

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Renan França Gomes Nogueira

**ARQUITETURA DE IOT PARA AUTOMAÇÃO DO
MONITORAMENTO DE LABORATÓRIOS EM AMBIENTE
EDUCACIONAL**

Taubaté – SP
2020

Renan França Gomes Nogueira

**ARQUITETURA DE IOT PARA AUTOMAÇÃO DO
MONITORAMENTO DE LABORATÓRIOS EM AMBIENTE
EDUCACIONAL**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Automação e Dinâmica de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida.

Taubaté – SP

2020

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

N778a Nogueira, Renan França Gomes
Arquitetura de IoT para automação do monitoramento de laboratórios em ambiente educacional / Renan França Gomes Nogueira. -- 2020.
104 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida, Departamento de Informática.

1. Internet das coisas. 2. LoRaWAN. 3. Computação em nuvem.
4. Sensores. 5. Monitoramento. I. Mestrado em Engenharia Mecânica.
II. Título.

CDD – 005.133

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

RENAN FRANÇA GOMES NOGUEIRA
ARQUITETURA DE IOT PARA AUTOMAÇÃO DO MONITORAMENTO DE
LABORATÓRIOS EM AMBIENTE EDUCACIONAL

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo curso de Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Automação e Dinâmica de Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida.

Data: 18/09/2020

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

Universidade de Taubaté

Assinatura:_____

Prof. Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen Barbosa

Universidade de Taubaté

Assinatura:_____

Prof. Dr. José Carlos Lombardi

INPE

Assinatura:_____

Dedico aos meus Pais, pelo incentivo na realização desta pesquisa e pela compreensão dos momentos que me ausentei.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Luis Fernando de Almeida, pela oportunidade concedida, confiança depositada, pela orientação e contribuições.

Aos Professores Dr. José Carlos Lombardi e Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen Barbosa, pelas observações e apontamentos para melhoria desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, pelo incentivo e pelas contribuições iniciais.

À Direção da Fatec Cruzeiro, Professora Dr.^a Benedita Hirene de França Heringer, por permitir, acreditar e incentivar a realização desta pesquisa.

Ao Professor Me. José Walmir Gonçalves Duque, por sempre acreditar no meu potencial e incentivar a realização do mestrado.

Ao Coordenador do Curso de Gestão da Produção Industrial da Fatec Cruzeiro, Professor Me. Aníbal Evaristo Fernandes, pelo apoio na realização desta pesquisa nos laboratórios do curso.

Às Coordenadoras de Curso da Fatec Cruzeiro, Professora Dr.^a Ana Lúcia Magalhães, Professora Dr.^a Mary Mitsue Yokosawa e ao Coordenador Pedagógico, Professor Me. Carlos Henrique Loureiro Feichas, pela parceria e incentivo.

E a todos os professores dos créditos cumpridos no Mestrado em Engenharia Mecânica, em especial ao Professor Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen Barbosa, que contribuíram com seus conhecimentos diretamente para a realização deste estudo.

“A melhor maneira de prever o futuro é
criá-lo”
(Peter Drucker)

RESUMO

Esta pesquisa apresenta a viabilidade da aplicação de tecnologias ligadas à Internet das Coisas (IoT), Rede LoRa e o seu protocolo LoRaWAN, como veículos de comunicação entre sensores para o monitoramento de laboratórios de uma Instituição de Ensino Superior. O objetivo foi propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo e com garantia de disponibilidade dos dados, para automação do monitoramento de ambiente educacional com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central, por meio de aplicação de Computação em Nuvem. Para tal, utilizou-se como métodos de abordagem a pesquisa qualitativa e, quanto ao procedimento utilizado para levantamento de dados, fez-se uso de estudo de caso por meio de uma PoC – *Proof of Concept*, que em português significa Prova de Conceito. Este tipo de procedimento se propôs a estudar fenômeno ainda pouco explorado em seu contexto natural e provar o funcionamento da arquitetura proposta. De acordo com resultados e conclusão, restou demonstrado terem sido alcançados os objetivos propostos, haja vista que todos os testes foram bem sucedidos. A aplicabilidade dessa automação será de grande importância para ações proativas e facilidade na gestão dos ambientes institucionais, além de garantir um ambiente mais seguro aos estudantes.

Palavras-chave: Internet das Coisas, LoRa/LoRaWAN, Computação em Nuvem, Sensores, Monitoramento.

ABSTRACT

This research presents the feasibility of applying technologies related to the Internet of Things (IoT), LoRa Network and its LoRaWAN protocol, as communication vehicles among sensors for tracking laboratories of a Higher Education Institution. The objective was to propose generic IoT architecture, with a low cost and with guaranteed data availability, for automation of the educational environment monitoring with great capillarity and storage of data on a central platform, through the application of Cloud Computing. For it, qualitative research approach methods were used and, as to the procedure used for data collection, a case study was used through a PoC - Proof of Concept. This kind of procedure was proposed to study a phenomenon still little explored in its natural context and to prove the functioning of the proposed architecture. According to its results and conclusion, it was demonstrated that the proposed objectives have been achieved, considering that all tests were successful. The applicability of this automation will be of great importance for proactive actions and ease in the management of institutional environments, besides ensuring a safer environment for students.

Keywords: Internet of Things, LoRa/LoRaWAN, Cloud Computing, Sensors, Tracking.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Comparação da rede LPWAN com outros padrões	26
Figura 2.2 – Arquitetura de uma rede LoRaWAN.....	29
Figura 3.1 – Local de Execução da PoC	36
Figura 3.2 – Primeiro pavimento do prédio principal da instituição	38
Figura 3.3 – <i>Rack</i> onde foi instalado o <i>gateway</i> de comunicação LoRa e locais de alocação de sensores e atuadores.....	39
Figura 3.4 – Segundo pavimento do prédio principal da instituição	40
Figura 3.5 – Locais de alocação de sensores e atuadores em laboratórios de Informática.....	41
Figura 3.6 – Arquitetura genérica de baixo custo para a PoC.....	42
Figura 3.7 – Transceptor LoRa.....	43
Figura 3.8 – Transceptor LoRa com função GPS.....	44
Figura 3.9 – <i>Gateway</i> concentrador, receptor e transmissor de sinais LoRa	45
Figura 3.10 – Microcontrolador para integração com o rádio LoRa.....	46
Figura 3.11– Sensores e atuadores utilizados no projeto	47
Figura 3.12 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Diagrama <i>Ishikawa</i> ..	51
Figura 3.13 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Modelo <i>Waterfall</i>	52
Figura 3.14 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta TRL	56
Figura 3.15 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Modelo V	57
Figura 4.1 – Captura e armazenamento de dados do projeto	60
Figura 4.2 – Captura, armazenamento de dados e disponibilização em formato de gráficos.....	61
Figura 4.3 – Captura, armazenamento de dados e gráficos plotados utilizando a ferramenta <i>MATLAB</i>	62
Figura 4.4 – Captura, armazenamento de dados e visualização no mapa.....	63
Figura A.1 – Pavimento 1: Laboratório Célula de Manufatura Industrial e Robótica .	70
Figura A.2 – Pavimento 1: Laboratório Central de Usinagem e Impressão 3D	70
Figura A.3 – Pavimento 1: Laboratório de Informática 1	71
Figura A.4 – Pavimento 1: Laboratório Central de Automação Industrial	71
Figura A.5 – Pavimento 1: Laboratório de Eventos	72
Figura A.6 – Pavimento 2: Laboratório de Informática 2	72
Figura A.7 – Pavimento 2: Laboratório de Informática 3	73

Figura A.8 – Pavimento 2: Laboratório de Informática 4	73
Figura A.9 – Pavimento Térreo: Medição do sinal no ponto mais distante do Gateway	74
Figura B.1 – Proposta Comercial	75
Figura B.2 – Nota Fiscal dos Equipamentos	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Comparativo de tecnologias de rede LPWAN.....	29
Quadro 3.1 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta 5W2H.....	49
Quadro 3.2 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Matriz Swot.....	50
Quadro 3.3 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta TRL.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Faixas de operação de frequência LoRa por região do mundo	27
Tabela 3.1 – Ambientes do prédio da Fatec Cruzeiro	37
Tabela 4.1 – Resultados dos testes realizados com arquitetura genérica na PoC.....	59

LISTA DE SIGLAS

Sigla	Descrição
3D	<i>Three-dimensional</i> (Tridimensional)
5W2H	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How Much</i> (Que, Por que, Onde, Quando, Quem, Como, Quanto)
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i> (Bluetooth de Baixa Energia)
CSS	<i>Chirp Spread Spectrum Modulation</i> (Trinados de Modulação de Espectro Espalhado)
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programável)
COVID	<i>Coronavirus Disease</i> (Corona Vírus)
CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unidade Central de Processamento)
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fatec	Faculdade de Tecnologia
FSK	<i>Frequency-Shift Keying</i> (Modulação por Chaveamento de Frequência)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IES	Instituição de Ensino Superior
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
ITA	Instituto Tecnológico de Aeronáutica
LoRa	<i>Long Range</i> (Rede de Longo Alcance)
LoRaWAN	<i>Long Range WAN Protocol</i> (Protocolo de Rede de Longo Alcance)
LPWAN	<i>Low Power WAN</i> (Rede de Área Ampla de Baixa Potência)
LTE-M	<i>Long Term Evolution</i> (Evolução de Longo Prazo)
Matlab	<i>MATrix LABoratory</i> (Laboratório de Matriz)
MCU	<i>Microcontroller Unit</i> (Unidade de Microcontrolador)
MPU	<i>Microprocessor Unit</i> (Unidade de Microprocessador)
NB-IoT	<i>Narrowband-IoT</i> (Banda Estreita-IoT)
OSI	<i>Open System Interconnection</i> (Interconexão de Sistemas Abertos)
PoC	<i>Proof of Concept</i> (Prova de Conceito)
QoS	<i>Quality of service</i> (Qualidade do Serviço)

RFID	<i>Radio-frequency identification</i> (Identificação por Rádio Frequência)
RSSI	<i>Radio Signal Strength Indicator</i> (Indicação de Força do Sinal Recebido)
SigFox	Nome proprietário de empresa
SWOT	<i>Strengths, Weaknesse, Opportunities, Threats</i> (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)
TI	<i>Information Technology</i> (Tecnologia da Informação)
TRL	<i>Technology Readiness Level</i> (Nível de Maturidade Tecnológica)
TTN	<i>The Things Network</i> (A Rede de Coisas)
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> (Fidelidade sem Fio)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 IMPLANTAÇÃO DE ARQUITETURA GENÉRICA EM IOT PARA OUTRAS ÁREAS	18
1.2 OBJETIVOS	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 JUSTIFICATIVA	21
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	21
1.5 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 INTERNET DAS COISAS (IoT)	23
2.2 REDES LPWAN	24
2.3 TECNOLOGIA LORA	26
2.4 PROTOCOLO LORAWAN	27
2.5 COMPARATIVO LORA COM TECNOLOGIAS LPWAN SIMILARES	29
2.6 CLOUD COMPUTING COMO FERRAMENTA PARA COLETA DE DADOS EM IoT	31
2.7 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO	32
3 MÉTODO DE PESQUISA	34
3.1 ESTUDO DE CASO: POC – PROVA DE CONCEITO	34
3.2 LOCAL DE EXECUÇÃO DA POC.....	35
3.3 AMBIENTES DE APLICAÇÃO DA POC.....	36
3.4 ARQUITETURA GENÉRICA PROPOSTA	41
3.5 DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA ARQUITETURA PROPOSTA.....	42
3.5.1 Nó - Dragino LoRa Node Shield V1.4	42
3.5.2 Nó - Dragino LoRa Node Shield GPS V1.4	43
3.5.3 Gateway - Dragino LG01-P	44
3.5.4 Plataforma Arduino UNO Rev3	45
3.5.5 Sensores/Atuadores Plataforma Arduino	46
3.6 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS	47

3.7 COLETA DE DADOS	47
3.8 FERRAMENTAS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS E REQUISITOS	48
3.8.1 Ferramenta 5W2H	48
3.8.2 Ferramenta Matriz Swot	49
3.8.3 Ferramenta Diagrama Ishikawa (Causa e Efeito).....	50
3.8.4 Ferramenta Modelo Waterfall (Cascata)	51
3.8.5 Ferramenta TRL	53
3.8.6 Ferramenta Modelo V	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 COMUNICAÇÃO DO NÓ COM O GATEWAY	58
4.2 APLICAÇÕES DE CLOUD COMPUTING	59
4.2.1 The Things Network (TTN).....	60
4.2.2 Thinkspeak.....	61
4.2.3 GPS Wox	62
5 CONCLUSÕES	64
5.1 POSSIBILIDADE DE PESQUISAS FUTURAS.....	65
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE A – TELAS COM RESULTADOS DOS TESTES	70
APÊNDICE B – PROPOSTA COMERCIAL E NOTA FISCAL EQUIPAMENTOS ...	72
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL – FATEC CRUZEIRO	77
ANEXO B – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – FATEC CRUZEIRO	78
ANEXO C – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO EM REVISTA CIENTÍFICA.....	79

1. INTRODUÇÃO

Com o rápido desenvolvimento urbano e maior demanda para suprir as necessidades, seja na área da saúde, da educação, em cidades consideradas inteligentes ou em indústrias, um dos caminhos utilizados e que tem surtido resultados positivos, principalmente quanto à agilidade na comunicação entre equipamentos, com segurança dos dados e baixo custo, é a implantação de IoT (Internet das Coisas), como forma de sistematização e automação dos processos.

A IoT, termo originalmente norte-americano para descrever “*Internet of Things*”, ou seja, Internet das Coisas, ainda que não seja um termo recente, uma vez que o conceito surgiu baseado em tecnologia RFID¹ e redes *wireless*, utilizadas com a vinda da *internet* para a sociedade, retrata uma infraestrutura de comunicação padronizada em uma rede virtual dinâmica, na qual é possível a integração de objetos e pessoas, possibilitando aos objetos a autonomia de se comunicarem entre si, sem a necessidade de pessoas. No que diz respeito aos objetos, entende-se que, antes, eram considerados possíveis a conexão apenas de computadores e que, com a evolução tecnológica, vários outros equipamentos puderam ser conectados a outros, inclusive controlados, sendo exemplos as TVs, eletrodomésticos, *smartphones*, entre outros equipamentos eletrônicos.

Com essa versatilidade, o alcance dos equipamentos eletrônicos de pequeno porte, por meio da inserção da IoT, veio favorecer a conexão e sistematização de programas e processos como o gerenciamento escolar, na área educacional, de maquinários, na área industrial, de sistemas de irrigação em espaços agrícolas, de sistemas de iluminação em áreas urbanas etc.

Nota-se, assim, um crescimento expressivo de dispositivos de IoT – *Internet das Coisas*, conectados à rede. O número de conexões IoT massivas aumentou em um fator de três vezes em 2019, chegando a quase 100 milhões, conforme dados do MÖLLER *et al.* (2020).

Mesmo com tantos benefícios na implantação de uma rede IoT, seja em qual área for, alguns obstáculos surgem como, por exemplo, o receio significativo de investidores e/ou comunidade interessada quanto ao crescimento da infraestrutura de

¹ Sua composição se resume, basicamente, a uma antena, um transceptor e um transponder ou etiqueta de Rádio Frequência. O transceptor faz a leitura do sinal e transfere os dados para um dispositivo leitor, enquanto o transponder ou etiqueta contém o circuito de informações a ser transmitido.

rede, a qual esbarra em questões governamentais, em especial, no Brasil, além da segurança dos dados que trafegam por estas redes. Por outro lado, diante da futura implantação da rede 5G, abre-se a possibilidade da divisão de rede e capacidade de conectar exponencialmente mais dispositivos. Assim, tendo em vista a velocidade de crescimento dos dispositivos IoT, a preocupação é pela busca de padronização da comunicação, somado a garantia da estabilidade do meio e segurança. Há, nesse sentido, a necessidade da adoção de padronizações, melhores práticas e pesquisas conjuntas para um desenvolvimento ordenado e com segurança. Este último, no que diz respeito aos três pilares da Segurança da Informação: a integridade, confidencialidade e a disponibilidade da informação.

Além disso, para que tudo funcione adequadamente, tanto os equipamentos quanto os *softwares*, é necessário bom fluxo de banda e conexões de alta disponibilidade, sendo este um dos desafios da pesquisa que visa baixo custo na implantação da tecnologia, cuja base são sensores conectados ou próximo a máquinas e equipamentos para que somente em uma conexão, via *wireless* e orientada por protocolos de comunicação, seja possível, por exemplo, o controle e gerenciamento de todo um ambiente, se antecipando na ocorrência de problemas.

1.1 IMPLANTAÇÃO DE ARQUITETURA GENÉRICA EM IOT PARA OUTRAS ÁREAS

Considera-se que, de fato, muitos estudos acadêmicos têm sido apresentados em busca de soluções de automatização na área da saúde, abrangendo questões a respeito de “Como manter seguras e organizadas as informações de um paciente?”, “A que ponto os equipamentos da área da saúde podem ser sistematizados para atender procedimentos básicos como, por exemplo, armazenar dados padrões de pacientes para agilizar um atendimento ou diagnóstico?”. Nesses aspectos, a implantação da IoT na área da saúde vai além da resolução desses problemas, podendo, até mesmo, otimizar exames e cirurgias, além de possibilitar também o controle inteligente dos leitos. Cabe aqui ressaltar a necessidade atual de gerenciamento da disponibilidade de equipamentos de proteção individual (EPIs), respiradores, leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), assim como dos plantões dos profissionais de saúde para suprimento dos hospitais públicos e de campanha, nessa época de pandemia da Covid-19.

Enfim, muitas são as experiências de melhoria para a área hospitalar, tanto para os médicos e enfermeiros quanto para os pacientes. A IoT pode e tem promovido mecanismos capazes de revolucionar a forma de trabalho, de atendimento e de diagnósticos. Entretanto, sua implantação, especialmente em hospitais públicos, é um grande obstáculo. Na maioria dos casos, as áreas da saúde apresentam uma infraestrutura de rede defasada e obsoleta, incapaz de suportar ferramentas tecnológicas com qualidade, precisão, segurança e rapidez, necessitando, portanto, de investimento inicial para adesão a essa mudança tecnológica, que pode variar de valor baixo a médio, dependendo do tamanho do projeto de IoT que se pretende implantar. Entretanto, dado o retorno que pode ser obtido, torna-se um investimento viável e que beneficiará todos os processos que necessitam de recursos de Tecnologia da Informação.

Com relação às cidades inteligentes e áreas relacionadas à educação, muitos são os benefícios da implantação da IoT em seus sistemas. Algumas cidades apresentam essa vantagem tecnológica, por exemplo, na inserção de um *software* de gerenciamento de iluminação, no qual o sistema avisa, de forma ágil, a vida útil de cada lâmpada e quais estão queimadas, os horários em que há a necessidade da luz, possibilitando o ajuste de luminosidade com economia e segurança consideráveis para o município.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Nesta pesquisa, como objetivo geral, buscou-se propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo, com alta disponibilidade, para automação do monitoramento de ambiente educacional, com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central. Com isso, desenvolveu-se a metodologia primeiramente pensada na implantação das IoTs, que são formadas, em sua maioria, por computadores simuladores da área industrial, como solda virtual e braço robótico, impressora 3D, Controlador Lógico Programável, para a comunicação *wireless* dos sensores. Sua finalidade é efetuar o monitoramento em tempo real de laboratórios com o armazenamento seguro dos dados coletados, por meio de ambiente *Cloud Computing*, o que pode favorecer, posteriormente, a emissão de relatórios importantes

para o gerenciamento proativo dos ambientes, antecipando-se na ocorrência de falhas. Assim, a pesquisa procurou responder o seguinte problema de pesquisa:

De que forma pode-se garantir o monitoramento de ambientes de modo amplo, mas com coleta de dados central, por meio da automação do processo?

Por fim, para elaborar as hipóteses, levou-se em consideração que a pesquisa adota a abordagem qualitativa. Segundo Sampieri *et al.* (2014, p. 382) “As hipóteses de trabalho qualitativas são gerais ou amplas, emergentes, flexíveis e contextuais, adaptam-se aos dados e às mudanças no decorrer da pesquisa”. A pesquisa foi iniciada com as seguintes hipóteses levantadas:

- a) A tecnologia LoRa é indicada para interligar sensores IoT em ambientes distantes um do outro, com grande capilaridade, para monitoramento de laboratórios da instituição que simulam manufatura avançada, termo este que faz referência à 4ª revolução industrial que, conforme definição extraída do relatório emitido pelo MDIC e MCTIC (2016), trata da integração do ambiente industrial e controles remotos da produção, utilizando sensores e equipamentos conectados em rede. Além disso, é indicada também para monitorar equipamentos de informática e laboratório de eventos;
- b) Os dados coletados pelos sensores são armazenados em ambiente central, em nuvem, utilizando aplicativos *online* para gerenciamento dos dados, garantindo a disponibilidade dos dados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Alinharam-se a esta pesquisa, os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a tecnologia LPWAN mais adequada para o projeto;
- Projetar arquitetura genérica de IoT, com alta disponibilidade e baixo custo para atender monitoramento de ambiente educacional;
- Adquirir, montar e configurar os equipamentos necessários para compor a rede;
- Fazer estudo de caso, com uma PoC - Prova de Conceito, em laboratórios na Fatec Cruzeiro - Prof. Waldomiro May, bem como implantar as aplicações na rede e verificar seu funcionamento;

- Coletar dados e armazená-los em plataforma central na *Cloud Computing*.

1.3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa está alinhada à necessidade do autor, que é professor da Fatec há quase 15 anos e atua como Coordenador de Curso/TI, assim tem vivenciado a crescente dificuldade de monitoramento de laboratórios na instituição. Quanto aos benefícios visualizados na área educacional, a IoT pode possibilitar a redução de gastos e/ou otimizar o uso de recursos humanos para o monitoramento *in loco* dos ambientes de laboratório, podendo, inclusive, alertar antecipadamente sobre um possível problema. Igualmente, a IoT na área educacional, pode beneficiar a segurança da Instituição, automatizando sistemas de alarmes e garantindo a segurança de discentes, docentes, auxiliares de docente, funcionários e todos que operam o laboratório.

Dessa forma, muito mais do que sistematizar e facilitar a comunicação entre objetos e pessoas, a IoT impacta positivamente nas questões ambientais, agregando valores de responsabilidade social, por monitorar bem público com baixo custo e agilizar processos.

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A aplicação desta pesquisa nos laboratórios da instituição limita-se na aplicabilidade dessa tecnologia no referido ambiente educacional por meio de uma PoC – Prova de Conceito, do inglês *Proof of Concept*, tendo seu foco principal na arquitetura do sistema e não no *software* de seu monitoramento, que é baseado em nuvem. Trata-se de projeto multidisciplinar, abrangendo conceitos de eletrônica, telecomunicações, automação e tecnologia da informação, por isso conecta-se às áreas de Automação de Sistemas, Microprocessadores e Circuitos de Interfaceamento Digital e Engenharia de Sistemas & Requisitos, que são intimamente ligadas à arquitetura genérica do projeto.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa apresenta essa abordagem em tópicos e subtópicos, organizados da seguinte forma:

- No Capítulo 1, na inserção do contexto, apresentaram-se a introdução ao tema com sua delimitação, relevância, justificativa e objetivos. Em seguida, apresentam-se, também, a metodologia, as respectivas ferramentas a serem utilizadas, o modo como a pesquisa será desenvolvida e, posteriormente, aplicada, bem como os resultados esperados;
- No Capítulo 2, contempla-se a Fundamentação Teórica, descrevendo, primeiramente, as tecnologias existentes, embasando todo o contexto da pesquisa em autores, pesquisa e teses de relevância da área;
- No Capítulo 3, contextualiza-se, de fato, a parte de aplicabilidade da referida pesquisa, na qual são descritos, os itens da metodologia e ferramentas utilizadas;
- No Capítulo 4, demonstram-se os testes realizados e resultados, benefícios e abrangência da aplicabilidade dessa tecnologia;
- Por fim, como desfecho da pesquisa, descreve-se no Capítulo 5 as considerações acerca de todo o contexto apresentado, evidenciando, principalmente, quais objetivos foram alcançados e quais benefícios essa aplicabilidade pode proporcionar à sociedade, como um todo. Encerra-se a parte descritiva com as referências bibliográficas, descrevendo todas as fontes utilizadas para a realização da pesquisa e, por último, os anexos que compõem o mesmo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta conceitos relevantes relacionados à pesquisa, importante para o seu entendimento: internet das coisas, alguns tópicos sobre redes de computadores, *cloud computing* e segurança da informação.

2.1 INTERNET DAS COISAS (IOT)

Inicialmente, é importante destacar que o termo IoT - *Internet of Things* (Internet das Coisas), segundo Taivalsaari e Mikkonen (2017), não é um termo recente, mas sim algo com mais de duas décadas de existência. Inicialmente o conceito surgiu baseado em tecnologia RFID e redes *wireless*.

Com o uso da IoT e da *Cloud Computing*, torna-se possível o envio de informações em tempo real de parâmetros ambientais e/ou referência geográfica de equipamentos para um sistema de armazenamento na nuvem, baseado em serviços, permitindo que o gestor consiga acessar estes dados em qualquer lugar, auxiliando, se for o caso, o correto encaminhamento para determinado especialista na área. Por sua vez, este novo especialista poderá recuperar todo o histórico de dados coletados, bem como decisões tomadas anteriormente, de modo extremamente rápido e assertivo.

Conforme Pinto (2018), de uma perspectiva de infraestrutura e gestão, a Internet das Coisas pode tornar os objetos mais eficientes e permitir que eles recebam atributos complementares, como aplicativos que serão associados às funções atribuídas.

Para a adequação da infraestrutura existente ao conceito de IoT, é preciso entender os requisitos necessários para o seu desenvolvimento, conforme afirmação de Pinto (2018):

- a) Sensores: São dispositivos periféricos responsáveis por fazer o trabalho crítico da execução do monitoramento, medições e coletas de dados, lendo o sinal que posteriormente será enviado por um nó a um dispositivo central que armazenará os registros. Um sensor faz a leitura e converte parâmetros físicos em sinais que podem ser medidos eletronicamente. Conforme Karvinen (2014) sensores são componentes elétricos que funcionam como dispositivos de entrada, responsáveis por medir estímulo

externo aos componentes do sistema principal;

- b) Conectividade: O processo de conexão é de responsabilidade do próprio dispositivo, e ocorrerá utilizando rede *wireless* ou estação central, realizando troca de mensagens e arquivos. Segundo Moraes (2017), a *Internet* das Coisas passa por três pontos: quantidade de endereços IP, espectro de rádio e padronização de protocolo;
- c) Processamento: Os dados coletados devem ser enviados a um sistema que os transformará em informações e que, por fim, transmitirá ao usuário. Com a crescente demanda do processamento em tempo real, vem a utilização cada vez mais frequente dos serviços de *Cloud Computing*, disponibilizando as informações independentemente de sua geolocalização;
- d) Aplicação: Os dados produzidos pelo dispositivo de IoT favorecem a ação do próprio dispositivo, em função de seu uso em determinado processo. Tal uso pode fazer com que seja sinalizado algo ao operador, ou por exemplo a abertura automaticamente do pedido de compra de matéria-prima ou qualquer tipo de alerta visual ou via sistema, auxiliando a ação proativa em determinada atividade.

2.2 REDES LPWAN

LPWAN é a sigla de *Low Power Wide Area Network*, que traduzido para o português significa Rede de área ampla e baixa potência.

A empresa LinkLabs (2016) afirma que, apesar da LPWAN parecer uma tecnologia nova, ela é bastante utilizada em outros dispositivos como *Bluetooth*, *Bluetooth Low Energy* (BLE) e em menor grau nas redes *WiFi* e *ZigBee*. Trata-se de uma tecnologia adequada para quando há a necessidade de transmitir pequenas quantidades de dados em longo alcance, utilizando baterias com grande autonomia devido ao baixo consumo de energia.

Conforme Ayele *et al.* (2017), a maioria dos dispositivos que compõe projetos de IoT possuem fonte limitada de energia, utilizando protocolos de comunicação de baixa potência. É nesse sentido que as redes do tipo LPWAN foram projetadas para garantir a vida útil de baterias mais longa, visando atender aplicações que transmitem pequena quantidade de dados em locais geograficamente distantes um do outro.

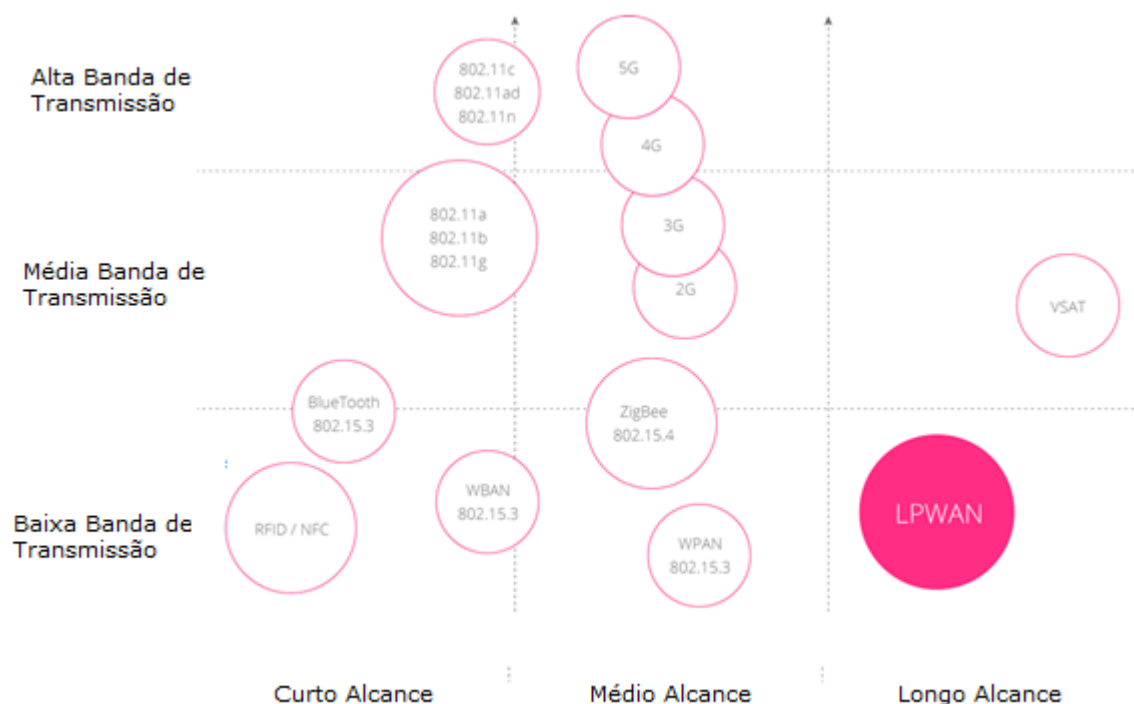
Em determinadas aplicações, os dispositivos que utilizam tecnologias deste tipo têm baterias que podem durar por até 10 anos. Isto é possível, tendo em vista que os dispositivos são raramente acionados, e quando são, transmitem pequenas quantidades de dados e logo em seguida são desligados. Os dados são enviados de modo intermitente e esporádicos, haja vista que dependendo da aplicação as variáveis não mudam com tanta frequência.

Principais Recursos:

- a) Longo Alcance: podem transmitir dados a mais de 10 km de distância, a depender da tecnologia que será utilizada;
- b) Baixa Taxa de Dados: podem ser transmitidos menos de 5.000 bits por segundo. Geralmente são enviados somente de 20 a 256 bytes de dados várias vezes ao dia;
- c) Baixo Consumo de Energia: os dispositivos que operam sob esta tecnologia podem ter baterias que duram entre 5 e 10 anos.

Na Figura 2.1 pode ser observada a comparação de redes LPWAN frente a outras redes disponíveis no mercado. Nota-se a baixa capacidade para transferência de dados e grande capacidade para transmissão de dados em longas distâncias. Nos tópicos seguintes serão abordadas as principais tecnologias LPWAN utilizadas atualmente no Brasil, quais sejam LoRa, LTE-M, NB-IoT e SigFox, bem como o detalhamento de cada uma delas. Por fim, é apresentado quadro comparativo com as respectivas vantagens e desvantagens de cada tecnologia, indicando qual tecnologia foi escolhida e a justificativa.

Figura 2.1 – Comparação da rede LPWAN com outros padrões.



Fonte: Adaptado de Waviot (2020).

2.3 TECNOLOGIA LORA

Segundo Bertoleti (2019), tendo em vista o crescimento da necessidade de equipamentos se conectarem entre si, bem como conexão direta com a internet, surge a necessidade de melhorar a conexão dos equipamentos com pontos centrais, os chamados *Gateways*, estabelecendo comunicações sem interferências, com longo alcance e consumindo menos energia. Portanto, a tecnologia LoRa surge para responder por esta demanda do mercado, sendo aliada da Internet das Coisas.

Afirmam Chaudhari e Zennaro (2020), que LoRa é o nome dado à camada física da tecnologia, enquanto LoRaWAN trata da camada lógica. LoRa é tecnologia criada e desenvolvida pela empresa Semtech tecnologia, que desenvolve os *chipsets* utilizados pelos equipamentos. LoRa portanto está ligado à tecnologia de rádio e enlace de rádio, a LoRaWAN faz referência ao protocolo que o *software* utiliza para a comunicação. Sendo este último um padrão aberto, permitindo desenvolver uma rede completa com *gateway*, endereçamento de dispositivos, controle de colisão, entre

outros. Conforme Garcia e Kleinschmidt (2017), a tecnologia LoRa é propagada e divulgada por comunidades de usuários e evangelizadores, fomentando a utilização em diversos projetos como uma boa opção de modelo aberto, no qual a questão da facilidade na configuração, ampla cobertura, baixo consumo de energia, etc, vão de encontro à escolha da tecnologia em diversos projetos.

Segundo Ayele *et al.* (2017), dentro do padrão OSI (*Open System Interconnection*), que trata do modelo internacional, que estabelece padrão para protocolos de comunicação, a tecnologia LoRa representa a camada física, que é a camada 1 do padrão, enquanto o protocolo LoRaWAN representa a camada 2, que trata do enlace ou ligação e a camada 3, que refere-se aos aspectos de rede.

O termo LoRa significa *long range*, que em português quer dizer longo alcance. Esta é uma das importantes características da tecnologia, que além disso opera com baixo consumo de energia elétrica. Trata-se de tecnologia com certa imunidade a interferências, por operar com frequências sub-gigahertz. Corroborando com a questão, afirmam Usmonov e Gregoretti (2017), que comparado com as modulações tradicionalmente utilizadas por outras tecnologias, que geralmente é a FSK - *Frequency-Shift Keying*, do português Modulação por chaveamento de frequência, a modulação utilizada na tecnologia LoRa, CSS - *Chirp Spread Spectrum Modulation* do português Trinados de Modulação de Espectro Espalhado, ganha grande destaque em transmissões de baixa potência e longo alcance. Esta modulação utiliza a técnica de correção de erro variável que tem como objetivo melhorar a força do sinal em detrimento da redundância.

Na Tabela 2.1 pode ser verificada a faixa de operação das frequências LoRa classificadas por região do mundo:

Tabela 2.1: Faixas de operação de frequência LoRa por região do mundo.

Região	Frequência
Estados Unidos	902 a 928 mHz
Austrália	915 a 928 mHz
China	779 a 787 e 470 a 510 mHz
Europa	863 a 870 e 433 mHz
Brasil	902 a 928 mHz

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com Bertoleti (2019), o rádio LoRa pode compor uma rede de dispositivos, formando uma LPWAN. Sob o ponto de vista de topologias de rede, a

tecnologia opera na topologia estrela, haja vista que envia seus dados a um *gateway*, que opera como o concentrador de comunicação, e possui um ou mais nós, que são os dispositivos finais, compostos por rádios e sensores/atuadores.

Ainda de acordo com Bertoleti (2019), com relação aos tipos de fluxo de dados permitidos, LoRa pode operar de três formas:

- a) Simplex: nesta configuração um rádio somente transmite dados e outros somente recebem. É um tipo de comunicação que ocorre em via única entre o concentrador e os nós;
- b) Half-duplex: aqui todos os rádios podem transmitir e receber dados, mas nunca simultaneamente no mesmo instante de tempo. Em determinado instante ele envia dados e no outro recebe, mas jamais ao mesmo tempo;
- c) Full Duplex: por fim, nesta comunicação os rádios podem transmitir ou receber dados simultaneamente.

2.4 PROTOCOLO LORAWAN

Conforme abordado no tópico anterior, cumpre destacar novamente que LoRa é uma tecnologia de rádio e enlace de rádio, para comunicação a longas distâncias com baixo consumo de energia elétrica. LoRaWAN, é um protocolo rede na camada de *software* que utiliza a tecnologia LoRa como camada física para transmissão dos dados.

Segundo Bertoleti (2019), LoRaWAN é um padrão não proprietário, que permite projetar uma rede completa, desde o endereçamento dos dispositivos, configuração do *gateway*, mecanismos de anti-colisão de pacotes, criar rotas, bem como todos os requisitos necessários para criação de uma rede completa. Assim como outros protocolos, o LoRaWAN implementa na conexão os detalhes de funcionamento relativos a segurança, QoS - qualidade do serviço, ajustes de potência dos nós com vistas a otimizar o consumo de energia. Este protocolo utiliza LoRa como canal de transmissão, estruturando a rede de modo que a comunicação seja estabelecida.

Por fim, o protocolo LoRaWAN abrange também a camada de aplicações, haja vista que os dados são recebidos no *gateway*, quando então são encaminhados para uma rede de servidores, que por sua vez, mediante tomadas de decisão automáticas,

armazenam os dados nos servidores de aplicação, conforme pode ser observado na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Arquitetura de uma rede LoRaWAN.



Fonte: Adaptado de Bertoleti (2019).

2.5 COMPARATIVO LORA COM TECNOLOGIAS LPWAN SIMILARES

No Quadro 1.1, foi comparada a tecnologia LoRa com as principais tecnologias em operação no Brasil atualmente. Foram destacadas, por tecnologia, as principais vantagens e desvantagens de cada uma delas.

Quadro 1.1 – Comparativo de tecnologias de rede LPWAN.

Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
<p>LoRa</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Liberdade para configurar sua própria rede; - Possibilita a troca de mensagens ilimitada, com velocidade de até 50 Kb/s; - Possui alcance longo, podendo chegar a 4 quilômetros dentro da cidade e cerca de 12 quilômetros em áreas livres de interferência, como áreas rurais, utilizando antenas direcionais; - Baixo consumo de energia; 	<ul style="list-style-type: none"> - Há a necessidade de criar e gerenciar seu próprio <i>gateway</i>; - Em caso de falha no <i>gateway</i>, compromete-se a rede inteira; - A latência (tempo de resposta), é maior comparado à outras tecnologias.

	<ul style="list-style-type: none"> - Usa frequência de operação livre. No caso do Brasil usa a de 915 Mhz; - Possui link simétrico, proporcionando comando e controle (bidirecional); - Ótimo para monitorar “ativos” em movimento. 	
Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
LTE-M	<ul style="list-style-type: none"> - Os dispositivos podem se conectar a redes de 4G; - Oferece dispositivos baratos; - A vida útil da bateria é maior comparado a outras tecnologias, pois quando não estão em uso “adormecem”. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliza rede proprietária; - Impossibilidade de configurar seu próprio <i>gateway</i>; - Depende da cobertura da empresa que disponibiliza o sinal.
Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
NB-IoT	<ul style="list-style-type: none"> - A cobertura é boa, funcionando bem em ambientes fechados e em áreas urbanas mais densas; - Possui tempo de resposta mais rápido que as redes LoRa e garante melhor qualidade de serviço. 	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de bateria é maior, comparado com as outras tecnologias; - Não dá liberdade para gerenciamento do seu próprio <i>gateway</i>; - É ideal apenas para monitoramento de “ativos” fixos, devido à dificuldade de transferência de comunicação entre torres.
Tecnologia	Vantagens	Desvantagens
SigFox	<ul style="list-style-type: none"> - Não há a necessidade de criar redes e gerenciar <i>gateways</i>; - Por ser tratar de rede disponibilizada por operadora, o suporte a esta rede é maior; - Permite comunicação longa sem interferência do sinal, por fazer um ótimo uso da potência do sinal; - Baixo consumo de energia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de operadora do sinal para o funcionamento; - A cobertura do sinal depende do que é determinado pela empresa, não estando presente em muitas localidades; - Permite apenas 12 bytes de <i>upload</i> por mensagem no limite de 140 envios por dia; - <i>Download</i> de 4 retornos por dia de apenas 8 bytes; - Possui arquitetura fechada, tratando-se de rede proprietária; - A possibilidade de mobilidade é menor comparado a outras tecnologias.

Fonte: Próprio Autor.

Conforme observado, todas as redes citadas no Quadro 1.1 possuem pontos positivos e negativos, vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas para cada aplicação, em específico, para sensores IoT, visando à coleta de parâmetros ambientais de equipamentos, tanto em ambientes internos como externos. Além disso, outro aspecto que deve ser levado em consideração é a taxa de disponibilidade

de cada tecnologia.

Importante destacar que a taxa de transmissão de dados é fator relevante para a escolha adequada de uma tecnologia *wireless* a ser empregada, bem como o desenvolvimento da arquitetura de rede a ser implantada.

Para o projeto em questão, foi escolhida a tecnologia LoRa, tendo em vista os seguintes aspectos:

- a) Bom alcance do sinal e baixo consumo de energia elétrica;
- b) Imunidade a interferências, tendo em vista que coletará dados próximo a equipamentos industriais;
- c) Liberdade de configuração do *gateway* sem o uso de operadoras e;
- d) Baixo Custo de todos os componentes.

2.6 CLOUD COMPUTING COMO FERRAMENTA PARA COLETA DE DADOS EM IOT

Conforme Taivalsaari e Mikkonen (2017), apesar da grande gama de plataformas de IoT disponíveis na atualidade, os conceitos por trás da sua "arquitetura" são, de certo modo, comuns. A arquitetura *end-to-end* possui em geral elementos padrões, que podem ser consideradas como as ferramentas para aplicação da internet das coisas. A computação em nuvem (ou *Cloud Computing*) é uma metáfora, tendo em vista que normalmente a *internet*, em diagramas de rede, é representada por uma nuvem. A função da computação em nuvem, segundo Elsenpeter (2013), é fazer com que tudo se concentre nos projetos estratégicos, inclusive na redução de custos, mas não em preocupar-se em manter um *data center* em operação.

A *Cloud Computing* é hoje componente essencial para a utilização de *Software* como Serviço, Plataforma como Serviço e Infraestrutura como Serviço. É com base nessas classificações que as empresas utilizam o sistema de nuvem para reduzir custos, como alternativa à implantação de servidores e centro de processamento de dados. Cenário este último que possui gastos elevados com equipamentos, sistema de refrigeração, combate a incêndio e outros.

Por fim, outro aspecto que vai ao encontro do presente artigo versa sobre a alta disponibilidade por meio de ambientes virtualizados redundantes. Dois ou mais

servidores podem ser alocados para que garantam a disponibilidade na ocorrência de um problema em um dos recursos. A virtualização de redundância em sistemas de computação em nuvem pode garantir que a informação seja clonada em um mesmo servidor ou em outros servidores físicos espalhados pela Internet, afirma Elsenpeter (2013).

Segundo Miller (2017), a informação coletada pelos sensores que envolvem a IoT, pode ser transmitida para um serviço de computação em nuvem, que tem como responsabilidade coletar e analisar os dados para posterior tomada de decisão, por meio da análise dos dados coletados.

Desse modo, diante da preocupação em manter os dispositivos IoT funcionando em 100% do tempo, por meio de uma rede compartilhada e cooperativa com sensores que demandam consumo de energia, busca-se a utilização de redes que mantenham esses equipamentos em funcionamento com baterias e/ou fontes de energias compactas, ao mesmo tempo garantindo baixo consumo e com grande autonomia.

Nota-se, portanto, ainda conforme Taivalsaari e Mikkonen (2017), que apesar da grande gama de plataformas de IoT disponíveis na atualidade, os conceitos por trás da sua "arquitetura" são, de certo modo, comuns. A arquitetura *end-to-end* possui em geral elementos padrões, como os Dispositivos, que podem ser classificados como os sensores que coletam os dados. Os *Gateways*, que são os dispositivos responsáveis pela coleta, processamento e transferência dos dados. A *Cloud*, que armazena o grande volume de dados coletado pelos sensores e, por fim, os *Apps*, que proveem o acesso e a interação com a informação.

2.7 SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

Segundo Barlow (2016), hoje, equipamentos industriais, bem como sistemas operados por CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) e sensores, estão expostos à Rede Mundial de Computadores (*Internet*). Os equipamentos industriais e sensores estão on-line, e a empresa, bem como usuários finais, muitas vezes não estão cientes disso.

É daí que surge a preocupação com a Segurança da Informação, que tem como pilares essenciais a integridade, confidencialidade e disponibilidade da informação. Este último é objeto de estudo no presente artigo, que visa abordar conceitos que garantam que a informação coletada pelos sensores seja enviada constantemente

para o *Gateway* e esteja disponível em tempo integral.

Atualmente, há grande preocupação com fraudes bancárias, roubo de identidade, que em comparação a um ataque de IoT, tornam-se de menor potencial ofensivo. A falha natural ou proveniente de ataques, que possam comprometer a disponibilidade de sensores médicos como marca-passo, nível de insulina ou até outros como casas ou carros inteligentes, pode trazer um risco letal ao usuário, conforme afirma Miller (2017).

Espera-se cada vez mais que os conceitos de confiabilidade, escalabilidade e segurança se tornem relevantes em projetos que envolvam IoT. Quando determinadas demandas falham, nos causam apenas aborrecimentos, mas outras podem ser extremamente perigosas. Um exemplo disto pode ser um carro autônomo. Ainda segundo Barlow (2016), quando ele falha, não podemos simplesmente dizer que houve um "*crash*", mas sim algo mais crítico e perigoso.

É diante de tais preocupações que devem ser observadas questões de segurança tanto em aspectos ligados ao *software*, como também ao *hardware*.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este item apresenta a metodologia adotada na pesquisa, pontuando como foi realizada, quais os passos e escolhas adotadas que conduziram aos objetivos apresentados na introdução da pesquisa.

Com relação à abordagem, a pesquisa é qualitativa, tendo em vista que foram levantados dados de intensidade de sinal com o uso de *software* aplicativo, para medir se o dispositivo transmitiu ou não o sinal, independentemente da escala de decibéis medidos nos experimentos realizados em todos os ambientes que se desejou monitorar.

Quanto à epistemologia, ou seja, a forma como o fenômeno foi compreendido, trata-se de conceito positivista, haja vista que os resultados obtidos podem ser interpretados do mesmo modo por todos os "atores" envolvidos no projeto, por meio da aplicação da prova de conceito da arquitetura proposta.

Quanto à natureza, vislumbra-se aqui pesquisa aplicada, por ter sido desenvolvida na prática para a solução de problemas reais.

No que diz respeito à análise dos dados, caracterizou-se como pesquisa explicativa, haja vista que foram identificados os fatores ligados à tecnologia escolhida, que determinaram ou contribuíram para a ocorrência dos fenômenos identificados, quais sejam, a comunicação dos sensores com os *gateways*, a não interferência no sinal e o baixo consumo de energia.

Por fim, quanto ao procedimento utilizado para levantamento de dados, fez-se uso de estudo de caso, por meio de uma *PoC – Proof of Concept*, que em português significa Prova de Conceito. Este tipo de procedimento se propôs a estudar fenômeno ainda pouco explorado em seu contexto natural.

3.1 ESTUDO DE CASO: POC – PROVA DE CONCEITO

Como forma de demonstrar na prática a metodologia e validar a arquitetura projetada, com os respectivos conceitos e tecnologias selecionados, optou-se por desenvolver uma PoC, que será descrita com detalhes nos próximos tópicos.

De acordo com Silva (2014), Prova de Conceito, do inglês *Proof of Concept* (PoC), faz referência a um termo que se refere a modelo prático que pode provar o conceito estabelecido por pesquisas e a respectiva seleção de tecnologia.

A PoC proposta nesta pesquisa, partirá da premissa da abordagem *Top Down*, que começa por uma abordagem geral da arquitetura e desce até níveis específicos, envolvendo conceitos de protótipo, definições dos testes, construção dos aplicativos embarcados nos nós e *gateway* e respectiva análise dos resultados obtidos.

3.2 LOCAL DE EXECUÇÃO DA POC

O projeto foi executado em uma IES – Instituição de Ensino Superior, que dispõe de laboratórios de informática, industriais e eventos para uso de toda comunidade acadêmica. A IES Fatec Cruzeiro – Prof. Waldomiro May, localizada na cidade de Cruzeiro/SP, iniciou suas atividades letivas em fevereiro de 2006 e atualmente operam na faculdade quatro cursos de Graduação, quais sejam Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Eventos, Gestão da Produção Industrial e Gestão Empresarial.

O Centro Paulo Souza é a autarquia responsável pela administração das atuais 73 Faculdades de Tecnologia (Fatecs) nas 67 cidades do Estado de São Paulo, e atende mais de 40 mil estudantes distribuídos em cursos Superiores de Graduação. As Fatecs são instituições públicas de ensino superior gratuito, que ministram cursos de graduação em tecnologia, concebidos e planejados para atender segmentos atuais e emergentes da atividade industrial e serviços, local e regional, tendo em vista a constante evolução tecnológica.

Sob o ponto de vista do ensino, este se apoia em projetos ligados ao mercado, estudo de casos e em laboratórios específicos, ligados aos cursos oferecidos, concebidos e equipados para reproduzir as condições reais do ambiente profissional, permitindo ao estudante participar de forma inovadora nas várias pesquisas de sua área. Nesse aspecto, a IES Fatec tem sua missão amparada pelo artigo 218 da Constituição Federal, que determina o dever do Estado na promoção e incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico, à pesquisa e inovação.

Na Figura 3.1, pode ser observada a capilaridade de atuação da Fatec, também a localização no estado da unidade onde foi executado o teste. Pretende-se levar a proposta aqui apresentada para o Centro Paula Souza, a fim de que seja feita a análise da possibilidade de implantação da arquitetura nas outras unidades do estado.

Figura 3.1 – Local de Execução da POC.



Fonte: Souza (2020)

3.3 AMBIENTES DE APLICAÇÃO DA POC

A PoC foi aplicada em laboratórios industriais, informática e eventos, que são utilizados por docentes e discentes da unidade educacional, junto aos cursos de graduação e extensão. Nos laboratórios estão alocados equipamentos que simulam manufatura avançada, de informática, infraestrutura de redes e laboratório de eventos, local onde são simulados e organizados eventos na unidade.

O terreno da instituição tem 12.803,00 m² e área construída total de 5.155,18 m², com térreo e mais dois pavimentos no prédio central, local onde foi aplicada a PoC.

A Tabela 3.1 descreve todos os ambientes do prédio. Os locais realçados na cor azul identificam as áreas onde foram alocados os sensores e atuadores, e na cor verde, o local onde foi alocado o *gateway* central LoRa. Os locais onde cada sensor e nós foram implantados podem ser visualizados nas plantas e fotos de equipamentos das Figuras 3.3 a 3.5.

Na Tabela 3.1 pode ser verificado como está dividida a estrutura em termos de ambientes da Fatec Cruzeiro, bem como foram sinalizados os locais onde foram instalados os nós e *gateway* para coleta de dados.

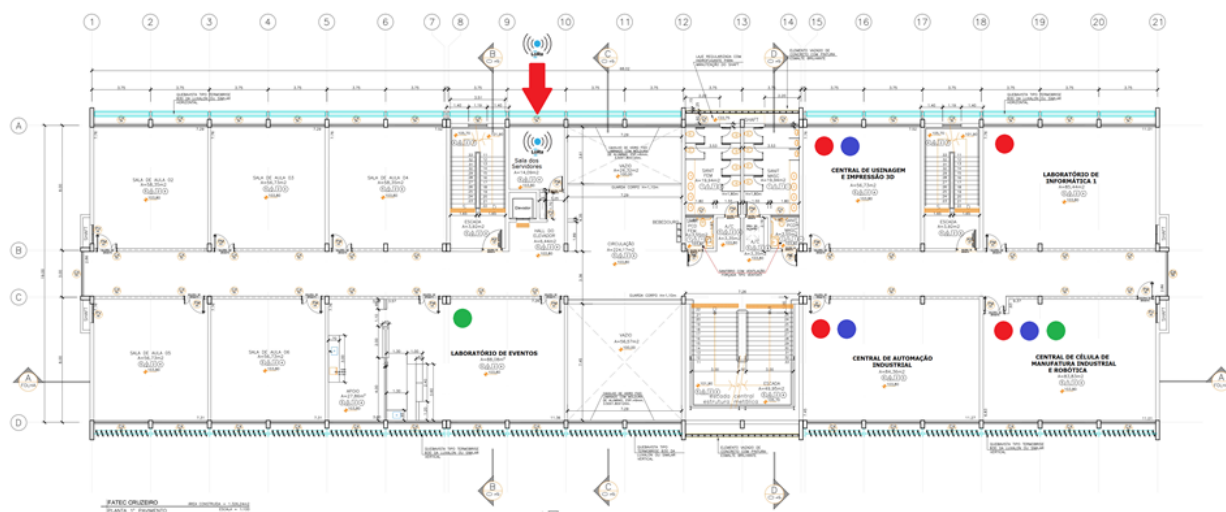
Tabela 3.1 – Ambientes do prédio da Fatec Cruzeiro.

INSTALAÇÃO	QUANTIDADE	CAPACIDADE	OBSERVAÇÕES
SALAS DE AULA	08	40	Salas de aula com equipamentos multimídia.
	01	50	
LABORATÓRIOS	01	40	Laboratório de eventos.
	01	40	Lab. De materiais e desenvolvimento de produto.
	01	40	Lab. De manufatura avançada.
	01	40	Lab. De usinagem cnc e impressão 3d.
	04	40	Lab. De informática.
	01	20	Lab. De coworking.
AUDITÓRIO	01	350	Auditório com hall de espera, copa, camarins e sanitários masc. E fem.
MINI AUDITÓRIO	01	70	Mini auditório para realização de eventos com menor demanda.
APOIO	13	-	01 sala de coordenação de curso; 01 sala de secretaria acadêmica + arquivo; 01 sala de diretoria de serviços + arquivo; 01 sala de coord. De estágios; 01 sala de ata – assistente técnico administrativo; 01 sala de reuniões; 01 copa dos funcionários; 01 biblioteca + sala de controle + salas de estudo coletivo e ambiente de estudo individual; 01 sala de suporte em ti; 01 sala de telecomunicações; 01 sala de servidores e infraestrutura em ti; 01 sala de almoxarifado; 01 refeitório com área de atendimento + cozinha;
OUTROS	06	-	01 sala de professores + copa exclusiva; 01 sala de diretoria de unidade; 01 sala de vice diretoria de unidade; 02 depósitos; 01 área de serviço.

Fonte: Próprio Autor.

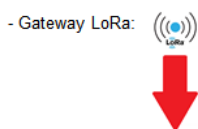
Na Figura 3.2 está descrita a planta com a localização exata dos nós LoRa, com respectivos sensores de temperatura e umidade, gases e nível de ruído. Está demonstrado também com indicação de seta na cor vermelha, a exata localização do gateway LoRa.

Figura 3.2 – Primeiro pavimento do prédio principal da instituição.



Localização - nós, sensores e gateway - 1º Pavimento - Laboratórios:

- Central de Usinagem e Impressão 3D ●●
- Informática 1 ●
- Central de Automação Industrial ●●
- Célula de Manufatura Industrial e Robótica ●●●
- Eventos ●



Legenda:

- Sensor de Temperatura e Umidade ●
- Sensor de Gases ●
- Sensor de Nível de Ruído ●

Fonte: Próprio Autor.

Conforme pode ser verificado na Figura 3.3, é demonstrado o rack onde foi instalado o gateway de comunicação LoRa, em infraestrutura de TI já existente antes da implantação do projeto. Além disso, estão demonstrados os locais de alocação de sensores e atuadores, acoplados aos nós LoRa. Visando garantir a alimentação ininterrupta do sistema de energia, os nós foram alimentados com Power Bank (banco de bateria) que garante autonomia de até três dias em caso de queda ou falta de energia.

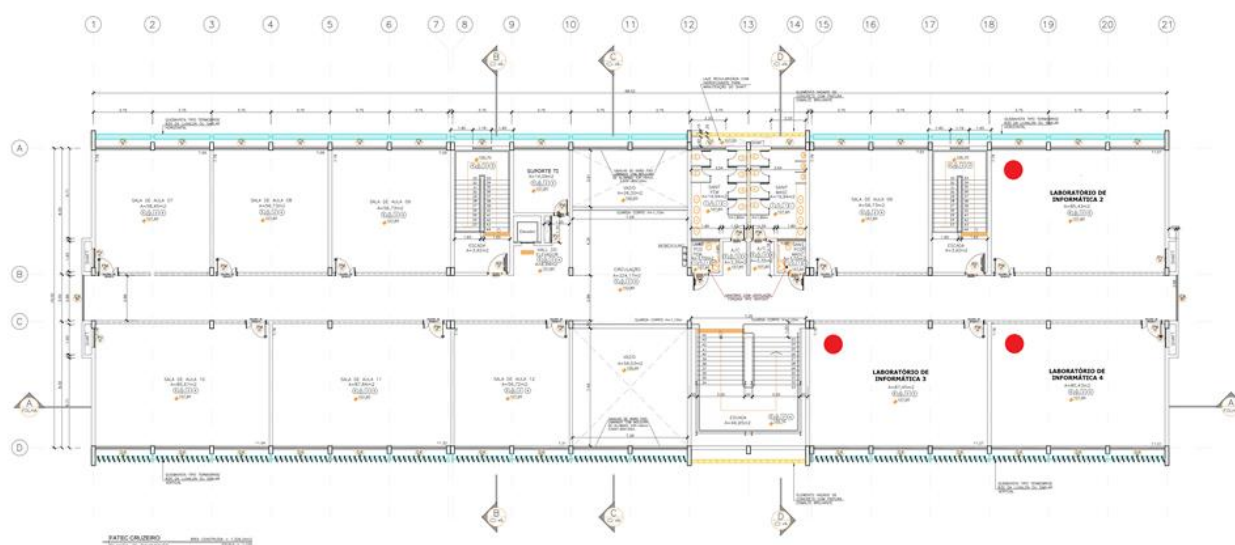
Figura 3.3 – Rack onde foi instalado o gateway de comunicação LoRa e locais de alocação de sensores e atuadores.



Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 3.4 está apontada a localização dos nós e sensores de temperatura e umidade do segundo pavimento da unidade, que conta com três laboratórios de informática. Os sensores estão distantes em média 60 m do gateway LoRa, que está localizado no primeiro pavimento.

Figura 3.4 – Segundo pavimento do prédio principal da instituição.



Localização - nós e sensores - 2º Pavimento - Laboratórios:

- Informática 2 ●
- Informática 3 ●
- Informática 4 ●

Legenda:

- Sensor de Temperatura e Umidade ●

Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 3.5 podem ser visualizados os locais onde foram instalados os sensores e atuadores em laboratórios de informática.

Por fim, foi alocado temporariamente um sensor para testes em local que fica no ponto mais extremo do prédio e que também é o mais distante do *gateway*, distando 160 m. Este sensor teve a função de validar possível alocação de outros sensores em pontos mais distantes que os atuais. Os resultados serão apresentados e discutidos no item 4, Resultados e Discussões.

Figura 3.5 – Locais de alocação de sensores e atuadores em laboratórios de informática.

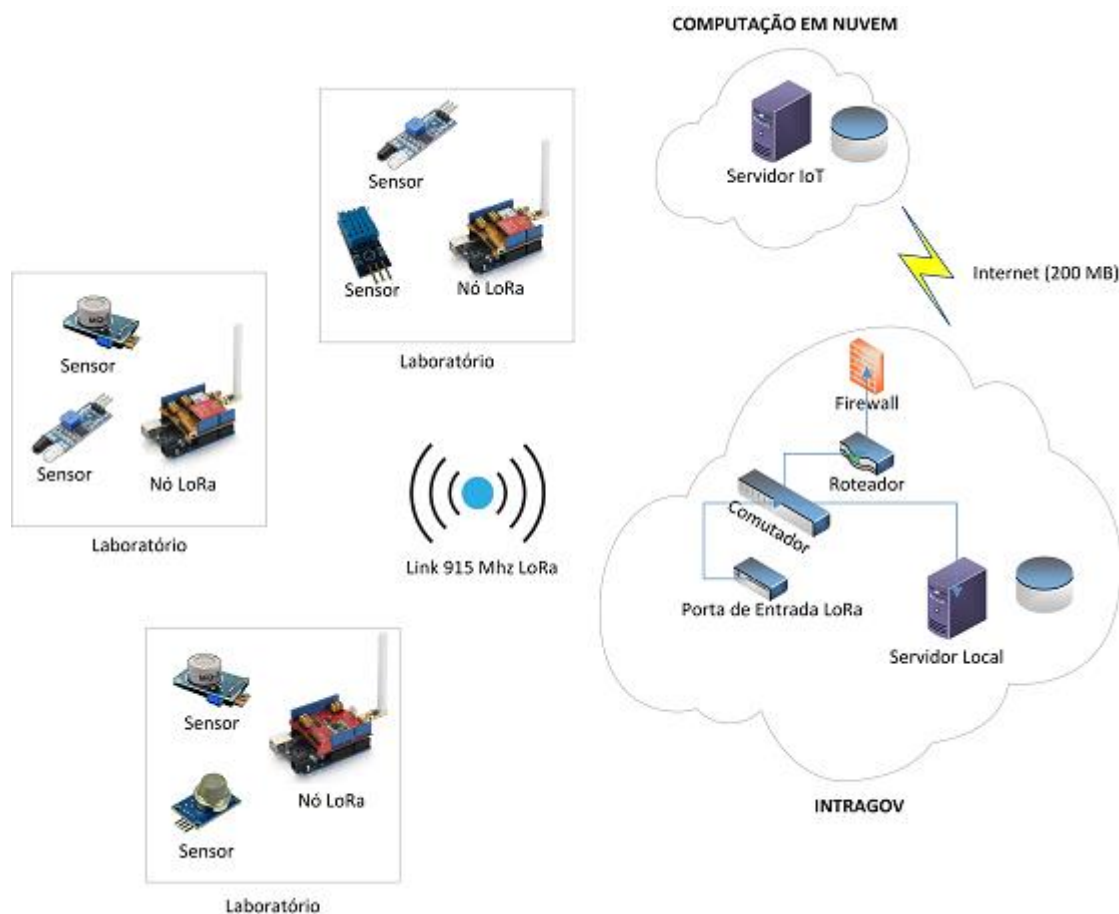


Fonte: Próprio Autor.

3.4 ARQUITETURA GENÉRICA PROPOSTA

Nesta seção é apresentada a arquitetura genérica de implantação do projeto, conforme Figura 3.6. Nela podem ser verificados os componentes de IoT que utilizam a tecnologia LoRa. São nós de transmissão, sensores/atuadores e por último o *gateway*, que tem a responsabilidade de receber o sinal oriundo dos nós. A arquitetura foi conectada à rede preexistente da unidade por meio de um *switch*, que encaminha os dados para um roteador, que por sua vez entrega os dados para a nuvem de *internet*.

Figura 3.6 – Arquitetura genérica de baixo custo para a PoC.



Fonte: Próprio Autor.

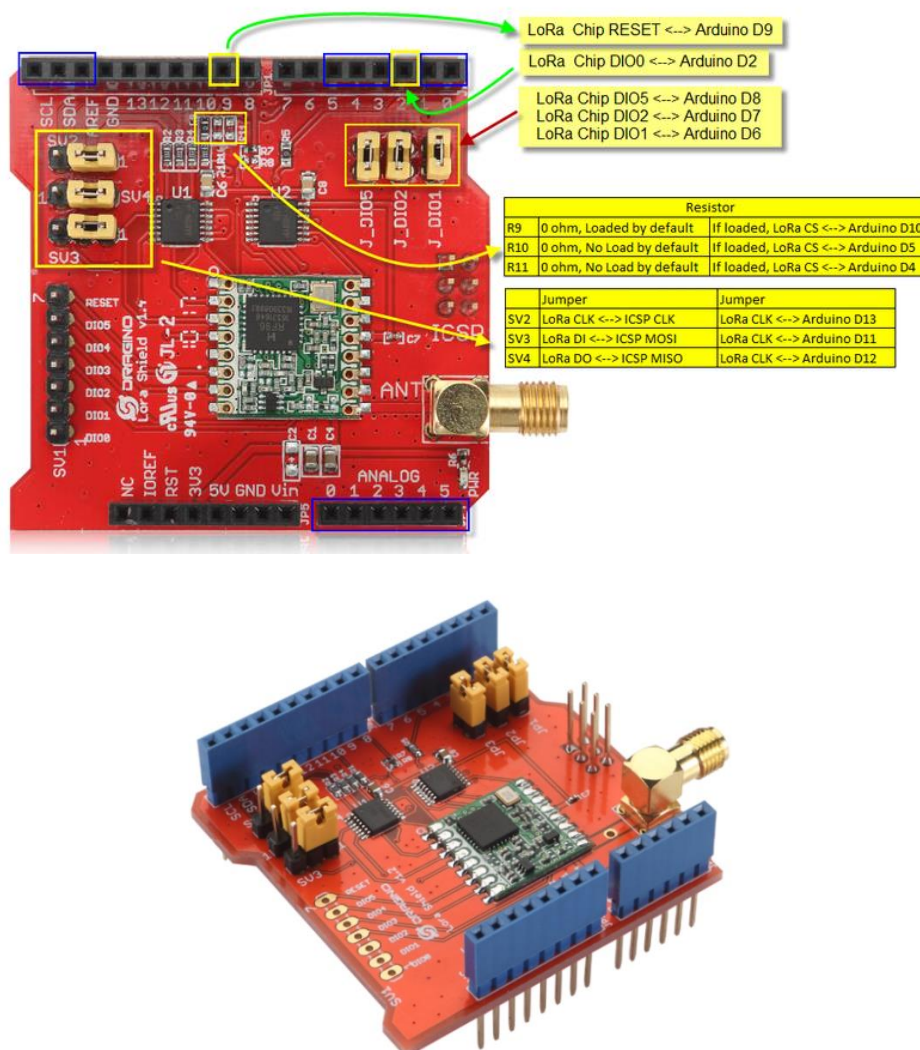
3.5 DISPOSITIVOS UTILIZADOS NA ARQUITETURA PROPOSTA

São elencados e descritos aqui todos os dispositivos, de baixo custo, utilizados na montagem da arquitetura genérica do projeto. Foi adquirido o *kit* "LoRa IoT Development", da empresa Dragino (2020), o qual foi utilizado para a realização dos testes dessa automatização.

3.5.1 Nó - Dragino LoRa Node Shield V1.4

É um nó transceptor de longo alcance, baseado em biblioteca de código aberto, compatível com a Plataforma Arduino. Permite enviar dados e alcançar faixas extremamente longas com baixas taxas de dados. Baseia-se no chip Semtech SX1276/1278, vide Figura 3.7.

Figura 3.7 – Transceptor LoRa.

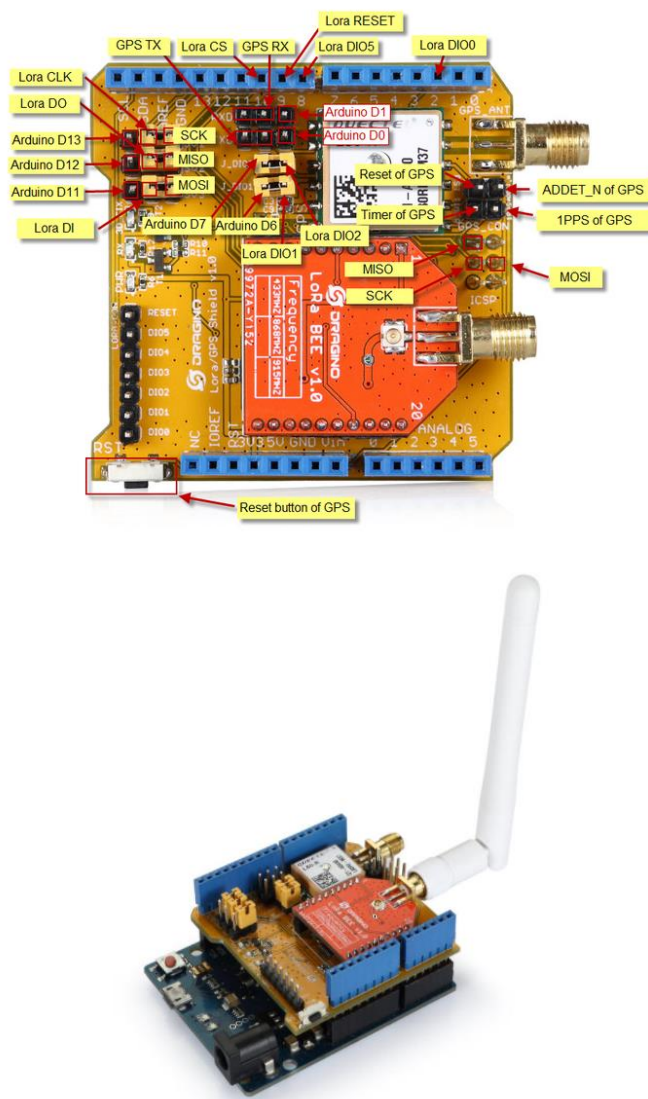


Fonte: Dragino (2020)

3.5.2 Nó - Dragino LoRa Node Shield GPS V1.4

Idem ao nó convencional, descrito no tópico anterior, mas com a função de GPS adicionada por meio de um chip L80 GPS, baseado no MTK MT3339, conforme Figura 3.8. Podem ser armazenados dados de até 3 dias na memória interna.

Figura 3.8 – Transceptor LoRa com função GPS.



Fonte: Dragino (2020).

De acordo com Fargas e Petersen (2017), a tecnologia LoRa é dotada de recursos interessantes, e isto faz dela uma ótima tecnologia para ser utilizada em aplicações de geolocalização. Isso se evidencia e a torna atrativa, por garantir longos alcances como, por exemplo, até 15 km nas áreas rurais e 5 km nas áreas urbanas devido à boa sensibilidade dos receptores.

3.5.3 Gateway - Dragino LG01-P

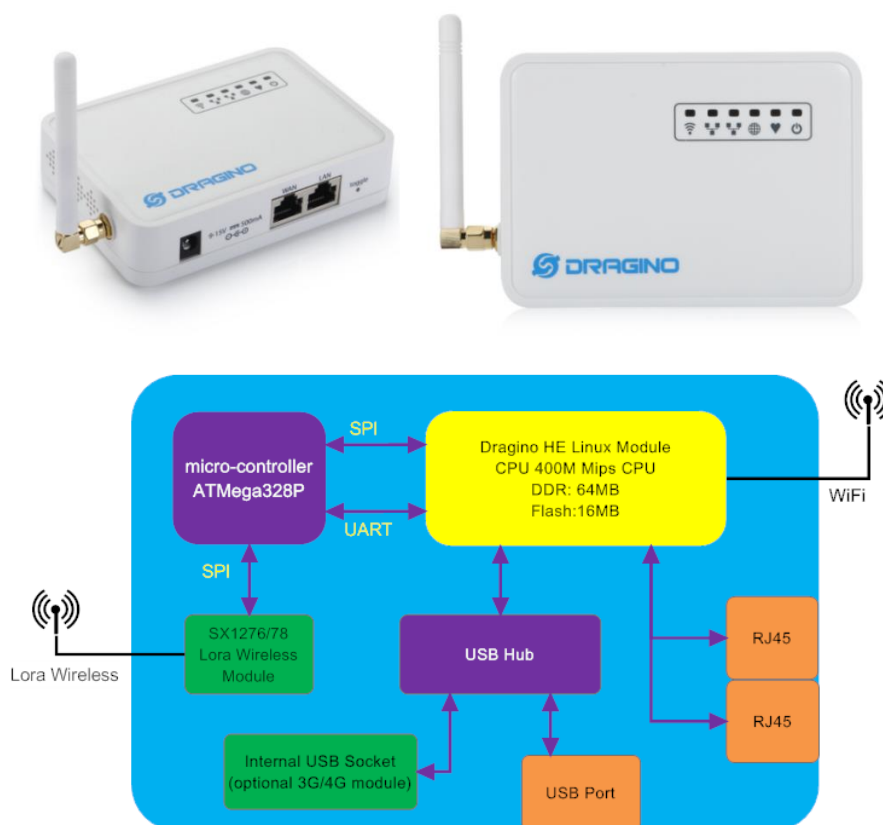
Trata-se de um *gateway* de código aberto e utiliza Linux (Open Wrt System – openwrt.org). Ele permite conexão direta a uma rede Wi-Fi, Ethernet ou Celular

3G/4G, o que desse modo torna possível levar para a *internet* qualquer sensor conectado a um nó LoRa. Seu projeto físico pode ser visto na Figura 3.9.

Especificações técnicas:

- a) CPU - Processador: 400Mhz ar9331 processor, 64MB RAM, 16MB Flash;
- b) MCU - Microcontrolador: ATmega328P, Flash: 32KB, SRAM: 2KB, EEPROM: 1KB.

Figura 3.9 – Gateway concentrador, receptor e transmissor de sinais LoRa.



Fonte: Dragino (2020).

3.5.4 Plataforma Arduino UNO Rev3

É um microcontrolador baseado no chip ATmega328P. Possui 14 entradas e saídas digitais e 6 entradas analógicas. Flash: 32 KB, SRAM: 2 KB, EEPROM: 1 KB, Clock 16 MHz. Tem a função de conexão do transceptor rádio LoRa, disponibilizando ao projeto as entradas e saídas analógicas e digitais para conexão aos sensores e

atuadores, conforme Figura 3.10.

Figura 3.10 – Microcontrolador para integração com o rádio LoRa.

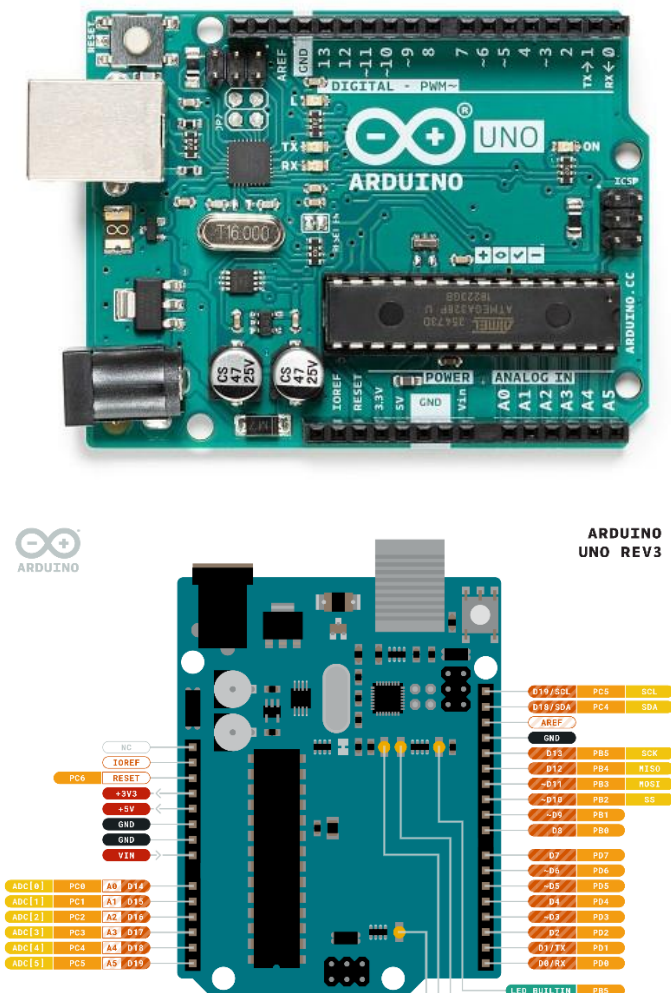


Figura 3.11 – Sensores e atuadores utilizados no projeto.



Fonte: Dragino (2020).

3.6 CUSTO DOS EQUIPAMENTOS

Visando contemplar um dos objetivos propostos na pesquisa, buscou-se por equipamentos de baixo custo. Os equipamentos foram importados por meio de Loja Nacional - Radek Information Systems, em Curitiba/PR e o *kit* teve um custo total de R\$ 1.220,55 (aproximadamente US\$ 300 dólares). O *kit* é composto por 1 nó LoRa, 1 nó LoRa GPS, 1 *Gateway*, 10 Sensores, 30 Conectores, 2 Plataforma Arduino UNO. A proposta comercial e nota fiscal dos equipamentos podem ser verificadas no Apêndice B.

3.7 COLETA DE DADOS

Os dados obtidos no teste realizado por meio da PoC têm como objetivo identificar se a arquitetura genérica projetada consegue entregar corretamente todos os parâmetros obtidos pelos sensores, que, uma vez armazenados na aplicação em nuvem, serão posteriormente transformados em informação. Esta informação é observada e validada pelo pesquisador ou por qualquer recurso humano ligado ao gerenciamento dos ambientes monitorados.

Tendo em vista que o objeto geral da pesquisa gira em torno da validação da

arquitetura, não há que se preocupar com dados que projetem estatísticas ou sejam quantificados, entretanto deverão ser observados e compreendidos para que validem ou não a coleta destes por meio da arquitetura, e que estes sejam possíveis de ser armazenados em ambiente central em nuvem, gerando então o conhecimento e respondendo ao problema levantado na introdução desta pesquisa.

O sistema foi observado em seu pleno funcionamento como um todo, de modo a comprovar qualitativamente se a proposta inicial foi alcançada com êxito. Os sensores foram acionados simultaneamente e os parâmetros foram enviados pelo nó LoRa para o *gateway* central, que por sua vez encaminhou os parâmetros para a aplicação em nuvem, armazenando os mesmos de modo centralizado e em determinadas aplicações, gerando até mesmo gráficos interpretativos que poderão ser melhor ajustados em possibilidades de pesquisa futura.

3.8 FERRAMENTAS DE ENGENHARIA DE SISTEMAS & REQUISITOS

Como parte dos métodos, foram utilizadas ferramentas ligadas à área de Engenharia de Sistemas & Requisitos, que têm como objetivo modelar o problema apresentado, qual seja, da coleta de parâmetros de laboratórios em tempo real. Dessa forma, ficou fácil prever possíveis falhas, funcionalidades e características técnicas do sistema.

Foram utilizadas as ferramentas: 5W2H, Matriz SWOT, Ishikawa (Diagrama de Causa e Efeito), Modelo Waterfall (Cascata), TRL - Nível de Maturidade Tecnológica e Modelo V.

3.8.1 Ferramenta 5W2H

Esta ferramenta trata de um *checklist* de atividades detalhadas que devem ser executadas com clareza e eficiência.

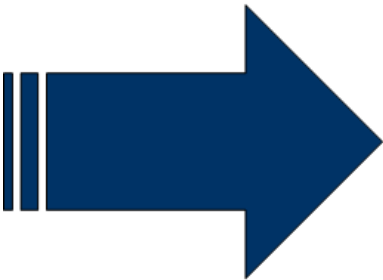
Define-se 5W2H como: W: *What* (o que será feito?) – *Why* (por que será feito?) – *Where* (onde será feito?) – *When* (quando?) – *Who* (por quem será feito?)
2H: *How* (como será feito?) – *How much* (quanto vai custar?).

Essa metodologia traz como base as respostas para as perguntas formuladas. As respostas auxiliarão no mapeamento de atividades que estão ligadas aos passos necessários para conduzir o projeto de modo claro e efetivo.

Aplicando-se a ferramenta foi possível aprimorar o planejamento de execução da atividade, auxiliando, inclusive, na elaboração das próximas ferramentas que serão apresentadas. O seu uso tornou o projeto mais claro no que diz respeito a como proceder e qual o melhor caminho a seguir para conquistar o objetivo do projeto.

Como apoio ao presente projeto foram levantadas as respostas, conforme Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta 5W2H.



O QUÊ?	Criar arquitetura, configurar, coletar dados por meio de sensores e/ou atuadores, armazenar e enviar para ambiente em nuvem, objetivando o monitoramento de ambiente educacional.
QUEM?	Mestrando, instituição de ensino, direção da unidade, fabricantes de equipamentos, pesquisadores na área.
ONDE?	Instituição de Ensino Superior Público, na cidade de Cruzeiro/SP.
QUANDO?	Curto e médio prazo.
POR QUÊ?	O monitoramento, cuidado e zelo pelo bem público é dever de todos, mas principalmente no que diz respeito ao monitoramento, é dever do Estado. Isto pode ser garantido mediante a utilização de recursos tecnológicos que visem ao monitoramento central e amplo de ambientes físicos e na consequente predição de problemas.
COMO?	Implantar rede de longo alcance, que seja capaz de cobrir todo o espaço físico necessário, coletando os dados e armazenando os mesmos de modo centralizado e envio para aplicações na nuvem.
QUANTO CUSTA?	A infraestrutura básica da instituição já está montada, portanto o custo envolvido será somente com a arquitetura de coleta dos dados. O custo será de aproximadamente R\$ 2.074,83 - 1 nó LoRa, 1 nó LoRa GPS, 1 Gateway, 10 Sensores, 30 Conectores, 2 Arduino UNO.

Fonte: Próprio Autor.

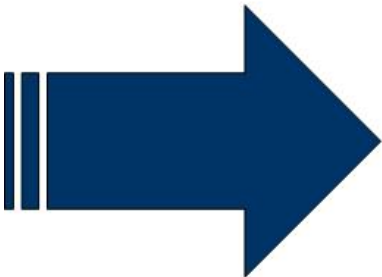
3.8.2 Ferramenta Matriz Swot

A Matriz SWOT tem como objetivo traçar um diagnóstico do projeto, de modo a colocar na balança as vantagens e desvantagens do desenvolvimento da PoC. Com o seu uso é possível entender a posição da PoC comparado a projetos similares, de modo a conferir mais confiança, segurança e força para enfrentar os desafios que o projeto pode enfrentar.

Ela mede as forças (S, de *stregths*) fraquezas (W, de *weaknesses*) do negócio, que são os fatores internos – assim como oportunidades (O, de *opportunities*) e ameaças (T, de *threats*), que por sua vez são os fatores externos do ambiente.

Com a utilização da presente ferramenta foi possível traçar o diagnóstico estratégico para prever e prevenir condições negativas, além de firmar diretrizes que podem fazer o conceito se diferenciar no mercado, além da análise do projeto no cenário econômico, conforme pode ser observado no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Matriz Swot.



Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> - Novo mercado - IoT - em expansão; - Grande capacidade inovadora; - Cooperação internacional para padronização de tecnologias LPWAN; - Automação de rotinas e processos integrando diferentes sistemas; - Gerenciamento por meio de equipamento central (mais inteligência e controle); - Diagnóstico de problemas em tempo real, preventivo/preditivo, antecipando-se na ocorrência do problema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na falha de equipamento de controle central, poderá ocorrer parada do sistema; - Falta de mão de obra qualificada para a implantação da tecnologia; - Instituição não tem tanta afinidade com pesquisa; - Incertezas e dúvidas do mercado – adoção de novas tecnologias; - Falta de incentivo do governo.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> - Educação é direito previsto na Constituição Federal, bem como o respectivo zelo pelo bem público (laboratórios/prédio); - Possibilidade de parceria com outras empresas para aprimoramento do projeto; - Integração de produtos visando atender diferentes necessidades; - Atuação em novo segmento de mercado - IoT; - Desconto em impostos para incentivo fiscal frente às inovações realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incompatibilidade de dispositivos por falta de padronização; - Ocorrência de erros de comunicação entre dispositivos; - Falta de interesse para utilização da tecnologia na área da educação; - Resistência por parte das empresas em adotarem padronização; - Segurança dos dados; - Disponibilidade na coleta e/ou armazenamento dos dados em função da queda da rede de comunicação.

Fonte: Próprio Autor.

3.8.3 Ferramenta Diagrama Ishikawa (Causa e Efeito)

A presente ferramenta auxilia em problemas complexos, tendo em vista que com ela é possível analisar todos os fatores que envolvem a execução do processo. A representação do modelo aborda todos os aspectos que podem ter levado à

ocorrência do problema, as “causas-raízes”. Dessa forma a utilização deste reduz muito a possibilidade de esquecer algum detalhe não previsto no projeto.

Normalmente nas extremidades do diagrama são elencadas seis categorias: Máquina, Materiais, Mão de obra, Meio-ambiente, Métodos e Medidas.

Foi elencada uma possível falha em potencial, qual seja a falha na coleta e/ou armazenamento de dados e comunicação entre dispositivos. As possíveis causas foram testadas uma a uma, com o objetivo de verificar qual delas está causando o efeito, ou seja, o problema, que se pretende corrigir. Após identificar a causa correta, automaticamente será possível eliminar o problema. Por fim, verificou-se que a abrangência e amplitude do modelo é ampla, permitindo assim contemplar análise de projetos complexos, como é o caso dos itens abordados no presente projeto e pode ser verificado na Figura 3.12.

Figura 3.12 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Diagrama Ishikawa.



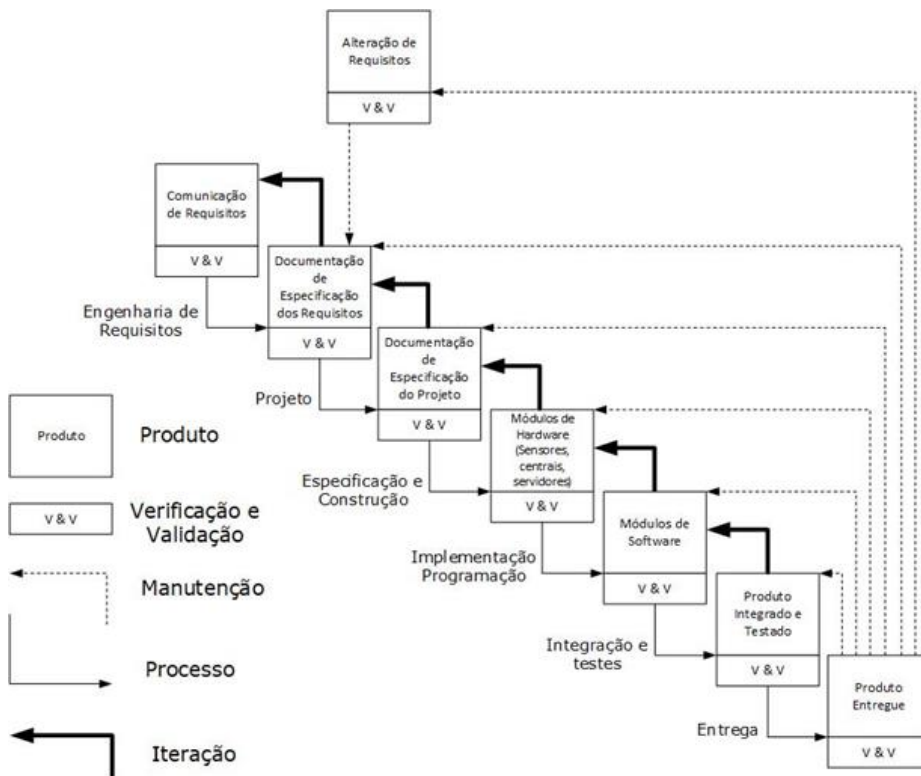
Fonte: Próprio Autor.

3.8.4 Ferramenta Modelo *Waterfall* (Cascata)

O modelo cascata é geralmente utilizado em engenharia de *software*, e recebe este nome por estruturar os processos de desenvolvimento do produto em formato de cascata. Neste modelo uma saída é entrada para outra, sendo identificadas as conexões entre produtos, processo de verificação e validação, manutenção, conexão entre os processos e sua iteração.

No projeto foram utilizados os processos de comunicação de requisitos, documentação de especificação dos requisitos, documentação de especificação do projeto, módulos de *hardware* (sensores, centrais, servidores), módulos de *software*, produto integrado, testado e por fim o produto entregue. Por meio do desenvolvimento do modelo foi possível perceber a necessidade da conclusão das tarefas precedentes para que as tarefas avancem para as subseqüentes. Com este modelo é possível que o idealizador participe ativamente do projeto. Foi feita também a previsibilidade da alteração dos requisitos, bem como a respectiva manutenção dos processos. O resultado foi contemplado vide Figura 3.13.

Figura 3.13 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Modelo *Waterfall*.



Fonte: Próprio Autor.

3.8.5 Ferramenta TRL

TRL – *Technology Readiness Levels* (Nível de Maturidade Tecnológica) trata de uma metodologia que tem como objetivo principal demonstrar o *status* de determinada tecnologia avaliada. Ela ajuda a mensurar quão distante o resultado esperado está e auxilia a enquadrar o projeto dentro dos custos, esforços e prazos que foram pré-definidos. A ferramenta une gestores, técnicos e pesquisadores, de modo que todos compreendam de forma comum o projeto. Com a definição do *status* que a tecnologia está torna-se mais fácil possibilitar *feedbacks*, comparar tecnologias e tomar decisões futuras.

Ela é dividida nos seguintes níveis:

- a) TRL 1 a 3: Pesquisa e Desenvolvimento (P & D): Atividades de pesquisa e exploração da tecnologia, descobrimento e formulação do conceito da tecnologia a ser desenvolvida;
- b) TRL 4 a 6: Construção da Tecnologia: Desenvolvimento do conceito da tecnologia e aplicação (protótipo), prova experimental da tecnologia realizada em ambiente laboratorial relevante;
- c) TRL 7 a 9: Validação e Produção: Demonstração em ambiente aeroespacial, sistema qualificado e missão alcançada, possibilidade de reprodução em escala, processo de parceria e transferência tecnológica para indústria.

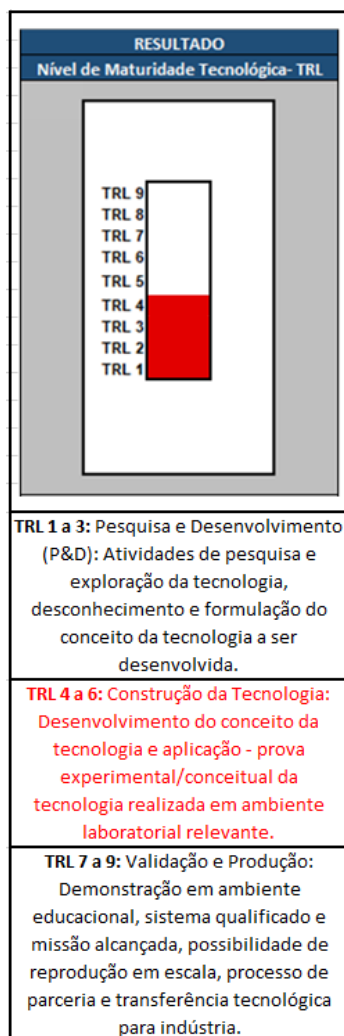
Para auxiliar no projeto foi utilizada adaptação da metodologia realizada pelo ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Trata-se da IAE/ITA-2016-1, que é uma planilha na qual são formuladas perguntas para cada nível. Após responder a todas as perguntas pode-se concluir que o projeto tratado aqui está no nível de maturidade 3 – Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), conforme pode ser demonstrado no Quadro 3.3 e na Figura 3.14.

Quadro 3.3 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta TRL.

Nível de Maturidade Tecnológica- TRL	
TRL 1 - Princípios básicos observados e relatados	
	Resultado
Foram identificados os princípios básicos?	SIM
Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?	SIM
Foram documentado os estudos que confirmam os princípios básicos?	SIM
Foram identificadas leis e pressupostos utilizados na nova tecnologia e não proíbem o desenvolvimento?	SIM
Foi levantada e documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da pesquisa tecnológica?	SIM
Foi identificado quem e onde será realizada as pesquisas da tecnologia?	SIM
Existe fonte monetária ou interessados, stakeholders (patrocinadores) na concretização da tecnologia?	SIM
Foi levantado se alguma outra instituição de pesquisa ou empresa está pesquisando a tecnologia no país?	SIM
Foi realizada pesquisa em ambiente exploratório?	SIM
Existem publicações científicas em revistas/ anais/ congressos a respeito da tecnologia?	SIM
TRL 2 - Conceito tecnológico e/ou aplicação formulados	
	Resultado
Foi realizada pesquisa em ambiente de trabalho?	SIM
Foram identificadas as principais funções a serem desempenhadas pela tecnologia?	SIM
Foram formuladas as potenciais aplicações?	SIM
Foi documentada a viabilidade das aplicações confirmadas por estudos?	SIM
Foi identificada a funcionalidade da tecnologia?	SIM
Foram identificados possíveis GAP's da tecnologia e documentados?	SIM
Sabe que programa (projeto) a tecnologia vai apoiar?	SIM
Foram identificados potenciais clientes?	SIM
Cliente demonstra interesse na aplicação?	SIM
TRL 3 - Prova de conceito experimental e analítica, da função crítica e ou característica	
	Resultado
Foi concretizado a realização do projeto conceitual do elemento e documentado?	SIM
Foi verificada a viabilidade da aplicação por experimentos de laboratório (simulação)?	SIM
Foram identificados os possíveis defeitos da tecnologia em experimentos de laboratório?	SIM
Foram especificados os requisitos de desempenho da tecnologia?	SIM
Foram identificados e documentados os componentes que devem trabalhar juntos(visão sistêmica)?	SIM
Foi plenamente demonstrada a viabilidade científica da tecnologia?	SIM
Foram identificadas e desenvolvidas as técnicas de desenvolvimento da tecnologia?	SIM
Foram avaliados os conceitos de fabricação da tecnologia?	SIM
Foram identificados os componentes chaves para fabricação?	SIM
Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento do protótipo?	SIM
TRL 4 - Validação oficial do componente e ou breadboard em ambiente laboratorial	
	Resultado
Foram testados os componentes individuais em laboratórios e realizados relatórios?	SIM
Foram totalmente identificados os possíveis GAP's da tecnologia ?	SIM
Foram identificados os requisitos gerais do sistema para aplicação aos usuários finais?	SIM
Foi realizado o projeto conceitual da tecnologia?	SIM
Foram estabelecidas as métricas de desempenho da tecnologia?	SIM
Foi identificado os custos para desenvolvimento do protótipo?	SIM
Foi realizado o cronograma para desenvolvimento do protótipo?	SIM
Foi iniciado o programa de gestão de risco do protótipo?	SIM
Foram iniciados os estudos de integração da tecnologia ao projeto final?	SIM
Foram realizados os relatórios de teste da placa de ensaio?	SIM

TRL 5 - Validação oficial do componente e ou breadboard em ambiente relevante	
Foi realizado a definição preliminar de requisitos de desempenho no ambiente relevante?	NÃO
Foi realizado o projeto preliminar do elemento, suportado por modelos apropriados para a verificação funções críticas?	NÃO
Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala?	NÃO
Foi estipulado a definição placa de ensaio para a verificação da função crítica?	NÃO
Foram realizados os testes de teste placa de ensaio com relatórios?	NÃO
Foram identificados os efeitos das possíveis falhas da tecnologia (se houver)?	NÃO
Foram identificados os requisitos de interface de sistema?	NÃO
Foram identificadas as interações entre os componentes / subsistemas?	NÃO
Foi realizada modificações no ambiente de laboratório para aproximar ambiente operacional deixando apto a testes?	NÃO
Foram realizados testes tecnológicos dos componentes em ambiente relevante?	NÃO
TRL 6 - Demonstração do protótipo em ambiente relevante	
Foi realizada e documentada a definição de requerimento do desempenho e do ambiente relevante?	NÃO
Foram documentados os requisitos completos de sistema e subsistema para funcionamento?	NÃO
Foram realizados identificação e análise das funções críticas do elemento e verificadas as funções críticas e documentadas em relatório?	NÃO
Foram concluídas as avaliações das características de desempenho da tecnologia mesmo com os possíveis GAP's?	NÃO
O ambiente relevante de funcionamento para eventual sistema é conhecido?	NÃO
Foi iniciada a aquisição de dados da manutenção real, confiabilidade e dados de suporte?	NÃO
Foi testado o modelo representativo (protótipo) completo em laboratório, ambiente operacional de alta fidelidade (simulação)?	NÃO
TRL 7 - Demonstração do protótipo em ambiente relevante	
Foi realizado testes em cada interface do sistema / software individualmente em condições de tensão e anômalas?	NÃO
Foi simulado as funcionalidades disponíveis para demonstração em ambiente operacional?	NÃO
Foi totalmente integrado o protótipo ao ambiente real demonstrado (ou simulado ambiente operacional)?	NÃO
Foi realizado teste com sucesso do protótipo do sistema em um ambiente estipulado?	NÃO
Foi realizado documentação do teste do modelo de protótipo?	NÃO
Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da tecnologia em escala?	NÃO
Foi documentada a definição de requisitos de desempenho?	NÃO
Foi documentada a definição do ambiente operacional?	NÃO
Foi documentada a definição do modelo e da realização do teste?	NÃO
TRL 8 - Sistema real completo e qualificado em voo por meio de testes e demonstração	
Foi construído e integrado o modelo final no sistema final? (produto)	NÃO
Foram realizados ajustes dos componentes a suas funções para deixar compatível com o sistema operacional?	NÃO
Foi testado o sistema e caracterizado com seu design e função para a aplicação pretendida ?	NÃO
Foram demonstrados os resultados o funcionamentos e a função da tecnologia em eventual teste de sistema de plataforma?	NÃO
Foi concluído o processo de controle da interface?	NÃO
Foi concluída a documentação formal de regulamentação?	NÃO
Foi concluída a documentação da gestão e controle de configuração?	NÃO
Foram demonstradas todas as funcionalidades em ambiente operacional simulado e sistema qualificados através de teste e avaliação na plataforma real?	NÃO
Foi identificado que o sistema atende às especificações?	NÃO
Foi iniciado no programa de gestão de risco em parceria com o desenvolvimento com a indústria?	NÃO
Foi identificado os custos para desenvolvimento da tecnologia em escala ou transmitido o conhecimento em parceria com a indústria?	NÃO
Foi estipulado cronograma para desenvolvimento em escala da tecnologia ou realizado trabalho em parceria com a indústria?	NÃO

Figura 3.14 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta TRL.

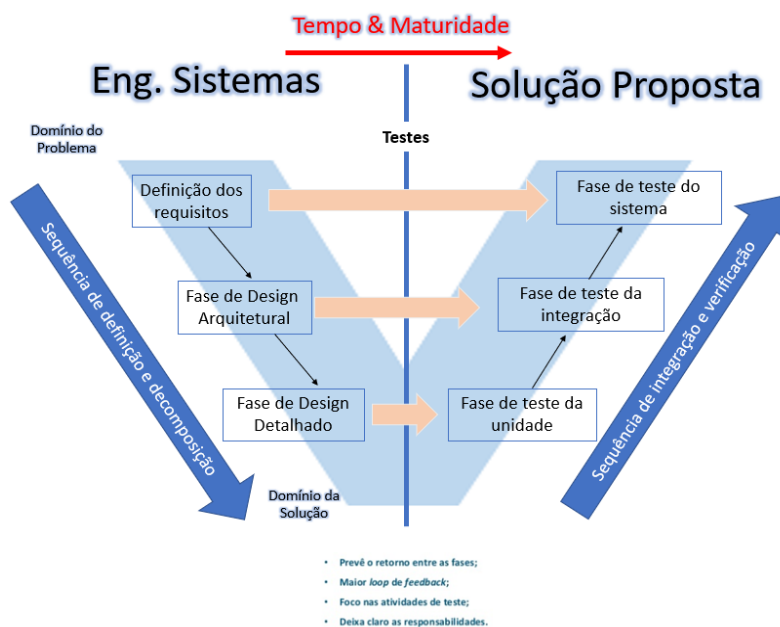


Fonte: Próprio Autor.

3.8.6 Ferramenta Modelo V

Esta ferramenta permite a validação e verificação a cada fase de construção do sistema. O sistema poderá ser retroalimentado em cada etapa melhorando a qualidade do produto resultante. O resultado pode ser visto na Figura 3.15.

Figura 3.15 – Resultado da Análise do Projeto em ferramenta Modelo V.



Fonte: Próprio Autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta parte, demonstram-se os testes realizados e resultados, os benefícios e abrangência da aplicabilidade dessa tecnologia. Os testes foram executados em laboratórios localizados no primeiro e segundo pavimentos, conforme documentado e evidenciado no tópico anterior da pesquisa. Além disso, com a finalidade de comprovar a abrangência capilar da tecnologia, foi realizado, por fim, teste no ponto mais distante do *gateway* ao nó, com 160 metros de distância.

4.1 COMUNICAÇÃO DO NÓ COM O GATEWAY

Conforme descrito, o terreno da instituição tem 12.803,00 m² e área construída total de 5.155,18 m², composto por térreo e mais dois pavimentos no prédio central, local onde foi aplicada a PoC e outro prédio anexo, onde ficam localizados a cantina, cozinha, auditório e camarim.

Na Tabela 4.1 é possível verificar os resultados dos testes realizados. Os sensores e atuadores foram acionados simultaneamente, de modo que os dados coletados foram enviados para o *gateway*. Os parâmetros enviados para o *gateway* foram de temperatura, umidade do ar, gases, nível de ruído, distância e obstáculo. No caminho inverso, com a função de atuadores, foram acionados à distância relé e emissor de som.

Tratando-se de uma pesquisa com metodologia qualitativa, não foi criada escala para medir o *status* do sinal coletado e tampouco foram utilizados dados estatísticos da comunicação dos nós com o *gateway*.

Para medir o sinal e identificar se o dispositivo conseguiu enviar com sucesso os dados coletados pelos sensores, foi desenvolvido *script* em linguagem de programação C. O *script* enviou para o *gateway* o nome do nó, intensidade do sinal em decibel miliwatt e resposta de envio/recepção do sinal, se positivo ou negativo.

O nó mais próximo estava a 25,5 metros e o mais distante a 160 metros de distância até o *gateway* responsável por coletar os dados. Os detalhes para cada ambiente monitorado podem ser observados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Resultados dos testes realizados com arquitetura genérica na PoC.

Local	Tipo de Sensor	RSSI (dBm)	Distância (m)	Status (%)
Pavimento 1: Laboratório Célula de Manufatura Industrial e Robótica	Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1	-90	60,25	100
Pavimento 1: Laboratório Central de Usinagem e Impressão 3D	Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1	-69	34,25	100
Pavimento 1: Laboratório de Informática 1	Sensor Lab Info 1 - Pav 1	-91	49,25	100
Pavimento 1: Laboratório Central de Automação Industrial	Sensor Cent Aut Ind - Pav 1	-77	49	100
Pavimento 1: Laboratório de Eventos	Sensor Lab Eventos - Pav 1	-71	26,5	100
Pavimento 2: Laboratório de Informática 2	Sensor Lab Info 2 - Pav 2	-88	54,25	100
Pavimento 2: Laboratório de Informática 3	Sensor Lab Info 3 - Pav 2	-92	54	100
Pavimento 2: Laboratório de Informática 4	Sensor Lab Info 4 - Pav 2	-82	65,25	100
Pavimento Térreo: Medição do sinal no ponto mais distante do <i>Gateway</i>	Sensor Extremo	-95	160	100

Fonte: Próprio Autor.

4.2 APLICAÇÕES DE CLOUD COMPUTING

Após a aquisição dos dados pelo *gateway*, esses são enviados para um servidor em nuvem que é responsável por armazená-los. As aplicações em nuvem recebem, via requisição ou então de forma automática, os pacotes de dados enviados pelo *gateway*. Conforme descrito na fundamentação, o protocolo LoRaWAN contempla a camada de aplicações e, portanto, vai ao encontro de um dos objetivos desta pesquisa, que é armazenar os dados em ambiente central.

No projeto foram utilizadas três aplicações em nuvem, quais sejam TTN – *The*

Things Network, Thingspeak e GPS Wox.

4.2.1 THE THINGS NETWORK (TTN)

Segundo informações do próprio site TTN (2020), a aplicação em nuvem fornece diversas ferramentas abertas acessíveis de maneira global para criar aplicações de IoT, garantindo segurança e escalabilidade para implementar novas funcionalidades e atender a grandes volumes de dados. A ferramenta é gratuita.

Conforme pode ser verificado na Figura 4.1, a ferramenta foi utilizada para coletar os dados obtidos por meio dos sensores, e armazená-los em ambiente central com controle de acesso, garantindo a confidencialidade, integridade e disponibilidade da informação.

Figura 4.1 – Captura e armazenamento de dados do projeto.

The screenshot displays the Things Network Console interface. On the left, the 'GATEWAY OVERVIEW' section shows details for gateway 'eui-1210f6495783a034', including its description, owner (renannogueira), status (connected), and frequency plan. On the right, the 'APPLICATION DATA' section shows a table of received messages with filters for uplink, downlink, activation, ack, and error. The table includes columns for time, counter, port, and payload, with some rows showing additional metadata like humidity and temperature.

time	counter	port	payload	humidity	temperature
14:51:41	1		payload: 03		
14:51:40	5	1	payload: 08 FC 05 DC	23	15
14:51:12	1		payload: 03		
14:51:10	1		payload: 03		
14:50:35	4	1	payload: 08 FC 05 DC	23	15
14:49:29	3	1	payload: 01 button: "activated"		
14:49:23	2	1	payload: 08 FC 05 DC	23	15
14:48:17	1	1	payload: 0FA006A4	48	17
14:47:10	0	1	payload: 10 04 06 A4	41	17
14:47:05			dev addr: 26 01 24 47 app eu: 70 B3D57ED0015D4C dev eu: 00 98 8B 6E 39 02		
14:45:49			dev addr: 26 01 2B 5C app eu: 70 B3D57ED0015D4C dev eu: 00 98 8B 6E 39 02		

Fonte: TTN (2020)

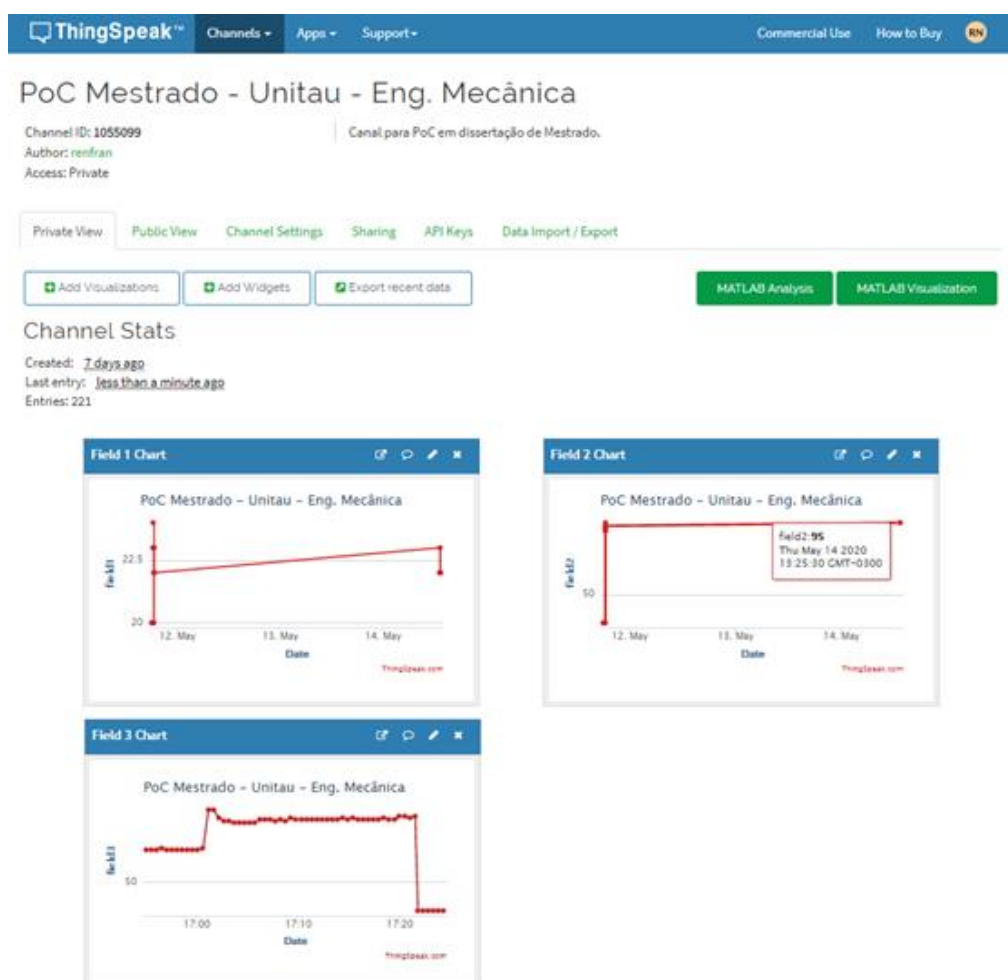
4.2.2 Thingspeak

Conforme o site *THINGSPEAK* (2020), além de armazenar dados de IoT, a plataforma, permite gerar análises mais complexas em tempo real, totalmente em

nuvem. Além disso, o ambiente permite criar alertas e enviar ações para os atuadores ligados aos nós de IoT. A ferramenta também é gratuita.

A plataforma em questão tem características semelhantes à TTN, entretanto foi a que mais se adequou ao projeto, tendo em vista que além de armazenar os dados em ambiente central e disponibilizar estes a qualquer usuário via ambiente em nuvem, a aplicação disponibiliza a visualização dos dados em gráficos, conforme pode ser observado na Figura 4.2, bem como possui a funcionalidade de emitir alertas e enviar comandos para os atuadores conectados ao sistema.

Figura 4.2 – Captura, armazenamento de dados e disponibilização em formato de gráficos.

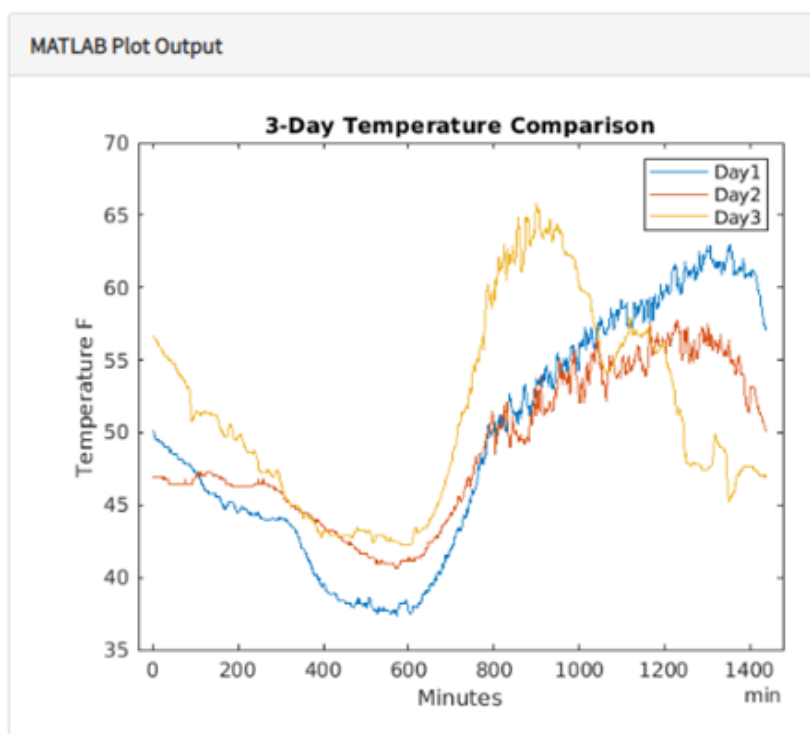


Fonte: THINGSPEAK (2020)

Por fim, vide Figura 4.3, a aplicação permite que seja executada a função MATLAB nos dados coletados pelo *ThingSpeak*, de modo que seja possível executar a análise e processar os dados à medida que são coletados, comparando com o histórico de dados, para auxiliar o usuário na tomada de decisão. Esta possibilidade

será inclusive pontuada na conclusão da pesquisa, dentro do tópico sobre possibilidade de pesquisas futuras.

Figura 4.3 – Captura, armazenamento de dados e gráficos plotados utilizando a ferramenta MATLAB.



Fonte: THINGSPEAK (2020)

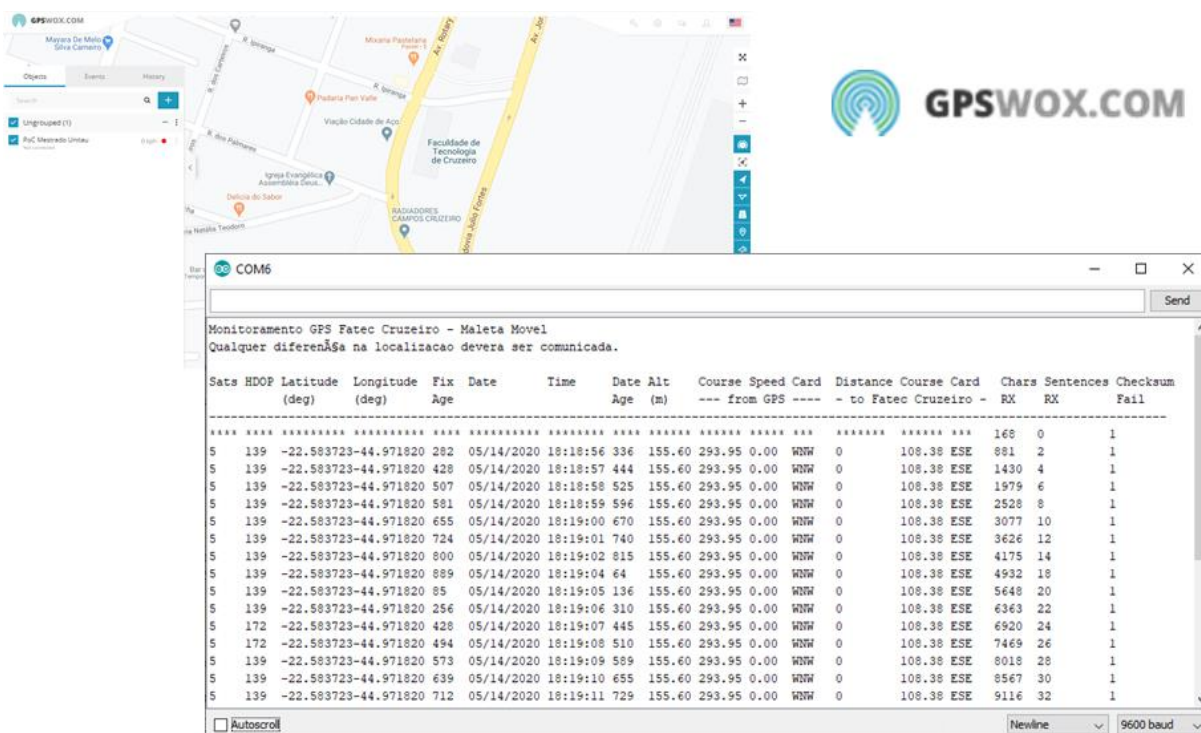
4.2.3 GPS Wox

Este ambiente trata da coleta, armazenamento e projeção utilizando mapas, em tempo real, das posições coletadas por meio do nó LoRa com suporte a GPS – Sistema de Posicionamento Globo de dispositivos. Segundo o desenvolvedor, WOX (2020), o ambiente garante o rastreamento e gerenciamento de objetos em tempo real, de modo que seja possível coletar notificações configuradas, gerar relatório de localização e histórico de locais por onde o objeto passou nos últimos minutos, horas, dias, semanas e até meses. O sistema é compatível com a maioria dos dispositivos que dispõe de rastreamento por GPS e é gratuita para o que se necessita para o projeto.

Conforme pode ser observado na Figura 4.4, foram coletados dados como latitude, longitude, data, horário, altitude, velocidade de deslocamento, rota e distância do ponto inicial de origem que foi pré-estabelecido via *script*, desenvolvido em

linguagem C. Os dados por sua vez são enviados para o sistema WOX e disponibilizados no mapa do ambiente de modo a facilitar a interpretação e visualização em tempo real.

Figura 4.4 – Captura, armazenamento de dados e visualização no mapa.



Fonte: WOX (2020)

Com a utilização das ferramentas apresentadas, foi possível concluir com êxito um dos objetivos previstos na pesquisa que é de automatizar a coleta e armazenar os dados em ambiente central, garantindo a disponibilidade da informação.

5 CONCLUSÕES

A pesquisa apresentada buscou propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo, com alta disponibilidade, para automação do monitoramento de ambiente educacional, com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central. De modo a atingir este objetivo, foram formulados cinco objetivos específicos. O primeiro foi identificar a tecnologia LPWAN mais adequada para o projeto. Com base na análise de quatro tecnologias mais utilizadas, foi escolhida como resultado da pesquisa a tecnologia LoRa devido ao bom alcance e baixo consumo de energia elétrica, imunidade a interferências, liberdade de configuração do *gateway* sem o uso de operadoras e por fim, seu baixo custo de implantação.

O segundo objetivo específico foi projetar arquitetura genérica de IoT, com grande capacidade de acesso e coleta de dados, bem como economicamente viável, para atender monitoramento de ambiente educacional. O resultado foi obtido por meio da escolha de nós, *gateway* e sensores/atuadores da plataforma Arduino, de arquitetura aberta, fornecido por empresa que oferece bom suporte e equipamentos a baixo custo. A alta disponibilidade foi garantida escolhendo dispositivos que, no caso da falha do *gateway* central, retém a informação para envio posterior, garantindo a alta disponibilidade dos dados. A disponibilidade se dá devido ao fato dos sensores e nós consumirem pouca energia e, simultaneamente, poderem ser alimentados por bancos de bateria e continuarem coletando dados, no caso da falta de energia por parte da concessionária.

O terceiro objetivo específico foi adquirir, montar e configurar os equipamentos necessários para compor a rede. Os equipamentos foram importados por meio de empresa nacional, que oferece amplo apoio e suporte, tanto no processo de aquisição, como também no processo de configuração dos equipamentos. Todos os componentes são bem documentados, e por serem de arquitetura aberta possuem ampla documentação genérica disponível na internet.

O quarto objetivo específico foi fazer estudo de caso, com uma PoC - Prova de Conceito, em laboratórios na Fatec Cruzeiro - Prof. Waldomiro May, implantar as aplicações na rede e verificar seu funcionamento. A PoC foi plenamente executada na instituição, corroborando com todos os resultados esperados, partindo do projeto da arquitetura genérica. Comprovou-se por meio dos testes realizados que a arquitetura atende à transmissão dos dados para o *gateway* em distâncias de mais de

66 metros, que é o ponto mais distante de um possível ambiente de monitoramento, sem qualquer falha na transmissão dos pacotes de dados.

O último objetivo foi coletar dados e armazená-los em plataforma central na *Cloud Computing*. Como resultado foi feito o teste e a escolha de três ambientes que armazenam os dados coletados por sensores em tempo real, de modo centralizado. Além disso, um dos ambientes escolhidos emite gráficos que visualmente ajudam o operador do sistema a diagnosticar falhas e prever possíveis problemas também de modo centralizado.

Na presente pesquisa, como visto, diversas ferramentas de engenharia de sistemas & requisitos foram utilizadas no apoio ao desenvolvimento do projeto e na forma de estudo das principais tecnologias que envolvem recursos necessários para a garantia da coleta eficiente de parâmetros de laboratórios, com baixo custo e de modo concentrado. Nesse sentido, o uso das ferramentas foi essencial para levantar os requisitos do sistema e suas características, bem como para prever situações de possíveis problemas e suas funcionalidades.

Conclui-se, com base no que foi exposto, que a PoC pôde evidenciar, documentalmente, que o projeto pode ser bem sucedido e cumpriu com todos os objetivos. Além disso, foi importante para identificar qualquer erro técnico que possa interferir no funcionamento do sistema como um todo.

Por certo, a possibilidade da utilização de sistemas desse tipo, para monitoramento remoto, está cada vez mais presente no nosso cotidiano graças ao uso de tecnologias sem fio consagradas como Bluetooth, Wi-Fi, RFID, Redes 4G e futura 5G, ZigBee, entre outras. Aproveitando de partes dessas tecnologias, que, conforme dito, são consagradas, a IoT viabilizou a criação de muitas aplicações e soluções inteligentes, que não só possibilitarão a automação de processos em ambientes educacionais, como também de diversos setores da economia com abrangência global nos próximos anos.

Tecnologias como a LoRa têm auxiliado a transmissão de dados em tempo real, aliado ao baixo consumo de energia. Tais benefícios têm feito com que os projetos nessa área se tornem cada vez mais viáveis.

5.1 POSSIBILIDADE DE PESQUISAS FUTURAS

Por último, como pesquisas futuras, pretende-se apresentar a proposta de

solução para o Centro Paula Souza, a fim de propor a implantação do projeto nas outras 73 unidades de Fatec. Isso porque, existe a consideração de que os ambientes em nuvem têm auxiliado na rápida tomada de decisão com base no eficiente armazenamento e recuperação destes, por armazenarem de modo centralizado os parâmetros obtidos por sensores em um sistema de IoT. Assim é que se sugere a criação de aplicações para análise em tempo real dos dados, utilizando técnicas de Inteligência Artificial, para auxiliar usuários na interpretação dos parâmetros coletados e a respectiva tomada de decisão mais assertiva e proativa.

REFERÊNCIAS

- AYELE, Eyuel D. *et al.* Performance analysis of LoRa radio for an indoor IoT applications. **International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC)**, Funchal, p. 1-8, 2017. DOI 10.1109/IoTGC.2017.8008973. Disponível em: <<https://bit.ly/324qs2G>>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- BARLOW, Mike. **Governing the IoT: Balancing Risk and Regulation**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
- BERTOLETI, Pedro. **Projetos com ESP32 e LoRa**. 1 ed. São Paulo: Editora NCB, 2019.
- CHAUDHARI, Bharat; ZENNARO, Marco. **LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications**. 1 ed. USA: Academic Press, 2020.
- DRAGINO Technology Co., **About Dragino**, 2020. Disponível em: <<http://www.dragino.com/>>. Acesso em 20 nov. 2019.
- ELSENPETER, Robert; VELTE, Anthony; VELTE, Toby. **Computação em Nuvem**. 2 ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.
- FARGAS, Bernat Carbonés; PETERSEN, Martin Nordal. GPS-free geolocation using LoRa in low-power WANs. **Global Internet of Things Summit (GIoTS)**, Geneva, Switzerland. p. 1-6, 6 jun. 2017. DOI 10.1109/GIoTTS.2017.8016251. Disponível em: <https://bit.ly/33lujln>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- FATEC. **Faculdade de Tecnologia "Profº Waldomiro May"**. Cruzeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.fateccruzeiro.edu.br>> Acesso em 12 mar. 2020.
- GARCIA, Paulo Sérgio Rangel; KLEINSCHMIDT, João Henrique. Tecnologias Emergentes de Conectividade na IoT: Estudo de Redes LPWAN. **XXXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TELECOMUNICAÇÕES E PROCESSAMENTO DE SINAIS**, São Pedro, p. 3-6, 6 set. 2017. Disponível em: <<http://www.sbrt.org.br/sbrt2017/anais/1570361881.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2020.
- KARVINEN, Kimmo; KARVINEN, Tero. **Primeiros Passos com Sensores**. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2014.
- LANDO, Felipe. **Como fazer o método (metodologia) da dissertação ou da tese?** Disponível em: <<https://www.academicapesquisa.com.br/post/como-fazer-o-m%C3%A9todo-disserta%C3%A7%C3%A3o-tese>>. Acesso em 10 fev. 2020.
- LINKLABS, **"A comprehensive look at Low Power, Wide Area Networks**. For 'Internet of Things' Engineers and Decision Makers" 2016.
- LORA ALLIANCE. **LoRaWAN Specification v1.1**. Disponível em: <https://loraalliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawantm_specification_v1.1.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

MILLER, Lawrence. **Internet of Things Applications For Dummies**. Qorvo Special Edition. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2017.

Ministério Da Indústria, Comércio Exterior E Serviços (MDIC); Ministério Da Ciência, Tecnologia, Inovações E Comunicações (MCTIC). **Perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no Brasil**. 1. ed. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>> Acesso em: 06 set. 2020.

MÖLLER, Richard *et al.* IoT connections outlook. **Ericsson Mobility Report**, Estocolmo, p. 23-24, 2020. Disponível em: <<https://www.ericsson.com/49da93/assets/local/mobility-report/documents/2020/june2020-ericsson-mobility-report.pdf>> Acesso em: 14 jul. 2020.

MORAES, Claudio. **Internet das Coisas**: A evolução da conectividade? Disponível em: <<https://revistasegurancaeletronica.com.br/internet-das-coisas-a-evolucao-da-conectividade/>>. Acesso em 23 mar. 2020.

NOGUEIRA, Renan França Gomes; ALMEIDA, Luis Fernando. Proposta arquitetural de baixo custo para automação na coleta de dados de monitoramento de laboratórios em ambiente educacional baseado em internet das coisas (IoT). **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, Cruzeiro, v. 4, ed. 1, 27 jul. 2020. Disponível em: <<https://revista.fateccruzeiro.edu.br/index.php/htec>> Acesso em 10 ago. 2020.

PINTO, Diego de Oliveira. **Saiba como a internet das coisas pode ser aplicada na educação**. Disponível em <<https://blog.lyceum.com.br/internet-das-coisas-na-educacao/>>. Acesso em 23 jun. 2020.

SAMPIERI, Roberto Hernández; *et al.* **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Penso, 2014.

SILVA, M. A. da. Prova de Conceito (PoC) em Projetos. **Project Management Knowledge Base**, 2014. Disponível em: <<http://pmkb.com.br/artigo/prova-de-conceitopoc-em-projetos/>>. Acesso em 24 jun. 2020.

SOUZA, Centro Paula. **Localização das Fatecs**. Disponível em: <<http://www.portal.cps.sp.gov.br/fatec/escolas/>>. Acesso em 21/03/2020.

TAIVALSAARI, Antero; MIKKONEN, Tommi. A Roadmap to the Programmable World: *Software Challenges in the IoT Era*. **IEEE Software**. Volume: 34, Issue: 1, Jan.-Feb. 2017.

THINGSPEAK, IoT Projects. **Data collection in the cloud with advanced data analysis**, 2020. Disponível em: <<https://thingspeak.com/>>. Acesso em 28 jun. 2020.

TTN, The Things Network. **Building a global open LoRaWAN™ network**, 2020. Disponível em: <<https://www.thethingsnetwork.org/>>. Acesso em 18 abr. 2020.

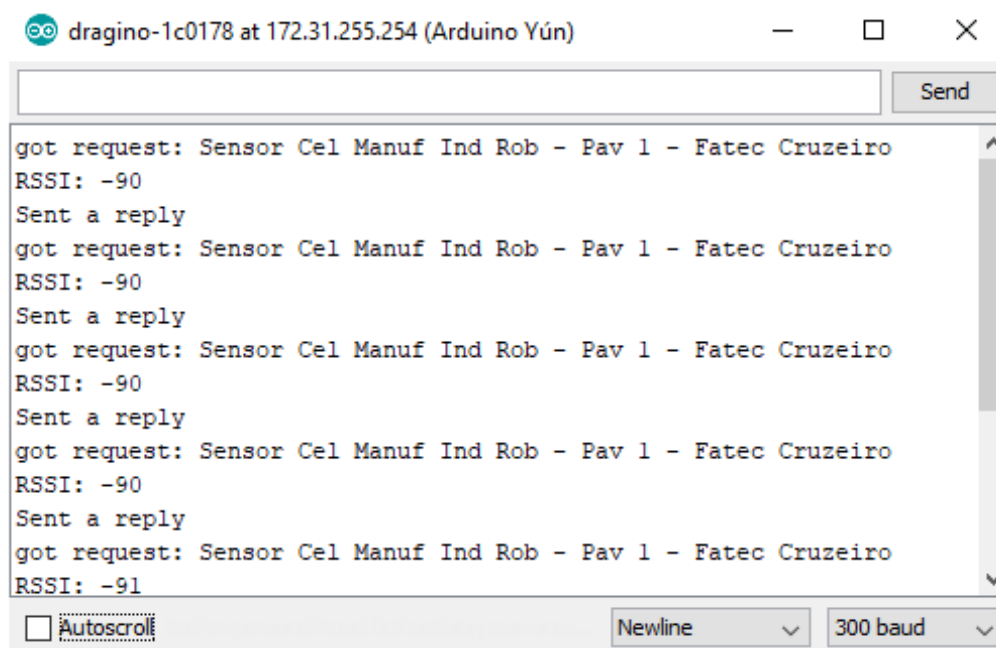
USMONOV, Maksudjon; GREGORETTI, Francesco. Design and implementation of a LoRa based wireless control for drip irrigation systems. **2nd International Conference on Robotics and Automation Engineering (ICRAE)**, Shanghai, p. 248-253, 29 dez. 2017. DOI 10.1109/ICRAE.2017.8291389. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8291389>>. Acesso em: 07 set. 2020.

WAVIOT. **What is LPWAN?** Low-power wide-area network for internet for Things. Disponível em: <<https://waviot.com/technology/what-is-lpwan>>. Acesso em 24 fev. 2020.

WOX, GPS. **GPS Tracking Software**, 2020. Disponível em: <<https://www.gpswox.com/>>. Acesso em 28 jun. 2020.

APÊNDICE A – TELAS COM RESULTADOS DOS TESTES

Figura A.1 - Pavimento 1: Laboratório Célula de Manufatura Industrial e Robótica



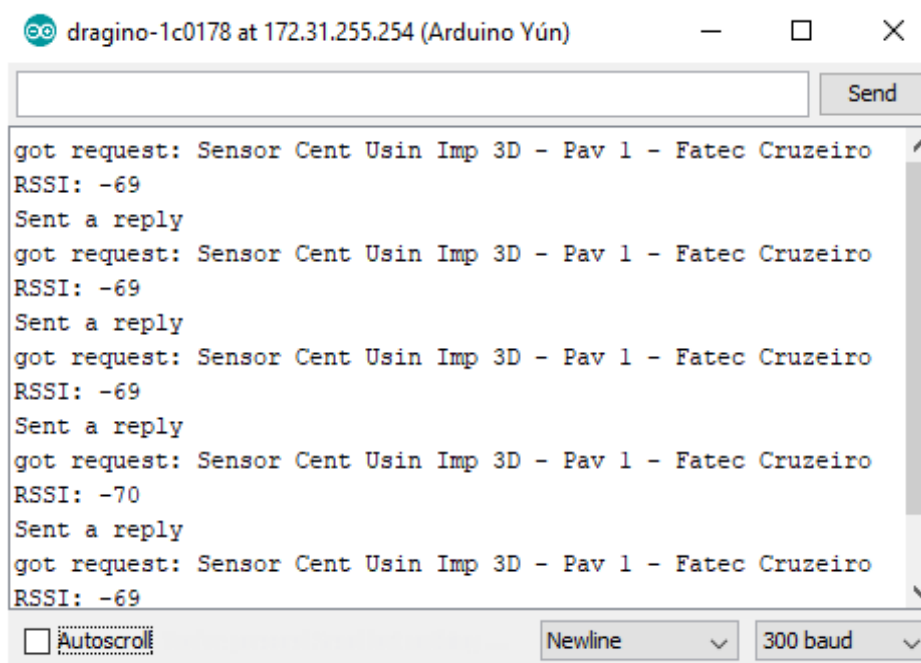
The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -90  
Sent a reply  
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -90  
Sent a reply  
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -90  
Sent a reply  
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -90  
Sent a reply  
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -91
```

At the bottom of the window, there is an "Autoscroll" checkbox (unchecked), a "Newline" dropdown menu, and a "300 baud" dropdown menu.

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.2 - Pavimento1: Laboratório Central de Usinagem e Impressão 3D



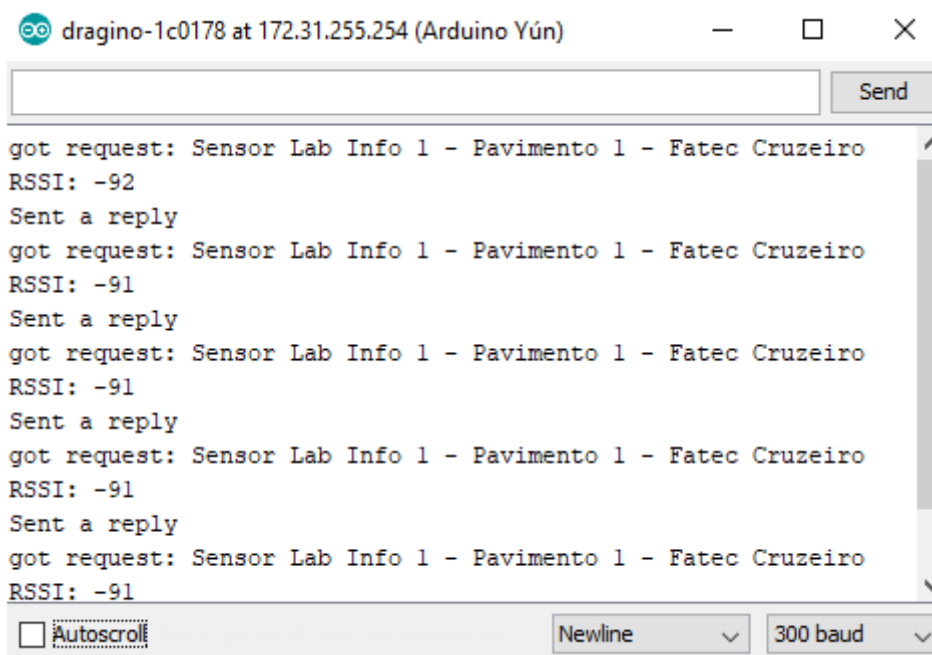
The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -69  
Sent a reply  
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -69  
Sent a reply  
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -69  
Sent a reply  
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -70  
Sent a reply  
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -69
```

At the bottom of the window, there is an "Autoscroll" checkbox (unchecked), a "Newline" dropdown menu, and a "300 baud" dropdown menu.

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.3 - Pavimento 1: Laboratório de Informática 1



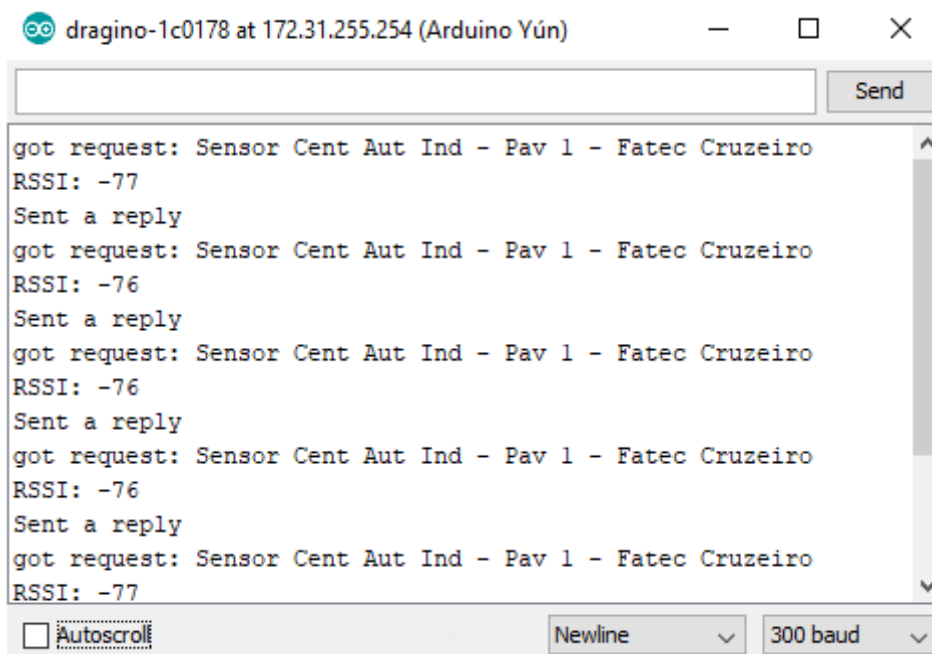
The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
```

At the bottom of the window, there are controls for "Autoscroll" (unchecked), "Newline" (dropdown), and "300 baud" (dropdown).

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.4 - Pavimento 1: Laboratório Central de Automação Industrial



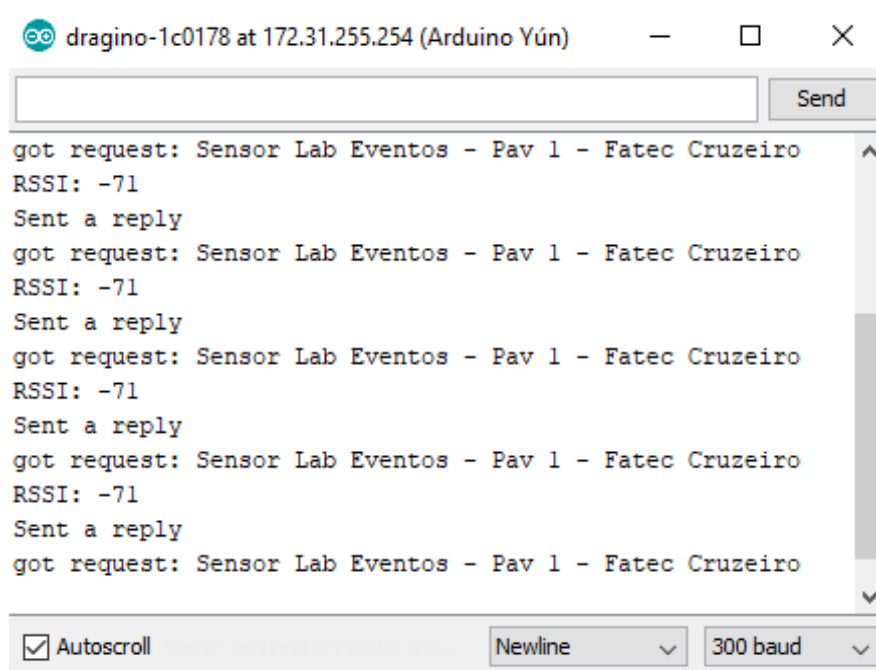
The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -77
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -77
```

At the bottom of the window, there are controls for "Autoscroll" (unchecked), "Newline" (dropdown), and "300 baud" (dropdown).

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.5 - Pavimento 1: Laboratório de Eventos



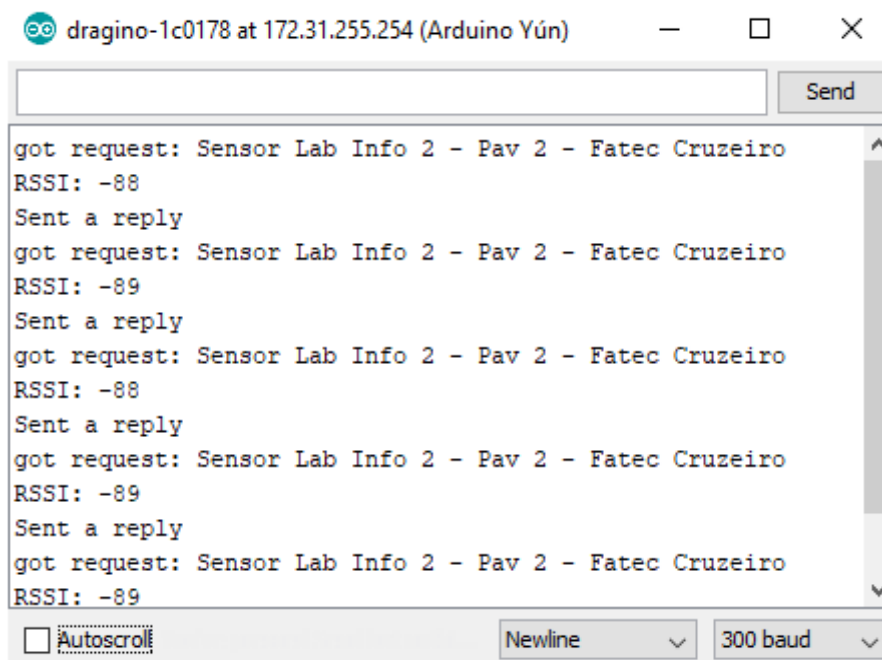
The screenshot shows a serial monitor window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a text input field and a "Send" button. The main area displays the following text:

```
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -71  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -71  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -71  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -71  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
```

At the bottom, there are controls for "Autoscroll" (checked), "Newline" (dropdown), and "300 baud" (dropdown).

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.6 - Pavimento 2: Laboratório de Informática 2



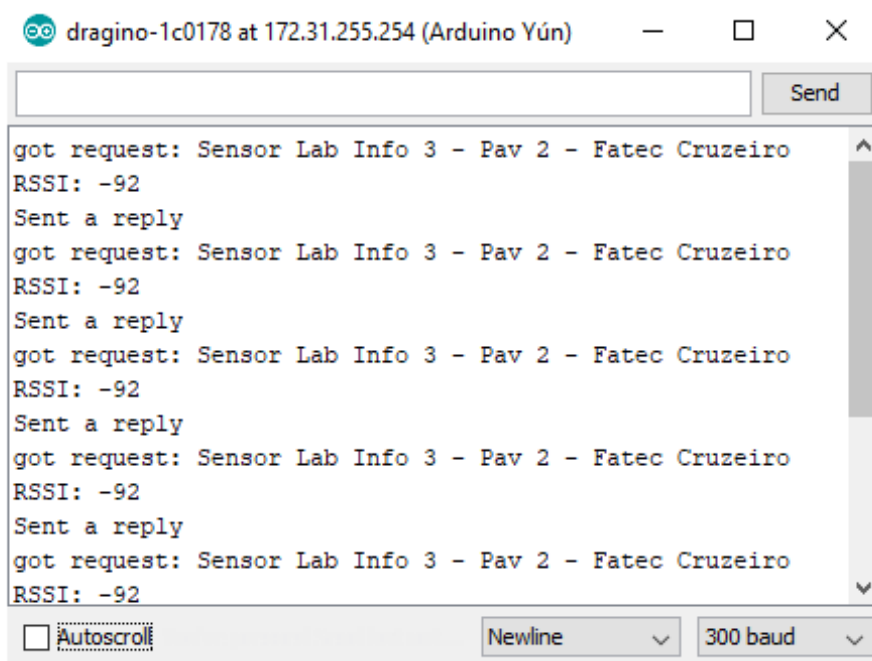
The screenshot shows a serial monitor window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a text input field and a "Send" button. The main area displays the following text:

```
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -88  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -89  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -88  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -89  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -89
```

At the bottom, there are controls for "Autoscroll" (unchecked), "Newline" (dropdown), and "300 baud" (dropdown).

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.7 - Pavimento 2: Laboratório de Informática 3



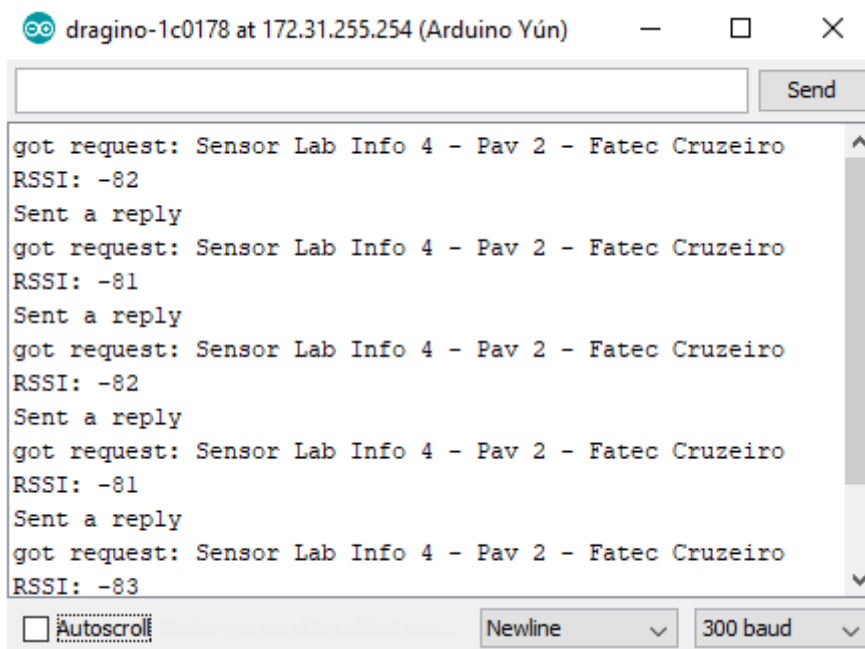
The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -92  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -92  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -92  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -92  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -92
```

At the bottom of the window, there is a checkbox for "Autoscroll" (unchecked), a "Newline" dropdown menu, and a "300 baud" dropdown menu.

Fonte: Próprio Autor.

Figura A.8 - Pavimento 2: Laboratório de Informática 4

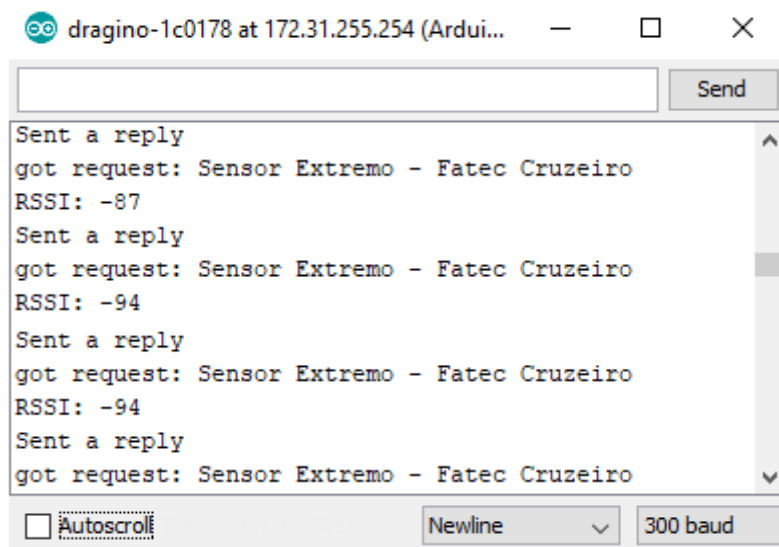


The screenshot shows a serial terminal window titled "dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)". The window contains a "Send" button and a text area with the following text:

```
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -82  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -81  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -82  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -81  
Sent a reply  
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro  
RSSI: -83
```

At the bottom of the window, there is a checkbox for "Autoscroll" (unchecked), a "Newline" dropdown menu, and a "300 baud" dropdown menu.



Fonte: Próprio Autor.

Figura A.9 - Pavimento Térreo: Medição do sinal no ponto mais distante do *Gateway*

Fonte: Próprio Autor.

APÊNDICE B – PROPOSTA COMERCIAL E NOTA FISCAL EQUIPAMENTOS

Figura B.1 – Proposta Comercial

		Proposta Comercial 177/2019			
ORÇAMENTO					
Produtos:	Quantidade	Vlr Unit USD	Vlr Unit BRL	Valor Total:	
LG01-P-915-EU (Indoor IoT Gateway, Support LoRa Technology)	1	\$148,00	R\$ 610,49	R\$ 610,49	
LoRa IoT Kit-915-EU (Fast Starter Kit for Internet of Things technology)	1	\$282,00	R\$ 1.163,22	R\$ 1.163,22	
LG308 (Indoor IoT LoRaWAN Gateway (8 channels))	1	\$340,00	R\$ 1.402,47	R\$ 1.402,47	
LGT92 (LoRaWAN GPS Tracker with 9-axis accelerometer)	1	\$73,00	R\$ 301,12	R\$ 301,12	
RHF2S008 P4G, industrial outdoor gateway	1	\$1.757,90	R\$ 7.251,16	R\$ 7.251,16	
			Frete (SEDEX)	a definir	
				Total:	a definir
Prazo de entrega: 45 dias					
Forma de Pagamento: Boleto bancário ou TED					
Obs. 1USD = 4,1249 BRL					
Validade da Proposta: 04/10/2019					
A/C: Renan França Gomes Nogueira					
DADOS DA EMPRESA					
Razão Social: RADEK SISTEMAS LTDA			Nome Fantasia: LOJARF.COM		
CNPJ: 09.062.037/0001-19		Inscrição Estadual: 90733379-57		Inscrição Municipal: 0536625-1	
Endereço: Av. Republica Argentina, 2275				Complemento: Sala 07	
Bairro: Água Verde		Cidade: Curitiba	Estado: Paraná	País: Brasil	CEP: 80.610-260
CONTATO COMERCIAL					
Telefone: (41) 3598-6410					
E-mail: contato@lojarf.com			Website: www.lojarf.com		

Fonte: Próprio Autor.

Figura B.2 – Nota Fiscal dos Equipamentos

RECEBEMOS DE Radek Sistemas de Informacao OS PRODUTOS CONSTANTES DA NOTA FISCAL INDICADA ABAIXO		NF-e Nº. 203 SÉRIE 1											
DATA DE RECEBIMENTO	IDENTIFICAÇÃO E ASSINATURA DO RECEBEDOR												
 <p>Radek Sistemas de Informacao AV. Republica Argentina, 2275 sl 07 Portao - 80610260 Curitiba-PR 4135988410</p>		<p>DANFE DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL ELETRONICA 1 - SAÍDA Nº. 203 SÉRIE 1 FOLHA 1 de 1</p>											
		<p>CHAVE DE ACESSO 4119 0909 0620 3700 0119 5500 1000 0002 0318 3913 3581</p> <p>Consulta de autenticidade no portal nacional da NF-e www.nfe.fazenda.gov.br/portal ou no site da Sefaz Autorizadora</p>											
NATUREZA DA OPERAÇÃO		PROTOCOLO DE AUTORIZAÇÃO DE USO											
Venda		141190163329005 11/09/2019 11:05:56											
INSCRIÇÃO ESTADUAL	INSC. ESTADUAL DO SUBST. TRIBUTÁRIO	CNPJ/CPF											
9073337957		09062037000119											
DESTINATÁRIO / REMETENTE													
NOME RAZÃO SOCIAL		CNPJ/CPF	DATA DA EMISSÃO										
Renan Franca Gomes Nogueira		32411515812	11/09/2019										
ENDEREÇO		BARRIO	CEP										
AV. Rotary 383		Vila Paulista	12701170										
MUNICÍPIO	PHONE/FAX	UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL										
Cruzeiro	12991678016	SP											
			HORA DE SAÍDA 11:00:00										
FATURA / DUPLICATAS													
CALCULO DO IMPOSTO													
BASE DE CALCULO DO ICMS	VALOR DO ICMS	BASE DE CALCULO DO ICMS ST	VALOR DO ICMS ST	VALOR TOTAL DOS PRODUTOS									
0,00	0,00	0,00	0,00	1.159,25									
VALOR DO FRETE	VALOR DO SEGURO	DESCONTO	OUTRAS DESPESAS	VALOR DO IPI									
61,30	0,00	0,00	0,00	0,00									
				VALOR TOTAL DA NOTA 1.220,55									
TRANSPORTADOR / VOLUMES TRANSPORTADOS													
RAZÃO SOCIAL		FRETE POR CONTA	CODIGO ANTT	PLACA DO VEICULO	UF	CNPJ/CPF							
correios - nova republica conv e rev ltda		1 - DEST				78149259000196							
ENDEREÇO		MUNICÍPIO		UF	INSCRIÇÃO ESTADUAL								
av republica argentina, 1902 - lj 2 - portao - CEP: 80.620-9		Curitiba		PR	1016015101								
QUANTIDADE	ESPECIE	MARCA	NUMERAÇÃO	PESO BRUTO	PESO LIQUIDO								
1	cx papelao			0,500	0,500								
DADOS DO PRODUTO / SERVIÇO													
CODIGO	DESCRIÇÃO	NCM	CST	CFOP	UNID	QUANT	VALOR UNIT	VALOR TOT	BASE CÁLC	VL ICMS	VL IPI	% ICMS	% IPI
Laifa lot Ki-915-EU	Laifa lot Ki-915-EU	85177010	1102	6101	un	1,000	1.159,25	1.159,25			0,00		0,00
CALCULO DO ISSQN													
INSCRIÇÃO MUNICIPAL		VALOR TOTAL DOS SERVIÇOS		BASE DE CALCULO DO ISSQN		VALOR DO ISSQN							
05366251													
DADOS ADICIONAIS													
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES						RESERVADO AO FISCO							
<p>1 - "DOCUMENTO EMITIDO POR ME OU EPP OPTANTE PELO SIMPLES NACIONAL" 31 - "NÃO GERA DIREITO A CREDITO FISCAL DE ICMS, DE ISS E DE IPI". Você pagou aproximadamente: R\$ 245,41 de tributos de importação R\$ 139,71 de tributos estaduais. Fonte: IRPTempresometro.com.br SA1678</p>													

Fonte: Próprio Autor.

ANEXO A – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL – Fatec Cruzeiro



Fatec Cruzeiro – Prof. Waldomiro May
Direção

AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Eu Prof^a Dr^a Benedita Hirene de França Heringer, abaixo assinado, Diretora de Unidade, responsável pela Fatec Cruzeiro – Prof. Waldomiro May, autorizo a realização do estudo "PROPOSTA ARQUITETURAL DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO NA COLETA DE DADOS DE MONITORAMENTO DE LABORATÓRIOS EM AMBIENTE EDUCACIONAL BASEADO EM INTERNET DAS COISAS (IOT)", a ser conduzido pelos pesquisadores Prof. Esp. Renan França Gomes Nogueira, aluno do Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – UNITAU, Professor e Coordenador de Curso Superior nesta unidade e Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida, Professor e Coordenador - área de Automação - Mestrado em Engenharia Mecânica e Diretor do depto. de Informática da Universidade de Taubaté - UNITAU. Fui informada, pelo responsável do estudo, sobre as características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas na instituição a qual represento. Ao mesmo tempo, libero a utilização de fotos dos ambientes da instituição, em favor dos pesquisadores para utilização em artigos e na dissertação. Informo adicionalmente que a pesquisa é de grande importância para a unidade, haja vista que diz respeito ao monitoramento para gerenciamento proativo de bem público, com baixo custo e que visa também garantir a segurança dos discentes quanto ao uso dos equipamentos laboratoriais.

Por ser expressão da verdade, assino a presente.

Cruzeiro - SP, 29 de novembro de 2019.

Prof^a Dr^a Benedita Hirene de França Heringer
Diretora da Unidade Fatec Cruzeiro

www.fateccruzeiro.edu.br

Avenida Rotary, 383 • Vila Paulista • 12701-170 • Cruzeiro • SP • Tel.: (12) 3143.6571

ANEXO B – DECLARAÇÃO DE RELEVÂNCIA DE PESQUISA – Fatec Cruzeiro

Fatec Cruzeiro – Prof. Waldomiro May
Direção

RESUMO DO PROJETO EXECUTADO

Este trabalho apresentou a viabilidade da aplicação de tecnologias ligadas à Internet das Coisas (IoT), Rede LoRa e o seu protocolo LoRaWAN, como veículos de comunicação entre sensores para o monitoramento de laboratórios de uma Instituição de Ensino Superior. O objetivo foi propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo e com garantia de disponibilidade dos dados, para automação do monitoramento de ambiente educacional com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central, por meio de aplicação de Computação em Nuvem. Para tal, utilizou-se como métodos de abordagem a pesquisa qualitativa e, quanto ao procedimento utilizado para levantamento de dados, fez-se uso de estudo de caso por meio de uma PoC – Proof of Concept, que em português significa Prova de Conceito. Este tipo de procedimento se propôs a estudar fenômeno ainda pouco explorado em seu contexto natural e provar o funcionamento da arquitetura proposta. De acordo com resultados e conclusão, restou demonstrado terem sido alcançados os objetivos propostos, haja vista que todos os testes foram bem sucedidos. A aplicabilidade dessa automação será de grande importância para ações proativas e facilidade na gestão dos ambientes institucionais, além de garantir um ambiente mais seguro aos alunos.

Cruzeiro - SP, 10 de agosto de 2020.

Profª Drª Benedita Hírene de França Heringer
Diretora da Unidade Fatec Cruzeiro

www.fateccruzeiro.edu.br

Avenida Rotary, 383 • Vila Paulista • 12701-170 • Cruzeiro • SP • Tel.: (12) 3143.6571

ANEXO C – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO EM REVISTA CIENTÍFICA



PROPOSTA ARQUITETURAL DE BAIXO CUSTO PARA AUTOMAÇÃO NA COLETA DE DADOS DE MONITORAMENTO DE LABORATÓRIOS EM AMBIENTE EDUCACIONAL BASEADO EM INTERNET DAS COISAS (IOT)

Autores

Renan França Gomes Nogueira¹

Luís Fernando de Almeida²

Resumo

Este trabalho apresenta a viabilidade da aplicação de tecnologias ligadas à Internet das Coisas (IoT), Rede LoRa e o seu protocolo LoRaWAN, como veículos de comunicação entre sensores para o monitoramento de laboratórios de uma Instituição de Ensino Superior. O objetivo foi propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo e com garantia de disponibilidade dos dados, para automação do monitoramento de ambiente educacional com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central, por meio de aplicação de Computação em Nuvem. Para tal, utilizou-se como métodos de abordagem a pesquisa qualitativa e, quanto ao procedimento utilizado para levantamento de dados, fez-se uso de estudo de caso por meio de uma PoC – *Proof of Concept*, que em português significa Prova de Conceito. Esse tipo de procedimento se propôs a estudar fenômeno ainda pouco explorado em seu contexto natural e provar o funcionamento da arquitetura proposta. De acordo com resultados e conclusão, restou demonstrado terem sido alcançados os objetivos apresentados, haja vista que todos os testes foram bem sucedidos. A aplicabilidade dessa automação será de grande importância para ações proativas e facilidade na gestão dos ambientes institucionais, além de garantir um ambiente mais seguro aos alunos.

Palavras-chave: Internet das Coisas. LoRa/LoRaWAN. Computação em Nuvem. Sensores. Monitoramento.

LOW COST ARCHITECTURAL PROPOSAL FOR AUTOMATION IN LABORATORY MONITORING DATA COLLECTION IN EDUCATIONAL ENVIRONMENT BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

Abstract

This project presents the feasibility of applying technologies related to the Internet of Things (IoT), LoRa Network and its LoRaWAN protocol, as communication vehicles among sensors for tracking laboratories of a Higher Education Institution. The objective was to propose generic IoT architecture, with a low cost and with guaranteed data availability, for automation of the educational environment monitoring with great capillarity and storage of data on a central platform, through the application of Cloud Computing. For it, qualitative research approach methods were used and, as to the procedure used for data collection, a case study was used through a PoC - Proof of Concept. This kind of procedure was proposed to study a phenomenon still little explored in its natural context and to prove the functioning of the proposed architecture. According to its results and conclusion, it was demonstrated that the proposed objectives have been achieved, considering that all tests were successful. The applicability of this automation will be of great importance for proactive actions and ease in the management of institutional environments, besides ensuring a safer environment for students.

Keywords: *Internet of Things, LoRa/LoRaWAN, Cloud Computing, Sensors, Tracking.*

¹ Mestrando em Engenharia Mecânica do Programa de Pós-Graduação da Universidade de Taubaté – UNITAU, Professor e Coordenador de Curso Superior na Fatec Cruzeiro - Prof. Waldomiro May - e-mail: renan.nogueira@fatec.sp.gov.br

² Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista - UNESP, Professor e Coordenador da área de Automação do Mestrado em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté - UNITAU - e-mail: luis.almeida@unitau.br



INTRODUÇÃO

Com o rápido desenvolvimento urbano e maior demanda para suprir as necessidades, seja na área da saúde, da educação, em cidades consideradas inteligentes ou em indústrias, um dos caminhos utilizados e que tem surtido resultados positivos, principalmente quanto à agilidade na comunicação entre equipamentos, com segurança dos dados e baixo custo, é a implantação de IoT (Internet das Coisas), como forma de sistematização e automação dos processos.

A IoT, termo originalmente americano para descrever “*Internet of Things*”, ou seja, Internet das Coisas, ainda que não seja um termo recente, uma vez que o conceito surgiu baseado em tecnologia RFID³ e redes *wireless*, já utilizadas com a vinda da *internet* para a sociedade, retrata uma infraestrutura de comunicação padronizada, em uma rede virtual dinâmica, na qual é possível a integração de objetos e pessoas oferecendo, aos objetos, a autonomia de se comunicarem entre si, sem a necessidade de pessoas. No que diz respeito aos objetos, entende-se que, antes, eram considerados possíveis a conexão apenas de computadores e que, com a evolução tecnológica, vários outros equipamentos puderam ser conectados a outros, inclusive controlados, sendo exemplos as TVs, eletrodomésticos, smartphones, entre outros equipamentos eletrônicos.

Com essa versatilidade, o alcance dos equipamentos eletrônicos de pequeno porte, por meio da inserção da IoT, veio a favorecer a conexão e sistematização de programas e processos como o gerenciamento escolar, na área educacional, de maquinários, na área industrial, de sistemas de irrigação em espaços agrícolas, de sistemas de iluminação em áreas urbanas etc.

Nota-se, assim, um crescimento expressivo de dispositivos de IoT – *Internet* das Coisas, conectados à rede. O número de conexões IoT massivas aumentou em um fator de três vezes em 2019, chegando a quase 100 milhões, conforme dados do Ericsson Mobility Report (2020).

Considera-se que, de fato, muitos estudos acadêmicos têm sido apresentados em busca de soluções de automatização na área da saúde, abrangendo questões a respeito de “Como manter seguras e organizadas as informações de um paciente?”, “A que ponto os equipamentos da área da saúde podem ser sistematizados para atender procedimentos básicos como, por exemplo, armazenar dados padrões de pacientes para agilizar um atendimento ou diagnóstico?”.

³ Sua composição se resume, basicamente, a uma antena, um transceptor e um transponder ou etiqueta de Rádio Frequência. O transceptor faz a leitura do sinal e transfere os dados para um dispositivo leitor, enquanto o transponder ou etiqueta contém o circuito de informações a ser transmitido.



Nesses aspectos, a implantação da IoT na área da saúde vai além da resolução desses problemas, podendo, até mesmo, otimizar exames e cirurgias, além de possibilitar também o controle inteligente dos leitos. Cabe aqui ressaltar a necessidade atual de gerenciamento da disponibilidade de equipamentos de proteção individual (EPIs), respiradores, leitos de Unidade de Terapia Intensiva (UTI), assim como dos plantões dos profissionais de saúde para suprimento dos hospitais públicos e de campanha, nessa época de pandemia da *Covid-19*.

Neste trabalho, como objetivo geral, buscou-se propor arquitetura genérica de IoT, de baixo custo, com alta disponibilidade, para automação do monitoramento de ambiente educacional, com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central. Com isso, desenvolveu-se a metodologia, primeiramente pensada na implantação das IoTs, que são formadas, em sua maioria, por computadores simuladores da área industrial, como solda virtual e braço robótico, impressora 3D, Controlador Lógico Programável, para a comunicação *wireless* dos sensores, a fim de efetuar o monitoramento em tempo real de laboratórios com o armazenamento seguro dos dados coletados, por meio de ambiente *Cloud Computing*, o que pode favorecer, posteriormente, a emissão de relatórios importantes para o gerenciamento proativo dos ambientes, antecipando-se na ocorrência de falhas. Assim, o trabalho procurou responder o seguinte problema de pesquisa: De que forma pode-se garantir o monitoramento de ambientes de modo amplo, mas com coleta de dados central, por meio da automação do processo?

Por fim, para elaborar as hipóteses levou-se em consideração que a pesquisa adota a abordagem qualitativa. Segundo Sampieri; Collado; Lucio, (2014, p. 382) “As hipóteses de trabalho qualitativas são gerais ou amplas, emergentes, flexíveis e contextuais, adaptam-se aos dados e às mudanças no decorrer da pesquisa”. A pesquisa foi iniciada com as seguintes hipóteses levantadas:

- a) A tecnologia LoRa é indicada para interligar sensores IoT em ambientes distantes um do outro, com grande capilaridade, para monitoramento de laboratórios que simulam indústria 4.0, equipamentos de informática e laboratório de eventos;
- b) Os dados coletados pelos sensores são armazenados em ambiente central, em nuvem, utilizando aplicativos online para gerenciamento dos dados, garantindo a disponibilidade dos dados.

Alinharam-se a este trabalho, os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a tecnologia LPWAN mais adequada para o projeto;



- Projetar arquitetura genérica de IoT, com alta disponibilidade e baixo custo para atender monitoramento de ambiente educacional;
- Adquirir, montar e configurar os equipamentos necessários para compor a rede;
- Fazer estudo de caso, com uma PoC - Prova de Conceito, em laboratórios na Fatec Cruzeiro - Prof. Waldomiro May, bem como implantar as aplicações na rede e verificar seu funcionamento;
- Coletar dados e armazená-los em plataforma central na *Cloud Computing*.

Este trabalho justificou-se também devido à necessidade do autor, que é professor da Fatec há quase 15 anos e atua como Coordenador de Curso/TI e acompanha a crescente dificuldade de monitoramento de laboratórios na instituição. Quanto aos benefícios à área educacional, a IoT pode possibilitar a redução de gastos e/ou otimizar o uso de recursos humanos para o monitoramento *in loco* dos ambientes de laboratório, podendo, inclusive, alertar antecipadamente sobre um possível problema. Além disso, a IoT na área educacional também pode beneficiar a segurança da Instituição, automatizando sistemas de alarmes e garantindo a segurança de discentes, docentes, auxiliares de docente, funcionários e todos que operam o laboratório.

Dessa forma, muito mais do que sistematizar e facilitar a comunicação entre objetos e pessoas, a IoT impacta positivamente nas questões ambientais, agregando valores de responsabilidade social, por monitorar bem público com baixo custo e agilizar processos.

A aplicação deste trabalho nos laboratórios da instituição limitou-se na aplicabilidade dessa tecnologia no referido ambiente educacional, por meio de uma PoC – Prova de Conceito, do inglês *Proof of Concept*, tendo seu foco principal na arquitetura do sistema e não no software de seu monitoramento, que é baseado em nuvem.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IoT – Internet das Coisas

Inicialmente é importante destacar que o termo IoT - *Internet of Things* (Internet das Coisas), segundo Taivalsaari e Mikkonen (2017), não é um termo recente, mas sim algo com mais de duas décadas de existência. Inicialmente o conceito surgiu baseado em tecnologia RFID e redes wireless. Com o uso da IoT e da *Cloud Computing*, torna-se possível o envio de informações em tempo real de parâmetros ambientais e/ou referência geográfica de



equipamentos para um sistema de armazenamento na nuvem, baseado em serviços, permitindo que o gestor consiga acessar esses dados em qualquer lugar, auxiliando, se for o caso, o correto encaminhamento para determinado especialista na área. Por sua vez, esse novo especialista poderá recuperar todo o histórico de dados coletados, bem como decisões tomadas anteriormente, de modo extremamente rápido e assertivo. Conforme Pinto (2018), do ponto de vista de infraestrutura e gestão, a tecnologia IoT pode tornar os objetos mais eficientes e permitir que eles recebam atributos complementares, como aplicativos que associam as funções para as quais são designados. Para a adequação da infraestrutura existente ao conceito de IoT, é preciso entender os requisitos necessários para o seu desenvolvimento, conforme afirmação de Pinto (2018):

- a) Sensores: São os equipamentos responsáveis por fazer o trabalho crítico dos processos de monitoramento, medições e coletas de dados, enviando-os a um dispositivo central, que armazenará os registros. Um sensor converte parâmetros físicos em sinais que podem ser medidos eletronicamente;
- b) Conectividade: É realizada pelo próprio dispositivo por meio de uma rede *wireless* ou estação central, efetuando troca de mensagens e arquivos. Segundo Moraes (2017), a *Internet das Coisas* passa por três pontos: quantidade de endereços IP, espectro de rádio e padronização de protocolo;
- c) Processamento: Toda a coleta de dados deve ser enviada a um sistema de controle para que esses registros sejam transformados em informações e transmitidos ao usuário. Com a crescente demanda do processamento em tempo real, vem a utilização cada vez mais frequente dos serviços de *Cloud Computing*, disponibilizando as informações independentemente de sua geolocalização;
- d) Aplicação: Os dados gerados pela tecnologia IoT permitem que atividades decorrentes do uso de um dispositivo aconteçam de maneira mais rápida, por meio do próprio equipamento. Pode ser um alerta de segurança, uma solicitação de compra de insumos ou um aviso a um professor sobre seu aluno.

2.2 Redes LPWAN

LPWAN é a sigla de *Low Power Wide Area Network*, que traduzido para o português significa Rede de Área Ampla e Baixa Potência.

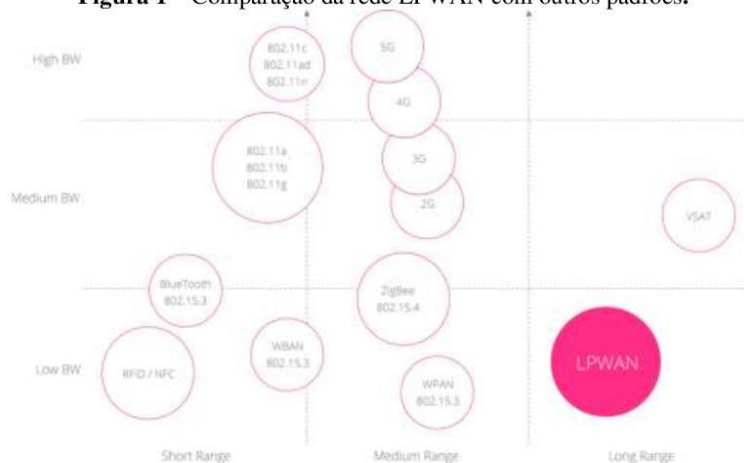
A empresa LinkLabs (2016) afirma que, apesar da LPWAN parecer uma tecnologia nova, ela já é bastante utilizada em outros dispositivos como Bluetooth, BLE e em menor grau nas redes WiFi e ZibBee. Trata-se de uma tecnologia adequada para quando há a necessidade de transmitir pequenas quantidades de dados em longo alcance, utilizando baterias com grande autonomia devido ao baixo consumo de energia.

Em determinadas aplicações, os dispositivos que utilizam tecnologias desse tipo têm baterias que podem durar por até 10 anos. Isto é possível tendo em vista que os dispositivos são raramente acionados, e quando são, transmitem pequenas quantidades de dados e logo em seguida são desligados. Os dados são enviados de modo intermitente e esporádico, haja vista que, dependendo da aplicação, as variáveis não mudam com tanta frequência. Principais Recursos:

- Longo Alcance: podem transmitir dados a mais de 10 km de distância, a depender da tecnologia que será utilizada;
- Baixa Taxa de Dados: podem ser transmitidos menos de 5.000 bits por segundo. Geralmente são enviados somente de 20 a 256 bytes de dados várias vezes ao dia;
- Baixo Consumo de Energia: os dispositivos que operam sob essa tecnologia podem ter baterias que duram entre 5 e 10 anos.

Na **Figura 1** pode ser observada a comparação de redes LPWAN frente a outras redes disponíveis no mercado. Nota-se a baixa capacidade para transferência de dados e grande capacidade para transmissão de dados em longas distâncias.

Figura 1 – Comparação da rede LPWAN com outros padrões.



Fonte: Waviot (2020)



2.3 Tecnologia LoRa

Segundo Bertoleti (2019), tendo em vista o crescimento da necessidade de equipamentos se conectarem entre si, bem como conexão direta com a internet, surge a necessidade de melhorar a conexão dos equipamentos com pontos centrais, os chamados Gateways, estabelecendo comunicações sem interferências, com longo alcance e consumindo menos energia. Portanto, a tecnologia LoRa surge para responder por essa demanda do mercado, sendo aliada da Internet das Coisas.

Afirmam Chaudhari e Zennaro (2020), que LoRa é o nome dado à camada física da tecnologia, enquanto LoRaWAN trata da camada lógica. LoRa é de propriedade da Semtech tecnologia, e não é totalmente aberto. LoRa, portanto, está ligado à tecnologia de rádio e enlace de rádio, já a LoRaWAN faz referência ao protocolo que o software utiliza para a comunicação, sendo esse último um padrão aberto, permitindo desenvolver uma rede completa com gateway, endereçamento de dispositivos, controle de colisão, entre outros.

O termo LoRa significa long range, que em português quer dizer longo alcance. Essa é uma das importantes características da tecnologia, que, além disso, opera com baixo consumo de energia elétrica. Trata-se de tecnologia com certa imunidade a interferências, por operar com frequências sub-gigahertz. Nos Estados Unidos e América, opera de 902MHz até 928MHz, na Europa, de 863MHz até 870MHz e na China, de 779MHz até 787MHz.

De acordo com Bertoleti (2019), o rádio LoRa pode compor uma rede de dispositivos, formando uma LPWAN. Sob o ponto de vista de topologias de rede, a tecnologia opera na topologia estrela, haja vista que envia seus dados a um gateway, que opera como o concentrador de comunicação, e possui um ou mais nós, que são os dispositivos finais, compostos por rádios e sensores/atuadores. Ainda de acordo com Bertoleti (2019), com relação aos tipos de fluxo de dados permitidos, LoRa pode operar de três formas:

- a) Simplex: nessa configuração, um rádio somente transmite dados e outros somente recebem. É um tipo de comunicação que ocorre em via única entre o concentrador e os nós;
- b) Half-duplex: aqui todos os rádios podem transmitir e receber dados, mas nunca simultaneamente no mesmo instante de tempo. Em determinado instante, ele envia dados e no outro, recebe, mas jamais ao mesmo tempo;
- c) Full Duplex: por fim, nessa comunicação, os rádios podem transmitir ou receber dados simultaneamente.

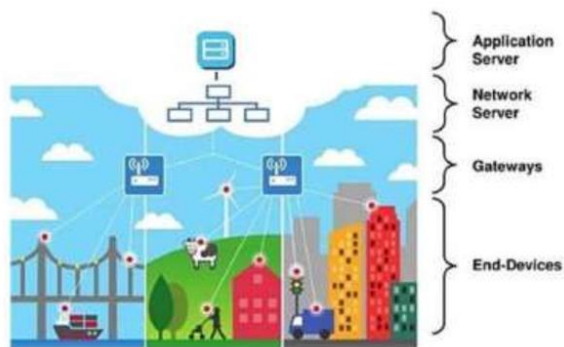
2.4 Protocolo LoRaWAN

Conforme abordado no tópico anterior, cumpre destacar novamente que LoRa é uma tecnologia de rádio e enlace de rádio para comunicação a longas distâncias com baixo consumo de energia elétrica. Já LoRaWAN, é um protocolo rede na camada de software que utiliza a tecnologia LoRa como camada física para transmissão dos dados.

Segundo Bertoleti (2019), LoRaWAN é um padrão não proprietário, que permite projetar uma rede completa, desde o endereçamento dos dispositivos, configuração do gateway, mecanismos de anti-colisão de pacotes, criar rotas, bem como todos os requisitos necessários para criação de uma rede completa. Assim como outros protocolos, o LoRaWAN implementa na conexão os detalhes de funcionamento relativos à segurança, QoS - qualidade do serviço, ajustes de potência dos nós com vistas a otimizar o consumo de energia. Esse protocolo utiliza LoRa como canal de transmissão, estruturando a rede de modo que a comunicação seja estabelecida.

Por fim, o protocolo LoRaWAN abrange também a camada de aplicações, haja vista que os dados são recebidos no *gateway*, quando então são encaminhados para uma rede de servidores, que por sua vez, mediante tomadas de decisão automáticas, armazenam os dados nos servidores de aplicação, conforme pode ser observado na **Figura 2**.

Figura 2 – Arquitetura de uma rede LoRaWAN.



Fonte: Bertoleti (2019)

Para o projeto em questão, foi escolhida a tecnologia LoRa, tendo em vista os seguintes aspectos:

- a) Bom alcance do sinal e baixo consumo de energia elétrica;



- b) Imunidade a interferências, tendo em vista que coletará dados próximos a equipamentos industriais;
- c) Liberdade de configuração do *gateway* sem o uso de operadoras; e
- d) Baixo Custo de todos os componentes.

2.5 Cloud Computing como ferramenta para coleta de dados em IoT

Conforme Taivalsaari e Mikkonen (2017), apesar da grande gama de plataformas de IoT disponíveis na atualidade, os conceitos por trás da sua "arquitetura" são, de certo modo, comuns. A arquitetura *end-to-end* possui, em geral, elementos padrões que podem ser considerados como as ferramentas para aplicação da internet das coisas. A computação em nuvem (ou *cloud computing*) é uma metáfora, tendo em vista que normalmente a *internet*, em diagramas de rede, é representada por uma nuvem. A função da computação em nuvem, segundo Elsenpeter (2013), é fazer com que tudo se concentre nos projetos estratégicos, inclusive na redução de custos, mas não em preocupar-se em manter um *data center* em operação.

A *Cloud Computing* é hoje componente essencial para a utilização de Software como Serviço, Plataforma como Serviço e Infraestrutura como Serviço. É com base nessas classificações que as empresas utilizam o sistema de nuvem para reduzir custos, como alternativa à implantação de servidores e centro de processamento de dados, cenário esse último que possui gastos elevados com equipamentos, sistema de refrigeração, combate a incêndio e outros.

Por fim, outro aspecto que vai ao encontro do presente artigo versa sobre a alta disponibilidade por meio de ambientes virtualizados redundantes. Dois ou mais servidores podem ser alocados para que garantam a disponibilidade na ocorrência de um problema em um dos recursos. A virtualização de redundância em sistemas de computação em nuvem pode garantir que a informação seja clonada em um mesmo servidor ou em outros servidores físicos espalhados pela Internet, afirma Elsenpeter (2013).

Segundo Miller (2017), a informação coletada pelos sensores que envolvem a IoT, pode ser transmitida para um serviço de computação em nuvem, que tem como responsabilidade coletar e analisar os dados para posterior tomada de decisão, por meio da análise dos dados coletados.

Nesse modo, diante da preocupação em manter os dispositivos IoT funcionando em



100% do tempo, por meio de uma rede compartilhada e cooperativa com sensores que demandam consumo de energia, buscou-se a utilização de redes que mantenham esses equipamentos em funcionamento com baterias e/ou fontes de energias compactas, ao mesmo tempo garantindo baixo consumo e com grande autonomia.

Nota-se, portanto, ainda conforme Taivalsaari e Mikkonen (2017), que apesar da grande gama de plataformas de IoT disponíveis na atualidade, os conceitos por trás da sua "arquitetura" são, de certo modo, comuns. A arquitetura *end-to-end* possui, em geral, elementos padrões, como os Dispositivos, que podem ser classificados como os sensores que coletam os dados. Os *Gateways*, que são os dispositivos responsáveis pela coleta, processamento e transferência dos dados. A *Cloud*, que armazena o grande volume de dados coletado pelos sensores e, por fim, os *Apps*, que provém o acesso e a interação com a informação.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este item apresenta a metodologia adotada na pesquisa, pontuando como foi realizada, quais os passos e escolhas adotadas, que conduziram aos objetivos apresentados na introdução do trabalho. Com relação à abordagem, a pesquisa é qualitativa, tendo em vista que foram levantados dados de intensidade de sinal com o uso de *software* aplicativo para medir se o dispositivo transmitiu ou não o sinal, independentemente da escala de decibéis medidos nos experimentos realizados em todos os ambientes que se desejou monitorar.

Já quanto à epistemologia, ou seja, a forma como o fenômeno foi compreendido, trata-se de conceito positivista, haja vista que os resultados obtidos podem ser interpretados do mesmo modo por todos os "atores" envolvidos no projeto, por meio da aplicação da prova de conceito da arquitetura proposta. Quanto à natureza, vislumbra-se aqui pesquisa aplicada, por ter sido desenvolvida na prática para a solução de problemas reais.

No que diz respeito à análise dos dados, caracterizou-se como pesquisa explicativa, haja vista que foram identificados os fatores, ligados à tecnologia escolhida, que determinaram ou contribuíram para a ocorrência dos fenômenos identificados, quais sejam, a comunicação dos sensores com os *gateways*, a não interferência no sinal e o baixo consumo de energia.

Por fim, quanto ao procedimento utilizado para levantamento de dados, fez-se uso de estudo de caso, por meio de uma *PoC – Proof of Concept*, que em português significa Prova de Conceito. Esse tipo de procedimento se propôs a estudar fenômeno ainda pouco explorado em seu contexto natural.



3.1 Estudo de Caso: PoC – Prova de Conceito

Como forma de demonstrar, na prática, a metodologia e validar a arquitetura projetada, com os respectivos conceitos e tecnologias selecionados, optou-se por desenvolver uma PoC, que será descrita com detalhes nos próximos tópicos. De acordo com Silva (2014), Prova de Conceito, do inglês *Proof of Concept* (PoC), faz referência a um termo que se relaciona a um modelo prático que pode provar o conceito estabelecido por pesquisas e a respectiva seleção de tecnologia.

A PoC proposta neste trabalho, partirá da premissa da abordagem *Top Down*, que começa por uma abordagem geral da arquitetura e desce até níveis específicos, envolvendo conceitos de protótipo, definições dos testes, construção dos aplicativos embarcados nos nós e *gateway* e respectiva análise dos resultados obtidos.

3.2 Local de Execução da PoC

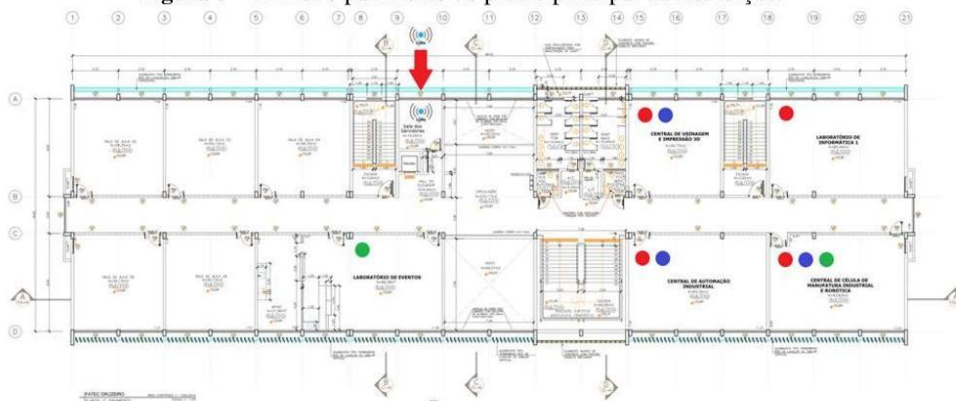
O projeto foi executado em uma IES – Instituição de Ensino Superior, que dispõe de laboratórios de informática, industriais e eventos para uso de toda a comunidade acadêmica. A IES Fatec Cruzeiro – Prof. Waldomiro May, localizada na cidade de Cruzeiro/SP, iniciou suas atividades letivas em fevereiro de 2006 e atualmente operam na faculdade quatro cursos de Graduação, quais sejam Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Eventos, Gestão da Produção Industrial e Gestão Empresarial.

Pretende-se levar a proposta aqui apresentada para o Centro Paula Souza, a fim de que seja feita a análise da possibilidade de implantação da arquitetura nas outras unidades do estado.

3.3 Ambientes de aplicação da PoC

A PoC foi aplicada em laboratórios industriais, informática e eventos, que são utilizados por docentes e discentes da unidade educacional, junto aos cursos de graduação e extensão. Nos laboratórios estão alocados equipamentos que simulam indústria 4.0, de informática, infraestrutura de redes e laboratório de eventos, local onde são simulados e organizados eventos na unidade. Nas **Figuras 3 e 4** pode ser verificada a alocação exata de cada dispositivo e na **Figura 5**, o rack onde foi instalado o gateway de comunicação LoRa e locais de alocação de sensores e atuadores.

Figura 3 – Primeiro pavimento do prédio principal da instituição.



Localização - nós, sensores e gateway - 1º Pavimento - Laboratórios:

- Central de Usinagem e Impressão 3D ●●
- Informática 1 ●
- Central de Automação Industrial ●●
- Célula de Manufatura Industrial e Robótica ●●●
- Eventos ●

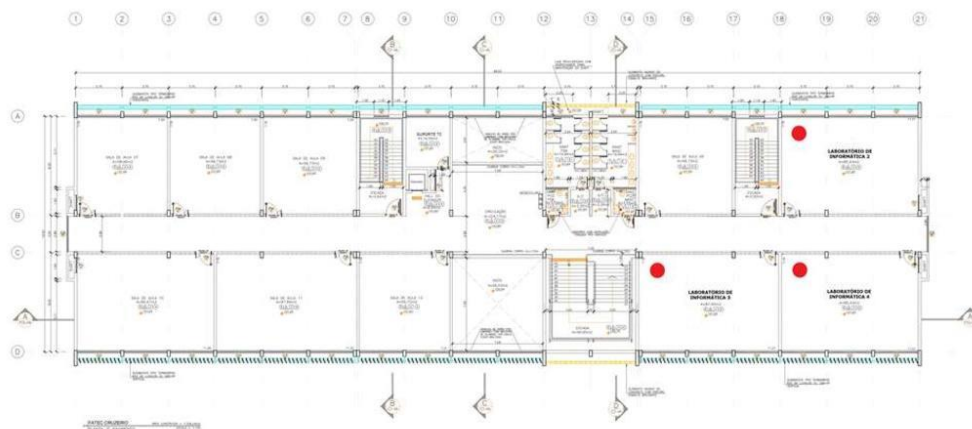


Legenda:

- Sensor de Temperatura e Umidade ●
- Sensor de Gases ●
- Sensor de Nível de Ruído ●

Fonte: O Autor.

Figura 4 – Segundo pavimento do prédio principal da instituição.



Localização - nós e sensores - 2º Pavimento - Laboratórios:

- Informática 2 ●
- Informática 3 ●
- Informática 4 ●

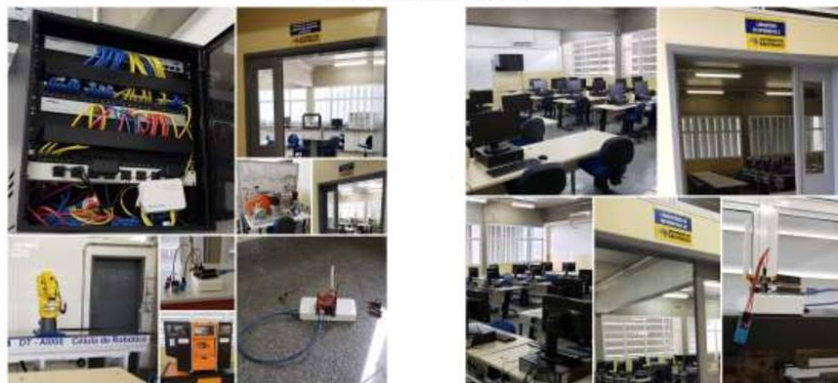
Legenda:

- Sensor de Temperatura e Umidade ●

Fonte: O autor.



Figura 5 – Rack onde foi instalado o *gateway* de comunicação LoRa e locais de alocação de sensores e atuadores.



Fonte: O autor.

3.4 Arquitetura Genérica Proposta

Nesta seção é apresentada a arquitetura genérica de implantação do projeto, conforme **Figura 6**. Na figura podem ser verificados os componentes de IoT que utilizam a tecnologia LoRa. São nós de transmissão, sensores/atuadores e por último o *gateway*, que tem a responsabilidade de receber o sinal oriundo dos nós. A arquitetura foi conectada à rede preexistente da unidade, por meio de um *switch*, que encaminha os dados para um roteador que por sua vez entrega os dados para a nuvem de *internet*.

Figura 6 – Arquitetura genérica de baixo custo para a PoC.



Fonte: O autor.

3.5 Dispositivos utilizados na arquitetura proposta

São elencados e descritos aqui todos os dispositivos, de baixo custo, utilizados na montagem da arquitetura genérica do projeto. Foi adquirido o kit “LoRa IoT Development”, da empresa Dragino (2020), o qual foi utilizado para a realização dos testes dessa automatização.

3.5.1 Nó - Dragino LoRa Node Shield V1.4

É um nó transceptor de longo alcance, baseado em biblioteca de código aberto, compatível com Arduino. Permite enviar dados e alcançar faixas extremamente longas com baixas taxas de dados. Baseia-se no chip Semtech SX1276/1278. Vide **Figura 7**.

Figura 7 – Transceptor LoRa.

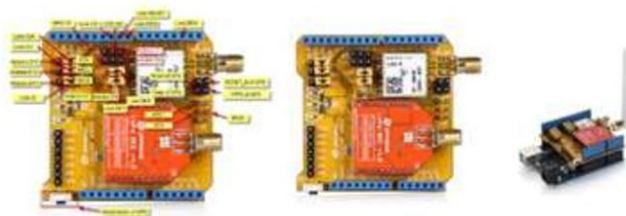


Fonte: Dragino (2020)

3.5.2 Nó - Dragino LoRa Node Shield GPS V1.4

Idem ao nó convencional, descrito no tópico anterior, mas com a função de GPS adicionada por meio de um chip L80 GPS, baseado no MTK MT3339. Podem ser armazenados dados de até 3 dias na memória interna. Vide **Figura 8**.

Figura 8 – Transceptor LoRa com função GPS.



Fonte: Dragino (2020).

3.5.3 Gateway - Dragino LG01-P

Trata-se de um *gateway* de código aberto e utiliza Linux (Open Wrt System – openwrt.org). Permite conexão direta a uma rede Wi-Fi, Ethernet ou 3G/4G, o que, desse modo, torna possível levar para a *internet* qualquer sensor conectado a um nó LoRa. Vide **Figura 9**.

Figura 9 – Gateway concentrador, receptor e transmissor de sinais LoRa.



Fonte: Dragino (2020).

3.5.4 Arduino UNO Rev3

É um microcontrolador baseado no chip ATmega328P. Possui 14 entradas e saídas digitais e 6 entradas analógicas. Flash: 32 KB, SRAM: 2 KB, EEPROM: 1 KB, Clock 16 MHz. Tem a função de conexão do transceptor rádio LoRa, disponibilizando ao projeto as entradas e saídas analógicas e digitais para conexão aos sensores e atuadores. Vide **Figura 10**.

Figura 10 – Microcontrolador para integração com o rádio LoRa.



Fonte: Dragino (2020).

3.5.5 Sensores/Atuadores

Para o desenvolvimento do projeto, foram utilizados sensores e/ou atuadores de controle de temperatura, umidade do ar, gases, nível de ruído, distância, relé, obstáculo e emissor de som. Vide **Figura 11**.



Figura 11 – Sensores e atuadores utilizados no projeto.



Fonte: Dragino (2020).

3.6 Custo dos Equipamentos

Visando contemplar um dos objetivos propostos no trabalho, buscou-se por equipamentos de baixo custo. Os equipamentos foram importados por meio de Loja Nacional - Radek Information Systems, em Curitiba/PR e o kit teve um custo total de R\$ 1.220,55. O kit é composto por 1 nó LoRa, 1 nó LoRa GPS, 1 Gateway, 10 Sensores, 30 Conectores, 2 Arduino UNO.

3.7 Coleta de Dados

Os dados obtidos no teste realizado por meio da PoC têm como objetivo identificar se a arquitetura genérica projetada consegue entregar corretamente todos os parâmetros obtidos pelos sensores, que, uma vez armazenados na aplicação em nuvem, serão posteriormente transformados em informação. Essa informação é observada e validada pelo pesquisador ou por qualquer recurso humano ligado ao gerenciamento dos ambientes monitorados.

Tendo em vista que o objeto geral da pesquisa gira em torno da validação da arquitetura, não há que se preocupar com dados que projetem estatísticas ou sejam quantificados, entretanto deverão ser observados e compreendidos para que validem ou não a coleta destes por meio da arquitetura, e que estes sejam possíveis de serem armazenados em ambiente central em nuvem, gerando então o conhecimento e respondendo ao problema de pesquisa, já destacado na introdução deste trabalho.

O sistema foi observado em seu pleno funcionamento como um todo, de modo a comprovar qualitativamente se a proposta inicial foi alcançada com êxito. Os sensores foram



acionados simultaneamente e os parâmetros foram enviados pelo nó LoRa para o *gateway* central, que por sua vez encaminhou os parâmetros para a aplicação em nuvem, armazenando os mesmos de modo centralizado e em determinadas aplicações, gerando até mesmo gráficos interpretativos, que poderão ser melhor ajustados em possibilidades de trabalho futuro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta parte, demonstram-se os testes realizados e resultados, benefícios e abrangência da aplicabilidade dessa tecnologia. Os testes foram executados em laboratórios localizados no primeiro e segundo pavimentos, conforme já documentado e evidenciado no tópico anterior do trabalho. Além disso, com a finalidade de comprovar a abrangência capilar da tecnologia, foi realizado, por fim, teste no ponto mais distante do *gateway* ao nó, com 160 metros de distância.

4.1 Comunicação do nó com o *gateway*

Conforme já descrito, o terreno da instituição tem 12.803,00 m² e área construída total de 5.155,18 m², composto por térreo e mais dois pavimentos no prédio central, local onde foi aplicada a PoC e outro prédio anexo, onde ficam localizados a cantina, cozinha, auditório e camarim.

Na Tabela 3 é possível verificar os resultados dos testes realizados. Os sensores e atuadores foram acionados simultaneamente, de modo que os dados coletados foram enviados para o *gateway*. Os parâmetros enviados para o *gateway* foram de temperatura, umidade do ar, gases, nível de ruído, distância e obstáculo. Já no caminho inverso, com a função de atuadores, foi acionado à distância relé e emissor de som.

Tratando-se de uma pesquisa com metodologia qualitativa, não foi criada escala para medir o status do sinal coletado e tampouco foram utilizados dados estatísticos da comunicação dos nós com o *gateway*.

Para medir o sinal e identificar se o dispositivo conseguiu enviar com sucesso os dados coletados pelos sensores, foi desenvolvido script em linguagem de programação C. O script enviou para o *gateway* o nome do nó, intensidade do sinal em decibel miliwatt e resposta de envio/recepção do sinal se positivo ou negativo.



O nó mais próximo estava há 25,5 metros e o mais distante há 160 metros de distância até o *gateway* responsável por coletar os dados. Os detalhes para cada ambiente monitorado podem ser observados na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Resultados dos testes realizados com arquitetura genérica na PoC.

a) Pavimento 1: Laboratório Célula de Manufatura Industrial e Robótica b) Pavimento 1: Laboratório Central de Usinagem e Impressão 3D

dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)

```
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -90
Sent a reply
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -90
Sent a reply
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -90
Sent a reply
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -90
Sent a reply
got request: Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
```

- Sensor Cel Manuf Ind Rob - Pav 1
- RSSI -90 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 60,25 Metros
- Status do sinal: 100%

dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)

```
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -69
Sent a reply
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -69
Sent a reply
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -69
Sent a reply
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -70
Sent a reply
got request: Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -69
```

- Sensor Cent Usin Imp 3D - Pav 1
- RSSI -69 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 34,25 Metros
- Status do sinal: 100%

c) Pavimento 1: Laboratório de Informática 1 d) Pavimento 1: Laboratório Central de Automação Industrial

dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)

```
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 1 - Pavimento 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -91
```

- Sensor Lab Info 1 - Pav 1
- RSSI -91 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 49,25 Metros
- Status do sinal: 100%

dragino-1c0178 at 172.31.255.254 (Arduino Yún)

```
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -77
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -76
Sent a reply
got request: Sensor Cent Aut Ind - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -77
```

- Sensor Cent Aut Ind - Pav 1
- RSSI -77 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 49 Metros
- Status do sinal: 100%

e) Pavimento 1: Laboratório de Eventos

```

got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply
got request: Sensor Lab Eventos - Pav 1 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -71
Sent a reply

```

- Sensor Lab Eventos - Pav 1
- RSSI -71 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 26,5 Metros
- Status do sinal: 100%

f) Pavimento 2: Laboratório de Informática 2

```

got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 2 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -88
Sent a reply

```

- Sensor Lab Info 2 - Pav 2
- RSSI -88 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 54,25 Metros
- Status do sinal: 100%

g) Pavimento 2: Laboratório de Informática 3

```

got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 3 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -92
Sent a reply

```

- Sensor Lab Info 3 - Pav 2
- RSSI -92 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 54 Metros
- Status do sinal: 100%

h) Pavimento 2: Laboratório de Informática 4

```

got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -82
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -81
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -82
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -81
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -82
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -81
Sent a reply
got request: Sensor Lab Info 4 - Pav 2 - Fatec Cruzeiro
RSSI: -81
Sent a reply

```

- Sensor Lab Info 4 - Pav 2
- RSSI -82 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 65,25 Metros
- Status do sinal: 100%

i) Pavimento Térreo: Medição do sinal no ponto mais distante do Gateway

```

Sent a reply
got request: Sensor Extremo - Fatec Cruzeiro
RSSI: -97
Sent a reply
got request: Sensor Extremo - Fatec Cruzeiro
RSSI: -94
Sent a reply
got request: Sensor Extremo - Fatec Cruzeiro
RSSI: -94
Sent a reply
got request: Sensor Extremo - Fatec Cruzeiro
RSSI: -94
Sent a reply

```

- Sensor Extremo
- RSSI -95 dBm (decibel miliwatt)
- Distância do nó: 160 Metros
- Status do sinal: 100%

Fonte: O autor.

4.2 Aplicações de Cloud Computing

Após a aquisição dos dados pelo *gateway*, esses são enviados para um servidor em nuvem, que é responsável por armazená-los. As aplicações em nuvem recebem, via requisição ou então de forma automática, os pacotes de dados enviados pelo gateway. Conforme descrito na fundamentação, o protocolo LoRaWAN contempla a camada de aplicações e, portanto, vai ao encontro de um dos objetivos deste trabalho, que é armazenar os dados em ambiente central.

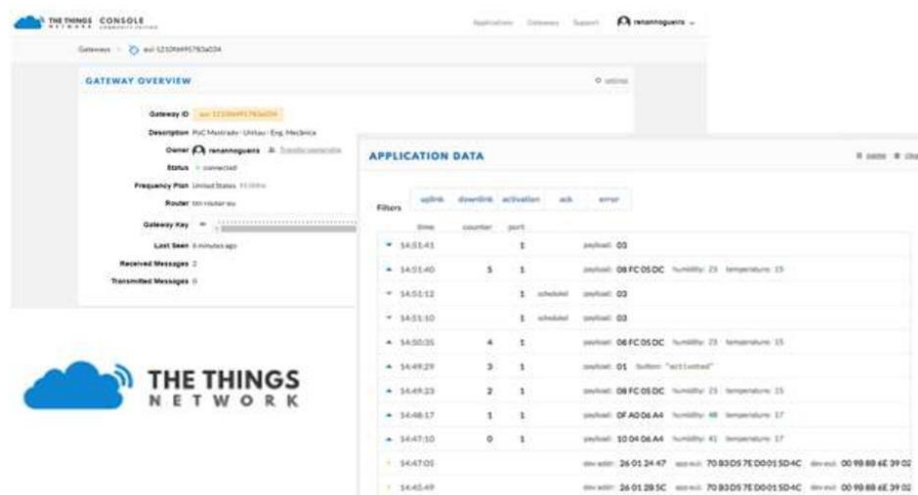
No projeto foram utilizadas três aplicações em nuvem, quais sejam TTN – *The Things Network*, *Thinkspeak* e GPS Wox.

4.2.1 TTN – The Things Network

Segundo informações do próprio site TTN (2020), a aplicação em nuvem fornece diversas ferramentas abertas acessíveis de maneira global para criar aplicações de IoT, garantindo segurança e escalabilidade para implementar novas funcionalidades e atender a grandes volumes de dados. A ferramenta é gratuita.

Conforme pode ser verificado na **Figura 12**, a ferramenta foi utilizada para coletar os dados obtidos por meio dos sensores e armazená-los em ambiente central com controle de acesso, garantindo a confidencialidade, integridade e disponibilidade da informação.

Figura 12 – Captura e armazenamento de dados do projeto.



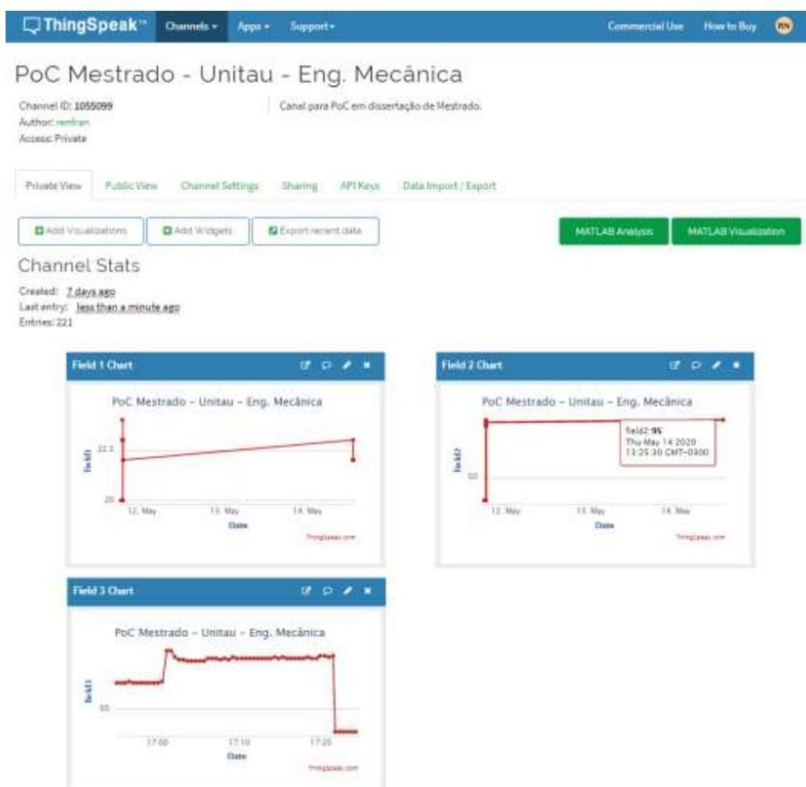
Fonte: TTN (2020)

4.2.2 Thinkspeak

Conforme o site THINGSPEAK (2020), além de armazenar dados de IoT, a plataforma permite gerar análises mais complexas em tempo real, totalmente em nuvem. Além disso, o ambiente permite criar alertas e enviar ações para os atuadores ligados aos nós de IoT. A ferramenta também é gratuita.

A plataforma em questão tem características semelhantes à TTN, entretanto foi a que mais se adequou ao projeto, tendo em vista que, além de armazenar os dados em ambiente central e disponibilizá-los a qualquer usuário via ambiente em nuvem, a aplicação disponibiliza a visualização dos dados em gráficos, conforme pode ser observado na **Figura 13**, bem como possui a funcionalidade de emitir alertas e enviar comandos para os atuadores conectados ao sistema.

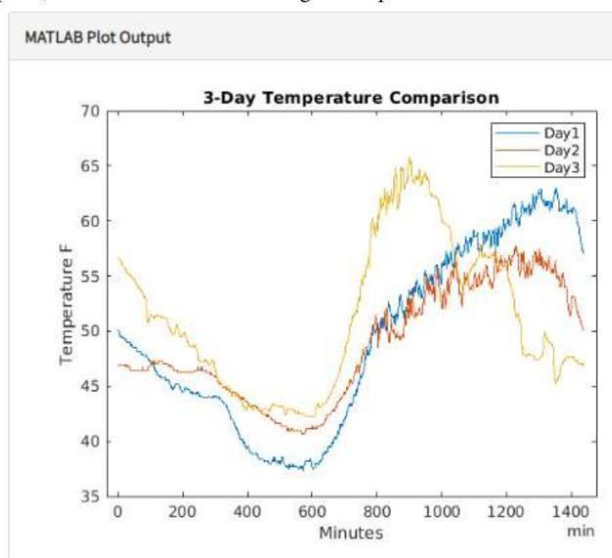
Figura 13 – Captura, armazenamento de dados e disponibilização em formato de gráficos.



Fonte: THINGSPEAK (2020)

Por fim, vide **Figura 14**, em que a aplicação permite que seja executada a função MATLAB nos dados coletados pelo *ThingSpeak*, de modo que seja possível executar a análise e processar os dados à medida que são coletados, comparando com o histórico de dados para auxiliar o usuário na tomada de decisão. Essa possibilidade será, inclusive, pontuada na conclusão do trabalho, no tópico sobre possibilidade de trabalhos futuros.

Figura 14 – Captura, armazenamento de dados e gráficos plotados utilizando a ferramenta MATLAB.



Fonte: THINGSPEAK (2020)

4.2.3 GPS Wox

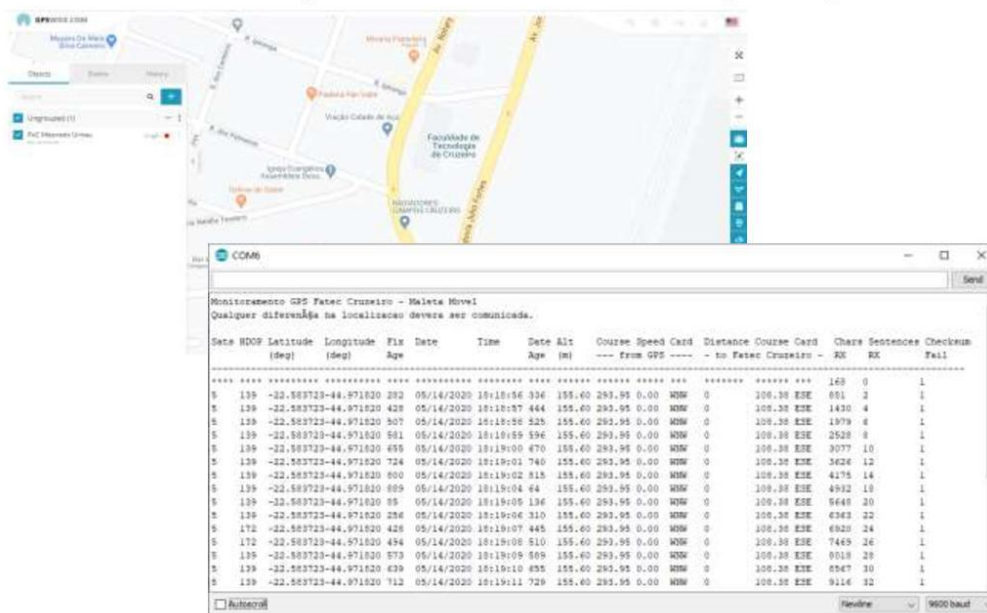
Este ambiente trata da coleta, armazenamento e projeção utilizando mapas, em tempo real, das posições coletadas por meio do nó LoRa com suporte a GPS – Sistema de Posicionamento Globo de dispositivos. Segundo o desenvolvedor WOX (2020), o ambiente garante o rastreamento e gerenciamento de objetos em tempo real, de modo que seja possível coletar notificações configuradas, gerar relatório de localização e histórico de locais por onde o objeto passou nos últimos minutos, horas, dias, semanas e até meses. O sistema é compatível com a maioria dos dispositivos que dispõem de rastreamento por GPS e é gratuita para o que se necessita para o projeto.

Conforme pode ser observado na **Figura 15**, foram coletados dados como latitude, longitude, data, horário, altitude, velocidade de deslocamento, rota e distância do ponto inicial



de origem que foi pré-estabelecido via script, desenvolvido em linguagem C. Os dados, por sua vez, são enviados para o sistema WOX e disponibilizados no mapa do ambiente de modo a facilitar a interpretação e visualização em tempo real.

Figura 15 – Captura, armazenamento de dados e visualização no mapa.



Fonte: WOX (2020)

Com a utilização das ferramentas apresentadas, foi possível concluir com êxito um dos objetivos previstos no trabalho que é de automatizar a coleta e armazenar os dados em ambiente central, garantindo a disponibilidade da informação.

CONCLUSÕES

O trabalho apresentado buscou propor arquitetura genérica de IoT de baixo custo, com alta disponibilidade, para automação do monitoramento de ambiente educacional, com grande capilaridade e armazenamento dos dados em plataforma central. Com base na análise de quatro tecnologias mais utilizadas, foi escolhida como resultado da pesquisa a tecnologia LoRa devido ao bom alcance e baixo consumo de energia elétrica, imunidade a interferências, liberdade de configuração do *gateway* sem o uso de operadoras e por fim, seu baixo custo de implantação.

Tecnologias como a LoRa tem auxiliado a transmissão de dados em tempo real, aliado



ao baixo consumo de energia. Tais benefícios têm feito com que os projetos nessa área se tornem cada vez mais viáveis.

No presente trabalho, diversas ferramentas de engenharia de requisitos foram utilizadas como apoio no desenvolvimento do projeto e na forma de estudo das principais tecnologias que envolvem recursos necessários para a garantia da coleta eficiente de parâmetros de laboratórios, com baixo custo e de modo centralizado. Nesse sentido, o uso das ferramentas foi essencial para levantar os requisitos do sistema e suas características, bem como para prever situações de possíveis problemas e suas funcionalidades.

Conclui-se, com base no que foi exposto, que a PoC pôde evidenciar, documentalmente, que o projeto pode ser bem sucedido e cumpriu todos os objetivos. Além disso, foi importante para identificar qualquer erro técnico que possa interferir no funcionamento do sistema como um todo.

A possibilidade da utilização de sistemas desse tipo, para monitoramento remoto, está cada vez mais presente no nosso cotidiano graças ao uso de tecnologias sem fio consagradas como Bluetooth, Wi-Fi, RFID, Redes 4G e futura 5G, ZigBee, entre outras. Aproveitando de partes dessas tecnologias, que, conforme dito, são consagradas, a IoT possibilitou a criação de muitas aplicações e soluções inteligentes, que não só possibilitarão a automação de processos em ambientes educacionais, como também de diversos setores da economia com abrangência global nos próximos anos.

Por último, como trabalhos futuros, pretende-se apresentar a proposta de solução para o Centro Paula Souza, a fim de propor a implantação do projeto nas outras 72 unidades de Fatec. Isso porque existe a consideração de que os ambientes em nuvem têm auxiliado na rápida tomada de decisão com base no eficiente armazenamento e recuperação desses, por armazenarem de modo centralizado os parâmetros obtidos por sensores em um sistema de IoT. Assim é que se sugere a criação de aplicações para análise em tempo real dos dados, utilizando técnicas de Inteligência Artificial para auxiliar usuários na interpretação dos parâmetros coletados e a respectiva tomada de decisão mais assertiva e proativa.

REFERÊNCIAS

- BARLOW, Mike. *Governing the IoT: Balancing Risk and Regulation*. Sebastopol: O'Reilly Media, 2016.
- BERTOLETI, Pedro. *Projetos com ESP32 e LoRa*. 1 ed. São Paulo: Editora NCB, 2019.
- CHAUDHARI, Bharat; ZENNARO, Marco. *LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications*. 1 ed. USA: Academic Press, 2020.



DRAGINO Technology Co., About Dragino, 2020. <<http://www.dragino.com/>>. Acesso em 20/11/2019.

ELSENPIETER, Robert; VELTE, Anthony; VELTE, Toby. Computação em Nuvem. 2 ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.

FATEC. Faculdade de Tecnologia "Profº Waldomiro May". Cruzeiro, 2020. Disponível em: <<https://www.fateccruzeiro.edu.br>> Acesso em 12/03/2020.

LANDO, Felipe. Como fazer o método (metodologia) da dissertação ou da tese? Disponível em: <<https://www.academicapesquisa.com.br/post/como-fazer-o-m%C3%A9todo-disserta%C3%A7%C3%A3o-tese>>. Acesso em 10/02/2020.

LINKLABS, "A COMPREHENSIVE LOOK AT Low Power, Wide Area Networks. For 'Internet of Things' Engineers and Decision Makers" 2016.

LORA ALLIANCE. LoRaWAN Specification v1.1. Disponível em: <https://loraalliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawantm_specification_v1.1.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

MILLER, Lawrence. Internet of Things Applications For Dummies. Qorvo Special Edition. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2017.

Mobility Report. Internet of Things outlook. Ericsson. Estocolmo: Ericsson. Junho, 2020.

MORAES, Claudio. Internet das Coisas: A evolução da conectividade? Disponível em: <<https://revistasegurancaeletronica.com.br/internet-das-coisas-a-evolucao-da-conectividade/>>. Acesso em 23/03/2020.

PINTO, Diego de Oliveira. Saiba como a internet das coisas pode ser aplicada na educação. Disponível em <<https://blog.lyceum.com.br/internet-das-coisas-na-educacao/>>. Acesso em 23/06/2020.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. Metodologia de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Penso, 2014.

SILVA, M. A. da. Prova de Conceito (PoC) em Projetos. Project Management Knowledge Base, 2014. Disponível em: <<http://pmkb.com.br/artigo/prova-de-conceitopoc-em-projetos/>>. Acesso em 24/06/2020.

SOUZA, Centro Paula. Localização das Fatecs. Disponível em: <<http://www.portal.cps.gov.br/fatec/escolas/>>. Acesso em 21/03/2020.

TAIVALSAARI, Antero; MIKKONEN, Tommi. A Roadmap to the Programmable World: Software Challenges in the IoT Era. IEEE Software. Volume: 34, Issue: 1, Jan.-Feb. 2017.

THINGSPEAK, IoT Projects. Data collection in the cloud with advanced data analysis, 2020. Disponível em: <<https://thingspeak.com/>>. Acesso em 28/06/2020.

TTN, The Things Network. Building a global open LoRaWAN™ network, 2020. Disponível em: <<https://www.thethingsnetwork.org/>>. Acesso em 18/04/2020.

WAVIOT. What is LPWAN? Low-power wide-area network for internet for Things. Disponível em: <<https://waviot.com/technology/what-is-lpwan>>. Acesso em 24/02/2020.

WOX, GPS. GPS Tracking Software, 2020. Disponível em: <<https://www.gpswox.com/>>. Acesso em 28/06/2020.