



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

GIOVANI MUNIZ PEREIRA

**PRINCÍPIOS DE TELEMETRIA APLICADOS AO MONITORAMENTO DE
HARDWARE VIA INTERFACE WEB**

Palhoça

2022

GIOVANI MUNIZ PEREIRA

**PRINCÍPIOS DE TELEMETRIA APLICADOS AO MONITORAMENTO DE
HARDWARE VIA INTERFACE WEB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Fábio Ignácio da Rosa, Esp.

Palhoça

2022

GIOVANI MUNIZ PEREIRA

**PRINCÍPIOS DE TELEMETRIA APLICADOS AO MONITORAMENTO DE
HARDWARE VIA INTERFACE WEB**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 25 de Novembro de 2022.

Professor e orientador, Fábio Ignácio da Rosa, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Francielli Scarpini, Ma.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Rachel Faverzani Magnago, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Eng. Marcos Roberto da Silva, Bel.
Intelbras S/A

Dedico este trabalho a minha família e aos amigos que sempre me apoiaram nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Com muita luta, esforço e dedicação conclui-se essa importante etapa da minha vida. Uma etapa pensada e executada em busca dos objetivos e mantendo os valores e princípios aprendidos desde cedo. Neste momento, gostaria primeiramente de agradecer a Deus pela saúde e sabedoria diante das escolhas nesta caminhada chamada “vida”.

Aos meus pais, Osvaldir Pereira e Roseli Aparecida Muniz Pereira pela existência, pelo amor, por todo o carinho e total suporte, tornando possível alcançar esse objetivo;

A minha esposa, Juliana de Souza Pires Pereira, e meu filho Yan Vitor Pires Pereira, pelo incentivo, amor, confiança e compreensão, entendendo minhas ausências e acreditando na importância desse esforço;

Ao meu irmão André, minha cunhada Marli e minhas afilhadas Thaysa e Giovana pelo apoio, carinho e amizade, entendendo e respeitando os momentos de dedicação e ausência;

Aos meus parentes, de todos os graus, amigos, cunhados e cunhadas pelo apoio, carinho e amizade;

Ao meu orientador, Professor Fabio Ignácio, e a Professora Rachel pela dedicação, atenção, pelas críticas construtivas, e disponibilidade em auxiliar durante minha formação e durante o desenvolvimento deste trabalho;

À todos os professores, colegas de classe e colegas de trabalho que ao longo destes anos contribuíram nesta jornada, saibam que foram fundamentais neste processo.

“O conhecimento amplo e satisfatório sobre um processo ou fenômeno somente existirá quando for possível medi-lo e expressá-lo por meio de números. Se você não pode medir algo, não pode melhorá-lo.” (Lord Kelvin, 1883)

RESUMO

Desde a revolução industrial, a nossa vida é pautada pela otimização do tempo, em que tudo é produzido e pensado para agilizar etapas e evitar o desperdício desse bem tão precioso. Dentro desta perspectiva surge a utilização de sistemas e dispositivos de telemetria que passam a fazer parte do cotidiano das pessoas a nível global. Além disso através dos mais diversos tipos de sensores, busca-se aprimorar o aproveitamento e obter-se o melhor uso de dispositivos, tornando possível, por exemplo, o acesso a locais nunca cogitados, contribuindo de maneira significativa no combate ao desperdício de tempo. Esta corrida em busca de maior disponibilidade e melhor aproveitamento do tempo durante a execução de diferentes tarefas, encontra na Internet das Coisas uma excelente aliada. A comunicação entre usuários e dispositivos contribui de uma forma muito importante para o avanço de pesquisas e análises em diversas áreas do conhecimento. Dia após dia, o mercado apresenta inúmeras plataformas e sensores, atendendo assim a necessidade de diferentes públicos, seja para uso pessoal, ou até mesmo para aplicações profissionais e de uso específico.

No intuito de aprimorar as configurações de teste no laboratório de práticas II da Unisul, encontra-se nos princípios da telemetria subsídios que serão apresentados neste trabalho de conclusão de curso, o qual aborda a implementação de uma interface Web e o desenvolvimento de um aplicativo que permite o monitoramento remoto de um termômetro digital microcontrolado destinado a esse fim. Esse estudo teve como motivação o aproveitamento dos recursos do hardware, tornando-o um objeto inteligente, que além de realizar medições, passa a enviar as informações diretamente para a nuvem, onde os dados são armazenados e tratados de forma automática. Este processo auxilia na execução e registro dos resultados eliminando a necessidade de acompanhamento do pesquisador. A análise através do registro automático dos dados, além de ser prática, agrega maior segurança e precisão nos resultados. Com um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis é possível reduzir o tempo dispendido do pesquisador na execução de tarefas repetitivas que geram interrupções, e necessitam da atenção dele direcionada para coleta dos dados ao longo do teste. Dessa maneira, torna-se possível a utilização deste recurso na elaboração de tarefas que demandam tempo e conhecimento para execução.

Palavras-chave: Metrologia. Telemetria. Termômetro digital. Internet das coisas.

ABSTRACT

Since the industrial revolution, our life has been guided by time optimization, where everything is produced and thought to speed up steps and avoid wasting this precious asset. Within this perspective, the telemetry systems and devices use arises to become part of people's daily lives at a global level, and through the most diverse sensors search a way to improve its use and get better devices experience, for example making possible to access places never considered before, consequently contributing significantly to the fight against wasted time. This race in search of greater availability and better use of time while performing different tasks finds an excellent ally on the Internet of Things. Communication between users and devices contributes in a very important way to the advancement of research and analysis in several knowledge areas. Every day the market presents numerous platforms and sensors, thus meeting the needs of different customers, whether for personal use or even in professional and specific applications.

To improve the test setup in Unisul's practical laboratory II, the principles of telemetry are subsidies that will be presented in this Final Paper, which addresses the implementation of a Web interface and an application development to allow a specific microcontroller digital thermometer remote monitoring. This study was motivated by the hardware resources use, becoming it an intelligent object that, in addition to performing measurements, now sends information directly to the cloud, where data is stored and processed automatically. This process assists in the execution and recording of results, follow-up by the researcher is not required. The analysis through the data automatic recording, in addition to being practical, adds greater security and precision to the results. With a better use of the available resources, it is possible to reduce the researcher's attention time for repetitive tasks elaboration, allowing this resource use to execute tasks that demand time and knowledge for execution.

Keywords: Metrology. Telemetry. Digital thermometer. Internet of Things.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - As três categorias da metrologia.....	17
Figura 2 - Blocos básicos da arquitetura IoT.....	19
Figura 3 - Exemplo de um sistema de telemetria	21
Figura 4 - Diagrama de blocos da aplicação.....	22
Figura 5 - Arquitetura básica <i>Publish/Subscribe</i>	23
Figura 6 - Módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMcu ESP-12	28
Figura 7 - Sensor DS18B20.....	28
Figura 8 - Display LCD 20×4.....	29
Figura 9 - Estágios de teste.....	33
Figura 10 - Gráfico individual dos sensores	35
Figura 11 - Tela inicial do aplicativo.....	36
Figura 12 - Valores armazenados no planilhas google.....	36
Figura 13 - Gráfico S1	37
Figura 14 - Gráfico S2.....	37
Figura 15 - Gráfico S3	38
Figura 16 - Dados armazenados no planilhas google.....	38
Figura 17 - Informações para o cálculo e resultado do teste térmico	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos.....	15
1.2	DELIMITAÇÕES	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	METROLOGIA	17
2.2	IOT.....	18
2.3	TELEMETRIA	21
2.3.1	<i>Message Queue Telemetry Transport (MQTT)</i>	22
2.3.2	<i>Broker</i>	23
2.4	APLICATIVO.....	24
3	DESENVOLVIMENTO.....	26
3.1	LEVANTAMENTO DE REQUISITOS.....	27
3.1.1	Análise do <i>hardware</i>	27
3.2	ANÁLISE DE PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA.....	29
3.2.1	Implementação do sistema.....	30
3.2.1.1	Configuração da conta na plataforma <i>ThingSpeak</i>	30
3.2.1.2	Atualização do código de programação	32
3.2.1.3	Criação do aplicativo.....	33
3.2.2	Análise do desempenho do sistema.....	33
4	RESULTADOS	35
	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

Desde a criação do primeiro dispositivo para medição de temperatura por Galileu em 1592 batizado de “Termoscópio de Galileu”, o qual não possuía escala de medição e era utilizado para comparativo da temperatura entre dois corpos, até os dias atuais, os dispositivos de medição e as metodologias de estudos estão evoluindo constantemente (MCGEE, 1988), passando por termômetros de álcool e mercúrio fechados hermeticamente, até dispositivos que utilizam de sensores eletrônicos e *softwares* específicos para análise e registro das informações (LOPES; AFONSO, 2005).

Toda essa evolução requer controle e acompanhamento, a fim de manter unificados os padrões de medição. Culturas por todo o globo vêm criando medidas desde o alvorecer da história. Durante o nascimento da ciência moderna, entre os anos 1600 e 1700, os cientistas na França tentaram desenvolver um sistema universal de medição que pudesse ser partilhado por todos os países e que estivesse ligado a características imutáveis da natureza (CREASE, 2013).

Do ponto de vista técnico, a medição pode ser empregada para monitorar, controlar e/ou investigar processos ou fenômenos físicos (ALBERTAZZI; SOUSA, 2017). Para descrever o comportamento e as especificações de sistemas de medição, é comum a utilização de um conjunto de características metrológicas, as quais são estudadas e tratadas pela Metrologia.

O vocabulário internacional de metrologia (em inglês *International vocabulary of metrology - VIM*) surge no contexto da metrologia mundial da segunda metade do século XX como uma resposta e uma fuga à síndrome de Babel: busca a harmonização internacional das terminologias e definições utilizadas nos campos da metrologia e da instrumentação (INMETRO, 2012).

Neste estudo foram utilizados princípios voltados à Metrologia Científica, que é a área da Metrologia responsável por estipular os padrões de instrumentos laboratoriais nacionais e internacionais, bem como os padrões de pesquisas e metodologias a serem aplicados em estudos do mais alto nível de qualidade metrológica (INMETRO. VIM, 2000).

Dentre as evoluções presentes na Metrologia Científica, está a Telemetria, tecnologia de medição e comunicação que possibilita por exemplo a coleta e armazenamento de dados remotamente, disponibilizando-os para consulta através de diferentes interfaces (MATTOS, 2004).

Nesse contexto, dado ao crescimento e popularização de dispositivos inteligentes, baseados no conceito de Internet das coisas (em inglês *Internet of things – IoT*), este tipo de tecnologia tornou-se acessível para utilização em pesquisas e desenvolvimentos, por exemplo,

por meio de dispositivos microcontrolados. O termo IoT foi citado pela primeira vez em uma palestra do especialista britânico em tecnologia Kevin Ashton, em 1999. Segundo Kevin, se os computadores fossem capazes de saber as coisas através dos dados coletados, sem interferência humana, seria possível otimizar diversas atividades rotineiras. (TOTVS, 2019). Estas soluções estão possibilitando implementações nas mais diversas áreas, por exemplo: na automação residencial, monitoramento e segurança, controle de vazamentos (gás e água) e sensores de temperatura e umidade.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo, implementar um sistema de telemetria para garantir o acompanhamento remoto dos resultados obtidos durante os estudos da aplicação de resíduo de eletroduto como retardante de chama em concreto celular para edificações, realizados no Laboratório de práticas integradas II da Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL), onde utiliza-se de um *hardware* - Termômetro digital, o qual é responsável por coletar as variações de temperatura durante os ensaios e armazenar localmente estes valores. Contudo, essa solução requer interação humana para acompanhamento e anotação dos resultados obtidos. A interação humana ocorre desde ligar o dispositivo, aguardar a estabilidade da medição, até a coleta de dados em intervalos de tempo pré-definidos. Tais procedimentos podem causar indisponibilidade para realização dos testes, ou até mesmo, virem a colocar em dúvida a precisão e confiabilidade nos resultados.

Dada a disponibilidade de plataformas para desenvolvimento de aplicativos e serviços de integração com a nuvem, bem como a popularização dos circuitos microcontrolados, tornou-se economicamente viável a implementação de uma solução IoT que permite, por exemplo, o acompanhamento remoto da leitura de dados obtidos através de sensores.

A automatização da coleta destes dados e posterior disponibilidade para consulta através de aplicativo ou interface Web, traz maior flexibilidade e confiabilidade ao processo, uma vez que deixou de ser obrigatório a presença de um observador durante todo o período de teste (6 horas).

Desta forma, baseado nos princípios de Telemetria, foi implementado uma interface IoT utilizando uma plataforma em nuvem, configurada para estabelecer a comunicação com o *hardware* que é utilizado para monitoramento da temperatura no laboratório de práticas integradas II da Unisul. Através desta implementação foi possível coletar e armazenar os dados obtidos durante os testes e disponibilizá-los para consulta em tempo real via interface Web, ou ainda, pelo aplicativo que foi desenvolvido exclusivamente para este estudo.

1.1 OBJETIVOS

Visando o tema apresentado, foram definidos os seguintes objetivos:

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver interface Web para um dispositivo microcontrolado utilizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos estão organizados conforme abaixo:

- a) Entender as características do *hardware* utilizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul.
- b) Aplicar técnicas de comunicação e armazenamento de dados em nuvem.
- c) Desenvolver aplicativo dedicado ao acompanhamento dos dados coletados pelo hardware.
- d) Analisar o desempenho do sistema.

1.2 DELIMITAÇÕES

Este trabalho limita-se a ensaios referentes a medição de temperatura no estudo da aplicação de resíduo de eletroduto como retardante de chama em concreto celular para edificações realizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho compreende uma estrutura de 4 capítulos. No qual o capítulo 1 apresenta a introdução ao tema, com justificativa e objetivos. O capítulo 2 traz a fundamentação teórica que serve como embasamento para o entendimento dos estudos realizados a respeito do *hardware* utilizado, dos elementos do sistema IoT, das plataformas de armazenamento de dados em nuvem e sobre o desenvolvimento de aplicativos. O capítulo 3 expõe com detalhes as metodologias utilizadas em cada etapa deste estudo. E por fim, o capítulo 4 apresenta os

resultados obtidos nas pesquisas definidas no capítulo 3, satisfazendo os objetivos previamente definidos.

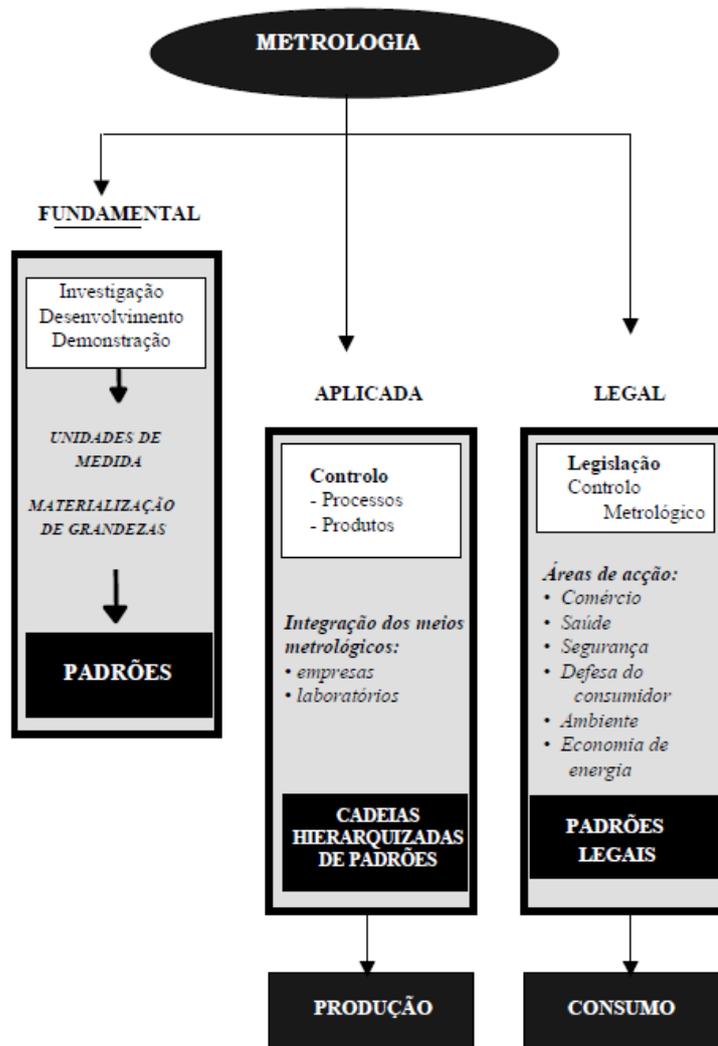
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão descritos os referenciais teóricos que deram embasamento a este trabalho, sendo metrologia, IoT, telemetria e aplicativo.

2.1 METROLOGIA

O termo metrologia vem do grego *metron* que significa medida, e *logos* que significa estudo, desta forma, Metrologia é a Ciência da medição que abrange todos os aspectos teóricos e práticos relativos às medições, qualquer que seja a incerteza, em quaisquer campos da ciência e tecnologia (INMETRO, 2000). A metrologia está dividida em 3 (três) categorias conforme mostra a Figura 1.

Figura 1 - As três categorias da metrologia



Fonte: Sousa (2008)

Conforme destacado na Figura 1, as três categorias da metrologia são definidas como: Metrologia Fundamental, Metrologia Aplicada e Metrologia Legal. Segundo Sousa (2008) as atribuições de cada uma delas são:

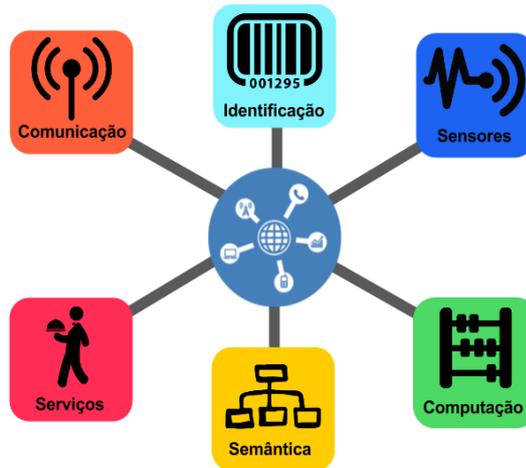
- A Metrologia Fundamental desenvolve as unidades de medidas a partir da definição, recorrendo às ciências (física e outras), bem como as constantes físicas fundamentais, desenvolvendo, mantendo e conservando os padrões de referência atua a nível de mais alta exatidão e incerteza.
- A Metrologia Aplicada atua no âmbito das medições na produção e transformação de bens ou para demonstração da qualidade metrológica em organizações com sistema de qualidade certificados. Trata-se das medições em processos de fabricação e de controle de qualidade dos mais diversos produtos e serviços.
- A Metrologia Legal atua junto aos agentes econômicos e do público em geral fazendo cumprir a legislação aplicável aos mais diversos tipos de instrumentos de medição que interferem nos circuitos comerciais, na saúde e na segurança dos cidadãos, como por exemplo taxímetros, balanças, radar, contadores de combustível e de energia, entre outros.

2.2 IOT

A Internet das Coisas, é uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia a dia, mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet (SANTOS et al., 2016).

A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual conforme destaca a Figura 2.

Figura 2 - Blocos básicos da arquitetura IoT



Fonte: Santos et al (2016).

A Figura 2 apresenta o bloco básico da arquitetura IoT, que de acordo com Santos et al (2016) possui sua estrutura formada pelos seguintes elementos: Comunicação, Identificação, Sensores e Atuadores, Computação, Semântica e Serviços. Ainda segundo Santos et al (2016) esses elementos realizam suas respectivas funções conforme descrito abaixo:

- **Comunicação:** a comunicação diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes, e desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico. Algumas das tecnologias usadas são WiFi, *Bluetooth* e ZigBee.
- **Identificação:** este é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet. Tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification*), NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP (*Internet Protocol*) podem ser empregadas para identificar os objetos.
- **Sensores e Atuadores:** a arquitetura IoT é baseada em componentes de percepção ou atuação, que interagem com o mundo físico recolhendo informações (sensores) em tempo real e em seguida armazena estes dados em centros de armazenamento, permitindo ao sistema responder a estes eventos (atuadores) que podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos. Existem diversos tipos de sensores de temperatura, entre eles estão os NTCs,

Pt100/Pt1000, Termopares, semicondutores, digitais e KTY (ADDTHERM, 2018).

- Computação: a computação inclui a unidade de processamento, como por exemplo, microcontroladores e processadores, que são responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.

Dentre os microcontroladores para uso em sistemas IoT, destacam-se os modelos da Família PIC da fabricante *Microchip*, os modelos da Família AVR da fabricante *Atmel* comprada em 2016 pela *Microchip*, os modelos ESP da *Espressif*, os modelos ST da fabricante STM, e os modelos MSP da Fabricante Texas *Instruments* (VSOFT, 2022).

- Serviços: os sistemas de IoT podem prover diversas classes de serviços, dentre elas, destacam-se os Serviços de Identificação, Serviços de Colaboração e Inteligência e Serviços de Ubiquidade. Dentro da classe de serviços de identificação encontra-se por exemplo o monitoramento de temperatura de ambientes.
- Semântica: a Semântica refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT. Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço.

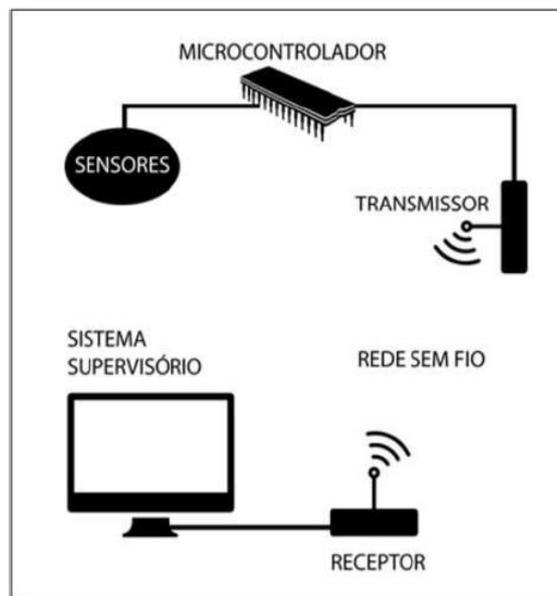
Integrado a esta arquitetura está a rede de internet, responsável por fazer conexões com outros objetos inteligentes ou computadores no sistema de IoT, na qual utilizando-se de diferentes tipos de aplicação, sejam elas aplicativos móveis ou interface Web, entregam serviços diferenciados para as pessoas e empresas, fazendo uso da percepção, atuação e da rede para auxiliar na execução de tarefas. São inúmeras as aplicações vislumbradas pela IoT. Atualmente, muito se fala em telemetria, aplicações com coleta de dados em ambientes diversos, possibilidade de atuação direta sobre objetos de todos os tipos (FACCIONI FILHO, 2016).

2.3 TELEMETRIA

Palavra também de origem Grega, em que *tele* significa à distância e *metron* significa medida, sendo assim, a Telemetria trata das medidas à distância (EUGENIO; ZAGO, 2019). Define-se “telemetria” como “processo tecnológico, decorrente da possibilidade de comunicação sem fio, que permite recolher, transmitir, processar e monitorar dados produzidos a longa distância” (TELEMETRIA, 2022).

A Figura 3 apresenta o exemplo de um sistema de telemetria.

Figura 3 - Exemplo de um sistema de telemetria



Fonte: PIOVESAN (2008).

Conforme exposto na figura 3, basicamente, um sistema de telemetria é composto por ao menos um sensor, ou um grupo deles, uma interface entre os sensores e a rede de comunicação, um conjunto de comunicação transmissor/receptor e um mostrador ou qualquer outro tipo de interface gráfica (EUGENIO; ZAGO, 2019)

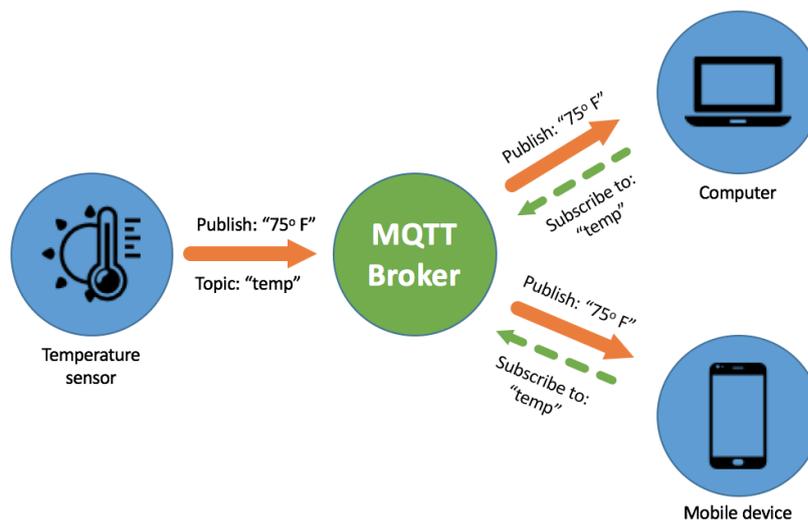
Os sistemas de telemetria são considerados sistemas de tempo real, isto é, o atraso no processamento de dados é suficientemente pequeno para que as pessoas possam interagir com os eventos que estão acontecendo (DIAS, 2010).

2.3.1 Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

O protocolo de transporte de mensagens em fila para atividades de telemetria (em inglês *Message Queuing Telemetry Transport* - MQTT) é um dos protocolos mais utilizados na Internet das Coisas (BUETAS, 2017).

Este protocolo de mensagens modelo publicador/assinante, é extremamente simples e leve, e foi projetado para dispositivos com restrições, de baixa largura de banda, alta latência ou redes não confiáveis, permitindo comunicação assíncrona entre cliente e servidor, chamado de *broker* (Valenzuela, 2021). Na Figura 4 é apresentado o diagrama de blocos da aplicação.

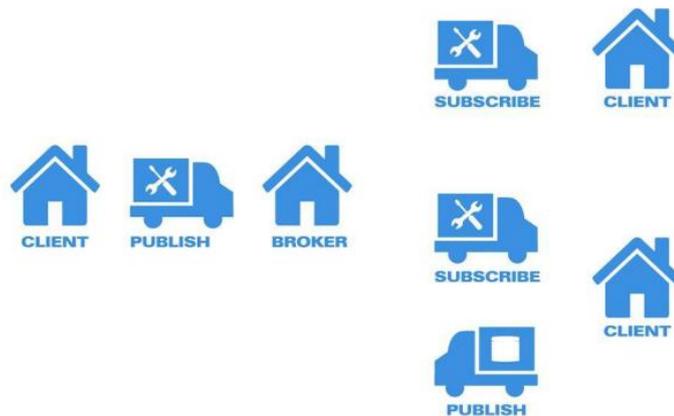
Figura 4 - Diagrama de blocos da aplicação



Fonte: Innorobix (2021)

Conforme apresentado na figura 4, esse modelo de protocolo, também conhecido como arquitetura *Publish/Subscribe*, consiste em dispositivos/entidades que produzem e publicam dados (*Publishers*) e em outros dispositivos/entidades que consomem esses dados (*Subscribers*). Além disso, há uma entidade que age como centralizador nessa troca de dados, comumente chamado de *Message broker*. Assim, dispositivos passam a criar dados e enviá-los ao *broker* através de mensagens conforme ilustra a Figura 5 (Novus, 2019).

Figura 5 - Arquitetura básica *Publish/Subscribe*



Fonte: Novus (2019).

A figura 5 ilustra o processo de transporte de mensagens entre o publicador e o assinante, bem como, evidencia que o cliente pode ser tanto um quanto outro neste modelo de aplicação.

2.3.2 *Broker*

O *broker* é um grande servidor que recebe todas as mensagens dos seus clientes e envia essas mensagens aos clientes de destino – e como exemplo, alguns clientes podem ser desde sensores IoT ou até uma aplicação que recebe os dados dos sensores e os processa (DEAL (2019). Em essência, as plataformas IoT são sistemas de *software* rodando em servidores *online* a famosa nuvem (INSTITUTO NBC, 2020).

O *broker* é o elemento responsável por gerir as publicações e as subscrições do protocolo MQTT. Ele é como uma espécie de mediador entre as máquinas, capaz de fazer com que a comunicação de fato ocorra entre elas (ENGPROCESS, 2018).

Conforme INSTITUTO NBC (2020), pode-se considerar relevante algumas plataformas disponíveis para desenvolvimento de sistemas IoT, sendo estas:

- *ThingSpeak*: esta plataforma foi uma das primeiras que se destacaram em projetos IoT pelo mundo, sendo focada em visualização de dados ao longo do tempo. Em termos de conectividade, suporta os protocolos de comunicação HTTP e MQTT.

- Konker: é uma plataforma IoT brasileira, com foco em visualização de dados ao longo do tempo e interação entre dispositivos utilizando a plataforma como elemento centralizador. Em termos de conectividade, suporta os protocolos de comunicação HTTP e MQTT.
- Tago.io: plataforma IoT americana, com uma gama maior de recursos que o habitualmente visto em plataformas IoT que possuem planos gratuitos. Em termos de conectividade, suporta vários protocolos de comunicação, dentre eles HTTP e MQTT.
- Microsoft Azure: A Microsoft Azure foi uma das primeiras a surgir dentre as plataformas IoT mais completas do mercado. Embora possua planos gratuitos, estes têm grandes limitações, o que pode inviabilizar o uso gratuito para testes em protótipos. Ideal para grandes empresas que desejam fazer soluções IoT em nuvem muito robustas e com suporte a recursos avançados, como Inteligência Artificial. Em termos de conectividade, suporta vários protocolos de comunicação, dentre eles HTTPS e MQTT com TLS/SSL.
- AWS (*Amazon Web Services*): também está entre as plataformas IoT mais completas do mercado, sendo ideal para quem quer fazer soluções IoT em nuvem muito robustas e com suporte a recursos avançados, como Inteligência Artificial, ainda contando com computação elástica como otimizador de custos e uso de servidores. Em termos de conectividade, suporta vários protocolos de comunicação, dentre eles HTTPS e MQTT com TLS/SSL.

2.4 APLICATIVO

Aplicativos da Web - chamados de "WebApps", essa categoria de *software* centrada em rede abrange uma ampla gama de aplicações. Em sua forma mais simples, WebApps podem ser pouco mais do que um conjunto de arquivos de hipertexto vinculados que apresentam informações usando texto e gráficos limitados. No entanto, à medida que a Web 2.0 surge, as WebApps vão evoluindo para ambientes de computação sofisticados que não apenas fornecem

recursos autônomos, funções de computação e conteúdo para o usuário final, mas também são integrados com bancos de dados corporativos e aplicativos de negócios (Pressman, 2010).

Abaixo serão apresentadas 3 plataformas gratuitas para o desenvolvimento de aplicativos:

- MIT App *Inventor*: o projeto MIT App *Inventor* busca democratizar o desenvolvimento de *software*, capacitando todas as pessoas, especialmente os jovens, a passar do consumo de tecnologia para a criação de tecnologia. Este projeto aposta no uso de ferramentas baseada em blocos, o que facilita a criação de aplicativos complexos e de alto impacto em um tempo significativamente menor do que os ambientes de programação tradicionais (MIT APPINVENTOR, 2022).
- *Appy Pie*: fácil de usar, o App *Maker* da *Appy Pie* tem tudo o que você precisa para criar aplicativos móveis dinâmicos sem qualquer codificação. Basta digitar o nome da sua empresa, selecionar a categoria do aplicativo, escolher o esquema de cores perfeito e escolher o dispositivo no qual deseja testar seu aplicativo. Em seguida, adicione os recursos desejados e publique seu aplicativo (APPYPIE, 2022).
- Adalo: é uma plataforma de construção de aplicativos intuitiva e poderosa, que permite ao usuário transformar ideias reais em aplicativos reais, incluindo páginas e dando vida a aplicativos, tudo isso sem precisar escrever uma única linha de código, bastando arrastar e soltar os blocos de construção reutilizáveis para criar a interface desejada (ADALO, 2022).

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo serão caracterizadas as metodologias utilizadas para elaboração deste trabalho.

Segundo Prodanov e Freitas (2013), a metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da sociedade.

Quanto a finalidade, neste trabalho foi utilizada a natureza de pesquisa aplicada, que de acordo com Gonçalves (2014), tem como propósito pesquisar, comprovar ou rejeitar hipóteses sugeridas pelos modelos teóricos e fazer sua aplicação às diferentes necessidades humanas, ou seja, são utilizadas teorias e ferramentas que já existem para a análise das informações. A hipótese estudada foi com relação a confiabilidade do processo de aquisição de dados remotamente. As ferramentas utilizadas para validação da implementação foram as fases do processo sequencial proposto em Pressman (2005) e os estágios de testes propostos em Sommerville (2011).

Quanto aos objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como exploratória, que de acordo com Gil (2008), as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores, em que neste caso, foi desenvolvido um aplicativo Web para monitoramento remoto de um termômetro digital, bem como modificando a forma com que o teste era realizado, visto que, a partir de agora pode também ser feito a distância.

Quanto à abordagem é de caráter qualitativo, que segundo Gonçalves (2014), refere-se a pesquisas que não fazem uso de dados estatísticos na análise do problema, sendo que neste trabalho não foram utilizadas ferramentas estatísticas para o desenvolvimento e validação dos resultados.

Quanto ao método, adotou-se o hipotético-dedutivo, que segundo Prodanov e Freitas (2013), inicia-se com um problema ou uma lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva, o qual testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese. Neste caso, a partir da hipótese de implementação de monitoramento dos testes de maneira remota, foram estabelecidas estratégias para viabilizar a comunicação entre os dados percebidos pelos sensores e a maneira com que estes dados seriam visualizados pelo pesquisador.

Quanto ao procedimento, adotou-se a pesquisa experimental, que de acordo com Gil (2008), consiste essencialmente em submeter os objetos de estudo à influência de certas variáveis, em condições controladas e conhecidas pelo investigador, para observar os resultados que a variável produz no objeto. Neste aspecto, os comparativos realizados durante o estudo levaram em conta a confiabilidade dos dois processos de coleta de dados: registro pessoal, *in loco* e registro automático de maneira remota.

Conforme Sommerville (2011) um sistema de coleta de dados baseado em sensores, é um sistema cujo principal objetivo é coletar dados a partir de um conjunto de sensores e processá-los de alguma forma. Os principais requisitos de tais sistemas são confiabilidade, e manutenibilidade. Para obtenção de um sistema que permita confiabilidade e manutenibilidade, adotou-se o processo sequencial em 3 etapas conforme proposto em Pressman (2005): Levantamento de requisitos, Análise e projeto do sistema, e Implementação (codificação) do sistema.

A utilização das etapas propostas por Pressman (2005) será descrita nos tópicos 3.1 e 3.2.

3.1 LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Na primeira etapa, foi realizado o levantamento dos requisitos, a fim de identificar as necessidades do sistema para monitoramento dos dados referente a variação de temperatura interna da câmara através do *hardware* utilizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul. Definiu-se que a ênfase do trabalho estaria em desenvolver uma interface Web dedicada para prover o armazenamento e acesso remoto aos dados coletados por este sistema.

3.1.1 Análise do *hardware*

Os principais elementos do *hardware* utilizados no laboratório serão descritos abaixo.

- Módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMcu ESP-12 (Figura 6) é uma placa de desenvolvimento que combina o chip ESP8266, uma interface usb serial e um regulador de tensão 3.3V. A programação pode ser feita utilizando diferentes interfaces, através de comunicação via cabo micro usb (FILIPEFLOP, 2022).

Figura 6 - Módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMcu ESP-12



Fonte: Filipeflop, 2022

Conforme apresentado na Figura 6, o módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMcu ESP-12 possui os recursos de rede Wi-Fi completos e independentes, o chip ESP8266EX pode ser aplicado a qualquer projeto de microcontrolador como um adaptador Wi-Fi por meio de interfaces SPI/SDIO ou UART. Além das funcionalidades Wi-Fi, o ESP8266EX também integra um processador de 32 bits podendo ser interligado com sensores externos e outros dispositivos através dos GPIOs (EXPRESSIF, 2020).

- Sensor de Temperatura DS18B20 (Figura 7) é bastante preciso ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de exatidão) e proporciona leituras de temperaturas de até 12 bits (configurável) através de uma conexão de dados de apenas 1 fio com o seu microcontrolador (FILIFEFLOP, 2022).

Figura 7 - Sensor DS18B20



Fonte: Filipeflop, 2022

O sensor DS18B20 apresentado na Figura 7 é do tipo digital e é amplamente utilizado em projetos de IoT.

- Display LCD 20×4 (20 colunas por 4 linhas) Figura 8, possui *backlight* verde, escrita preta e é utilizado em toda indústria e em projetos eletrônicos, podendo ser operado em 4 ou 8 bits paralelamente (FILIPEFLOP, 2022).

Figura 8 - Display LCD 20×4



Fonte: Filipeflop, 2022

O display apresentado na Figura 8 possibilita a visualização de 4 linhas de informações simultaneamente.

3.2 ANÁLISE DE PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Na segunda etapa, foram avaliadas quais informações seriam coletadas pelos sensores, determinando o posicionamento e identificando cada um deles, a fim de estabelecer uma relação entre cada sensor e as informações a serem armazenadas no banco de dados.

Desta forma o primeiro sensor foi identificado com o número 1, o qual é posicionado próximo a fonte de calor. O segundo sensor foi identificado com o número 2, e está posicionado na frente da amostra no intuito de monitorar a temperatura que chega na posição em que se encontra a placa sob teste. O terceiro sensor está posicionado na parte de trás da amostra, com o intuito de monitorar o quanto de temperatura a placa é capaz de isolar.

Nesta etapa foi identificada a necessidade de adequação do código utilizado para o controle das funções realizadas pelo microcontrolador. Foram avaliadas as plataformas disponíveis para desenvolvimento do sistema IoT, bem como a compatibilidade com as funções disponíveis na plataforma de desenvolvimento de aplicativos, buscando assim otimizar os recursos e garantir o funcionamento do sistema.

Considerando as necessidades do projeto, e as informações acima descritas, optou-se por implementar a solução na plataforma *ThingSpeak*, e realizar o desenvolvimento do aplicativo na plataforma MIT APP *Inventor* dado a compatibilidade e disponibilidade de recursos e tutoriais para criação de soluções customizadas e de simples implementação.

Ainda nesta etapa, observou-se a necessidade de realizar o tratamento dos dados, em formato de tabela, contendo o resultado do cálculo térmico utilizado para análise do percentual de isolamento encontrado.

3.2.1 Implementação do sistema

A terceira etapa está dividida em 3 fases, começando com a criação e configuração da conta na plataforma *ThingSpeak* para obtenção de um identificador único para acesso ao sistema, seguindo com a atualização do código de programação utilizado no microcontrolador, a fim de realizar coleta de dados dos sensores e passar os parâmetros de acesso a plataforma *ThingSpeak*, finalizando com a criação do aplicativo de integração entre a plataforma *ThingSpeak* e o termômetro microcontrolado.

3.2.1.1 Configuração da conta na plataforma *ThingSpeak*

A plataforma *Thingspeak* permite a criação de um serviço WEB o qual necessita de um identificador único de acesso ao sistema.

Para criação deste serviço foi necessário cadastrar uma conta de e-mail, a qual posteriormente foi utilizada para criação de um usuário para acesso e configuração das funcionalidades dentro da plataforma *ThingSpeak*.

Figura 10 – Dados do usuário *ThingSpeak*

Password
[Change Password](#)

*Email Address
i To access your organization's MATLAB license, use your work or university email.

Profile Picture


*First Name ✓

*Last Name ✓

*Location ▼

Fonte: *ThingSpeak*, 2022

Após a criação do usuário passamos a ter o identificador único chamado de “*Channel ID*” (Identificador de canal) o qual através da conexão com a internet provê acesso ao sistema. Este identificador estabelece o endereço do serviço WEB que é utilizado tanto nas configurações do aplicativo quanto no código de programação do hardware para que ocorra a comunicação entre o dispositivo (que após configuração passa a responder aos comandos da plataforma como um objeto inteligente) e os comandos da interface Web ou via aplicativo desenvolvido especificamente para controlá-lo. Na figura 11 podemos ver as informações contidas em um canal disponível na plataforma *ThingSpeak*.

Figura 11 – Canal *ThingSpeak*

My Channels

Name ↕	Created ↕	Updated ↕
 Termômetro Laboratório de Práticas Integradas II Unisul <input type="button" value="Private"/> <input type="button" value="Public"/> <input type="button" value="Settings"/> <input type="button" value="Sharing"/> <input type="button" value="API Keys"/> <input type="button" value="Data Import / Export"/>	2022-01-03	2022-05-27 21:39

Fonte: *ThingSpeak*, 2022

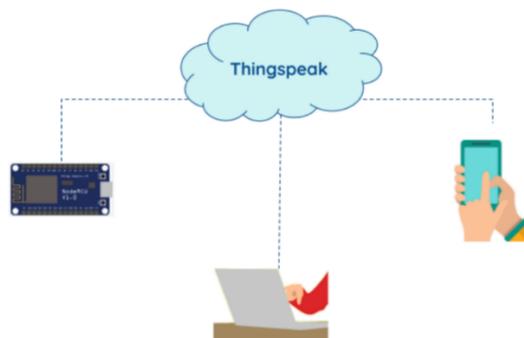
A figura 11 demonstra as informações disponíveis em um canal da plataforma *ThingSpeak*. Através desse canal são realizadas as configurações e disponibilizadas duas chaves, uma para leitura e outra para escrita. Estas chaves definem o endereço para comunicação com o *hardware*, seja para comunicação com os sensores (chave de leitura) ou

para comunicação com os atuadores (chave de escrita). Neste estudo foram utilizadas as duas chaves: chave de leitura e chave de escrita.

Além das chaves de acesso, cada canal possui campos distintos, os quais são configurados para distinguir os objetos inteligentes. Para esta aplicação foram configurados três campos, um para cada sensor. Desta forma, através da chave de leitura o serviço Web solicita ao *hardware* informações sobre o *status* de cada um dos sensores separadamente. Estes valores são repassados, transportados e armazenados na plataforma. Essa configuração permitiu automatizar a leitura de valores nos 3 sensores de temperatura do termômetro do laboratório.

Nesta etapa foi criado o caminho para uma comunicação IoT conforme podemos exemplificar na figura 12.

Figura 12 – Comunicação IoT



Fonte: Codeiot, 2022

3.2.1.2 Atualização do código de programação

Para que o microcontrolador utilizado no hardware passasse a publicar (estrutura *publish*) informações de serviços na plataforma *ThingSpeak* via conexão wi-fi, fez-se necessário tornar este dispositivo em um objeto inteligente assinante (estrutura *subscriber*) pela adequação do código de programação, que era utilizado, até então, apenas para realizar a atividade de monitorar e disponibilizar as informações de temperaturas no display.

Para isso foram incluídos no código informações referentes à conexão com a internet, dados de usuário e senha da rede onde o dispositivo foi conectado. Também foram incluídos dados do canal, chave de escrita, e identificação dos campos correspondentes à configuração realizada na plataforma *ThingSpeak*.

Após ter esses parâmetros configurados, o dispositivo estabeleceu uma conexão com a internet e passou a fazer requisições ao serviço *ThingSpeak* para atualizar os dados do canal, alimentando com as informações coletadas pelos sensores de temperatura e tornando possível

o acesso a esses dados de maneira *online* e remota através da interface Web. Os dados podem ser consultados pelo endereço <https://thingspeak.com/channels/1624114> digitado diretamente no navegador do computador, *smartphone* ou *tablet*.

3.2.1.3 Criação do aplicativo

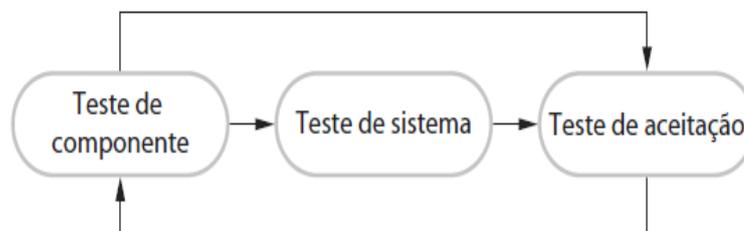
Com a configuração da plataforma e atualização do código o dispositivo já apresentava parte de sua funcionalidade preparada, iniciando assim o desenvolvimento de um aplicativo personalizado com o intuito de integrar a plataforma *ThingSpeak* ao hardware. Dessa forma foi possível customizar as informações, permitindo que a aplicação trouxesse ainda mais autonomia e facilidade para visualização dos resultados durante o teste.

Estando os dispositivos (termômetro e *smartphone*) conectados à internet, ainda que em redes distintas, as informações são trocadas e atualizadas de maneira instantânea através da plataforma *ThingSpeak*, ou seja, a comunicação não ocorre diretamente entre os dispositivos, ela passa pelo serviço de nuvem, que recebe e armazena os dados e comandos e através da conexão entre o assinante e o publicador, sendo esse serviço responsável por viabilizar essa troca de informações *online*.

3.2.2 Análise do desempenho do sistema

Para análise do desempenho do sistema foi utilizado como método os estágios de teste propostos em Sommerville (2011), seguindo sequencialmente com o Teste de Componente, Testes de sistema e Testes de aceitação conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Estágios de teste



Fonte: Pearson, 2010

Os estágios de testes apresentados na Figura 9, bem como a aplicação e o propósito de cada etapa neste projeto serão explicados a seguir:

Durante os testes de componentes, foram avaliados de forma independente o funcionamento das estruturas de *software* responsáveis pela coleta de dados dos sensores, pelo

gerenciamento do *Display* de cristal líquido, pela comunicação com a internet, e pela transição de dados para a plataforma *ThingSpeak*. Esse teste foi realizado para avaliar o funcionamento de todas as partes do sistema antes da integração.

Após a integração, porém ainda em ambiente simulado, foram realizados os testes do sistema, no qual verificou-se o correto funcionamento de suas funções, bem como o atendimento aos requisitos funcionais e não funcionais.

Para conclusão da etapa de validação, foram realizados os testes de aceitação, em que a solução foi testada no laboratório de práticas integradas II da Unisul, com o objetivo de identificar possíveis erros e omissões com relação aos requisitos do sistema. Nesta etapa foi constatado que as especificações foram atendidas, e que o sistema se comportou conforme o esperado.

4 RESULTADOS

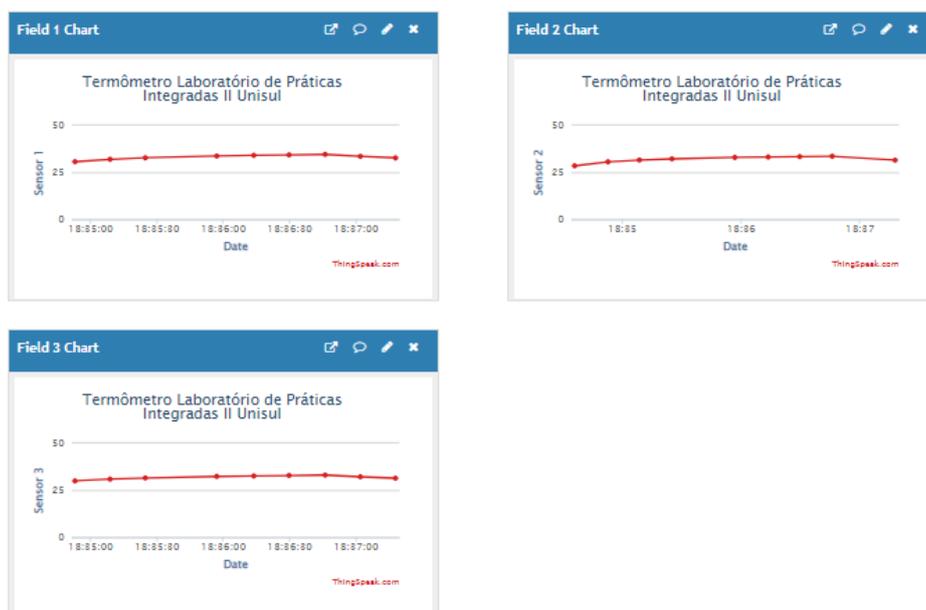
Neste capítulo serão descritos os resultados encontrados durante a pesquisa.

A primeira etapa do teste teve o objetivo de avaliar separadamente a funcionalidade das estruturas.

Estando com a placa conectada ao *notebook* e habilitando o monitor serial disponível na interface de desenvolvimento (IDE), foi possível constatar que a leitura de variação de temperatura estava sendo coletada pelos sensores e enviada para o microcontrolador conforme as necessidades do projeto. Os dados também estavam sendo exibidos e sincronizados com as informações disponíveis no display, e na plataforma *ThingSpeak*, as quais em modo de teste eram atualizadas a cada 5 segundos.

Para leitura e armazenamento dos dados enviados pelos sensores 1, 2 e 3, foram habilitados os campos 1, 2 e 3 no canal de comunicação configurado na plataforma *ThingSpeak*. Para cada campo foi habilitado 1 gráfico de acordo com os parâmetros de temperatura esperado. Assim que o Hardware é ligado, os gráficos passam a ser atualizados em tempo real, confirmando assim o estabelecimento da conexão com a internet. Na figura 10 é possível visualizar os 3 gráficos configurados na plataforma.

Figura 10 - Gráfico individual dos sensores



Fonte: *ThingSpeak*, 2022

Conforme demonstrado na Figura 10, a comunicação entre o *hardware* e a plataforma ocorreu perfeitamente. Através do monitoramento da coleta de dados no intervalo de tempo pré-definido, também foi possível validar o correto funcionamento do sistema, que responde de forma precisa a execução do código de programação embarcado no microcontrolador.

Após a definição da interface de usuário e configuração do aplicativo Android na plataforma Mit App Inventor, foram definidos o conteúdo de cada tela e habilitados os botões de navegação. Na figura 11 é apresentado a tela inicial do aplicativo.

Figura 11 - Tela inicial do aplicativo



Fonte: Aplicativo tela inicial

Conforme apresentado na figura 11, o aplicativo possui campos para apresentação da leitura em tempo real dos sensores 1, 2 e 3, bem como possui 1 botão para começar o teste (Começar Teste) e um botão para visualizar a planilha (Planilha). O Botão Planilha permite consultar os valores coletados pelos sensores e armazenados no planilhas google.

Figura 12 - Valores armazenados no planilhas google

	A	B	C	D
1	Data/hora	Sensor1	Sensor2	Sensor3
2	11/09/2022 07:19:43	0	0	0
3	11/09/2022 07:20:08	23.25	18.94	16.13
4	11/09/2022 07:20:43	24.81	22.38	16.00
5	11/09/2022 07:21:08	26.19	23.50	15.81
6	11/09/2022 07:21:43	27.31	24.00	15.75
7	11/09/2022 07:22:08	28.00	24.31	15.69
8	11/09/2022 07:22:43	28.56	24.44	15.63
9	11/09/2022 07:23:08	28.81	24.56	15.56
10	11/09/2022 07:23:43	29.38	24.94	15.50
11	11/09/2022 07:24:08	29.56	25.00	15.50
12	11/09/2022 07:24:43	29.75	25.13	15.50
13	11/09/2022 07:25:08	30.00	25.13	15.44
14	11/09/2022 07:25:43	30.19	25.13	15.44
15	11/09/2022 07:26:08	30.25	25.13	15.44
16	11/09/2022 07:26:43	30.44	25.13	15.44
17	11/09/2022 07:27:08	30.50	25.19	15.44
18	11/09/2022 07:27:43	30.56	25.13	15.44
19	11/09/2022 07:28:08	30.69	25.31	15.50
20	11/09/2022 07:28:43	30.81	25.06	15.44
21	11/09/2022 07:29:08	30.88	24.94	15.50
22	11/09/2022 07:29:43	31.00	25.94	15.56
23	11/09/2022 07:30:08	30.94	27.63	15.56
24	11/09/2022 07:30:44	30.94	29.25	15.56
25	11/09/2022 07:31:09	30.88	30.25	15.56
26	11/09/2022 07:31:43	30.94	30.94	15.56
27	11/09/2022 07:32:08	30.88	31.44	15.56
28	11/09/2022 07:32:43	30.88	31.75	15.63

Fonte: Aplicativo tela planilha

A figura 12 apresenta a tela do aplicativo que permite a visualização dos dados armazenados na planilha google.

A interface prevê ainda os botões Gráfico S1, Gráfico S2 e Gráfico S3 que possibilitam a visualização dos gráficos disponíveis na plataforma *ThingSpeak* conforme podem ser observado nas figuras 13, 14 e 15.

Figura 13 - Gráfico S1



Fonte: Aplicativo tela Gráfico S1.

Figura 14 - Gráfico S2



Fonte: Aplicativo tela Gráfico S2.

Figura 15 - Gráfico S3



Fonte: Aplicativo tela Gráfico S3.

Nas figuras 13, 14 e 15 é possível visualizar as informações da tela do aplicativo, onde, em tempo real, o comportamento dos sensores 1, 2 e 3 pode ser acompanhado, assim como, constatado o correto funcionamento do teste e desempenho do sistema.

Ao abrir o aplicativo e clicar em Começar Teste, a coleta e armazenamento dos dados tem início através da consulta destes dados na plataforma *ThingSpeak*, onde através da configuração de parâmetros de programação definidos no aplicativo, o sistema passa a alimentar uma planilha google automaticamente. Dessa maneira é possível iniciar a coleta e armazenamento dos dados a partir do aplicativo de forma remota. Na figura 16 podemos ver um exemplo de como os dados ficam armazenados no arquivo Termômetro Laboratório de práticas II.

Figura 16 - Dados armazenados no planilhas google

Termômetro Laboratório de práticas II

Arquivo Editar Ver Inserir Formatar Dado

100% R\$ % .0 .00 123

	A	B	C	D
1	Data/hora	Sensor1	Sensor2	Sensor3
2	11/09/2022 07:19:43	0	0	0
3	11/09/2022 07:20:08	23.25	18.94	16.13
4	11/09/2022 07:20:43	24.81	22.38	16.00
5	11/09/2022 07:21:08	26.19	23.50	15.81
6	11/09/2022 07:21:43	27.31	24.00	15.75
7	11/09/2022 07:22:08	28.00	24.31	15.69
8	11/09/2022 07:22:43	28.56	24.44	15.63
9	11/09/2022 07:23:08	28.81	24.56	15.56
10	11/09/2022 07:23:43	29.38	24.94	15.50
11	11/09/2022 07:24:08	29.56	25.00	15.50
12	11/09/2022 07:24:43	29.75	25.13	15.50
13	11/09/2022 07:25:08	30.00	25.13	15.44
14	11/09/2022 07:25:43	30.19	25.13	15.44
15	11/09/2022 07:26:08	30.25	25.13	15.44
16	11/09/2022 07:26:43	30.44	25.13	15.44
17	11/09/2022 07:27:08	30.50	25.19	15.44
18	11/09/2022 07:27:43	30.56	25.13	15.44
19	11/09/2022 07:28:08	30.69	25.31	15.50
20	11/09/2022 07:28:43	30.81	25.06	15.44
21	11/09/2022 07:29:08	30.88	24.94	15.50
22	11/09/2022 07:29:43	31.00	25.94	15.56
23	11/09/2022 07:30:08	30.94	27.63	15.56
24	11/09/2022 07:30:44	30.94	29.25	15.56
25	11/09/2022 07:31:09	30.88	30.25	15.56
26	11/09/2022 07:31:43	30.94	30.94	15.56
27	11/09/2022 07:32:08	30.88	31.44	15.56
28	11/09/2022 07:32:43	30.88	31.75	15.63
29	11/09/2022 07:33:08	30.94	31.88	15.63
30	11/09/2022 07:33:43	30.94	32.19	15.63
31	11/09/2022 07:34:08	30.94	32.31	15.63
32	11/09/2022 07:34:43	31.00	32.44	15.63
33	11/09/2022 07:35:08	31.00	32.56	15.63
34	11/09/2022 07:35:43	31.00	32.69	15.63
35	11/09/2022 07:36:08	31.00	32.75	15.69
36	11/09/2022 07:36:43	31.06	32.88	15.69

+ Respostas ao formulário 1

Fonte: Planilhas google

Conforme apresentado na figura 16, os dados ficam identificados pelos campos nomeados como Sensor1, Sensor2 e Sensor3. Também estão disponíveis os rótulos de data e hora na coluna Carimbos de data e hora.

Ainda de maneira automática, os dados coletados são tratados e manipulados pelas funções disponíveis no planilhas google. Essas funções têm o objetivo de ajustar o conteúdo das células para o formato adequado (CSV para Número) e realizar o cálculo de forma a apresentar o resultado do teste térmico. A figura 17 demonstra as informações necessárias para o cálculo e o resultado do teste térmico.

Figura 17 - Informações para o cálculo e resultado do teste térmico

Dados coletados				Dados tratados			Cálculo térmico	Parâmetros de referência		
Data/hora	Sensor1	Sensor2	Sensor3	Sensor1	Sensor2	Sensor3	RESULTADO	Sensor1	Sensor2	Sensor3
11/09/2022 07:19:43	0	0	0	87,3000	70,0000	39,4000	0,5654	87,30	70,00	39,40
11/09/2022 07:20:08	23.25	18.94	16.13	23,25	18,94	16,13	1,5338	Resultado obtido		0,5654
11/09/2022 07:20:43	24.81	22.38	16.00	24,81	22,38	16,00	0,3809			
11/09/2022 07:21:08	26.19	23.50	15.81	26,19	23,50	15,81	0,3498	A	2,70	[m]
11/09/2022 07:21:43	27.31	24.00	15.75	27,31	24,00	15,75	0,4012	L	0,04	[m]
11/09/2022 07:22:08	28.00	24.31	15.69	28,00	24,31	15,69	0,4281	h	25,00	m ² .k ⁻¹
11/09/2022 07:22:43	28.56	24.44	15.63	28,56	24,44	15,63	0,4677			
11/09/2022 07:23:08	28.81	24.56	15.56	28,81	24,56	15,56	0,4722			
11/09/2022 07:23:43	29.38	24.94	15.50	29,38	24,94	15,50	0,4703			
11/09/2022 07:24:08	29.56	25.00	15.50	29,56	25,00	15,50	0,4800			
11/09/2022 07:24:43	29.75	25.13	15.50	29,75	25,13	15,50	0,4798			
11/09/2022 07:25:08	30.00	25.13	15.44	30,00	25,13	15,44	0,5026			
11/09/2022 07:25:43	30.19	25.13	15.44	30,19	25,13	15,44	0,5222			
11/09/2022 07:26:08	30.25	25.13	15.44	30,25	25,13	15,44	0,5284			
11/09/2022 07:26:43	30.44	25.13	15.44	30,44	25,13	15,44	0,5480			
11/09/2022 07:27:08	30.50	25.19	15.44	30,50	25,19	15,44	0,5446			
11/09/2022 07:27:43	30.56	25.13	15.44	30,56	25,13	15,44	0,5604			
11/09/2022 07:28:08	30.69	25.31	15.50	30,69	25,31	15,50	0,5484			
11/09/2022 07:28:43	30.81	25.06	15.44	30,81	25,06	15,44	0,5977			
11/09/2022 07:29:08	30.88	24.94	15.50	30,88	24,94	15,50	0,6292			
11/09/2022 07:29:43	31.00	25.94	15.56	31,00	25,94	15,56	0,4875			
11/09/2022 07:30:08	30.94	27.63	15.56	30,94	27,63	15,56	0,2742			
11/09/2022 07:30:44	30.94	29.25	15.56	30,94	29,25	15,56	0,1234			

Fonte: Planilhas google

Conforme demonstrado na figura 17, os dados coletados na aba 1 foram tratados (convertidos de CSV para Número) e manipulados, (através de funções matemáticas) de forma a obter o resultado de interesse do ensaio, que é o cálculo térmico, referente ao estudo da aplicação de resíduo de eletroduto como retardante de chama em concreto celular para edificações, realizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul.

Para tal operação, o dispositivo móvel (Smartphone ou Tablet) pode estar conectado a qualquer rede com acesso à internet, tornando o acesso a inicialização dos testes e consulta dos dados em tempo real e de forma remota.

O Teste de aceitação ocorreu conforme o planejado. Após posicionar os 3 sensores na câmara de teste e ligar o dispositivo, os dados passaram a ser enviados para plataforma de serviços *ThingSpeak*.

Ao abrir o aplicativo, e clicar no botão tabelas, o documento criado no planilhas google passa a ser alimentado a cada 5 minutos, de forma automática, agilizando e dando maior credibilidade e flexibilidade ao teste.

CONCLUSÃO

Com a utilização dos princípios de telemetria aplicados ao monitoramento de *hardware* via interface Web foi desenvolvido um aplicativo compatível com o termômetro microcontrolado utilizado no laboratório de práticas integradas II da Unisul, possibilitando a coleta, o armazenamento, o tratamento e a manipulação dos dados de forma a apresentar os resultados do cálculo térmico de maneira automática.

Tornar viável a implementação deste sistema integrado de acesso remoto foi uma experiência enriquecedora dada a relevante contribuição referente à flexibilidade para execução do teste, bem como a redução do número de interações necessárias do pesquisador durante o teste e a conclusão obtida através dos dados. A automatização dos testes foi possível devido aos recursos oferecidos pelas plataformas de desenvolvimento de aplicativos e de gerenciamento do protocolo MQTT que permitem fazer de maneira gratuita soluções IoT em nuvem.

As informações para desenvolvimento e implementação de soluções IoT com suas ferramentas e recursos estão cada vez mais acessíveis. Atualmente existem muitos materiais e artigos relevantes na área, propiciando grandes oportunidades para estudos referentes à redução e otimização do tempo. Estes estudos têm impacto direto nos custos, e processos além de trazer maior segurança às operações.

Dado a infinidade de recursos disponíveis nas plataformas *ThingSpeak* e *Mit App Inventor*, certamente existem oportunidades de melhorias como por exemplo a implementação de estudos de segurança da informação alinhados com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) juntamente com os Requisitos de Segurança Cibernética da Anatel (Ato 77/21), melhorias com relação aos Métodos de acesso e conexão com a rede, assim como viabilizar a automação e controle de temperatura da fonte de calor através do aplicativo, dentre inúmeras outras possibilidades não tratadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ADALO. Build Powerful Apps. Disponível em: <<https://www.adalo.com/product>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

ADDTHERM. Qual é o melhor sensor de temperatura para sua aplicação? 2018. Disponível em: <<https://www.addtherm.com.br/comparativo-de-sensores-de-temperatura/>>. Acesso em: 21 mai. 2022.

ALBERTAZZI, Armando; SOUSA, André Roberto de. Fundamentos de Metrologia Científica e Industrial. 2. ed. São Paulo: Manole, 2017. 480 p. Acesso em: 15 mai. 2022.

ALT/P. Alternativa para os softwares e apps que você mais ama. Disponível em: <<https://alternativapara.com.br/s/android-creator>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

APPYPIE. Appy Pie's No Code App Maker's Features Disponível em: <<https://www.appypie.com/app-builder/appmaker>>. Acesso em: 17 mai. 2022.

CENTRO DE APOIO TECNOLÓGICO À INDÚSTRIA METALOMECÂNICA, 2008, Porto. Caderno técnico. Porto: Catim, 2008. 20 p.
FACCIONI FILHO, Mauro. Internet das Coisas. Palhoça: Unisulvirtual, 2016. 61 p.

CODEIOT. ThingSpeak: Visão geral. Disponível em: https://codeiot.org.br/courses/course-v1:LSI-TEC+IOT106+2020_O2/courseware/b1f74323874a48edaa5c35adfff25508/e348725b61574d5f9c7eb8c78917b360/?child=first. Acesso em 02 out. 2022.

CREASE, Robert P.. A medida do mundo: a busca por um sistema universal de pesos e medidas. Rio de Janeiro: Zahar, 2013. 147 p. Tradução de: George Schlesinger.

DEAL. IoT – MQTT e REST, os protocolos utilizados no mundo IoT. Disponível em: <https://www.deal.com.br/blog/iot-mqtt-e-rest-os-protocolos-utilizados-no-mundo-iot/#:~:text=O%20broker%20%C3%A9%20um%20grande,dos%20sensores%20e%20os%20processa>. Acesso em 14 mai. 2022.

DIAS, J. E. A. Eletrônica, instrumentação e telemetria do veículo UFVBAJA. 2010. Monografia (Conclusão do Curso de Licenciatura em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

ENGPROCESS. O que é MQTT broker e quais as suas principais vantagens? Disponível em: <https://engprocess.com.br/mqtt-broker/>. Acesso em 14 mai. 2022.

EUGENIO, Fernando Coelho; ZAGO, Hugo Bolsoni. O livro dos drones: um guia completo para entender todas as partes e funcionamento. Alegre: Caufes, 2019. 85 p.

EXPRESSIF. ESP8266EX Datasheet. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents>. Acesso em 14 mai. 2022.

FILIFELOP. modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12. filipeflop, 2016. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266nodemcu-esp-12/>>. Acesso em 14 mai. 2022.

FONTENELLE, André. Metodologia científica: Como definir os tipos de pesquisa do seu TCC? 2017. Disponível em: <<https://andrefontenelle.com.br/tipos-de-pesquisa/>> Acesso em: 21 mai. 2022.

INMETRO (Brasil). Inmetro (ed.). Vocabulário Internacional de Metrologia: conceitos fundamentais e gerais e termos associados (vim 2012). Rio de Janeiro: Inmetro, 2012. 94 p. Traduzido de: International Vocabulary of Metrology: Basic and general concepts and associated terms – JCGM 200:2012. 3rd. ed. 2012. Traduzido por: grupo de trabalho luso-brasileiro ISBN: 978-85-86920.

INNOROBIX. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). 2021. Disponível em: <<https://www.innorobix.com/message-queuing-telemetry-transport-mqtt/>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

INSTITUTO NBC. O que são as plataformas IoT e quais são as maiores do mercado (MIC435). Disponível em: <https://www.newtonbraga.com.br/index.php/iot/17606-o-que-sao-as-plataformas-iot-e-quais-sao-as-maiores-do-mercado-mic435.html>. Acesso em 14 mai. 2022.

LOPES, Denise Prazeres; AFONSO, Júlio Carlos. DO TERMOSCÓPIO AO TERMÔMETRO DIGITAL: QUATRO SÉCULOS DE TERMOMETRIA. Química Nova, Rio de Janeiro, v. 29, n. 6, p. 1393-1400, 14 jun. 2006.

MATTOS, Alessandro Nicoli de. Telemetria e conceitos relacionados: uma visão geral dos sistemas de telemetria com ênfase em aplicações aeroespaciais. São Paulo: Creative Commons, 2004. 409 p.

MCGEE, Thomas D. Principles and Methods of Temperature Measurement. Ames: Wiley, 1988. 281 p.

MIT APPINVENTOR. About US. Disponível em: <<https://appinventor.mit.edu/about-us>>. Acesso em: 15 mai. 2022.

NOVUS, Artigo: Modelo Cliente-Servidor do Modbus TCP e Publish-Subscribe do MQTT: quando utilizar cada um deles e quais suas vantagens e desvantagens? Disponível em: <https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/modelos%20cliente-servidor%20do%20modbus%20tcp%20e%20publish-subscribe%20do%20mqtt.pdf>. Acesso em 14 mai. 2022.

PIOVESAN, F. C. Telemetria aplicada na mecanização agrícola utilizando o Datalogger CR 1000. 2008. Monografia (Conclusão do Curso de Ciência da Computação) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PRESSMAN, Roger S.. Software Engineering: a practitioner's approach. 7. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2010. 930 p.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed, Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-614d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>> Acesso em: 05 nov. 2019.

PURCINO, Carla Eloisa. UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA TOOLBOX DE PRODUTO DA INDÚSTRIA 4.0 PARA ENQUADRAMENTO DE NOVO PRODUTO DE COMUNICAÇÃO. 2017. Palhoça, SC. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/15354/1/TCC%20Carla%20Eloisa%20Purcino%20-%20Vers%C3%A3o%20Final.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2022

ROSE, Karen; ELDRIDGE, Scott; CHAPIN, Lyman. The Internet of Things: An Overview. Geneva, Switzerland: The Internet Society (ISOC), 2015.

TELEMETRIA. *In*: MEU DICIONÁRIO.ORG, Dicionário Online de Português. MeuDicionário, 2020. Disponível em: <<https://www.meudicionario.org/telemetria/>>. Acesso em: 10/05/2022.

THINGSPEAK. Termômetro Laboratório de Práticas Integradas II Unisul Disponível em: < https://thingspeak.com/channels/1624114/private_show> Acesso em: 02 out. 2022.

VSOFT. Microcontroladores: o que considerar na hora de escolher? Disponível em: <<https://vsoft.com.br/post/escolher-microcontroladores>> Acesso em: 21 mai. 2022.