Atividades Realizadas	15
Introdução e Planeamento do Estágio	15
Contextualização do Estágio	16
Rede LoRa	16
ChirpStack	17
Realização do Estágio	18
LoRaWan	18
RSSI e SNR	21
Dispositivo Rak Wireless 5205	21
JSON e MYSQL	22
Recolha de dados no Concelho da Maia	24
Como obter mapa de Calor	26

CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
ANEXOS.....	30
Anexo A - Lista de pontos recebidos.....	30
Anexo B - Chamada “default”, sem parâmetros	30
Anexo C – Pontos Recolhidos com parâmetros filtrados.....	30

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - CMMaia	10
Figura 2 - BaZe.....	13
Figura 3 - Cronograma de plano estágio curricular	14
Figura 4- Plataforma ChirpStack CMMaia.....	18
Figura 5 - Arquitetura de rede LoRaWan	20
Figura 6 - Dispositivo RAK5205	22
Figura 7 – Ficheiro JSON recebido do ChirpStack.....	23
Figura 8 - Tabelas de Dados.....	24
Figura 9 - Mapa com pontos recebidos.....	25

SIGLAS E ABREVIATURAS

API - Application Programming Interface

BaZe - Balanço Zero

CMMaia - Câmara Municipal da Maia

GPS - Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)

IoT - Internet of Things

JSON - JavaScript Object Notation

LPWAN - Low Power Wide Area Network

LoRa - Long Range

LoraWAN - Long Range Wide Area Network

MySQL - Structured Query Language

RAK - Referência aos dispositivos Rak Wireless mencionados no relatório

RSSI - Received Signal Strength Indicator

SNR - Signal-to-Noise Ratio

UMAIA - Universidade da Maia

INTRODUÇÃO

Atualmente, com a rápida evolução das tecnologias e com o crescente número de informação disponível, torna-se cada vez mais relevante o conceito de acesso à informação e como esse acesso é feito. São necessários esforços que possibilitem um acompanhar da transformação digital por todas as pessoas, para possibilitar um acesso democratizado à informação.

Entre o

O estágio teve a duração aproximadamente de três meses e foi conduzido no Departamento de Sistemas de Informação da CMMaia, com orientação do Eng. Pedro Pimenta.

Ao longo deste relatório, serão apresentados os detalhes e os resultados das atividades realizadas durante o estágio, demonstrando os avanços e as contribuições alcançadas no âmbito da integração e compreensão da dinâmica da entidade/setor da Câmara Municipal da Maia.

Objetivos

Este relatório apresenta os resultados do estágio realizado na Câmara Municipal da Maia, visando integrar e compreender a dinâmica da entidade/setor, especificamente relacionado à implementação da tecnologia LoraWAN e à utilização de dispositivos Rak Wireless para coleta de dados.

- Compreender as componentes e camadas da tecnologia LoraWAN, bem como conhecer a infraestrutura existente no Concelho da Maia e como ela está a ser utilizada para integrar dados “do terreno” no “data lake” da CMMaia. Além disso, foi necessário estudar e compreender os índices de desempenho RSSI e SNR, assim como aprender a configurar e utilizar o dispositivo Rak5205.
- Obter um mapa de “calor”

Testes preliminares realizados noutro dispositivo, o Rak5202, deslocado em diferentes áreas para coleta de dados e obtenção de um “mapa de calor” análogo.

DESCRIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A Câmara Municipal da Maia é a uma instituição responsável pela administração e governança do município da Maia, localizado no distrito do Porto (Fig. 1).



Figura 1 - CMMaia

(fonte: CMMaia)

É composta por um presidente e um conjunto de vereadores, eleitos democraticamente pelos seus munícipes. Tem como principais responsabilidades o planeamento e a gestão do território municipal, o desenvolvimento económico e social, a promoção da cultura e do desporto, a proteção do ambiente e a prestação de serviços públicos essenciais à população. Entre as áreas de atuação da câmara municipal estão:

1. Planeamento Urbano: Desenvolvimento de planos de ordenamento do território, gestão do uso do solo, licenciamento de obras e fiscalização urbanística.
2. Serviços Municipais: Prestação de serviços essenciais, como abastecimento de água, recolha de resíduos sólidos, manutenção de vias públicas, iluminação pública, entre outros.

3. Desenvolvimento Económico: Promoção do investimento, apoio ao empreendedorismo, estímulo ao comércio local, criação de emprego e desenvolvimento de projetos que impulsionem a economia do município.
4. Educação e Cultura: Gestão das escolas públicas do município, promoção de atividades culturais, apoio a eventos e festivais, incentivo às artes e ao património cultural.
5. Desporto e Lazer: Apoio ao desporto amador e profissional, gestão de infraestruturas desportivas, organização de eventos desportivos e promoção de atividades de lazer para a comunidade.
6. Ação Social: Desenvolvimento de programas de apoio social, como apoio a famílias carenciadas, idosos, pessoas com deficiência, promoção da inclusão social e combate à exclusão.

DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS E DAS ATIVIDADES DA EMPRESA

A CMMaia da perspectiva da tecnologia utilizada é uma instituição bastante inovadora, possui um servidor de rede próprio, BaZe. O software atualmente utilizado como “network server” para a visualização e obtenção de dados do projeto LoraWan é a plataforma chirpstack fornecida em parceria com a Wavecom.

A Wavecom é uma empresa de engenharia de comunicações onde presta serviços em vários setores, como consultoria e advising tecnológico, integração de soluções para infraestrutura de comunicações, segurança e entre outros.

O projeto BaZe, Balanço Zero de Carbono é um programa de ações e projetos integrados no conceito de laboratório vivo implementada em contexto real (Fig. 2). O Living Lab Maia. É um projeto que permite a aplicação, demonstração, apreciação e apropriação de soluções integradas e transversais que promovem a descarbonização enquanto fator determinante na construção da sustentabilidade. (Fonte: CMMaia– Baze)

O Living Lab Maia é implementado maioritariamente no centro da cidade. Sendo uma porção de território urbano consolidado e denso, com uma identidade funcional e simbólica própria, dentro desta área existem hoje instalações da administração pública, central e local, interface multimodal, desde o automóvel privado, rodoviário, coletivo, metropolitano, bicicleta, estacionamento em parque e à superfície, equipamentos culturais, serviços, comércio e habitação. (Fonte: CMMaia– Baze)



Figura 2 - BaZe

(Fonte: CMMaia)

O Departamento de Sistemas de Informação é responsável por gerir e implementar sistemas de informação, infraestrutura tecnológica e processos de qualidade na CMMaia. Esse departamento desempenha um papel importante na utilização de tecnologias avançadas para melhorar os serviços municipais e otimizar a comunicação e a coleta de dados.

Da parte de comunicação no decorrer do estágio foi utilizada o google docs para partilha de documentos, um LogBook para acompanhamento, registo de apontamentos, reuniões semanais, Google Hangouts como chat para uma melhor interação fora do recinto entre o orientador e os estagiários e Microsoft Outlook para troca de email.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS PELO ESTUDANTE

Por ser minha primeira experiência profissional na CMMaia, é importante destacar que surgiram dúvidas sobre o que esperar de mim, as dificuldades e obstáculos que surgiriam durante o estágio. Por ser algo inédito, foi uma experiência completamente diferente. Era necessário estar atualizado e realizar pesquisas para uma melhor compreensão do tema.

De salientar, que por intermédio do orientador do estágio, foi criado um documento de texto no Google Drive (“logbook”), que serviu de elo comunicativo e de transmissão de conteúdo relevante para o estágio.

Plano de trabalho

Para realização do estágio teve de ser criado um cronograma (Fig. 3) para um melhor acompanhamento das atividades a serem realizadas pelos estagiários. Desse cronograma dividi-lo por atividades onde dentro da mesma foi atribuído tarefas, como pode ser visto na figura abaixo. Algumas tarefas não foram possíveis terminá-las, devido ao tempo e algumas demoras dos equipamentos adquiridos.

Atividades	Tarefas	Março		Abril				Maio					Junho			
		S1 23 a 24	S2 27 a 31	S3 3 a 7	S4 10 a 14	S5 17 a 21	S6 24 a 28	S7 1 a 5	S8 8 a 12	S9 15 a 19	S10 22 a 26	S11 29 a 31	S12 5 a 9	S13 12 a 16	S14 19 a 23	S15 26 a 30
Introdução e Planeamento do Estágio	Apresentação e esclarecimento de dúvidas relativas ao estágio;															
	Análise e organização de documentos disponibilizados;															
	Esboço do primeiro relatório;															
	Planeamento do Trabalho															
Contextualização do Estágio	Análise no contexto Institucional, Projeto BaZie;															
	Análise e Contextualização da infraestrutura de comunicação rede “LoRa”;															
	Apresentação da plataforma utilizada pela CMMaia, “network server” Chirpstack.															
	Pesquisar e compreender as componentes/camadas da LoRaWAN;															
Realização do Estágio	Estudar e compreender os índices de desempenho RSSI e SNR;															
	Utilização e configuração do dispositivo Rak Wireless															
	Compreensão das componentes JSON e MySQL;															
	Deslocação no concelho da Maia para recolha de dados															
	Compreensão do mapa calor/ como criar															
	Ordenar/ criar um mapa calor															
Acompanhamento do estágio	Reuniões com o Orientador e supervisor															
Finalização do estágio																
Relatório	Escrita do relatório															
	Apresentação e aprovação pelo orientador/supervisor															
	Defesa do relatório															

Figura 3 - Cronograma de plano estágio curricular

Método

O presente estágio dividiu-se em duas fases: uma mais teórica e outra mais prática. Iniciou-se com a necessidade de fazer um estudo dos conceitos-base do tema do estágio curricular, assim como da contextualização do trabalho. Para tal, fez-se uma análise qualitativa com a realização de pesquisas exploratórias e da recolha de informação de diversas fontes. Esta fase permitiu uma melhor compreensão do tema para poder ter um melhor aproveitamento da parte prática do estágio. De notar, também, que permitiu a familiarização com termos e conceitos até então desconhecidos. Isto permitiu desde logo saber qual o rumo teria a realização do estágio.

Relativamente à parte mais prática, esta iniciou-se com uma fase de aprendizagem, aonde maior parte do tempo foi dedicada a recolha de dados pelos estagiários, deslocando-se no Concelho da Maia com os dispositivos fornecidos pelo orientador do estágio.

ATIVIDADES REALIZADAS

Introdução e Planeamento do Estágio

Na primeira semana de estágio, tivemos uma reunião com o orientador do estágio por parte da CMMaia, o Eng. Pedro Pimenta, e outros funcionários do departamento para explicar como seria o estágio, as dúvidas que ele tinha e quais os objetivos. Falaram um pouco sobre a infraestrutura de comunicação de rede “Lora” na CMMaia, o seu funcionamento, a plataforma que utilização com “network server”, ChirpStack e um pouco sobre os projetos em andamento feitos pelo CMMaia da parte do Departamento de Qualidade e Sistema de Informação.

Nesta fase, procedeu-se também à disponibilização de documentos, realização de um primeiro esboço do relatório e do plano de trabalho. O plano de trabalho foi estruturado conforme o que seria o decorrer do estágio, tendo em conta a sua duração.

Contextualização do Estágio

A atividade **contextualização** surge como continuação da atividade anterior, aqui procedeu-se a uma exploração mais profunda dos conceitos relativos ao estágio. O resultado desta atividade foram os pontos do relatório relativos ao estado de arte. Foram explorados, em primeiro lugar, os conceitos rede LoRa e o servidor de rede Chirpstack, só posteriormente sobre a tecnologia LoraWan.

Internet of Things (IOT)

IOT é uma rede global crescente de objetos habilitados para Internet que transferem dados e comunicam-se entre si. Todos esses objetos têm identificadores exclusivos e podem variar desde dispositivos móveis até eletrodomésticos e carros.

LPWAN

Low-power WAN (LPWAN) é uma tecnologia de rede sem fio que interconecta dispositivos de baixa largura de banda e alimentados por bateria com baixas taxas de bits em longas distâncias. Criadas para redes de “machine-to-machine” (M2M) e “Internet of things” (IoT), as LPWANs operam com menor custo e maior eficiência energética em comparação com redes móveis tradicionais. Também são capazes de suportar mais dispositivos conectados em uma área maior.

A maioria das LPWANs possui uma topologia em estrela, onde, de forma similar ao Wi-Fi, cada ponto final se conecta diretamente a pontos de acesso centralizados comuns. (Fonte: [Techtarget](#))

Rede LoRa

LoRa (“Long Range”) é uma tecnologia sem fio de longo alcance e baixa potência não celular. (Fonte: wavecom.com/uFAQs/what-is-lora/)

LoRa é uma técnica de modulação sem fio derivada da tecnologia Chirp Spread Spectrum (CSS). Ele codifica informações em ondas de rádio usando pulsos

chirp - semelhante à forma como golfinhos e morcegos se comunicam! A transmissão modulada LoRa é robusta contra distúrbios e pode ser recebida em grandes distâncias. (Fonte: [Thethingsnetwork](https://thethingsnetwork.org/))

O LoRa pode ser operado nas bandas **sub-gigahertz** livres de licença, por exemplo, 915 MHz, 868 MHz e 433 MHz. Ele também pode ser operado em **2,4 GHz** para atingir taxas de dados mais altas em comparação com bandas sub-gigahertz, ao custo do alcance. Essas frequências se enquadram em bandas ISM reservadas internacionalmente para fins industriais, científicos e médicos. (Fonte: [Thethingsnetwork](https://thethingsnetwork.org/))

ChirpStack

ChirpStack é um servidor de rede LoRaWAN de código aberto que pode ser usado para configurar redes LoRaWAN privadas ou públicas. O ChirpStack fornece uma interface da Web para o gestão de gateways, dispositivos e arrendatários, bem como para configurar integrações de dados com os principais provedores de nuvem, bancos de dados e serviços comumente usados para lidar com dados de dispositivos. O ChirpStack fornece uma API baseada em gRPC que pode ser usada para integrar ou estender o ChirpStack. A plataforma utilizada pela CMMaia é disponibilizada pela Wavecom (Fig. 4).

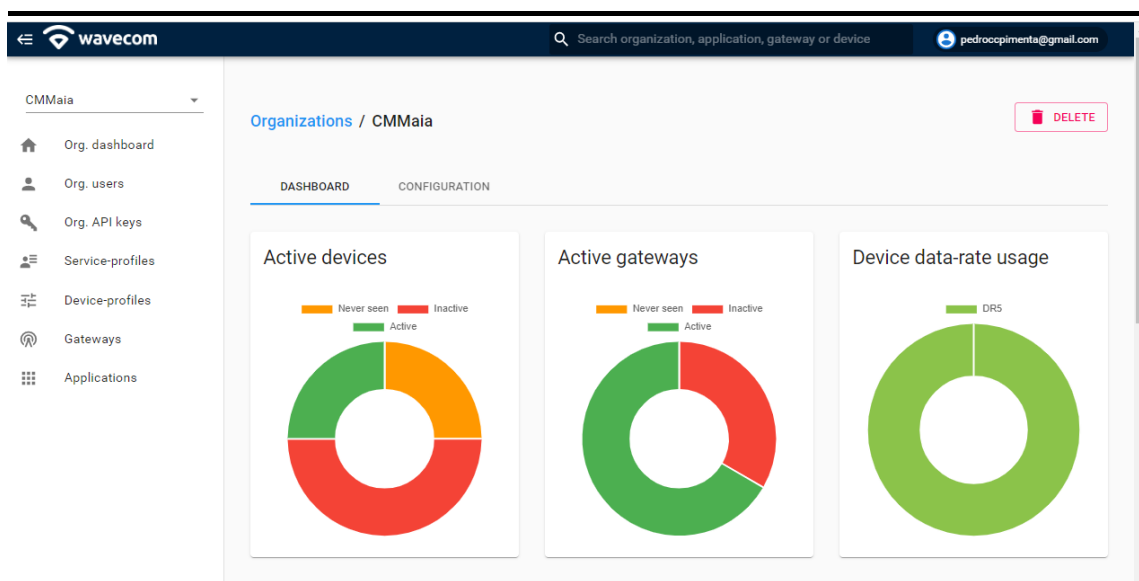


Figura 4- Plataforma ChirpStack CMMaia

(Fonte: cedida pelo Eng.º Pedro Pimenta, 2023)

Realização do Estágio

Nesta fase, tinha como tarefa compreender o funcionamento da LoRaWan enquanto tecnologia LPWAN, o RSSI e o SNR onde ambos são utilizados para avaliar a qualidade do sinal em redes sem fio, o dispositivo Rak Wireless compatíveis com a tecnologia LoRaWan, para isso foi preciso estudar e compreender a sua configuração, os parâmetros de comunicação e a integração com a rede LoRaWan; saber um pouco sobre os componentes JSON e MySQL. E posteriormente deslocar no Município da Maia para a recolha de dados, posteriormente analisá-los e dar início ao segundo objetivo deste estágio, utilizando ferramentas/software para criar um mapa de calor.

LoRaWan

Como LoRa define a camada física inferior, as camadas superiores de rede eram insuficientes. O LoRaWAN é um dos vários protocolos desenvolvidos para definir as camadas superiores da rede.

LoRaWAN é um protocolo de camada Media Access Control (MAC) construído sobre a modulação LoRa. É uma camada de software que define

como os dispositivos usam o hardware LoRa, por exemplo, quando transmitem e o formato das mensagens. O protocolo LoRaWAN é desenvolvido e mantido pela [LoRa Alliance](#). (Fonte: [Thethingsnetwork LoRaWAN](#))

A tecnologia foi incorporada às plataformas de RF da Semtech para expandir o mercado potencial de aplicações de RF industriais, de cidades inteligentes e de automação residencial, que precisam de alcance estendido com menor custo e menor consumo de energia. (Fonte: [wavecom.com/uFAQs/what-is-lora/](#))

LoRaWAN é agora um padrão oficial da ITU intitulado como Recomendação ITU-T Y.4480 “Protocolo de baixa potência para redes sem fio de área ampla” e está sob a responsabilidade do Grupo de Estudos 20 do Setor de Padronização de Telecomunicações da ITU (ITU-T), especialista em padronização da ITU grupo para “Internet das coisas e cidades e comunidades inteligentes”. (Fonte: [wavecom.com/uFAQs/what-is-lora/](#))

O LoRaWAN define o protocolo de comunicação e a arquitetura do sistema para a rede, enquanto a camada física LoRa permite a comunicação de longo alcance. Os dados transmitidos por um dispositivo são recebidos por vários gateways, que encaminham os pacotes de dados para um servidor de rede (*network server*) centralizado. E só posteriormente são encaminhados para servidores de aplicação (*application server*).

A tecnologia mostra alta confiabilidade para cargas moderadas. No entanto, ela apresenta alguns problemas de desempenho relacionados ao envio de confirmações. (Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/LoRa>)

Arquitetura LoRaWan

A arquitetura de rede LoRaWan é implantada numa topologia estrela das estrelas na qual os gateways retransmitem mensagens entre os dispositivos finais e um servidor de rede central.

Uma rede LoRaWAN típica consiste nos seguintes elementos:

- **Dispositivos finais** - sensores ou atuadores enviam mensagens sem fio moduladas por LoRa para os gateways ou recebem mensagens sem fio dos gateways.
 - **Gateways** - recebem mensagens de dispositivos finais e as encaminham para o servidor de rede.
 - **Servidor de rede** - um software executado em um servidor que gerência toda a rede.
 - **Servidores de aplicativos** - um software executado em um servidor responsável pelo processamento seguro dos dados do aplicativo.
 - **Join Server** - um software executado em um servidor que processa mensagens de solicitação de ingresso enviadas por dispositivos finais.
- (fonte: [thethingsnetwork_arquitetura](#))

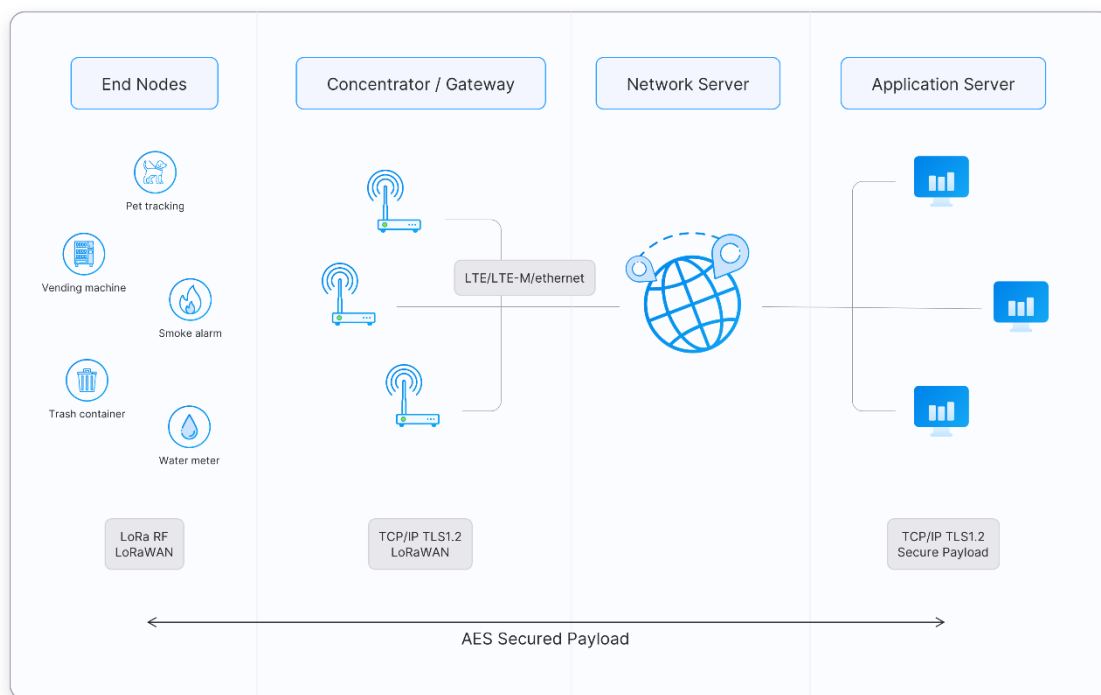


Figura 5 - Arquitetura de rede LoRaWan

(Fonte: [thethingsnetwork_arquitetura](#))

RSSI e SNR

Signal-to-noise ratio (SNR): É a razão entre a potência do sinal recebido e o nível de potência média do ruído. A SNR de transmissão de sinais de rádio com modulação LoRa apresenta valores típicos entre -20 dB e 10 dB. Mas há um limite de valor de SNR para cada fator de espalhamento utilizado (SWAIN et al., 2021);

Received Signal Strength Indicator (RSSI): O Indicador de Intensidade do Sinal recebido corresponde à potência do sinal recebido, expressa em dBm. O parâmetro permite estabelecer a sensibilidade do receptor. (Fonte: Silva, J. P. S. B. da, 2023)

Como o LoRaWAN oferece suporte à comunicação bidirecional, o RSSI é uma medida importante para gateways e dispositivos finais. Quanto mais próximo o valor do RSSI estiver de zero, mais forte será o sinal recebido.

O SNR pode ser calculado usando a seguinte fórmula e é geralmente expresso em decibéis (dB):

$$\text{SNR (dB)} = P_{\text{sinal_recebido (dBm)}} - P_{\text{ruído (dBm)}}$$

(fonte: <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/rssi-and-snr/>)

Dispositivo Rak Wireless 5205

Um dispositivo RAK Wireless (Fig.6) é um dispositivo de comunicação sem fio desenvolvido pela empresa RAK Wireless. Serve para conectar dispositivos IoT em redes sem fio, como LoRaWAN, Wi-Fi, Bluetooth entre outros. São conhecidos por ser de boa qualidade e amplamente utilizados em aplicações IoT, para monitorização, rastreamento de ativos e automação residencial.



Figura 6 - Dispositivo RAK5205

(fonte: Elaborado pelo autor)

O RAK5205 é um dispositivo IoT da RAK Wireless que combina um módulo de comunicação LoRaWAN e um módulo GPS. Ele possui antenas, bateria interna, sensores opcionais e é montado numa placa de circuito impresso (PCB). Este dispositivo é utilizado para rastrear e monitorar, fornecendo conectividade LoRaWAN e informações de localização GPS. É uma solução compacta e versátil para aplicações de IoT.

JSON e MYSQL

JSON (JavaScript Object Notation) é um formato de dados leve e independente de linguagem de programação, amplamente utilizado para troca de informações estruturadas entre um cliente e um servidor, ou entre diferentes componentes de um sistema. O JSON é baseado na sintaxe de objetos do JavaScript o que facilita a sua compreensão e utilização por muitas outras linguagens de programação. É bastante utilizado em APIs para transmitir dados de forma estruturada e legível.

No formato JSON, os dados são representados numa estrutura de pares chave-valor. Os dados podem ser armazenados como objetos, arrays, números, strings, valores booleanos (verdadeiro/falso) ou nulos.

Na plataforma ChirpStack utilizada pela CMMaia, quando um dispositivo manda um sinal para a antena, a mensagem é recebida num formato JSON, onde apresenta no “script” os parâmetros já seleccionados numa base de dados (Fig. 7).

```
{
  "applicationID": "26",
  "applicationName": "Demo",
  "deviceName": "FT_RAK5205",
  "devEUI": "3QAAABISEqo=",
  "rxInfo": {
    "gatewayID": "AA25/9PQ3g=",
    "time": null,
    "timeSinceGPSEPOCH": null,
    "rssi": -99,
    "loRaSNR": -3.2,
    "channel": 1,
    "rfChain": 1,
    "board": 0,
    "antenna": 0,
    "location": {
      "latitude": 41.26889631947195,
      "longitude": -8.616907596588137,
      "altitude": 0,
      "source": "UNKNOWN",
      "accuracy": 0,
      "fineTimestampType": "NONE",
      "context": "z6UOiW==",
      "uplinkID": "HRI7Chptf2SST5Py84ZWQ==",
      "crcStatus": "CRC_OK"
    },
    "txInfo": {
      "frequency": 868300000,
      "modulation": "LORA",
      "loRaModulationInfo": {
        "bandwidth": 125,
        "spreadingFactor": 7,
        "codeRate": "4/5",
        "polarizationInversion": false
      },
      "adr": true,
      "dr": 5,
      "fCnt": 21,
      "fPort": 8,
      "data": "AYgGTBv+r2gALFYIAgF8B2hUBnMnCQJnAQUEAhLHA3H/y/5R/Kg=",
      "objectJSON": {
        "altitude": 113.5,
        "barometer": 999.3,
        "battery": 3.8,
        "humidity": 42,
        "latitude": 41.2699,
        "longitude": -8.6168,
        "temperature": 26.1,
        "tags": {}
      },
      "confirmedUplink": false,
      "devAddr": "xTb5rA==",
      "publishedAt": "2023-04-18T07:11:06.814233155Z",
      "deviceProfileID": "53e088b2-379e-4dce-8052-575abd90ccea",
      "deviceProfileName": "rak"
    }
  }
}
```

Figura 7 – Ficheiro JSON recebido do ChirpStack

(Fonte: cedida pelo Engº Pedro Pimenta, 2023)

MySQL

Structured Query Language, ou Linguagem de Consulta Estruturada, ou SQL, é uma linguagem padrão para armazenar, manipular e recuperar dados em bancos de dados (base de dados relacional). Várias características do SQL foram inspiradas na álgebra relacional.

MySQL é um sistema de gestão de banco de dados relacional amplamente utilizado. Ele oferece alta performance, segurança e escalabilidade, permitindo armazenar e recuperar grandes quantidades de dados de forma eficiente. É compatível com múltiplas plataformas e possui recursos avançados, como replicação e tolerância a falhas.

A base de dados da CMMaia possui uma ligação com um API próprio da BaZe(servidor de rede da CMMaia) onde foi criado os parâmetros que se pretende ter com os dados recolhidos dos dispositivos Rak. Na tabela a seguir é possível verificar quais os parâmetros utilizados, dos quais serão posteriormente visualizados num API (Fig.8).

```
CREATE TABLE `FLora` (  
  `id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `created` timestamp NOT NULL DEFAULT current_timestamp(),  
  `mensagemtexto` longtext CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_bin  
  DEFAULT NULL,  
  `mensagem` longtext CHARACTER SET utf8mb4 COLLATE utf8mb4_bin  
  DEFAULT NULL,  
  `origem` varchar(100) DEFAULT NULL,  
  `Lat` decimal(12,6) DEFAULT NULL,  
  `Lng` decimal(12,6) DEFAULT NULL,  
  `Temp` float DEFAULT NULL,  
  `Altitude` float DEFAULT NULL,  
  `bateria` float DEFAULT NULL,  
  `pressao` float DEFAULT NULL,  
  `humidade` float DEFAULT NULL,  
  `gateway` varchar(100) DEFAULT NULL,  
  `rssi` int(11) DEFAULT NULL,  
  `loRaSNR` float DEFAULT NULL,  
  `channel` int(11) DEFAULT NULL,  
  `GatLat` float DEFAULT NULL,  
  `GatLng` float DEFAULT NULL,  
  `GatAlt` float DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=2817 DEFAULT CHARSET=utf8mb4
```

Figura 8 - Tabelas de Dados

(Fonte: cedida pelo Eng^o Pedro Pimenta, 2023)

Recolha de dados no Concelho da Maia

Para a recolha de dados foi preciso deslocar-se caminhando pelo município o que dificultou um pouco o trabalho, porque algumas zonas para obter dados são de difícil acesso e pelo facto também de que a informação não é enviada em tempo real.

Das duas antenas instaladas, uma na Torre Lidador (CMMaia) e outro localizado na Universidade da Maia, a que mais recebe informações dos dispositivos RAK é o que está situado na CMMaia. Pois a sua altura permite uma melhor receção de sinal.

Com a recolha dos dados é possível saber os pontos (“localização”) onde as antenas são vistas com maior facilidade, devido os parâmetros já estabelecidos na base de dados em ligação com a uma API (*Application Programming Interface*).

As APIs são mecanismos que permitem a comunicação entre diferentes componentes de software. As APIs REST são as mais populares e flexíveis na web. O cliente envia solicitações de dados ao servidor, que executa funções e retorna os resultados. APIs são como mediadores entre utilizadores e serviços web, permitindo acesso seguro e controle sobre os recursos. Além disso, as APIs abstraem detalhes técnicos para facilitar o acesso aos dados desejados.

As mensagens de resposta geralmente têm o formato de arquivo XML ou JSON. Tanto XML quanto JSON são formatos de preferência porque apresentam os dados de forma simplificada, o que facilita a manipulação por outras aplicações. Na figura a seguir é possível verificar que os pontos GPS obtidos durante a deslocação no concelho (Fig. 9).

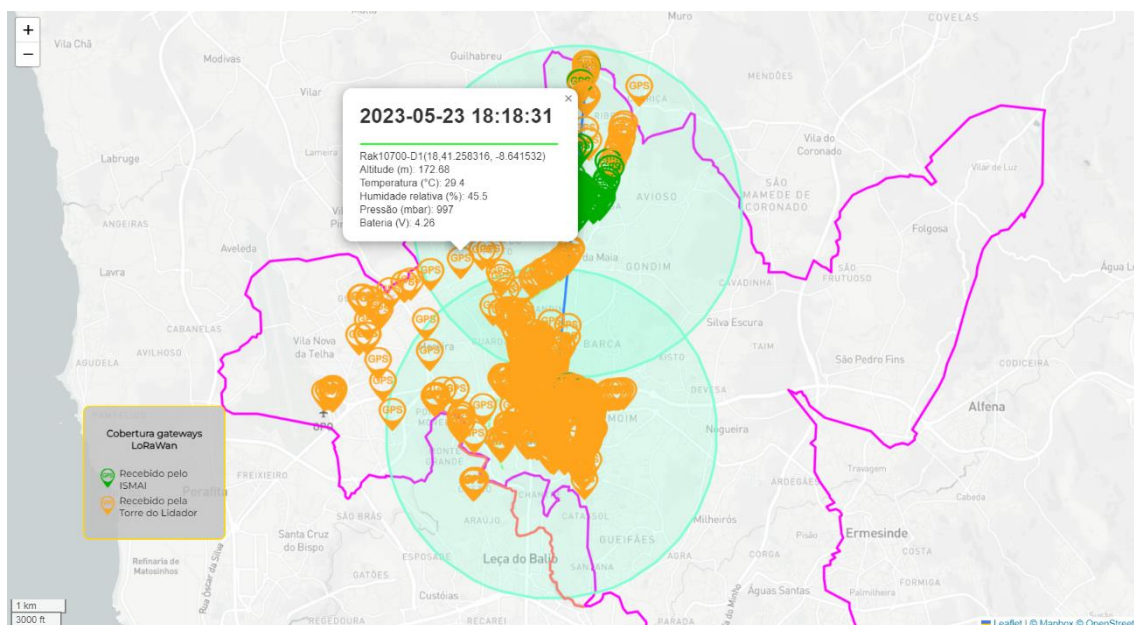


Figura 9 - Mapa com pontos recebidos

(fonte: servidor BaZe, 2023)

Dos pontos recebidos foi analisado que a antena instalada na Torre Lidador (CMMaia) recebe uma maior quantidade de sinais. O ponto GPS de cor laranja corresponde aos dados recebidos pelo gateway Torre Lidador e as que se encontram marcadas de cor verde corresponde ao gateway da UMAIA.

Da REST API pode ser visualizado no mapa como parâmetros a seguinte informação:

1. Data e Hora (a REST API só devolve os pontos dentro dessas datas)
2. ID do dispositivo (Gateway de receção, Torre Lidador ou ISMAI)
3. Altitude e longitude;
4. Temperatura;
5. Humidade;
6. Pressão;
7. Bateria.
8. Área retangular - limite superior esquerdo e limite inferior direito

No Anexo A consta a lista de pontos recebidos com os parâmetros RSSI e SNR.

Como obter mapa de Calor

Nesta última fase, pretendia-se criar um mapa de calor utilizando ferramentas de software como, por exemplo, a Leaflet, Google Maps, MapBox, GeoWE, entre outros. Durante o estágio, pesquisei sobre a criação de um mapa de calor utilizando a biblioteca Leaflet em JavaScript. Embora não tenha implementado o mapa, explorei os passos necessários, como configurar o ambiente e usar o plugin Leaflet.heatmap.

Essa pesquisa proporcionou-me uma compreensão aprofundada sobre a visualização espacial de dados recolhidos, identificando padrões e tendências na distribuição geográfica da variável monitorada. Essa habilidade de explorar soluções técnicas inovadoras será útil em projetos futuros relacionados à tecnologia LoraWAN.

End-point para exposição de pontos GPS

A parametrização possível seria o seguinte (Pimenta, 2023):

1. Intervalo de datas - **ts** - time start e **te** - time end (formato 'aaaa-mm-dd hh:mm:ss')
2. Gateway - **gw** {"AA25//9QTmA=", "AA25//9PQ3g="}

3. Área de seleção:

- a. Canto Superior de área retangular (**LatP**, **LngP**)
- b. Delta (Lat) **DLat** (máximo 0.02, valor default), **DLng** (máximo.026, valor default)
- c. Portanto, o retângulo de seleção corresponde a (LatP, LngP) - (LatP - DLat, LngP+ DLng)

4. Device - **dvc** {"FT_RAK5205", "Rak10700-D1"}

O endpoint retornaria um objeto JSON com as seguintes chaves (Pimenta, 2023):

1. **sql** - Query utilizada para extrair os dados (para efeitos de verificação do bom processamento dos parâmetros);
2. **data** - registos extraídos - **id** do ponto registado, **timestamp** , **device**, **origem** (pode ser **plora_f** ou **LoraWan**, ambas são fidedignas), **position**; {Lat:____, Lng:____}, **gateway**, **rss**, **SNR**, **Temp** (Temperatura, °C), **Press** (Pressão, mbar)
3. **NP**, **SI** - variáveis de controlo, devem ser iguais e menores que 300 (limite de pontos exposto em cada chamada ao end point);
4. **DT** - tempo de CPU gasto na consulta à base de dados

Estes resultados referem-se a pontos recolhidos pelos dois gateways - "AA25//9QTmA=" e "AA25//9PQ3g=" - o parâmetro **gw** permite filtrar estes resultados. (Anexo C)

Infelizmente, não foi possível concluir a última parte do trabalho devido à proximidade do término do estágio. Essa etapa envolveria a configuração dos parâmetros para a visualização dos dados por meio da conexão da API, onde um valor 'default' e vários dados seriam extraídos, com um "query" específico feito na base de dados, o API retornaria apenas os dados pretendidos, como, por exemplo, um intervalo de data onde apenas regista pontos do Gateway Torre Lidador, do RAK5205 e uma determinada temperatura. Essa abordagem permitiria uma visualização mais precisa dos dados no servidor BaZe.

CONCLUSÃO

O estágio na Câmara Municipal da Maia proporcionou uma oportunidade de aprendizado e desenvolvimento, permitindo a integração e compreensão da dinâmica da entidade/setor. Os conhecimentos adquiridos sobre a rede LoRa, o servidor Chirpstack, a tecnologia LoraWAN e os parâmetros de desempenho RSSI e SNR foram essenciais para a execução bem-sucedida do estágio.

Devido à carga horária intensa e aos inúmeros trabalhos exigidos pelas disciplinas em paralelo ao estágio, infelizmente não foi possível completar totalmente a segunda fase do estágio conforme inicialmente proposto. No entanto, a colaboração com o orientador do estágio e a disponibilização de recursos foram fundamentais para a realização das atividades.

No período de estágio, tive a valiosa oportunidade de realizar aprendizado autodidata ao explorar e utilizar tecnologias inovadoras. O objetivo do projeto da CMMaia é facilitar a vida dos munícipes, oferecendo a possibilidade de acesso futuro à tecnologia, permitindo o registo de dispositivos IoT e visualização de seu funcionamento. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se aprofundar a análise da cobertura territorial dos gateways, visando a criação de um mapa de calor mais completo e preciso, explorar a integração dos dados recolhidos com outras tecnologias ou sistemas existentes na CMMaia para soluções de monitoramento e gerenciamento de dados mais abrangentes, e considerar a ampliação da infraestrutura de comunicação LoRa instalando mais gateways em locais estratégicos, visando uma cobertura mais confiável e abrangente. Essas sugestões visam aprimorar a análise, integração e desempenho do projeto, maximizando o aproveitamento da tecnologia LoraWAN e otimizando seus resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Silva, J. P. S. B. da (2023) - PLATAFORMA DE TESTE DE GATEWAY LORA PARA IOT BASEADA EM SDR. Dissertação de Mestrado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica - PPGEE da Universidade Federal da Paraíba, UFP, Paraíba, 83p.

Pimenta, Pedro (2023) - *Logbook Estágios LoRaWan*

Sites consultados

<https://www.cm-maia.pt/>

<https://www.cm-maia.pt/inovacao-e-desenvolvimento/baze>

<https://lora-developers.semtech.com/learn/get-started/what-is-lora/>

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan>

<https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/architecture/>

<https://wavecom.com/about-us/>

<https://wavecom.com/uFAQs/what-is-lora/>

<https://lora-alliance.org/about-lora-alliance/>

<https://lora-alliance.org/about-lorawan/>

<https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>

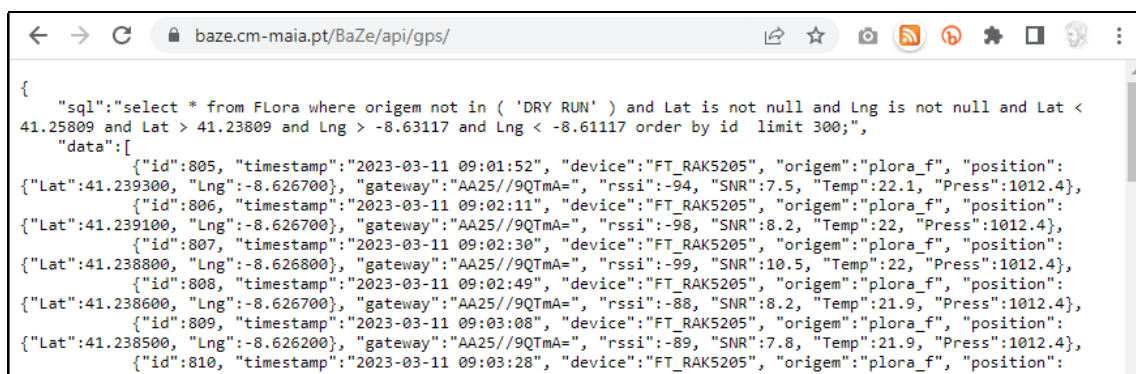
ANEXOS

Anexo A - Lista de pontos recebidos

Data	Device	CNT	Gateway	RSSI	SNR	Lat, Lng	Temp (°C)	Bat. (Tensão, V)	Pressão (mbar)	Hum. (%)
2023-05-07 16:56:23	Rak10700-D1 (LoraWan)	23	AA25//9QTmA=	-82	13.5	41.233710, -8.625471	28.4	4.3	1,013.0	45.0
2023-05-07 16:54:28	Rak10700-D1 (LoraWan)	22	AA25//9QTmA=	-97	11.8	41.235174, -8.626107	28.2	4.3	1,013.0	45.0
2023-05-07 16:52:25	Rak10700-D1 (LoraWan)	21	AA25//9QTmA=	-96	12.0	41.234765, -8.624685	28.0	4.4	1,013.0	46.5
2023-05-07 16:50:26	Rak10700-D1 (LoraWan)	20	AA25//9QTmA=	-81	8.2	41.233573, -8.625204	27.8	4.3	1,013.0	46.5
2023-05-07 16:48:24	Rak10700-D1 (LoraWan)	19	AA25//9QTmA=	-91	12.0	41.234487, -8.624776	27.6	4.3	1,013.0	47.5
2023-05-07 16:46:27	Rak10700-D1 (LoraWan)	18	AA25//9QTmA=	-101	8.8	41.233510, -8.625196	27.5	4.4	1,013.0	46.5
2023-05-07 16:44:26	Rak10700-D1 (LoraWan)	17	AA25//9QTmA=	-89	9.5	41.234632, -8.624964	27.4	4.3	1,013.0	47.0
2023-05-07 16:42:24	Rak10700-D1 (LoraWan)	16	AA25//9QTmA=	-95	10.5	41.233458, -8.625317	27.4	4.4	1,013.0	47.5
2023-05-07 16:40:24	Rak10700-D1 (LoraWan)	15	AA25//9QTmA=	-80	9.8	41.233711, -8.625039	27.4	4.4	1,013.0	47.5
2023-05-07 16:38:30	Rak10700-D1 (LoraWan)	14	AA25//9QTmA=	-90	13.0	41.233054, -8.625601	27.5	4.3	1,013.0	48.0

Server datetime: 08-05-2023 18:10:39

Anexo B - Chamada “default”, sem parâmetros



```

{
  "sql": "select * from Flora where origem not in ( 'DRY RUN' ) and Lat is not null and Lng is not null and Lat < 41.25809 and Lat > 41.23809 and Lng > -8.63117 and Lng < -8.61117 order by id limit 300;",
  "data": [
    {
      "id": 805, "timestamp": "2023-03-11 09:01:52", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.239300, "Lng": -8.626700
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -94, "snr": 7.5, "temp": 22.1, "press": 1012.4, "hum": 45.0
    },
    {
      "id": 806, "timestamp": "2023-03-11 09:02:11", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.239100, "Lng": -8.626700
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -98, "snr": 8.2, "temp": 22, "press": 1012.4, "hum": 46.5
    },
    {
      "id": 807, "timestamp": "2023-03-11 09:02:30", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.238800, "Lng": -8.626800
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -99, "snr": 10.5, "temp": 22, "press": 1012.4, "hum": 47.5
    },
    {
      "id": 808, "timestamp": "2023-03-11 09:02:49", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.238600, "Lng": -8.626700
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -88, "snr": 8.2, "temp": 21.9, "press": 1012.4, "hum": 46.5
    },
    {
      "id": 809, "timestamp": "2023-03-11 09:03:08", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.238500, "Lng": -8.626200
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -89, "snr": 7.8, "temp": 21.9, "press": 1012.4, "hum": 47.5
    },
    {
      "id": 810, "timestamp": "2023-03-11 09:03:28", "device": "FT_RAK5205", "origem": "plora_f", "position": {
        "Lat": 41.238400, "Lng": -8.626100
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -80, "snr": 9.8, "temp": 27.4, "press": 1013.0, "hum": 47.5
    }
  ]
}

```

Anexo C – Pontos Recolhidos com parâmetros filtrados



```

{
  "sql": "select * from Flora where origem not in ( 'DRY RUN' ) and Lat is not null and Lng is not null and Lat < 41.27711 and Lat > 41.25711 and Lng > -8.6128376 and Lng < -8.5928376 and gateway='AA25//9QTmA=' and created > timestamp('2023-05-01') and created < timestamp('2023-05-02') order by id limit 300;",
  "data": [
    {
      "id": 3359, "timestamp": "2023-05-01 13:48:03", "device": "FT_RAK5205", "origem": "Loralian", "position": {
        "Lat": 41.276600, "Lng": -8.607400
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -113, "snr": 1.8, "temp": 37, "press": 1005.9, "hum": 45.0
    },
    {
      "id": 3362, "timestamp": "2023-05-01 13:49:08", "device": "FT_RAK5205", "origem": "Loralian", "position": {
        "Lat": 41.275900, "Lng": -8.607700
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -113, "snr": 1, "temp": 37.3, "press": 1006, "hum": 46.5
    },
    {
      "id": 3365, "timestamp": "2023-05-01 13:50:08", "device": "FT_RAK5205", "origem": "Loralian", "position": {
        "Lat": 41.275500, "Lng": -8.607900
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -119, "snr": -1.5, "temp": 37.6, "press": 1006.1, "hum": 47.5
    },
    {
      "id": 3366, "timestamp": "2023-05-01 13:51:50", "device": "FT_RAK5205", "origem": "Loralian", "position": {
        "Lat": 41.274200, "Lng": -8.608600
      }, "gateway": "AA25//9QTmA=", "rssi": -113, "snr": -0.8, "temp": 38.1, "press": 1006.2, "hum": 46.5
    }
  ]
}

```