



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS – IFAM
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL
CURSO TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

BRENDA DE MELO GOMES

**PROPOSTA MONTAGEM DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E
MONITORAMENTO VIA BLUETHOOH DA USINA FOTOVOLTAICA DO IFAM -
CMDI**

**MANAUS/AM
2024**

BRENDA DE MELO GOMES

**PROPOSTA MONTAGEM DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E
MONITORAMENTO VIA BLUETHOOOTH DA USINA FOTOVOLTAICA DO IFAM -
CMDI**

Trabalho de Conclusão de curso submetido ao curso de graduação em Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do Título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

**MANAUS/AM
2024**

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Distrito Industrial

G633p Gomes, Brenda de Melo
Proposta montagem de estação meteorológica e monitoramento
via Bluetooth da Usina Fotovoltaica do IFAM -CMDI./ Aroldo Ribeiro de
Souza. – Manaus, 2024.
44f.: il. Color.

Monografia (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Curso de Tecnologia em
Sistemas de Telecomunicações, 2024.
Orientador: Prof. ^o Celso Souza Cordeiro

1. Sistemas fotovoltaicos. 2. Estação meteorológica. 3. Monitoramento
ambiental. 4. Comunicação via Bluetooth. 5 I. Cordeiro, Celso Souza. II. Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.382

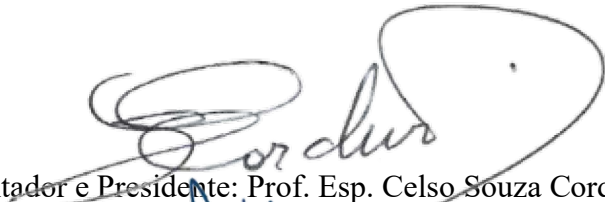
BRENDA MELO GOMES

**PROPOSTA MONTAGEM DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E
MONITORAMENTO VIA BLUETHOOTH DA USINA FOTOVOLTAICA DO IFAM
- CMDI**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas como requisito parcial para obtenção do Título Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações.

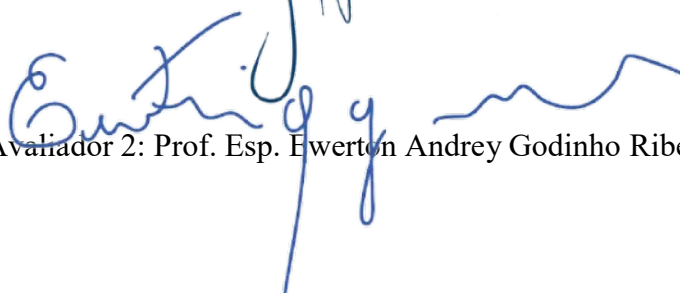
Orientador: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro.

Aprovado em 16 de dezembro de 2024.



Orientador e Presidente: Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro

Avaliador 1: Prof. M. Jonatas Micael Vieira de Lima



Avaliador 2: Prof. Esp. Ewerton Andrey Godinho Ribeiro

Dedico com sublime carinho aos que sonharam intensamente comigo e tornaram essa conquista possível. À minha querida família, em especial aos meus pais, que sempre esteve ao meu lado com amor e apoio incondicional. Aos meus amigos e colegas da faculdade, que compartilharam momentos de aprendizado e desafios. E, principalmente, àqueles que acreditaram em mim e me ajudaram a alcançar este objetivo, pois sem o suporte e a confiança de cada um, este sonho não se teria concretizado.

AGRADECIMENTOS

Ao longo da vida, aprendi a valorizar a autonomia em minhas atividades, mas há momentos em que o apoio e a colaboração de outras pessoas são essenciais para alcançar nossos objetivos. Este projeto de pesquisa, em particular, só se tornou realidade graças à contribuição de muitas pessoas queridas que me acompanharam nessa caminhada.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que tem guiado todos os meus passos e me sustentado em cada etapa da minha vida. Ao meu orientador Celso, por estar comigo desde o início me orientando, me ensinando, o Elton, por ser meu braço direito em tudo, me ajudou bastante e continua me ajudando.

Aos meus professores, coordenador do curso de TST que com dedicação e conhecimento, tornaram este projeto possível, e aos meus colegas, que me desafiaram e incentivaram a crescer academicamente ao longo desta jornada. Ao meu namorado Júlio Cesar, por estar ao meu lado, indo comprar os componentes quando eu não podia ir, me orientava, me motivava.

Agradeço profundamente à minha família, por todo o apoio, paciência e compreensão diante da minha dedicação, tanto ao curso quanto ao desenvolvimento deste trabalho. Sem o suporte e carinho de cada um de vocês, esse sonho não teria se concretizado.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

“A persistência é o caminho do
êxito” Charles Chaplin.

Resumo

A crescente demanda por energia renovável, particularmente sistemas fotovoltaicos, tem destacado a importância do monitoramento dos parâmetros ambientais que afetam a eficiência da produção de energia. Usinas fotovoltaicas são influenciadas por variáveis como temperatura, irradiância solar, umidade e velocidade do vento, que impactam diretamente seu desempenho. Este trabalho propõe a implementação de uma estação meteorológica para monitorar os principais parâmetros meteorológicos e a integração da tecnologia Bluetooth para o monitoramento em tempo real da usina fotovoltaica do IFAM-CMDI. Utilizando microcontroladores de baixo custo, sensores de alta precisão e comunicação sem fio, este projeto visa fornecer uma solução prática e eficiente para monitorar as condições ambientais e otimizar a operação do sistema fotovoltaico. Além da montagem do hardware, será desenvolvido um software para análise e exibição dos dados da estação em tempo real em dispositivos móveis e desktops. Este sistema permitirá maior previsibilidade do desempenho da usina, resultando em uma melhor gestão de energia e tomadas de decisão referentes à manutenção e otimização da eficiência. O objetivo desta proposta é oferecer uma solução abrangente e de baixo custo que aumente a confiabilidade e o controle operacional das usinas fotovoltaicas, ao mesmo tempo em que contribui para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico de sistemas de monitoramento de energia renovável.

Palavras-chave: Sistemas fotovoltaicos, estação meteorológica, monitoramento ambiental, comunicação via Bluetooth, energia renovável.

ABSTRACT

The growing demand for renewable energy, particularly photovoltaic systems, has emphasized the importance of monitoring environmental parameters that affect energy production efficiency. Photovoltaic power plants are influenced by variables such as temperature, solar irradiance, humidity, and wind speed, which directly impact their performance. This work proposes the implementation of a weather station to monitor key meteorological parameters and the integration of Bluetooth technology for real-time monitoring of the IFAM-CMDI photovoltaic power plant. Using low-cost microcontrollers, high-precision sensors, and wireless communication, this project aims to provide a practical and efficient solution to monitor environmental conditions and optimize the operation of the photovoltaic system. In addition to hardware assembly, software will be developed to analyze and display data from the station in real-time on mobile and desktop devices. This system will allow for greater predictability of plant performance, resulting in better energy management and decision-making regarding maintenance and efficiency optimization. The goal of this proposal is to offer a comprehensive and low-cost solution that enhances the reliability and operational control of photovoltaic plants while contributing to the research and technological development of renewable energy monitoring systems.

Keywords: Photovoltaic systems, weather station, environmental monitoring, Bluetooth communication, renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista aérea da cobertura da edificação do IFAM CMDI	28
Figura 2 – Pin out Display	32
Figura 3 – Montagem do Display com Arduino	33
Figura 4 – Montagem sensor HT-22	33
Figura 5 – Montagem do sensor BMP-180	34
Figura 6 – Montagem do Modulo Bluetooth HC-05	34
Figura 7 – Montagem completa do circuito	35
Figura 8 – Google Play com link do DHT11 com Bluetooth	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - apresenta os dados de localização geográfica do IFAM-CMDI.....	28
Tabela 2 – Localização geográfica da USF do CMDI.....	28
Tabela 3 - valores de cada componente utilizada no projeto.....	30
Tabela 4 -Especificações técnicas do Display LCD Arduino.....	32
Tabela 5 – Pin out Display	33

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

IDE Integrated Development Environment.

IEEE – Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos

INMET - Instituto nacional de meteorologia

QoS – Qualidade de Serviço (Quality of Service)

RF – Rádio Frequência (Radio Frequency)

UTC Coordinated Universal Time

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
1.2 METODOLOGIA.....	16
1.2.1 Pesquisa Bibliográfica	16
1.2.2 Desenvolvimento da Estação Meteorológica	16
1.2.3 Desenvolvimento do Software de Monitoramento.....	16
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral	17
2.2 Objetivos Específicos	17
3. PROBLEMA	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1. Meteorologia.....	19
4.2. Climatologia	19
4.3. Elementos Climáticos	19
4.3.1 Temperatura do Ar.....	20
4.3.2 Umidade Relativa do Ar.....	20
4.3.3 Pressão Atmosférica	20
4.3.4 Velocidade e Direção do Vento.....	20
4.3.5 Precipitação Pluviométrica	20
5. Sensores Meteorológicos.....	21
5.4.1 Sensor de Temperatura (Termômetro)	21
5.4.2 Sensor de Umidade (Higrômetro).....	21
5.4.3 Sensor de Velocidade do Vento (Anemômetro).....	21
5.4.4 Sensor de Direção de Vento (Biruta).....	21
5.4.5 Sensor de Chuva (Pluviômetro).....	21
6. Estações Meteorológicas	22
7. Importância dos Dados Meteorológicos para Energias Renováveis	22
8. A TRANSMISSÃO DE SEM FIO	22
8.1 COMUNICAÇÃO POR BLUETHOOTH	25
9. SISTEMA DE ESTAÇÃO DE METEOROLOGICA COM ARDUÍNO.....	27
9.1. Localização da Montagem da Estação Meteorológica	28
9.2. Montagem da Estação Meteorológica com Arduino	28
9.3. Componentes Utilizados.....	29
9.4. Descrição dos itens principais do sistema	30

9.5. Análise Financeira	30
9.6 Montagem do circuito da estação meteorológica.....	30
9.7 Programação e Comunicação	35
9.7.1. Bibliotecas e programa	35
9.7.2. Comunicação Bluetooth	36
9.7.3. Coleta e Transmissão de Dados.....	36
9.7.4. Aplicativo usado para monitorar a estação meteorológica Arduino.....	36
9.7.5 Código Arduino IDE Arduino.	37
9.7.6. Explicando o código	39
10. RESULTADOS ENCONTRADOS	41
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
12. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por soluções sustentáveis e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa têm impulsionado o uso de fontes renováveis de energia em todo o mundo. Entre essas fontes, a energia solar fotovoltaica se destaca por ser abundante, renovável e limpa, o que a torna uma alternativa viável para atender às necessidades energéticas globais. No entanto, o desempenho dos sistemas fotovoltaicos depende diretamente de fatores ambientais, como a irradiância solar, a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Para otimizar a eficiência desses sistemas, é essencial o monitoramento contínuo e preciso dessas variáveis, o que pode ser realizado por meio de estações meteorológicas, o Instituto Nacional de Meteorologia oferece um serviço de dados meteorológicos observados nas estações meteorológicas automáticas distribuídas no território nacional.

As estações meteorológicas são estruturas equipadas com diversos sensores capazes de coletar dados ambientais que podem ser usados para a análise do clima e do desempenho de sistemas de energia, como as usinas fotovoltaicas. Segundo Vianello (2011), as estações meteorológicas automáticas têm a vantagem de realizar a coleta e o armazenamento de dados de forma automatizada, sem a necessidade de intervenção humana, permitindo maior precisão e agilidade no processamento das informações. Esses dados são enviados a um sistema central para análise, possibilitando a caracterização do clima local e a otimização de processos que dependem dessas informações, como o controle e o monitoramento de usinas solares.

Com o objetivo de aprimorar o monitoramento ambiental e o desempenho da usina fotovoltaica do Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM-CMDI), este projeto propõe a montagem de uma estação meteorológica automatizada, equipada com sensores capazes de medir parâmetros como temperatura, irradiância solar, umidade e velocidade do vento. Além disso, a utilização de tecnologia Bluetooth para a transmissão dos dados coletados para dispositivos móveis e computadores possibilitará o monitoramento em tempo real, promovendo uma gestão eficiente da usina e permitindo a correlação dos dados ambientais com o desempenho energético do sistema.

Essa solução visa não apenas a otimização da produção de energia, mas também a implementação de uma ferramenta de baixo custo, utilizando tecnologias acessíveis como microcontroladores (Arduíno) e sensores de alta precisão. Conforme Coriolano et al. (2018), uma das barreiras para a implementação de estações meteorológicas em áreas remotas ou com recursos limitados é o alto custo dos equipamentos convencionais. Por isso, o desenvolvimento

de alternativas mais acessíveis e eficientes, como a proposta deste projeto, é crucial para a disseminação dessas tecnologias em outras unidades do IFAM, além de contribuir para a pesquisa acadêmica e a inovação tecnológica no campo dos sistemas fotovoltaicos.

Dessa forma, este projeto tem como objetivo desenvolver e implementar uma estação meteorológica automática, com monitoramento via Bluetooth, que auxilie no gerenciamento eficiente da usina fotovoltaica do IFAM-CMDI, proporcionando uma ferramenta de baixo custo e de fácil replicação em outras localidades.

1.2 METODOLOGIA

Este trabalho seguirá uma metodologia dividida em três etapas principais: pesquisa bibliográfica, desenvolvimento da estação meteorológica e desenvolvimento do software de monitoramento. A metodologia aplicada assegura a criação de um sistema eficiente e de baixo custo, capaz de monitorar as variáveis ambientais mais relevantes para o desempenho da usina fotovoltaica.

1.2.1 Pesquisa Bibliográfica

Inicialmente, será realizada uma ampla pesquisa bibliográfica sobre as tecnologias existentes de monitoramento meteorológico e comunicação sem fio para sistemas fotovoltaicos. A revisão incluirá artigos científicos, livros técnicos e relatórios de pesquisa nas áreas de energia renovável, comunicação via Bluetooth e monitoramento ambiental.

1.2.2 Desenvolvimento da Estação Meteorológica

A estação meteorológica será composta por sensores que medem temperatura, irradiância solar, umidade relativa e velocidade do vento. Esses sensores serão integrados a um microcontrolador que transmitirá os dados coletados via Bluetooth para um dispositivo receptor. O hardware utilizado será de fácil aquisição e montagem, com base em plataformas como Arduino, conhecidas por sua versatilidade e baixo custo.

1.2.3 Desenvolvimento do Software de Monitoramento

Um software será desenvolvido para coletar, exibir e armazenar os dados transmitidos pela estação meteorológica. Esse software será capaz de exibir os dados em tempo real em uma interface gráfica intuitiva, além de permitir o armazenamento dos dados para análise posterior. A comunicação entre a estação e o dispositivo de monitoramento ocorrerá via Bluetooth, o que facilita a mobilidade e flexibilidade do sistema.

2. OBJETIVOS

Este trabalho visa implementar uma solução prática para o monitoramento de variáveis ambientais que influenciam o desempenho da usina fotovoltaica do IFAM-CMDI. A proposta combina a montagem de uma estação meteorológica com um sistema de comunicação sem fio para monitoramento remoto.

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar uma estação meteorológica integrada ao sistema de monitoramento via Bluetooth para a usina fotovoltaica do IFAM-CMDI, com o intuito de otimizar a coleta de dados e a operação do sistema.

2.2 Objetivos Específicos

Projetar e montar uma estação meteorológica utilizando sensores de temperatura, irradiância, umidade e velocidade do vento;

Implementar um sistema de monitoramento sem fio utilizando Bluetooth;

Integrar os dados meteorológicos com o sistema de monitoramento da usina fotovoltaica;

Analisar a correlação entre as variáveis meteorológicas e o desempenho da usina fotovoltaica;

Validar a eficácia do sistema em termos de custo e precisão dos dados coletados.

3. PROBLEMA

O desempenho de sistemas fotovoltaicos está diretamente relacionado a variáveis ambientais, como irradiância solar, temperatura e umidade. Essas variáveis podem afetar significativamente a eficiência da conversão de energia e a durabilidade dos componentes do sistema. No entanto, no contexto do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) - Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI), observa-se uma limitação importante: a ausência de um sistema contínuo e acessível de monitoramento das condições climáticas. Essa falta de monitoramento em tempo real impede que o sistema fotovoltaico opere em seu potencial máximo, visto que as informações essenciais para ajustes e otimizações do sistema não estão sendo coletadas de forma sistemática.

Além disso, a inexistência de um sistema que permita a observação constante dessas variáveis torna o processo de manutenção e detecção de falhas mais reativo do que proativo. Sem o acesso a dados precisos e em tempo hábil, é difícil identificar problemas potenciais antes que eles afetem de maneira significativa o desempenho da usina fotovoltaica. Isso resulta não apenas em uma operação menos eficiente, mas também em custos operacionais maiores, uma vez que o

diagnóstico precoce de falhas seria capaz de reduzir a necessidade de reparos mais complexos e onerosos.

Portanto, a falta de um sistema de monitoramento meteorológico de baixo custo e fácil implementação, como o proposto neste trabalho, representa um entrave para a otimização do sistema fotovoltaico do IFAM-CMDI. A implementação de uma solução que utilize tecnologia Bluetooth para facilitar a comunicação entre a estação meteorológica e os dispositivos de controle visa preencher essa lacuna, proporcionando um monitoramento em tempo real das variáveis ambientais. Com isso, será possível maximizar a eficiência da usina fotovoltaica, reduzir os custos de manutenção e prolongar a vida útil dos componentes do sistema.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Meteorologia

A meteorologia é uma ciência que estuda os processos químicos, físicos e dinâmicos da atmosfera em relação à superfície terrestre, concentrando-se em fenômenos de curto prazo, como mudanças no tempo. De acordo com Ynoue et al. (2017), a meteorologia busca compreender e prever o comportamento da atmosfera por meio da análise de variáveis ambientais, como pressão atmosférica, temperatura do ar, umidade, precipitação, nebulosidade, visibilidade e vento. Esses dados são coletados por estações meteorológicas e podem ser utilizados para prever o clima, analisar tendências climáticas e evitar desastres naturais de origem atmosférica.

A importância da meteorologia para a sociedade é clara, uma vez que seus dados influenciam diretamente diversas atividades humanas, como aviação, agricultura, construção civil, entre outros. Segundo Silva (2005), a meteorologia possibilita a prevenção de eventos extremos, como tempestades, inundações e ventanias, o que é fundamental para a preservação de vidas e propriedades.

4.2. Climatologia

A climatologia, por sua vez, é o estudo do clima em longo prazo, observando padrões atmosféricos que se repetem ao longo de meses, anos ou até séculos (Almeida, 2016). A diferença principal entre clima e tempo está na duração e abrangência dos fenômenos observados. Enquanto o tempo refere-se a condições atmosféricas em um período curto, o clima trata de médias e padrões observados em longos intervalos, permitindo a classificação de diferentes tipos de clima (Cruz, 2005).

O estudo do clima é fundamental para diversas atividades, uma vez que permite a previsão de eventos atmosféricos que podem impactar as operações industriais, o planejamento agrícola e a gestão de recursos hídricos. A interação entre fatores como radiação solar, relevo, latitude e altitude também desempenha um papel importante na definição dos tipos de clima que podem ser observados em diferentes regiões (Cruz, 2005).

4.3. Elementos Climáticos

Os elementos climáticos, ou variáveis climáticas, incluem grandezas como temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação e radiação solar. Esses elementos são fundamentais para caracterizar o estado da atmosfera em um determinado momento e local. Segundo Ynoue

et al. (2017), esses dados podem ser coletados de forma precisa utilizando estações meteorológicas, sendo cruciais para a previsão do tempo e o estudo do clima.

4.3.1 Temperatura do Ar

A temperatura do ar é uma das variáveis mais relevantes na meteorologia, uma vez que influencia diretamente o comportamento de outros elementos atmosféricos. A quantidade de calor presente na atmosfera de um determinado local é medida em graus Celsius (°C) e é usada para determinar as condições térmicas de uma região (Ynoue et al., 2017).

4.3.2 Umidade Relativa do Ar

A umidade relativa do ar refere-se à quantidade de vapor de água presente na atmosfera em relação ao ponto de saturação. Este valor é expresso em porcentagem e influencia diretamente a formação de nuvens e precipitação, além de impactar a sensação térmica percebida pelos seres humanos (Lamberts, 2011).

4.3.3 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica é a força exercida por uma coluna de ar sobre a superfície terrestre e é medida em hectopascal (hPa). A variação na pressão atmosférica está diretamente relacionada à formação de sistemas climáticos, como frentes frias e ciclones (Ynoue et al., 2017).

4.3.4 Velocidade e Direção do Vento

O vento é o movimento do ar causado pelas diferenças de pressão entre diferentes regiões. Sua velocidade é medida em quilômetros por hora (km/h) e sua direção é indicada por pontos cardeais. O vento é uma das variáveis mais importantes para a meteorologia, pois sua interação com outros elementos climáticos pode resultar em tempestades e variações bruscas no tempo (Ynoue et al., 2017).

4.3.5 Precipitação Pluviométrica

A precipitação pluviométrica, ou chuva, é o processo pelo qual a água condensada na atmosfera retorna à superfície terrestre. Este fenômeno é essencial para a manutenção do ciclo hidrológico e influencia diretamente a disponibilidade de água em uma região. A precipitação é medida em milímetros (mm) e é uma das variáveis mais monitoradas em estações meteorológicas (Cavalcanti, 2000).

5. Sensores Meteorológicos

Os sensores meteorológicos são dispositivos utilizados para medir as variáveis atmosféricas descritas anteriormente. Esses sensores convertem fenômenos físicos, como temperatura, pressão e umidade, em sinais elétricos, que podem ser interpretados por sistemas de monitoramento (Seiça, 2011).

5.4.1 Sensor de Temperatura (Termômetro)

Os sensores de temperatura são dispositivos que detectam a temperatura de um ambiente com base em alterações em características físicas, como resistência ou tensão elétrica. Termopares e termistores são os principais tipos de sensores de temperatura utilizados em estações meteorológicas (Shingue, 2008).

5.4.2 Sensor de Umidade (Higrômetro)

O higrômetro é utilizado para medir a umidade do ar e é baseado em substâncias que absorvem a umidade atmosférica, como o cabelo humano. Este dispositivo foi desenvolvido em 1820 por John Frederic Daniell e continua a ser amplamente utilizado em medições meteorológicas (Elias, 2014).

5.4.3 Sensor de Velocidade do Vento (Anemômetro)

Os anemômetros são sensores que medem a velocidade do vento, sendo amplamente utilizados em estações meteorológicas automáticas e convencionais. Os anemômetros mais comuns utilizam conchas rotacionais para medir a velocidade do vento, e esses dados são fundamentais para a análise de padrões climáticos e a previsão de tempestades (Costa, 2014).

5.4.4 Sensor de Direção de Vento (Biruta)

A biruta é um dispositivo utilizado para medir a direção do vento. Embora seja um instrumento simples, ele pode ser integrado a sistemas eletrônicos para fornecer dados mais precisos sobre a direção do vento (Moura et al., 2018).

5.4.5 Sensor de Chuva (Pluviômetro)

Os pluviômetros são dispositivos usados para medir a quantidade de precipitação em um determinado ponto da superfície terrestre. Esses dispositivos são essenciais para a análise de padrões de chuva e para o planejamento de sistemas de captação de água (Milanesi et al., 2017).

6. Estações Meteorológicas

As estações meteorológicas são instalações que coletam e registram dados climáticos e meteorológicos em um determinado local. Existem dois tipos principais de estações meteorológicas: automáticas e convencionais (Santos et al., 2016).

As estações automáticas utilizam sensores eletrônicos para medir diversas variáveis climáticas e enviam esses dados para uma central de controle, onde são analisados em tempo real. As estações convencionais, por outro lado, dependem da presença de técnicos que realizam medições periódicas e sistematizam as informações coletadas.

7. Importância dos Dados Meteorológicos para Energias Renováveis

Com o avanço das energias renováveis, como a solar fotovoltaica e a eólica, a coleta de dados meteorológicos torna-se cada vez mais importante para a viabilidade de projetos energéticos. O estudo das condições meteorológicas de uma região é fundamental para a escolha do local de instalação de usinas solares e eólicas, uma vez que esses sistemas dependem diretamente de fatores como radiação solar e velocidade do vento (Imperial; Pereira, 2014).

Segundo Souza et al. (2012), a interação entre a radiação solar e os constituintes da atmosfera, como nuvens e aerossóis, resulta em uma variabilidade significativa nos valores de radiação solar disponíveis em diferentes regiões. Esta variabilidade estocástica precisa ser levada em consideração na etapa de planejamento de usinas solares e eólicas, uma vez que influencia diretamente na quantidade de energia gerada por esses sistemas.

A previsão da produção energética com base em dados meteorológicos é crucial para garantir a viabilidade econômica dos projetos de energia renovável. Tiba et al. (2014) destacam que a avaliação precisa dos recursos solares e eólicos é um passo fundamental no desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos e eólicos, permitindo a integração eficiente desses sistemas à rede elétrica.

8. A TRANSMISSÃO DE SEM FIO

A história da transmissão de energia sem fio remonta ao final do século XIX, e um dos pioneiros nesse campo foi o cientista sérvio-americano Nikola Tesla. Conforme Nóbrega, Cardoso e Costa (2012), Tesla iniciou seus estudos sobre a transmissão de energia sem fio por volta de 1893, denominação que ele chamava de ACIEEE (Corrente Alternada). Seu conceito baseava-se na indução eletromagnética, que possibilitaria a transferência de energia sem a necessidade de condutores elétricos, algo bastante inovador para a época. Tesla conseguiu comprovar sua teoria acendendo lâmpadas de baixa potência sem fios, utilizando o princípio da indução.

Os experimentos de Tesla foram visionários e abriram caminho para o desenvolvimento de tecnologias de transmissão sem fio que ainda influenciam a ciência e a engenharia modernas. Em 1901, Tesla construiu um laboratório em Long Island, Nova Iorque, onde ergueu uma torre de 60 metros de altura. O objetivo dessa torre era transmitir energia sem fio para veículos, como carros e aviões, e até mesmo para cidades inteiras. Tesla acreditava que essa tecnologia revolucionaria o mundo ao eliminar a necessidade de cabos para a transmissão de eletricidade, o que poderia facilitar o acesso à energia em regiões remotas e reduzir custos de infraestrutura. Contudo, apesar de seus avanços, os estudos de Tesla foram interrompidos. Seu principal financiador decidiu cortar os investimentos no projeto, o que impediu que ele continuasse a desenvolver a tecnologia. Essa interrupção, porém, não apagou o impacto que as ideias de Tesla tiveram sobre o campo da transmissão sem fio. Na verdade, seus estudos são a base das tecnologias de comunicação e transmissão de dados que utilizamos atualmente, como as redes sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11, também conhecido como Wi-Fi (Nóbrega; Cardoso; Costa, 2012).

As tecnologias sem fio, que evoluíram a partir das descobertas iniciais de Tesla, se tornaram indispensáveis na sociedade moderna. As redes sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11 são amplamente usadas em sistemas de comunicação que dependem da transmissão de dados sem a necessidade de cabos. Esse padrão é aplicado, por exemplo, em redes Wi-Fi, que permitem a comunicação entre dispositivos como smartphones, tablets e computadores.

O padrão IEEE 802.11 surgiu como uma solução para a necessidade crescente de mobilidade e conectividade em tempo real. Através de antenas direcionais e gateways com interface cabeada, as redes sem fio cobrem a última milha de conectividade, ou seja, levam o sinal até o usuário final. Segundo Przybysz e Luiz Júnior (2007), essas redes são essenciais para prover acesso à Internet em áreas externas, utilizando infraestrutura de antenas e pontos de acesso estrategicamente posicionados.

Apesar das inovações e avanços nas tecnologias de transmissão sem fio, há ainda desafios a serem superados. Um dos maiores problemas enfrentados por redes de radiofrequência é a instabilidade dos canais de comunicação, que ocorre principalmente pelo fato de esses canais serem compartilhados com outros dispositivos. Quando múltiplos nós estão competindo pelo mesmo canal, há interferência e degradação da qualidade de serviço (QoS). De acordo com Przybysz e Luiz Júnior (2007), a garantia de QoS em redes sem fio é um problema em aberto e demanda a utilização de estratégias inovadoras para sua solução.

A Qualidade de Serviço (QoS) refere-se à capacidade de uma rede em fornecer um serviço confiável e eficiente, garantindo que a transmissão de dados ocorra de forma estável, sem perdas

ou atrasos significativos. Nas redes sem fio, a QoS é um desafio porque essas redes operam em um ambiente dinâmico e compartilhado. As interferências podem vir de vários fatores, como a presença de múltiplos dispositivos operando na mesma faixa de frequência, obstáculos físicos que bloqueiam ou degradam o sinal, e condições atmosféricas que afetam a propagação das ondas de rádio.

Conforme apontado por Przybysz e Luiz Júnior (2007), uma das abordagens mais promissoras para lidar com esses desafios é a integração multicamada. Tradicionalmente, as redes de comunicação são projetadas com uma clara separação entre as camadas, como a camada física, a camada de enlace e a camada de rede. Essa separação visa manter a modularidade e a independência das camadas, mas também impõe restrições à capacidade de adaptação da rede em tempo real.

A integração multicamada propõe que essas camadas trabalhem de forma cooperativa, compartilhando informações entre si para melhorar a performance global da rede. Por exemplo, se a camada física detectar que a qualidade do sinal está degradada, ela pode informar a camada de rede, que pode então ajustar as rotas de transmissão ou priorizar certos tipos de tráfego. Essa abordagem, embora inovadora, ainda enfrenta desafios em termos de implementação e eficiência, mas oferece uma solução potencial para melhorar a QoS em redes sem fio.

O trabalho pioneiro de Nikola Tesla continua a influenciar o campo da engenharia elétrica e das telecomunicações. Seu conceito de transmissão de energia sem fio pode ter sido interrompido em sua época, mas suas ideias são a base de muitas tecnologias modernas. A indução eletromagnética, que ele usou para acender lâmpadas sem fios, é o mesmo princípio que está por trás de tecnologias como o carregamento sem fio de dispositivos, que é amplamente utilizado hoje para carregar smartphones e outros gadgets eletrônicos.

Além disso, o conceito de transmissão de energia sem fio está sendo revisitado em projetos mais recentes, como o carregamento de veículos elétricos sem fio e até mesmo a transmissão de energia a partir de satélites. Essas novas aplicações têm o potencial de transformar a forma como a energia é distribuída e consumida no futuro, tornando-a mais eficiente e acessível.

O desenvolvimento de redes sem fio, por outro lado, continua a avançar rapidamente. O padrão IEEE 802.11 é atualizado constantemente para atender às crescentes demandas de velocidade, capacidade e cobertura. A implementação do Wi-Fi 6, por exemplo, trouxe melhorias significativas na eficiência da rede, permitindo que mais dispositivos se conectem simultaneamente e proporcionando maior estabilidade na transmissão de dados.

Essas inovações mostram que a visão de Tesla para um mundo interconectado sem fios está se tornando uma realidade. A transmissão de dados e energia sem fio se tornou uma parte essencial

da infraestrutura moderna, e as tecnologias emergentes continuarão a expandir as possibilidades de comunicação e transferência de energia sem a necessidade de condutores físicos.

8.1 COMUNICAÇÃO POR BLUETHOOTH

A comunicação por Bluetooth é uma das tecnologias sem fio mais amplamente utilizadas atualmente, presente em dispositivos móveis, computadores, sistemas de automação e diversos eletrônicos de consumo. Desenvolvida pela Ericsson na década de 1990, o Bluetooth foi projetado para permitir a troca de dados entre dispositivos próximos através de ondas de rádio de curto alcance. Desde sua criação, a tecnologia passou por diversas evoluções, melhorando sua eficiência e incorporando novas funcionalidades. Atualmente, é uma solução robusta para a comunicação sem fio de curta distância, amplamente adotada em diversas indústrias e produtos.

A criação do Bluetooth foi motivada pela necessidade de eliminar cabos na comunicação entre dispositivos. O nome da tecnologia faz referência ao rei viking Harald Bluetooth, conhecido por unificar tribos na Dinamarca, uma metáfora para o objetivo da tecnologia de “unificar” dispositivos eletrônicos (THE BLUETOOTH SIG STANDARD, 2024).

A primeira versão, Bluetooth 1.0, foi lançada nos anos 1990 e tinha uma taxa de transferência de dados limitada, cerca de 721 kbps. Apesar disso, foi uma inovação importante no campo das redes sem fio de curto alcance. As versões subsequentes, como o Bluetooth 2.0, 3.0, 4.0 e 5.0, trouxeram melhorias em termos de velocidade, alcance e eficiência energética, consolidando a tecnologia no mercado global de dispositivos móveis (HAARTSEN; MATTISSON, 2000).

O Bluetooth opera na faixa de frequência de 2,4 GHz, dentro do espectro de rádio ISM (Industrial, Científico e Médico), uma faixa compartilhada com outras tecnologias, como o Wi-Fi. Para reduzir interferências, o Bluetooth utiliza a técnica de espalhamento espectral por salto de frequência (Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS), alternando entre diferentes frequências na banda de 2,4 GHz centenas de vezes por segundo (MHAWES, 2024). Esse método de comunicação é eficaz em ambientes congestionados e melhora a estabilidade da conexão.

A rede Bluetooth é chamada de piconet, consistindo em um dispositivo mestre e até sete dispositivos escravos, nos quais o mestre controla a comunicação. Adicionalmente, o Bluetooth suporta redes scatternet, que interligam múltiplas piconets, ampliando as possibilidades de conectividade entre dispositivos.

Ao longo de sua evolução, o Bluetooth passou por importantes atualizações. Entre elas, destacam-se:

- Bluetooth 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate): Introduzida em 2004, essa versão aumentou a taxa de transferência de dados para 3 Mbps e incluiu o modo EDR, que reduziu o consumo de energia, solidificando o Bluetooth no mercado de dispositivos móveis.
- Bluetooth 3.0 + HS (High Speed): Lançada em 2009, essa versão melhorou as velocidades de transferência de dados, utilizando o protocolo Wi-Fi para dados maiores, atingindo até 24 Mbps. No entanto, o consumo de energia também aumentou (SANTOS, 2023).
- Bluetooth 4.0 + LE (Low Energy): Disponível a partir de 2010, essa versão incorporou o Bluetooth Low Energy (BLE), projetado para dispositivos de baixa potência, como wearables e sensores IoT. O BLE possibilitou comunicações contínuas com menor consumo de energia, fundamental para prolongar a vida útil de baterias (THE BLUETOOTH SIG STANDARD, 2024).
- Bluetooth 5.0: Introduzido em 2016, o Bluetooth 5.0 trouxe melhorias notáveis em termos de alcance (até 240 metros) e velocidade (até 2 Mbps), além de melhorias na eficiência energética e segurança da conexão (MHAWES, 2024).

A versatilidade do Bluetooth permitiu que ele fosse utilizado em diversas áreas. Entre suas principais aplicações estão:

- **Áudio sem fio:** Usado amplamente em fones de ouvido, caixas de som e sistemas de som automotivos, o Bluetooth permite a transmissão de áudio sem a necessidade de cabos. Codecs avançados, como o aptX, elevaram a qualidade do áudio transmitido, tornando essa tecnologia popular também entre audiófilos (MHAWES, 2024).
- **Internet das Coisas (IoT):** O Bluetooth Low Energy (BLE) possibilitou o crescimento da IoT, conectando dispositivos como sensores, rastreadores de atividades e termostatos inteligentes com baixo consumo de energia, garantindo a eficiência energética desses sistemas (THE BLUETOOTH SIG STANDARD, 2024).
- **Automação residencial:** A tecnologia Bluetooth é amplamente utilizada em sistemas de automação doméstica, como fechaduras eletrônicas, lâmpadas controláveis e sistemas de segurança, possibilitando o controle remoto desses dispositivos (SANTOS, 2023).

Segurança é um fator crítico na comunicação sem fio. O Bluetooth incorpora mecanismos de autenticação e criptografia para garantir conexões seguras. Em suas versões anteriores, vulnerabilidades como o "bluejacking" (envio não autorizado de mensagens) e o "bluesnarfing" (roubo de dados) foram exploradas. Entretanto, a partir do Bluetooth 4.0, a criptografia de 128

bits passou a ser um padrão, aumentando a segurança (MIYOSHI; SANCHES, 2002). O Bluetooth 5.0 adicionou emparelhamento seguro, exigindo proximidade física entre dispositivos para mitigar o risco de ataques remotos (THE BLUETOOTH SIG STANDARD, 2024).

Apesar de sua popularidade, o Bluetooth ainda enfrenta desafios, como a interferência de outros dispositivos que operam na faixa de 2,4 GHz, como redes Wi-Fi. Embora tenha apresentado melhorias consideráveis no alcance e na velocidade, ainda não compete diretamente com tecnologias de maior alcance, como o Wi-Fi (HAARTSEN; MATTISSON, 2000).

O futuro do Bluetooth é promissor, com o desenvolvimento contínuo de inovações voltadas para melhorar a eficiência energética e a segurança. O crescimento da Internet das Coisas e a demanda por dispositivos conectados de baixo consumo devem garantir que o Bluetooth continue a desempenhar um papel central na comunicação de curta distância.

9. SISTEMA DE ESTAÇÃO DE METEOROLOGICA COM ARDUÍNO

A estação meteorológica proposta utiliza a plataforma Arduino, que é uma tecnologia de hardware e software de código aberto, amplamente utilizada para criar sistemas eletrônicos interativos (Arduino, 2018). Segundo McRoberts (2011), o Arduino funciona como um pequeno computador programável capaz de processar entradas e saídas entre o dispositivo e seus componentes conectados. Para este projeto, o Arduino se conecta a sensores ambientais, como temperatura, umidade, pressão e outros, captando informações do ambiente e transmitindo-as via Bluetooth para um dispositivo receptor, como um smartphone ou computador.

A crescente expansão da Internet das Coisas (IoT) tem levantado questões sobre como conectar de maneira eficiente objetos e dispositivos à internet, exigindo soluções específicas em termos de gateways tanto em software quanto em hardware (Chen et al. 2011). Dentro deste contexto, um projeto interessante é o desenvolvimento de uma estação meteorológica baseada em Arduino com conexão via Bluetooth, voltada para a coleta e transmissão de dados ambientais de forma simples e eficiente.

Essa abordagem visa solucionar os desafios de conectividade em ambientes IoT, onde a comunicação entre dispositivos pode ser limitada pela heterogeneidade dos protocolos e das redes. O uso de Bluetooth, por exemplo, é ideal para redes pessoais de curta distância (WPAN), como apontado por Coulouris et al. (2007), já que oferece uma solução de baixo custo e baixo consumo de energia para interligar periféricos e sensores com dispositivos móveis.

9.1. Localização da Montagem da Estação Meteorológica

Para atingir os objetivos deste trabalho, faz-se necessário, primeiramente, caracterizar operacionalmente o ambiente de estudo.

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial (IFAM-CMDI) localizado na zona sula da Cidade de Manaus capital do Estado do Amazonas. A pretensão do estudo é instalar a estação meteorológica na cobertura da edificação.

Tabela 1 - apresenta os dados de localização geográfica do IFAM-CMDI.

Tabela 2 – Localização geográfica da USF do CMDI

Localidade	Av. Gov. Danilo de Matos Areosa, 1731-1975, Distrito Industrial, CEP 69075-351, Manaus – AM
Latitude	3° 8'7.44" S
Longitude	59°58'38" O
Altitude	49 m Acima do nível do Mar
Fuso Horário	- 4.0

Fonte: Autor, 2024

A Figura 1 mostra a vista aérea da cobertura da edificação do IFAM-CMDI, local de instalação da estação meteorológica.

Figura 1 – Vista aérea da cobertura da edificação do IFAM CMDI



Fonte: Autor, 2024.

9.2. Montagem da Estação Meteorológica com Arduíno

A montagem de uma estação meteorológica com Arduíno envolve o uso de sensores ambientais conectados a uma placa Arduíno, que coleta e processa dados em tempo real, como temperatura,

umidade e pressão atmosférica. Como foi dito anteriormente, o Arduino, uma plataforma de código aberto, é programado para ler esses dados e transmiti-los por meio de um módulo Bluetooth, permitindo o monitoramento remoto em dispositivos móveis ou computadores.

Em nosso projeto, vamos utilizar alguns componentes básicos para cumprir esse objetivo, sendo alguns desse podem incluir a placa Arduino, sensores (como o DHT11 para temperatura e umidade), o módulo Bluetooth HC-05 e uma fonte de alimentação. Após a programação no IDE do Arduino, o sistema é capaz de captar os dados ambientais e transmiti-los, possibilitando o acompanhamento contínuo das condições climáticas. Essa estação meteorológica representa uma solução simples, eficiente e de baixo custo para monitoramento ambiental, com possibilidade de expansão para redes mais complexas no contexto de Internet das Coisas (IoT), que em nosso caso, será aplicado o uso de Bluetooth. Ao longo de nosso estudo, vamos detalhar a integração dos componentes necessários para o funcionamento da estação meteorológica.

9.3. Componentes Utilizados

Tabela 2 – Lista de componentes

Item	Quant.	Componente
1	1	Kit Arduino uno r3 (cabo usb , fonte)
2	1	DHT22 - sensor de umidade e temperatura
3	1	BMP180 - Sensor de pressão e temperatura
4	1	HC-05 - Módulo Bluetooth
5	1	Protoboard 400 pinos
6	1	Resistor 1K Ohm
7	1	Resistor 2K Ohm
8	1	Resistor 10K Ohm
9	1	Potenciômetro 10K Ohm
10	1	Display gráfico de 84×48 pixels, 1,6 polegadas e backlight (luz de fundo) azul, com tensão de alimentação de 5V
11	1	Kit de cabos macho para conexão

Fonte: Próprio autor

9.4. Descrição dos itens principais do sistema

Placa Arduino Uno: O coração do sistema, responsável por gerenciar os sensores e a comunicação via Bluetooth.

Módulo Bluetooth HC-05: Permite a comunicação sem fio entre o Arduino e dispositivos móveis.

Sensores ambientais: São utilizados sensores como o DHT11 (temperatura e umidade) e o BMP180 (pressão atmosférica), conectados aos pinos de entrada do Arduino.

Fonte de alimentação: Para fornecer energia ao Arduino e aos sensores.

9.5. Análise Financeira

Tabela 3 - valores de cada componente utilizada no projeto.

Componente	Valor (R\$)
Kit Arduino uno R3 (cabo usb , fonte)	68,40
DHT22 - sensor de umidade e temperatura	15,00
BMP180 - Sensor de pressão e temperatura	29,90
HC-05 - Módulo Bluetooth	38,80
Protoboard 400 pinos	29,54
Resistor 1K Ohm	1,00
Resistor 2K Ohm	1,00
Resistor 10K Ohm	1,00
Potenciômetro 10K Ohm	3,60
Display gráfico de 84×48 pixels, 1,6 polegadas e backlight (luz de fundo) azul, com tensão de alimentação de 5V	71,94
Kit de cabos macho para conexão (jumper)	12,53
Total	272,71

Fonte: Próprio autor

Percebe-se que o valor total de fabricação da estação meteorológica foi de 272,71 reais correspondendo a 22,73 % do custo total de uma estação comercial disponível no mercado. Foi considerado como modelo de referência Estação Meteorológica Digital Impac Ip-3030c Bluetooth.

9.6 Montagem do circuito da estação meteorológica

Para a montagem da estação meteorológica, foram utilizados diversos componentes eletrônicos e sensores, todos interligados por meio de uma matriz de contato (protoboard) e cabos do tipo

O display LCD 16×2 é um módulo capaz de representar até 32 caracteres, sendo 16 por linha. Ele é um módulo versátil e útil apresentar dados e informações.

Para um melhor entendimento deste componente veja as informações de como funciona e como utilizar este módulo tabela abaixo:

Tabela 4 -Especificações técnicas do Display LCD Arduino

Item	Símbolo	Valor	Unidade
Tensão de alimentação	V _{DD}	5	V
Corrente	I _{DD}	1.2	mA
Temperatura de operação	T _{OP}	-20 à 70	°C
Temperatura de armazenagem	T _{STR}	-30 à 80	°C

Fonte: Próprio autor

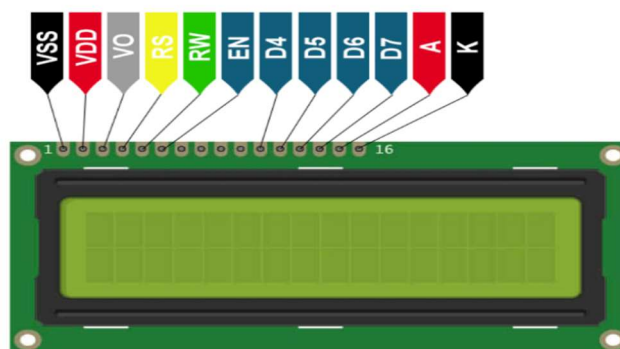
Todos os componentes foram organizados dentro de uma caixa de plástico de 100 mm x 100 mm, de forma a proteger o hardware de condições adversas do ambiente externo, como chuva e poeira. A alimentação do sistema é garantida por uma fonte externa de 5 V. A estação é capaz de coletar dados em tempo real e transmiti-los via Bluetooth, onde podem ser convertidos em gráficos para análise posterior.

Essa configuração permitiu a criação de uma estação meteorológica funcional e de baixo custo, adequada para monitoramento contínuo das variáveis ambientais que afetam o desempenho de sistemas fotovoltaicos.

a) Montagem do Display

O processo de montagem segue com a conexão dos pinos do display que serão utilizados seguem ilustrados na figura. Neste projeto, optou-se usar o modo nibble que utiliza apenas os 4 pinos do display (D4 ao D7) para transmitir a informação.

Figura 2 – Pin out Display



Fonte: Adaptador da internet pelo autor

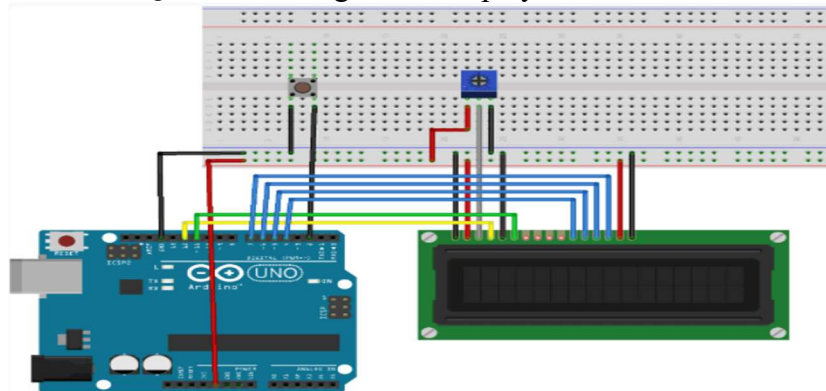
A seguir na tabela 5 abaixo, mostraremos a ligação do display com o Arduino de forma bem simples de executar pela descrição:

Tabela 5 – Pin out Display

Display - Pinagem	Arduíno - Pinagem
VSS	GND
VDD	5V
VO	POTENCIÔMETRO
RS	D12
RW	GND
EN	D11
D4	D4
D5	D5
D6	D6
D7	D7
A	5V
K	GND

Fonte: Próprio autor

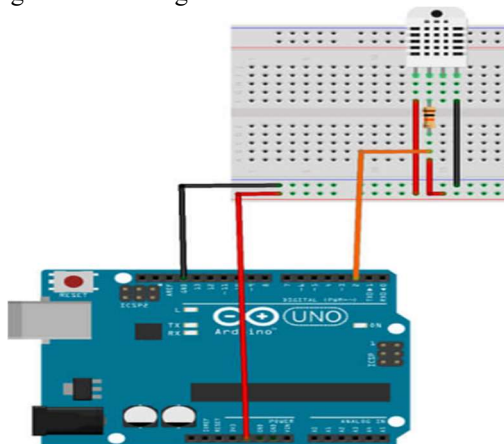
Figura 3 – Montagem do Display com Arduíno



Fonte: Próprio autor

b) Montagem do Sensor HT-22

Figura 4 – Montagem sensor HT-22

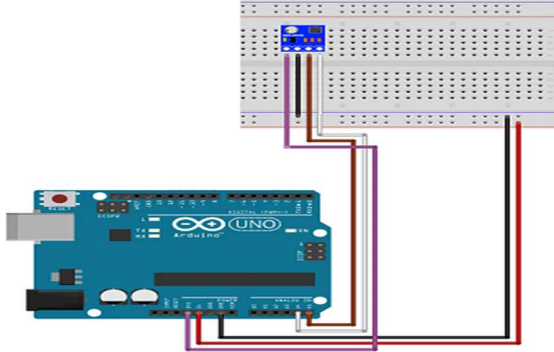


Fonte: Próprio autor

Sensor HT22 - Pinagem	Arduíno - Pinagem
1 - VCC	5V
2 - DADOS	D2 + Resistor
3 - NC	
4 - GND	GND

c) Montagem do Sensor BMP180

Figura 5 – Montagem do sensor BMP-180

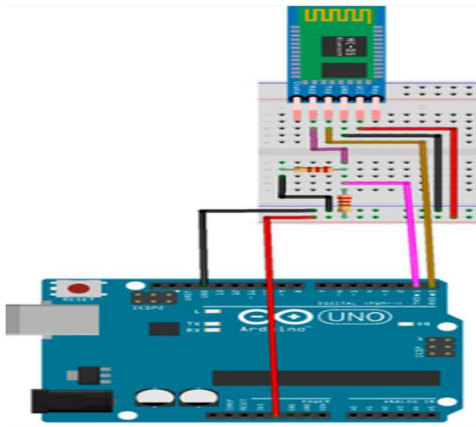


Sensor BMP - 180 Pinagem	Arduíno - Pinagem
1 -VCC	3,3 V
2 - GND	GND
3 - SCL	D19
4 - SDA	D18

Fonte: Próprio autor

d) Montagem Modulo Bluetooth HC-05

Figura 6 – Montagem do Modulo Bluetooth HC-05

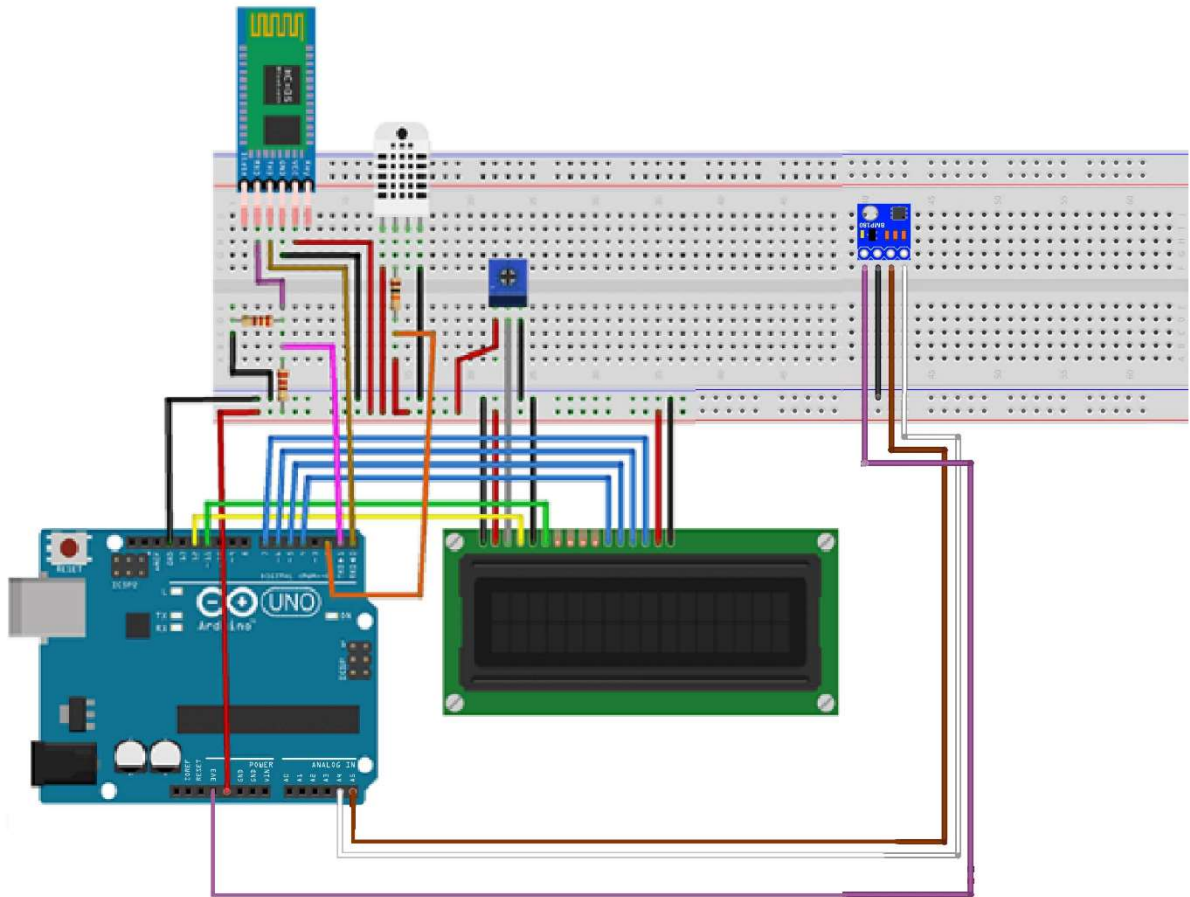


Sensor HC - 05 Pinagem	Arduíno - Pinagem
1 -EN KEY	
2 - VCC	5V
3 - GND	GND
4 - TX	D0
5 - RX	D1
6 – STATE(Led)	

Fonte: Próprio autor

e) Montagem Completa do Circuito

Figura 7 – Montagem completa do circuito



Fonte: Próprio autor

9.7 Programação e Comunicação

O código para o Arduino é desenvolvido no IDE do Arduino, utilizando a linguagem baseada em C. O software é responsável por ler os dados dos sensores, processá-los e enviá-los via Bluetooth. A IDE permite o desenvolvimento de um algoritmo que coleta os dados dos sensores e os transmite continuamente ou sob demanda.

9.7.1. Bibliotecas e programa

Para o correto funcionamento do código, é preciso verificar se há algumas bibliotecas do Arduino estão instaladas, verifique a partir do gerenciador de bibliotecas do IDE do Arduino e faça o download das bibliotecas abaixo:

- Display – Bibliotecas LiquidCristal
- DHT – Biblioteca DHT Sensor Library
- BMP180 – Biblioteca Adafruit_BMP085

Um ponto a ser observado que a biblioteca BMP085 serve tanto para o sensor BMP085 como para o BMP180, utilizado neste projeto.

O programa desenha três retângulos com as bordas arredondadas, e dentro deles mostra as informações de temperatura, umidade e pressão, atualizando as informações a cada 5 segundos.

9.7.2. Comunicação Bluetooth

A escolha do Bluetooth como meio de comunicação é devido à sua capacidade de operar em redes WPAN, permitindo que a estação meteorológica seja colocada em diferentes locais e seus dados sejam acessados facilmente por qualquer dispositivo com suporte Bluetooth, como smartphones ou computadores. Isso proporciona maior flexibilidade e mobilidade ao sistema.

9.7.3. Coleta e Transmissão de Dados

Uma vez montada a estação meteorológica e programado o Arduino, o sistema coleta dados em tempo real sobre as condições ambientais. Esses dados são transmitidos via Bluetooth para um middleware ou aplicativo que os recebe e processa, gerando relatórios ou visualizações que ajudam a monitorar o clima local.

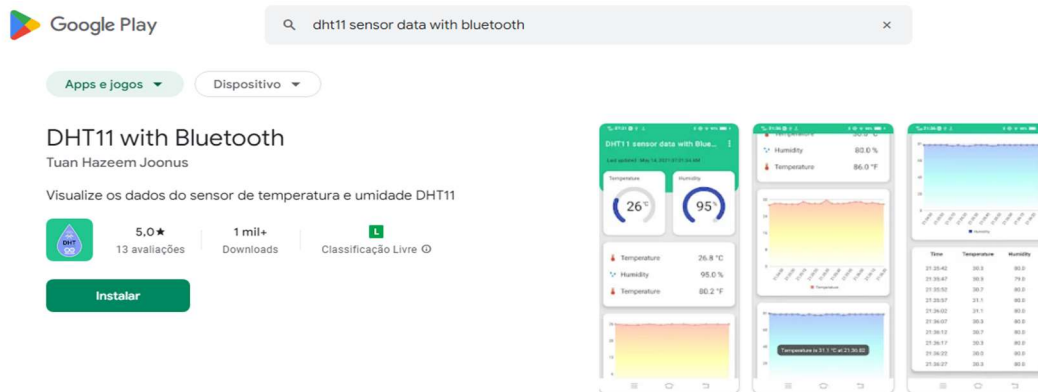
O uso de um gateway de IoT, como discutido por Zhu et al. (2010), seria uma evolução natural para integrar essa estação meteorológica a um sistema mais complexo, permitindo que os dados fossem enviados não apenas para dispositivos próximos via Bluetooth, mas também para servidores em nuvem, utilizando redes Wi-Fi ou móveis, ampliando o alcance do sistema.

9.7.4. Aplicativo usado para monitorar a estação meteorológica Arduíno

O aplicativo que iremos usar neste projeto, pode ser encontrado no Google Play Store e pode ser instalado em qualquer dispositivo que tenha o sistema Android.

Para encontrar o app basta buscar por “DHT11 sensor datal with bluetooth “que estará entre os primeiros resultados. A imagem exibe qual o aplicativo correto a se instalar.

Figura 8 – Google Play com link do DHT11 com Bluetooth



Fonte: Adaptado da internet pelo autor

Uma vez que o aplicativo esteja instalado, circuito montado e código gravado, podemos passar para a aplicação principal pareando o nosso smartphone com o HC-05. Assim podemos acessar todas as informações geradas pela estação meteorológicas.

9.7.5 Código Arduino IDE Arduino.

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>

// Define os pinos a serem usados pelo display LCD
#define RS 12
#define EN 11
#define D4 4
#define D5 5
#define D6 6
#define D7 7

// Define um parâmetro com valor 5000
#define INTERVALO 5000

// Cria um objeto para o sensor DHT22 e para o display LCD
LiquidCrystal lcd(RS, EN, D4, D5, D6, D7);

// Define pino e tipo do sensor DHT
DHT dht(3, DHT22);

Adafruit_BMP085 bmp180;

void setup() {
  // Inicializa a serial do arduino e printa a mensagem
```

```

Serial.begin(9600);

// Informações iniciais no display
Serial.println("INICIANDO SISTEMA");

// Inicializa o display LCD
lcd.begin(16, 2);
lcd.clear();

// Posiciona o ponteiro na segunda coluna, primeira linha do display
lcd.setCursor(2, 0);

// Apresenta a mensagem no display LCD.
lcd.print("INIT SYSTEM");
// Espera por 3 segundos
delay(3000);

// Inicializa o sensor BMP180
if (!bmp180.begin()) {
  Serial.println("Sensor BMP180 não encontrado !!");
  while (1) {}
}

// Inicializa o DHT22
dht.begin();
}

void loop() {
  // Leitura de temperatura e umidade do sensor DHT
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();

  // Verifica se a leitura do DHT foi bem-sucedida
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("Falha na leitura do sensor DHT!");
    return;
  }

  // Leitura da pressão do sensor BMP180
  float p = bmp180.readPressure() / 100.0;

  // Envia os dados pela porta serial (pode ser utilizado para transmissão via Bluetooth)
  Serial.print("Temperatura (C): ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(", Umidade: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(", Pressão: ");
  Serial.println(p);

  // Atualiza valores no display LCD

```

```

lcd.clear();

// Exibe temperatura em Celsius
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Temp: ");
lcd.print(t, 1);
lcd.print(" C");

// Exibe umidade
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Umid: ");
lcd.print(h, 1);
lcd.print(" %");

// Exibe pressão
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.print("Press: ");
lcd.print(p, 2);
lcd.print(" hPa");

// Aguarda 5 segundos antes da próxima leitura
delay(INTERVALO);
}

```

9.7.6. Explicando o código

O código desse projeto foi desenvolvido para aplicação em hardware base Arduino, no qual faz interface com sensores para medir temperatura, umidade e pressão, e exibe esses dados em um display LCD, além de enviá-los pela interface serial via Bluetooth. A seguir vamos entender o funcionamento do código passo a passo:

A) BIBLIOTECAS IMPORTADAS

LiquidCrystal.h: Controla o display LCD.

DHT.h: Biblioteca para interagir com o sensor DHT22, que mede temperatura e umidade.

Adafruit_BMP085.h: Controla o sensor BMP180/BMP085, que mede a pressão atmosférica.

Wire.h e SPI.h: Bibliotecas para comunicação com dispositivos I2C e SPI, como o sensor de pressão BMP180.

B) DEFINIÇÃO DE PINOS E INTERVALOS

RS, EN, D4, D5, D6, D7: Esses pinos controlam o display LCD. Eles são conectados ao Arduino para controlar o envio de informações.

INTERVALO: Define o tempo de espera entre as medições em milissegundos (5000 ms = 5 segundos).

C) OBJETOS CRIADOS

LiquidCrystal lcd(RS, EN, D4, D5, D6, D7): Inicializa o objeto LCD, responsável por controlar o display.

DHT dht(3, DHT22): Inicializa o objeto DHT para o sensor de temperatura e umidade, ligado ao pino digital 3.

Adafruit_BMP085 bmp180: Inicializa o sensor BMP180 para medir a pressão.

Função `setup()`: Esta função é executada uma vez quando o Arduino é ligado ou reiniciado.

Serial.begin(9600): Inicializa a comunicação serial a 9600 bauds. Isso é usado para enviar dados para o monitor serial (módulo Bluetooth).

lcd.begin(16, 2): Inicializa o LCD com 16 colunas e 2 linhas.

lcd.setCursor(2, 0); lcd.print("INIT SYSTEM"); Posiciona o cursor na segunda coluna da primeira linha do display e exibe a mensagem "INIT SYSTEM". Após isso, o código espera 3 segundos (`delay(3000)`).

bmp180.begin(): Inicializa o sensor de pressão BMP180. Se o sensor não for encontrado, exibe a mensagem no monitor serial e entra em um loop infinito (para interromper o programa).

dht.begin(): Inicializa o sensor DHT22.

Função `loop()`: Esta função é chamada repetidamente pelo Arduino.

Leitura dos sensores: São feitas leituras de:

- Umidade (h): Obtida através de `dht.readHumidity()`.
- Temperatura (t): Obtida através de `dht.readTemperature()`.
- Pressão (p): Obtida através de `bmp180.readPressure() / 100.0`, que converte o valor da pressão de Pascals para hectoPascals (hPa).

Verificação de Erros: Após a leitura da umidade e temperatura, o código verifica se os valores são válidos com `isnan(h) || isnan(t)`. Se houver um erro na leitura, uma mensagem de erro é exibida no monitor serial, e o código retorna sem executar as etapas seguintes.

Exibição na Porta Serial: Os valores de temperatura, umidade e pressão são enviados pela comunicação serial para o monitor serial (módulo Bluetooth).

Exibição no Display LCD: Temperatura: O valor da temperatura em graus Celsius é exibido na primeira linha do LCD.

Umidade: O valor da umidade é exibido na segunda linha do LCD, começando na primeira coluna.

Pressão: O valor da pressão em hPa é exibido na segunda linha do LCD, a partir da coluna 8.

Espera de 5 segundos: O código aguarda 5 segundos antes de realizar a próxima leitura, controlado pela função `delay(INTERVALO)`.

Portanto, o resumo do funcionamento pode se expresso nas etapas enumeradas:

1. O código inicializa os sensores e o display LCD.
2. No loop principal, ele faz leituras de temperatura, umidade e pressão.
3. Os valores lidos são exibidos no display LCD e enviados pela interface serial.
4. O sistema espera 5 segundos antes de repetir o processo.
5. Esse código permite monitorar as condições ambientais (temperatura, umidade e pressão) em tempo real usando sensores e exibi-las em um display LCD.

10. RESULTADOS ENCONTRADOS

A estação meteorológica montada com o uso do Arduino demonstrou ser uma solução eficiente e de baixo custo para monitoramento ambiental. Os sensores de temperatura (DHT22), pressão atmosférica (BMP180), e umidade do ar coletaram dados precisos e em tempo real, que foram transmitidos via Bluetooth para um smartphone ou computador. A interface de comunicação com o Arduino foi programada de maneira simples na IDE, utilizando bibliotecas específicas para cada sensor. A precisão dos dados foi consistente com as expectativas, e a transmissão Bluetooth mostrou-se estável para a faixa de distâncias prevista. Além disso, o custo de fabricação ficou em R\$ 272,71, valor consideravelmente inferior ao de uma estação comercial, representando 22,73% do custo de mercado.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação da estação meteorológica baseada em Arduino, equipada com Bluetooth, apresentou várias vantagens, especialmente no contexto da Internet das Coisas (IoT). A solução se destacou por seu baixo consumo de energia e simplicidade, além de permitir uma ampla gama de personalizações para o monitoramento de diferentes variáveis ambientais. Entretanto, foi identificado que o alcance do Bluetooth é limitado, restringindo a coleta de dados a curtas distâncias, o que pode ser melhorado com o uso de outras tecnologias de comunicação sem fio, como Wi-Fi ou redes móveis. A ausência de sensores adicionais, como os de irradiância solar, foi uma escolha baseada em manter o projeto de baixo custo, mas pode ser um ponto a ser explorado em futuras expansões do sistema.

12. CONCLUSÃO

O desenvolvimento dessa estação meteorológica baseada em Arduino e Bluetooth, foi possível criar uma solução simples e eficiente para monitoramento ambiental em tempo real, alinhada aos conceitos de IoT. Além disso, essa tecnologia oferece a flexibilidade de expansão para redes mais complexas e a integração com sistemas de processamento e armazenamento em nuvem, facilitando o acesso e a análise de dados ambientais.

Além disso, o projeto da estação meteorológica com Arduino demonstrou ser uma alternativa viável e econômica para a coleta de dados climáticos, com resultados positivos tanto na precisão quanto na eficiência do sistema. A solução proposta se integra de maneira eficaz ao contexto de IoT, oferecendo um meio flexível de monitorar as condições ambientais em tempo real. As principais limitações, como o alcance restrito do Bluetooth, podem ser superadas com a integração de novas tecnologias de comunicação. Assim, conclui-se que esta estação meteorológica pode ser aplicada em uma vasta gama de cenários, desde pequenos projetos acadêmicos até o monitoramento de sistemas fotovoltaicos, sendo uma opção escalável e adaptável conforme a necessidade. Como projetos futuros, estamos dispostos a melhorar o conceito da estação meteorológica, adicionando novos recursos como: sensores para medir a velocidade do vento e sensores para medir a irradiação solar.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. O que é Arduino? Versão 2018. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 14 Set. 2024.

ALMEIDA, Hermes Alves. Climatologia Aplicada à Geografia. Campina Grande: Editora da Universidade Estadual da Paraíba, 2016. p. 331.

AKIZUKI DENSHI TSUSHO CO. Temperature and humidity module: DHT11 Product Manual, 2018, Versão 1.3. Disponível em: https://akizukidenshi.com/goodsaffix/DHT11_20180119.pdf. Acessado em: 15/09/2024.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

CARDOSO NETO, C., CARVALHO DE ALMEIDA, M., GIL TEIXEIRA, V. **REDES WIRELESS**. Revista De Trabalhos Acadêmicos-Campus Niterói, América do Norte, 0, abr. 2014. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=view&path%5B%5D=1157>. Acesso em: 21 Mar. 2023.

CAVALCANTI, Emmanuel Alisson Bezerra et al. Informações meteorológicas da região de Rio Largo-AL, ano 1999. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA. 2000. p. 1209-1216.

CHEN, Hao. JIA, Xueqin. LI, Heng. (2011). A brief introduction to IoT gateway. 610-613. 10.1049/cp.2011.0740. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/261390048_A_brief_introduction_to_IoT_gateway. Acessado em: 14 Set. 2024.

CORIOLOANO, D. L., NETO, E. L. de almeida, DOS SANTOS, L. C., ALMEIDA, virgilio vasconcelos, Lisboa, H. S., SANTOS, R. R., de Resende, I. T. F., FIGUEIREDO, R. T., ALSINA, O. S. (2018). ESTAÇÃO METEOROLÓGICA WIFI DE BAIXO CUSTO BASEADO EM THINGSPEAK. *Anais Congresso Brasileiro De Energia Solar - CBENS*. <https://doi.org/10.59627/cbens.2018.651>.

COULOURIS, G., DOLLIMORE, J., and KINDBERG, T. (2007). Sistemas distribuídos-conceitos e projeto. Ed. Bookman. P. 790. Ver. Brasil. Quarta edição.

COSTA, Mauricio Dalla. Central meteorológica microcontrolada de baixo custo. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/14885>. Acessado em: 15 Set 2024.

CRUZ, Franklin Nelson. Ciências da natureza e realidade: interdisciplinar/ Franklin Nelson, Gilvan Luiz Borba, Luiz Roberto Diz de Abreu. – Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2005. 348 p. ISBN 85-7273-285-3.

ELETROGATE. Sensor de Pressão Barométrico BMP180. Manual do Produto. 2013. Disponível em: <https://datasheets.eletrogate.com/BMP180.pdf>. Acessado em: 15 Set. 2024.

ELIAS, Alexandre Artimos et al. ArdWeather: Uma estação meteorológica baseada no Arduino e em Web Services RESTful. In: Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress.

2014. p. 44-48. ESPRESSIF. Disponível em: <https://copec.eu/congresses/shewc2014/proc/works/10.pdf>. Acesso em: 15 Set 2024.

FALCÃO, Robson da Paixão. Bens públicos e a regulamentação do espectro de radiofrequência: uma análise sobre o setor de telecomunicação. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34587>. Acessado em 04 Ago. 2024.

FELICE, Fernando. Análise do Desempenho de Enlaces Ponto-a-Ponto utilizando a faixa de Frequência não Licenciada de 2, 4GHz em Tecnologia Spread Spectrum. **Master theses**, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Felice/publication/26976765_Analise_do_desempenho_de_enlaces_ponto-a-ponto_utilizando_a_faixa_de_frequencia_ao_licenciada_de_24GHz_em_tecnologia_spread_spectrum/links/5889f8b3aca272f628d4ced6/Analise-do-desempenho-de-enlaces-ponto-a-ponto-utilizando-a-faixa-de-frequencia-nao-licenciada-de-2-4GHz-em-tecnologia-spread-spectrum.pdf. Acessado em: 04 Ago 2024.

GALLIANO, Alfredo Guilherme. **O método científico: teoria e prática**. São Paulo: Harbra, 1986.

GARCÍA, J. N. **Manual de dificuldades de aprendizagem: linguagem, leitura, escrita e matemática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2010.

HAARTSEN, J. C.; MATTISSON, S. Bluetooth – A New Low-Power Radio Interface Providing Short-Range Connectivity. IEEE Proceedings of the IEEE. Versão 88. Número 10. Pág. 1651-1652. 2000.

IMPERIAL, Lucas C. C.; PEREIRA, Osvaldo Soliano. Análise do Potencial do Recurso Solar na Bahia a partir de Software de Informação Geográfica Baseado na Web. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 5., 2014, Recife: Cbems, 2014.

KARVINEN, K.; KARVINEN, T. Primeiros Passos com Sensores: Perceba o mundo usando eletrônica, Arduino e Raspberry Pi. [S.l.]: Novatec Editora, 2015.

KORHAN, Cengiz. **Fixed Cluster Formations with Nearest Cluster Heads in Wsns. I.J. Wireless and Microwave Technologies**, 2017. Disponível em <http://www.mecspress.org/ijwmt/ijwmt-v7-n3/IJWMT-V7-N3-1.pdf>. Acesso em: 10 Set. 2024.

LAMBERTS, Roberto. Combined thermal acceptability and air movement assessments in a hot humid climate. *Building and Environment*, v. 46, n. 2, p. 379-385, 2011.

MICROBERTS, Michael. ARDUINO BÁSICO. Novatec Editora, 2011, p. 22,24

MEDEIROS, Júlio Cesar de Oliveira. **Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática**, 2º Edição. São Paulo: Erica, 2007

MHAWES, Abbas Atwan. Pesquisa sobre Rede de Área Pessoal Sem Fio (WPAN), Bluetooth e ZigBee. Disponível em: <https://www.paperpublications.org/upload/book/paperpdf-1631525145.pdf>. Acessado em: 10 Set. 2024.

MILANESI, Marcos Alexandre; ALVES, Rogério Rozolen; GALVANI, Emerson. Comparativo entre instrumentos pluviométricos experimentais e automáticos. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, 2017, 1: 2251-2261.

MIYOSHI, Edson Mitsugo; SANCHES Carlos Alberto. **Projetos de Sistema Rádio: Dimensionamento de Rádio Enlace**, São Paulo: Erica, 2002.

MOURA, Renner Martins de et al. Estação Meteorológica de Baixo Custo: Uma contribuição para o monitoramento meteorológico das cidades. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24119>. Acessado em: 10 Set. 2024

NÓBREGA, K.Z.; VELOSO, C.H.L.; COSTA, C.L. **Aplicações para a tecnologia de transmissão de energia wireless através da indução magnética e sistemas ressonantes**. VII CONNEPI. pp. 01-08.2012.

PRZYBYSZ, A.L.; LUIZ JÚNIOR, O.J. **Infraestrutura e Roteamento em Redes Wireless Mesh**. pp. 01-10. [2007].

SANTOS, Elton John Carvalho dos. **Redes de comunicações sem fio: a proposta de sistema de teste para medir o alcance e a taxa de transferência de dados em dispositivos**. Manaus. 2023. 33 f. Monografia. (Graduação em Sistemas de Telecomunicações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial, Manaus, 2023. <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1161> , Acesso em: 14 Jun. 2024.

SANTOS, Diego; BALBINO, Amanda. Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura. Disponível em: < <https://agrosmart.com.br/blog/irrigacao/estacao-meteorologica-funcionaimportanciaagricultura/>>. Acesso em: 15 de Set. 2024.

SEIÇA, Álvaro. Transdução: Processos de Transferência na Literatura e Arte. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Criações Literárias Contemporâneas). Universidade de Évora. Évora 2011.

SHINGUE, Carlos. Eletronica Instrumentação. Disponível em:Acesso em 15 de Set. de 2024.

SILVA, M. A. V. Meteorologia e climatologia. Recife: INMET, 2005. VAISALA. Observações para um mundo melhor. Disponível em: . Acesso em: 12 Set. 2024.

Souza, José Leonaldo, et al. Irradiação Solar Global Média e Transmitância Atmosférica Diária no Sertão de Alagoas - Brasil. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 4, 2012, São Paulo: Cbens, 2012.

SILVA, V.P.; MENDES, L.A.M. **Estudo Das Motivações Para Implantação De Tecnologia Wireless Pela Escola Agrotécnica Federal De Barbacena (EAFB)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presidente Antônio Carlos (UNIPAC). pp. 01-13. 2019

VIANELLO, Rubens Leite. A Estação Meteorológica e seu Observador uma Parceria Secular de Bons Serviços Prestados à Humanidade. Instituto Nacional De Meteorologia. 2011, p.19.

Disponível em:
<<https://portal.inmet.gov.br/uploads/publicacoesDigitais/aestacaometeorologicaeseuobservador.pdf>>. Acessado em: 15 Set. 2024.

TIBA, Chigueru, et al. Metodologia para Elaboração de Mapas de Radiação Solar para Minas Gerais. In: Congresso Brasileiro de Energia Solar, 5, 2014, Recife: Cbens, 2014

THE BLUETOOTH SIG STANDARD. Documentação oficial do Bluetooth. Disponível em: https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2023/02/2301_5.4_Tech_Overview_FINAL.pdf. Acessado em: 15 Ago. 2024.