



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

LUCAS MAGNO CONSIGLIERI

**CONFECCÃO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA FINS
EDUCACIONAIS**

São José dos Campos

2023

LUCAS MAGNO CONSIGLIERI

**CONFECÇÃO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA FINS
EDUCACIONAIS**

Trabalho de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Unesp.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Varela Saraiva

São José dos Campos

2023

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2023]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Consiglieri, Lucas Magno

Confecção de uma estação meteorológica de baixo custo para fins educacionais / Lucas Magno Consiglieri. - São José dos Campos : [s.n.], 2023. 38 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Graduação em Engenharia Ambiental Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2023.

Orientador: Antonio Carlos Varela Saraiva.

1. Estação meteorológica. 2. Baixo custo. 3. Climatologia. 4. Coleta de dados. 5. Projetos educacionais. I. Saraiva, Antonio Carlos Varela, orient. II. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. IV. Universidade Estadual Paulista (Unesp). V. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP com adaptações - STATI, STRAUD e DTI do ICT/UNESP.
Renata Aparecida Couto Martins CRB-8/8376

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Antonio Carlos Varela Saraiva

Universidade Estadual Paulista
Instituto de Ciência e Tecnologia
Engenharia Ambiental

Profa. Dra. Luana Albertani Pampuch Bortolozo

Universidade Estadual Paulista
Instituto de Ciência e Tecnologia
Engenharia Ambiental

Me. João Vitor Mariano Ribeiro

UNESP/CEMADEN
Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais
Engenharia Ambiental

São José dos Campos, 26 de Maio de 2023.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento a todas as pessoas que têm sido importantes em minha vida. Em especial, quero agradecer aos meus pais, cujo amor, apoio e dedicação inabaláveis têm sido fundamentais para meu crescimento e sucesso. Sou grato por tudo o que fizeram e continuam fazendo por mim.

Aos meus irmãos, agradeço por estarem sempre ao meu lado, compartilhando risos, desafios e momentos especiais. Vocês são minha família e meu porto seguro.

À minha namorada, sou grato por seu amor incondicional, compreensão e apoio em todos os momentos. Você trouxe uma luz especial à minha vida e sou feliz por ter você ao meu lado.

Aos meus colegas de classe, agradeço pela parceria, troca de conhecimento e amizade ao longo dessa jornada educacional. Juntos, enfrentamos desafios, superamos obstáculos e construímos memórias valiosas.

Por fim, quero estender meu agradecimento a todos aqueles que amo e que não estão mais entre nós. Suas memórias e o impacto que tiveram em minha vida permanecem vivos em meu coração. Seu legado continua a me inspirar e a moldar quem sou.

RESUMO

MAGNO CONSIGLIERI, Lucas. **Confecção de uma estação meteorológica de baixo custo para fins educacionais**. 2023. Trabalho de graduação (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2023.

A meteorologia auxilia na compreensão e previsão do clima, fornecendo informações úteis para diversos setores. Além disso, a compreensão do clima é essencial para uma consciência ambiental e tomada de decisões sustentáveis. Este trabalho teve como objetivo criar uma estação meteorológica de baixo custo com foco em educação, utilizando arduino e materiais reutilizados. A estação foi capaz de coletar de forma automática variáveis meteorológicas dentro das expectativas quando comparadas a de uma estação comercial. Dentre os objetivos alcançados destaca-se o valor bem abaixo em relação as estações comerciais, sua versatilidade e sua facilidade de ser replicada. A utilização da estação em ambientes educacionais pode ser uma ferramenta valiosa para despertar o interesse e curiosidade em ciência dos alunos.

Palavras-chave: estação meteorológica; baixo custo; climatologia; coleta de dados; projetos educacionais.

ABSTRACT

MAGNO CONSIGLIERI, Lucas. Construction of a low-cost weather station for educational purposes. 2023. Undergraduate thesis (Environmental Engineering Degree) – São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology, São José dos Campos, 2023.

The field of meteorology plays a crucial role in understanding and predicting weather conditions, providing valuable information for various sectors. Furthermore, climate comprehension is essential for environmental awareness and making sustainable decisions. This project aimed to create a low-cost weather station with an educational focus, utilizing Arduino and recycled materials. The station successfully collected meteorological variables automatically, performing within expectations compared to a commercial station. Achievements include its significantly lower cost compared to commercial stations, versatility, and ease of replication. The utilization of this station in educational settings can serve as a valuable tool to stimulate students' interest and curiosity in science.

Keywords: weather station; low cost; climatology; data collection; educational projects.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Plataforma de prototipagem	9
2.2 Meteorologia	10
2.3 Projetos realizados	12
2.4 Objetivos	14
2.5 Justificativa	14
3 MATERIAIS E MÉTODO	16
3.1 Componentes utilizados	16
3.2 Calibração do pluviometro de báscula	19
3.3 Montagem e configuração	20
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	27
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	34
ANEXO	35

1 INTRODUÇÃO

A importância do estudo e compreensão dos fenômenos meteorológicos tem sido amplamente reconhecida em diversos campos do conhecimento. A meteorologia desempenha um papel crucial na compreensão e previsão do clima, fornecendo informações valiosas para a agricultura, planejamento urbano, gestão de recursos naturais e muitos outros setores. Além disso, a compreensão dos processos climáticos é essencial para uma consciência ambiental mais ampla e para a tomada de decisões sustentáveis (TEIXEIRA et al., 2018).

No entanto, muitas vezes a disponibilidade de estações meteorológicas é limitada, principalmente em áreas remotas ou em instituições educacionais com recursos financeiros limitados (MOSCATI et al., 2000). Essa restrição pode dificultar o acesso ao monitoramento climático e a oportunidade de aprender sobre os fundamentos da meteorologia. É nesse contexto que a construção de uma estação meteorológica de baixo custo se mostra uma solução viável e promissora, principalmente quando se leva em conta a popularização de plataformas de prototipagem como o Arduino.

Este trabalho tem como objetivo viabilizar a construção de uma estação meteorológica de baixo custo, com foco em sua aplicação no ambiente educacional. A estação meteorológica de baixo custo permite a coleta de dados climáticos em tempo real, proporcionando aos estudantes a oportunidade de aprenderem de forma prática sobre os princípios da meteorologia, sensoriamento ambiental, coleta e análise de dados.

Além disso, a implementação de uma estação meteorológica de baixo custo promove a interdisciplinaridade, permitindo que estudantes de diferentes áreas do conhecimento explorem a relação entre a meteorologia e suas respectivas áreas de estudo. Essa abordagem integrada enriquece o processo de aprendizagem e incentiva o engajamento dos alunos.

Ao final deste trabalho, espera-se que a construção de uma estação meteorológica de baixo custo, aliada a estratégias educacionais adequadas, possa proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor e motivador, permitindo que os estudantes explorem e compreendam os fenômenos climáticos de forma prática e significativa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Plataforma de prototipagem

O Arduino é um microcontrolador de código aberto que permite a construção de dispositivos eletrônicos interativos, permitindo que indivíduos sem conhecimento prévio em eletrônica possam criar projetos de forma simples e rápida (MCROBERTS, 2018). Essas características tornam o arduino especialmente relevante em contextos educacionais, onde o uso dessas plataformas pode estimular o aprendizado em disciplinas como engenharia, ciência da computação, matemática e meteorologia, entre outras.

A utilização de plataformas de prototipagem como o Arduino pode trazer diversas vantagens para projetos, tais como baixo custo e boa qualidade de dados. Essas vantagens tornam o Arduino uma poderosa ferramenta em projetos de pesquisa, onde é essencial maximizar a eficiência e minimizar os custos para se obter resultados confiáveis e de alta qualidade.

Em 2021, Cordova, Allison, et al. demonstra a criação de um potenciostato (dispositivo utilizado em experimentos eletroquímicos para controlar a diferença de potencial entre dois eletrodos) de baixo custo e código aberto, utilizando o Arduino, capaz de realizar técnicas eletroquímicas básicas. Um aplicativo gratuito para smartphone é usado para controlar o potenciostato via Bluetooth. Os resultados mostram que o desempenho do potenciostato é comparável a um modelo comercial. Além disso, o potenciostato foi utilizado com sucesso em uma experiência de ensino, mostrando sua utilidade como ferramenta educacional. O uso do Arduino torna o potenciostato acessível e permite sua aplicação em aulas introdutórias de eletroquímica.

Ferreira (2018) demonstrou a utilização do Arduino em um sistema de monitoramento remoto, envolvendo a medição de temperatura, umidade, luminosidade e outros parâmetros relevantes. Além disso, o Arduino foi utilizado para realizar o controle do sistema, com o objetivo de aumentar sua eficiência e ampliar sua área de cobertura. O sistema foi aplicado em um sistema de rega pré-existente, resultando em melhorias significativas. As alterações implementadas permitiram a rega individualizada e automática das diferentes zonas do jardim, levando em consideração suas características específicas. Isso resultou na redução de gastos desnecessários de água durante a irrigação, contribuindo para a diminuição da pegada hídrica do sistema.

Portanto, é possível afirmar que o uso do Arduino em projetos de pesquisa pode trazer diversas vantagens, como a obtenção de dados de alta qualidade com um custo mais acessível, além de permitir maior flexibilidade e personalização em relação a soluções comerciais.

2.2 Meteorologia

Meteorologia é a ciência que estuda os fenômenos que ocorrem na atmosfera e as interações entre seus estados dinâmicos, físico e químico, com a superfície terrestre subjacente (VAREJÃO-SILVA, 2001). Essa ciência é extremamente complexa devido a extensão da atmosfera e suas inúmeras variáveis, porém, com uma quantidade grande de dados oportunos, como temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, níveis de precipitação pluvial, irradiação solar, e outros muitos devidamente georreferenciados, é possível construir modelos de alta confiabilidade dos fenômenos atmosféricos (TEIXEIRA, 2018).

A previsão do tempo é uma ferramenta muito importante para planejar e tomar decisões da melhor forma possível, desde questões simples como qual vestimenta é mais apropriada ao tempo do dia, ou escolhendo a melhor época para viajar, até atividades mais complexas. Dessas atividades mais complexas podemos citar: A aeronáutica que necessita das condições de vento, nebulosidade e visibilidade para proporcionar decolagens e aterrissagens com segurança; Na navegação são utilizadas previsões de tempestades, ventos e formação de gelo na determinação da melhor rota a fim de garantir a segurança de todos a bordo; A previsão do tempo também é indispensável ao monitoramento de desastres ambientais em áreas de risco como comunidades instaladas em encostas e barragens de rejeito (INMET, 2020).

Uma das ferramentas utilizadas para obtenção de dados meteorológicos são as estações meteorológicas, as estações são locais, munidos de conjuntos de instrumentos ou sensores eletrônicos de medição e registro das variáveis climáticas de determinada região (TEIXEIRA, 2018). Tradicionalmente, essas estações eram usadas em estudos meteorológicos, no entanto, com o surgimento de estações meteorológicas de baixo custo, muitos estudos começaram a comparar os dois tipos de estações.

Estações meteorológicas podem ser divididas entre estações convencionais e estações automáticas:

- **Estações convencionais** requerem que uma pessoa esteja presente diariamente para coletar dados de instrumentos de leitura direta, como termômetros, ou de sistemas mecânicos de registro, como termohigrógrafos, pluviógrafos e anemógrafos.

Figura 1- Estação meteorológica convencional (IAG-USP)



Fonte: disponível em <https://i0.wp.com/www6.usp.br/wp-content/uploads/porta120121122_1.jpg?resize=450%2C250&ssl=1>.

- **Estações automáticas** possuem coleta de dados automatizada, seus sensores enviam sinais que são captados por um Datalogger, possibilitando assim que o armazenamento e processamento dos dados sejam informatizados.

Figura 2- Estação meteorológica automática (Agrosmart)



Fonte: disponível em <<https://agrosmart.com.br/blog/wp-content/uploads/2016/09/esta%C3%A7%C3%A3o-1-1024x768-1-780x405.jpg>>.

Datalogger é um dispositivo eletrônico que registra dados ao longo do tempo ou em relação à localização com um instrumento ou sensor embutido ou através de instrumentos e sensores externos. O que possibilita essa automatização é um microcontrolador, um pequeno computador num único circuito integrado o qual contém um núcleo de processador, memória e periféricos programáveis de entrada e saída (SAVASGARD, 2014).

Um estudo realizado em 2015 por Sousa, et al. analisou dados de uma estação meteorológica de baixo custo criada por eles, essa estação era capaz de medir temperatura e umidade. Os dados obtidos foram comparados com dados da Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO), que mostrou resultados promissores quanto à confiabilidade dos dados.

Outro estudo (HOPPE et al., 2015) comparou um Abrigo Meteorológico de Baixo Custo (ABC) com a estação meteorológica oficial do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul. Verificou-se que os resultados obtidos apresentaram maior precisão durante o período noturno devido à ausência de radiação solar. Em conclusão, para análise do microclima ou em ambientes desprovidos de estações meteorológicas do INMET, o uso do abrigo meteorológico de baixo custo mostra-se como uma alternativa de considerável confiabilidade. Além disso, torna-se um modelo de estação muito mais acessível em termos de preço do que os instrumentos disponíveis no mercado.

Esses estudos sugerem que as estações meteorológicas de baixo custo podem ser uma alternativa viável para as estações convencionais em termos de qualidade de dados e precisão de medição. A vantagem das estações de baixo custo é que elas podem ser produzidas em massa a um preço mais acessível, permitindo que mais pessoas tenham acesso a dados meteorológicos confiáveis.

2.3 Projetos realizados

Em 2017 foi iniciado o projeto “Meteorologia na escola”, no qual fui aluno bolsista sob supervisão de Luana Albertani Pampuch e Antonio Carlos Varela Saraiva, ambos docentes do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP. O projeto consistia na construção de uma estação meteorológica de baixo custo para o monitoramento de variáveis atmosféricas, além disso, em conjunto com escolas da região, foram realizadas palestras com temas de meteorologia aplicados aos conteúdos de matemática, física e química das escolas. Essas palestras aconteceram na Escola Estadual Ilza Irma Moeller Coppio, escola da rede pública de São José dos Campos. Além das palestras, os alunos puderam conhecer o departamento de engenharia ambiental do ICT, os laboratórios e a estação de baixo custo que estava sendo desenvolvida na época.

Figura 3 Visita a escola Escola Professora Ilza Irma Moeli Copio



Fonte: elaborado pelo autor.

A estação meteorológica de baixo custo, que foi construída durante o projeto, era capaz de medir a temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e umidade do solo. Esses dados eram gravados em um cartão microSD para facilitar a coleta e análise dos mesmos ao longo de um período de tempo. Além disso, era possível observar esses dados em tempo real através de um display LCD acoplado ao equipamento.

As aulas expositivas tiveram grande participação dos alunos e na visita ao ICT foi possível observar o interesse dos alunos no tema do projeto. Os resultados obtidos com a coleta de dados por parte da estação meteorológica de baixo custo se mostraram satisfatórios quando comparados a outros sensores. Levando em conta o baixo custo e a resposta por parte dos alunos que participaram do projeto, a estação meteorológica com Arduino pode ser uma alternativa interessante na obtenção de dados e monitoramento de áreas vulneráveis à ocorrência de desastres naturais, bem como, uma fonte de interesse científico e geração de conhecimento aos alunos envolvidos.

No ano seguinte, em 2018, iniciou-se o projeto “Conhecendo o ar que respiramos”. Uma continuação do projeto anterior, que desta vez, tinha um foco voltado aos riscos e malefícios da poluição atmosférica na saúde e impactos socioambientais. Desenvolvido em parceria com a escola E.E. Dr. Pereira de Mattos localizada no município de Caçapava, dessa vez foram feitas diversas aulas ministradas durante uma matéria eletiva oferecida pela escola chamada de “Pré-iniciação Científica”. As aulas ministradas durante o projeto foram:

- O ar que respiramos (Prof. Luana)
- Poluição Atmosférica (Prof. Luana)
- O impacto da poluição na vegetação (Prof. Klecia)

- Atividade prática: Efeito da poluição sobre folhas de alface (Prof. Klécia)
- Instrumentação meteorológica (Climatepo)
- Programação básica em Arduino (Prof. Antonio)
- Oficina de Arduino, montagem da estação de monitoramento da qualidade do ar (Prof. Antonio)

Além das aulas oferecidas, também foi desenvolvido um sensor de qualidade do ar através, novamente, da plataforma de prototipagem Arduino Uno. Esse sensor foi utilizado durante a oficina de Arduino oferecida pelo professor para medir a emissão de CO₂ causada pela química entre bicarbonato de sódio e vinagre.

2.4 Objetivos

O trabalho tem como objetivo principal desenvolver uma estação meteorológica de baixo custo e de caráter didático, visando sua instalação em escolas da rede pública do município de São José dos Campos, bem como comparar os parâmetros de temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica e altura de chuva em relação a estação de Instituto de Ciência e Tecnologia no Parque Tecnológico. Além de fornecer informações sobre as condições climáticas locais, a estação meteorológica tem como propósito conscientizar os alunos e professores sobre a importância da observação e análise dos fenômenos meteorológicos e sua relação com o meio ambiente. Dessa forma, espera-se contribuir para uma educação mais integrada e ambientalmente consciente, além de estimular o interesse dos estudantes pela ciência e tecnologia.

A partir do uso da estação meteorológica e dos recursos complementares oferecidos pelo trabalho, espera-se promover a criação de um ambiente de aprendizado interativo e participativo, no qual os alunos possam observar e compreender a variação das condições meteorológicas locais ao longo do tempo. Espera-se que seja possível disseminar o conhecimento adquirido para as comunidades escolares e para a sociedade em geral, contribuindo para a conscientização e engajamento da população em questões relacionadas ao meio ambiente e às mudanças climáticas.

2.5 Justificativa

Com a criação de uma estação meteorológica espera-se despertar o interesse dos alunos ao oferecer uma abordagem prática e interdisciplinar, promovendo a exploração científica, o desenvolvimento de habilidades técnicas e o entendimento da relevância da meteorologia no

cotidiano. Isso contribui para o engajamento dos alunos na área científica e estimula seu interesse por outras disciplinas relacionadas (VANÚBIO DA SILVA, 2022).

A ciência cidadã é uma abordagem colaborativa entre amadores e cientistas que tem como objetivo coletar dados para a pesquisa científica utilizando metodologias participativas, desenvolvidas por cidadãos ou em colaboração com pesquisadores profissionais (SiBBR, 2018). Essa abordagem visa ampliar a participação do público na gestão ambiental, permitindo que qualquer pessoa em qualquer lugar possa submeter suas informações através da internet, usando aplicativos e celulares. É uma ferramenta científica eficiente que gera muitos dados com pouco investimento.

Os "cidadãos cientistas" são voluntários em todo o mundo que documentam registros para padrões ecológicos das espécies, propagação de doenças infecciosas, tendências populacionais e monitoramento de alterações na paisagem e mudanças climáticas.



Em colaboração entre a sociedade e institutos de pesquisa, seria possível aumentar a rede de sensores em todo o país, unindo o interesse pedagógico das escolas e o baixo custo de produção das estações. Isso pode ajudar a solucionar os principais problemas das estações convencionais ligadas a institutos de pesquisa, como aquisição e manutenção. Além disso, essa abordagem pode incentivar a participação ativa das escolas na coleta de dados científicos, ampliando o interesse dos alunos em ciência, tecnologia e meio ambiente. A ciência cidadã é uma oportunidade para a sociedade se envolver na produção de conhecimento científico e contribuir para um futuro mais sustentável.

No contexto local, as escolas municipais e estaduais desempenham um papel estratégico no monitoramento de eventos meteorológicos severos que afetam diretamente as comunidades. O foco principal deste trabalho é a criação e viabilização de uma estação meteorológica cuja montagem possa ser realizada pela própria escola, utilizando os materiais disponibilizados, ou por meio de doações em parceria com a universidade.

3 MATERIAIS E MÉTODO


3.1 Componentes utilizados.

Quadro 1 – Componentes essenciais para montagem da estação

Componente	Imagem	Descrição	Preço (Maio de 2023)
<p>Arduino Mega 2560</p>		<p>O Arduino Mega 2560 é uma placa microcontroladora baseada no microcontrolador ATmega2560. É uma versão avançada do Arduino UNO, oferecendo maior capacidade de processamento e uma quantidade maior de pinos de entrada e saída.</p> <p>A placa Arduino Mega é projetada para aplicações que exigem maior memória, velocidade de processamento e capacidade de E/S do que o Arduino UNO. Ele possui 54 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 15 podem ser usados como saídas PWM, 16 entradas analógicas e 4 portas seriais para comunicação. Além disso, possui uma memória flash de 256 KB, o que permite o armazenamento de um grande número de programas e dados.</p>	<p>R\$ 129,00</p>
<p>Pluviômetro de báscula</p>		<p>O pluviômetro de báscula é composto por um funil coletor de água, que alimenta uma báscula. A báscula tem um recipiente com água que é equilibrado por uma mola ou contrapeso, e quando a água da chuva cai no funil, a báscula inclina, desequilibrando o recipiente e registrando a quantidade de água que caiu.</p> <p>Para registrar os dados coletados, muitos pluviômetros de báscula utilizam um sensor reed. O sensor reed é um interruptor magnético que é ativado quando um m passa próximo a ele. No caso do pluviômetro, o sensor reed é instalado próximo  báscula e é acionado quando a báscula inclina, movimentando um m que ativa o sensor reed. Cada vez que o sensor reed é acionado, ele envia um sinal elétrico para o microcontrolador, que registra o acionamento e calcula a quantidade de chuva que caiu.</p>	<p>R\$ 445,55</p>

DHT11		<p>O DHT11 é um sensor de temperatura e umidade que pode ser usado em projetos eletrônicos para medir a temperatura e a umidade do ambiente.</p> <p>O DHT11 se comunica com o microcontrolador host usando uma interface de um único fio e é capaz de medir a temperatura na faixa de 0 a 50 °C com uma precisão de ± 2 °C e a umidade relativa na faixa de 20 a 90% com uma precisão de $\pm 5\%$.</p>	R\$ 9,36
BMP085		<p>O BMP085 é um sensor de pressão e temperatura de alta precisão desenvolvido pela Bosch. Ele pode ser usado em projetos eletrônicos para medir a pressão atmosférica e a temperatura ambiente.</p> <p>O BMP085 usa uma interface de comunicação I2C para se comunicar com o microcontrolador e é capaz de fornecer leituras de pressão com uma precisão de até 0,03 hPa e leituras de temperatura com uma precisão de até 0,1 grau Celsius. Ele também possui um conversor analógico-digital de 16 bits para converter as leituras de pressão e temperatura em valores digitais.</p>	R\$ 8,50
DS1307 (RTC)		<p>O DS1307 é um circuito integrado de relógio em tempo real (RTC) que pode ser usado em projetos eletrônicos para acompanhar o tempo. O DS1307 se comunica com o microcontrolador host usando uma interface I2C e tem a capacidade de acompanhar segundos, minutos, horas, dia, data, mês e ano. Ele também inclui uma RAM não volátil embutida de 56 bytes para armazenar dados mesmo quando a energia é perdida.</p> <p>Para usar o DS1307 em um projeto, o microcontrolador deve ser capaz de se comunicar com ele usando o protocolo I2C. O DS1307 requer um oscilador de cristal externo de 32.768 kHz para uma precisão de tempo.</p>	R\$ 7,10
SD card		<p>O módulo cartão Micro SD é um componente eletrônico utilizado em projetos que requerem armazenamento de dados em um cartão de memória Micro SD. Ele possui um slot para inserção do cartão e uma interface de comunicação com o microcontrolador por meio do protocolo SPI (Serial Peripheral Interface).</p> <p>O módulo geralmente vem acompanhado de uma biblioteca para Arduino, que permite a leitura e gravação de arquivos no cartão Micro SD. Além</p>	R\$ 6,80

		<p>disso, ele costuma possuir alguns pinos adicionais para controle do módulo, como o CS (Chip Select), MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out) e o SCK (Serial Clock). Esses pinos devem ser conectados aos respectivos pinos do microcontrolador para permitir a comunicação SPI entre eles.</p>	
LCD 16x2		<p>O LCD 16x2 (Display de Cristal Líquido) é um tipo de display alfanumérico comumente usado em projetos e dispositivos eletrônicos. Ele consiste em duas fileiras de 16 caracteres cada, totalizando 32 caracteres, daí o nome 16x2. O display utiliza cristal líquido para criar caracteres ou imagens ao permitir seletivamente a passagem de luz. Cada caractere é composto por uma matriz de pixels, com cada pixel ligado ou desligado, dependendo se precisa fazer parte do caractere sendo exibido.</p>	R\$ 19,90
Painel solar		<p>Um painel solar, também conhecido como módulo fotovoltaico, é um dispositivo que converte a luz solar em energia elétrica utilizando o efeito fotovoltaico. É composto por células solares, geralmente feitas de silício, que absorvem a luz solar e a transformam em corrente elétrica contínua. Os painéis solares são uma opção sustentável para a geração de energia, pois não emitem gases de efeito estufa durante o processo de geração. Além disso, a energia solar é abundante e gratuita, o que contribui para a redução dos custos de eletricidade a longo prazo.</p>	R\$ 149,00
Bateria chumbo-ácida por válvula		<p>Bateria chumbo-ácida regulada por válvula, também conhecida como bateria VRLA (Valve Regulated Lead Acid), é um tipo de bateria recarregável que utiliza tecnologia de chumbo-ácido para armazenar energia elétrica. A característica distintiva dessas baterias é a presença de válvulas de segurança que controlam a pressão interna e evitam a liberação de gases.</p>	R\$ 59,50
Controlador de carga solar		<p>O controlador de carga solar monitora a tensão e corrente da bateria, além de regular a carga do painel solar para evitar sobrecarga ou descarga excessiva. Ele também protege a bateria contra condições adversas, como inversão de polaridade, curto-circuito e sobretensão.</p>	R\$ 44,71

Jumpers macho/fêmea		São cabos ou fios condutores utilizados para estabelecer conexões elétricas entre os componentes eletrônicos. Eles são essenciais para a prototipagem rápida e flexível, permitindo a interligação dos pinos de entrada e saída dos componentes, como sensores, módulos e placas Arduino, de maneira temporária e ajustável.	R\$ 10,36
Total			R\$ 889,78

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 Calibração do pluviômetro de balança

Para garantir a qualidade dos dados obtidos pelo pluviômetro, foi realizada uma calibração seguindo os seguintes passos:

- Lentamente despejou-se água sobre a área de captação do dispositivo até que a balança se movesse dez vezes.
- A água utilizada foi coletada em um reservatório e posteriormente pesada em uma balança de precisão de 1 grama, que já havia sido ajustada com o peso do recipiente.
- Esses processos foram repetidos um total de dez vezes.

As medidas obtidas estão apresentadas na tabela abaixo, onde V_m representa o valor médio do volume de água necessário para mover a balança 10 vezes.

Tabela 1 – Compilação dos volumes obtidos

Medição	Volume (ml)
V1	50
V2	53
V3	54
V4	46
V5	53
V6	50
V7	51
V8	52
V9	51
V10	54
V_m	51,5

Fonte: elaborado pelo autor.

O valor de V_m é dividido por 10 para obter a capacidade volumétrica da báscula, resultando em um valor por pulso (V_p) igual a 5,15 mL. Para converter esse valor em altura de chuva (H) usando a fórmula $H = V/A$, precisamos conhecer a área de captação (A). O diâmetro da área de captação do pluviômetro foi medido com um paquímetro e tem 142,5 mm. Ao aplicarmos a fórmula da área do círculo, encontramos o valor de A como sendo 0,01594849 m². Portanto, a altura de chuva medida a cada pulso da báscula é igual a 0,323 mm.

Essa calibração demonstra a importância de realizar esse procedimento, considerando que o valor fornecido pelo fabricante do pluviômetro para a altura de chuva por pulso era de 0,25 mm.

3.3 Montagem e configuração

3.3.1 Circuito

Para montar o circuito da estação de acordo com o código que será apresentado, os sensores devem ser conectados da seguinte maneira:

DHT11

- Saída “+” do sensor na entrada “5v” do arduino
- Saída “out” na entrada “A3” do arduino
- Saída “-” do sensor na entrada “GND” do arduino

BMP085

- Saída “VIN” do sensor na entrada “3.3v” do arduino
- Saída “GND” na entrada “GND” do arduino
- Saída “SCL” do sensor na entrada “SCL” do arduino
- Saída “SDA” do sensor na entrada “SDA” do arduino

DS1307 (RTC)

- Saída “VCC” do sensor na entrada “5v” do arduino
- Saída “GND” na entrada “GND” do arduino
- Saída “SCL” do sensor na entrada “SCL” do arduino
- Saída “SDA” do sensor na entrada “SDA” do arduino

SD Card

- Saída “CS” do sensor na entrada “D10” do arduino

- Saída “SCK” na entrada “I3” do arduino
- Saída “MOS1” do sensor na entrada “I4” do arduino
- Saída “MISO” do sensor na entrada “I1” do arduino
- Saída “VCC” do sensor na entrada “I2” do arduino
- Saída “GND” do sensor na entrada “I6” do arduino
- Os pinos “I” se encontram no centro do Arduino mega, nos conectores ICSP

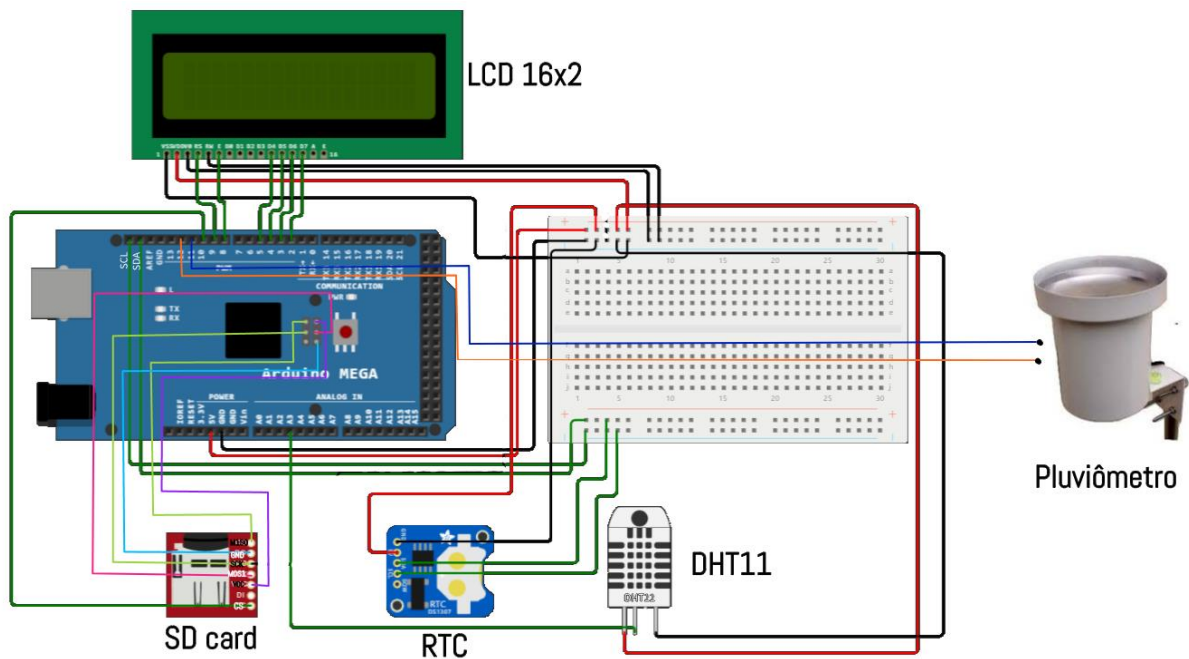
LCD 16x2

- Saída “1” do componente na entrada “GND” do arduino
- Saída “2” do componente na entrada “5v” do arduino
- Saída “3” do componente na entrada “GND” do arduino
- Saída “4” do componente na entrada “D9” do arduino
- Saída “5” do componente na entrada “GND” do arduino
- Saída “6” do componente na entrada “D8” do arduino
- Saída “11” do componente na entrada “D5” do arduino
- Saída “12” do componente na entrada “D4” do arduino
- Saída “13” do componente na entrada “D3” do arduino
- Saída “14” do componente na entrada “D2” do arduino

Pluviômetro de báscula

- Não há distinção entre os dois cabos do pluviômetro, portanto, basta conectá los às entradas “D12” e “D13”

Figura 3 – Diagrama do Circuito



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.2 Instalação do código

Para carregar o código disponível no anexo A no Arduino, os seguintes passos foram seguidos:

1. O Arduino foi conectado ao computador usando um cabo USB.
2. Foi aberto o Arduino IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) no computador.
3. O tipo de placa Arduino a ser utilizado foi selecionado na opção "Ferramentas" e escolhido o modelo "Arduino Mega" na seção.
4. Foi selecionada a porta serial correta. Novamente, em opção "Ferramentas" e porta serial adequada na seção "Porta".
5. Em um projeto em branco foi inserido o código do Anexo A.
6. Foi certificado que todas as bibliotecas descritas no começo do código foram instaladas.
7. Verificou-se o código pressionando o botão "Verificar" (ícone de marca de seleção). Isso verificará se há erros de sintaxe no código.
8. Com o código livre de erros, foi pressionado o botão "Carregar" (ícone de seta para a direita). Isso compila o código e o transfere para o Arduino.
9. Foi aguardado o processo de carregamento ser concluído.
10. Com o código carregado com sucesso, a mensagem "Carregamento concluído" será mostrada na parte inferior da janela do Arduino IDE.

11. Com o código sendo executado no Ardúino, é possível desconectá-lo do computador.

O código presente no ANEXO A é um programa escrito para uma placa Arduino que coleta dados de diferentes sensores (DHT11, BMP180 e um Pluviômetro) e os armazena em um cartão SD.

O código começa incluindo as bibliotecas necessárias: LiquidCrystal, Wire, RTC, DHT, Adafruit_BMP085, SPI e SD. Em seguida, define os pinos aos quais os componentes estão conectados, inicializa os componentes e configura o cartão SD.

Na função loop, o programa lê os dados dos sensores DHT11 e BMP180 e os armazena em variáveis ur (umidade), Tdht (temperatura do DHT11), Tbmp (temperatura do BMP180) e P (pressão atmosférica). Ele também conta o número de loops (cont e contmin) para acompanhar o tempo.

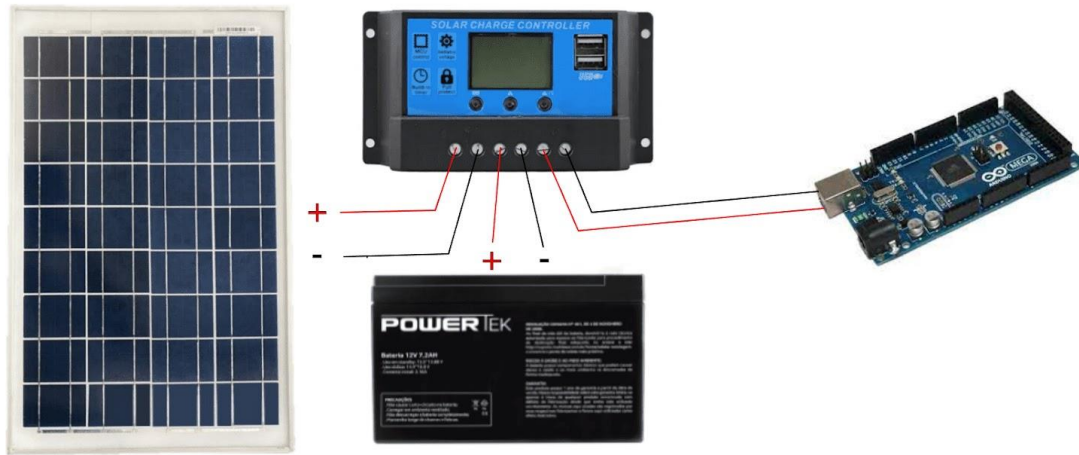
O programa também lê o estado do sensor reed do pluviômetro conectado à placa e, se o interruptor for acionado (ou seja, o estado mudar de HIGH para LOW), ele incrementa a variável REEDCOUNT e calcula a quantidade de chuva com base no número de vezes que o interruptor foi acionado.

Por fim, o programa abre um arquivo no cartão SD e escreve os dados de temperatura do DHT11 e temperatura do BMP085, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, altura de chuva juntamente com a data e hora.

3.3.3 Fonte de energia

Como fonte de energia para alimentar a estação, optou-se pela utilização de bateria que é recarregada por uma placa fotovoltaica ligada a um controlador de carga. A conexão entre os componentes deve ser feita de acordo com o diagrama fornecido na imagem abaixo.

Figura 4 – Circuito fonte de alimentação



Fonte: elaborado pelo autor.

3.3.4 Montagem da estrutura de suporte

A fim de reduzir custos e aumentar a sustentabilidade do projeto, a primeira atividade realizada foi uma visita ao PEV (Ponto de entrega voluntária) localizado no bairro Urbanova em São José dos Campos. Foi feita uma análise dos materiais disponíveis que poderiam ser utilizados para criar uma estrutura de suporte de 1,5m para a estação levando em consideração o local onde a mesma seria instalada. Os materiais utilizados foram:

- Lixeira de calçada
- Cadeira de escritório
- Dobradiça
- Parafusos
- Vergalhões
- Molas
- Porcas sextavadas e borboleta
- Pote de plástico

A lixeira e a cadeira formam a estrutura de suporte da estação, o cesto da lixeira comporta os componentes, o pedestal da lixeira é ligado a base da cadeira por dois parafusos em furos feitos ambas as partes.

Figura 5 – Circuito fonte de alimentação



Fonte: elaborado pelo autor.

O pluviômetro foi fixado a lateral do cesto da lixeira utilizando a dobradiça e parafusos com mola e porca borboleta que possibilitam alterar a angulação do pluviômetro e garantindo que ele fique estável na posição correta apesar da angulação do cesto.

Figura 6 – Circuito fonte de alimentação



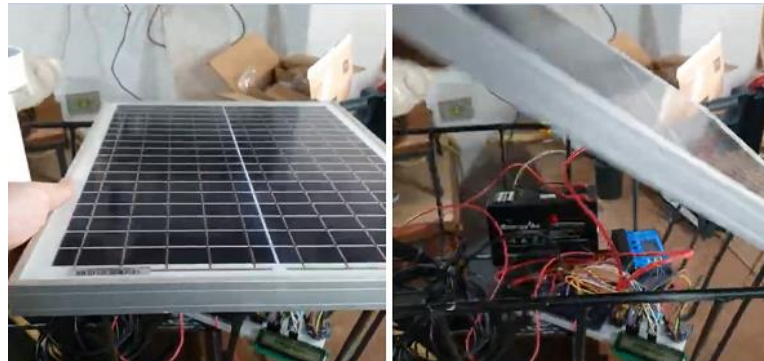
Fonte: elaborado pelo autor.

Os componentes de que não podem entrar em contato com água foram colocados dentro do pote de plástico, sendo eles a bateria, o controlador de carga e todo o circuito ligado ao arduino exceto pelo pluviômetro e os sensores DHT11 e o BMP085.

Os sensores DHT11 e BMP085 foram colocados em uma caixa plástica de montagem eletrônica com respiro, para garantir melhor desempenho e confiabilidade dos dados coletados.

Ambas as caixas estão localizadas dentro da lixeira, abaixo da placa fotovoltaica, que foi instalada como um abrigo para os demais componentes. Ela está fixada com enforca-gato e arame, podendo ser solta para facilitar o acesso às caixas.

Figura 7 – Circuito fonte de alimentação



Fonte: elaborado pelo autor.

Todos os componentes se conectam por cabos em furos feitos nas caixas, que foram fechados com Silver Tape a fim de evitar a entrada de água da chuva.

Para garantir melhor estabilidade e fixação da estação na grama, as rodas da cadeira foram removidas. Foram feitos furos na base onde é possível passar vergalhões em L para fixar a estrutura no solo e garantir sua estabilidade.

Figura 8 – Estação fixada no parque tecnológico



Fonte: elaborado pelo autor.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos a partir da coleta de dados de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e altura de chuva. A estação foi instalada ao lado da estação do Departamento de Engenharia Ambiental da Unesp, localizado no Parque Tecnológico com localização geográfica representada pelas coordenadas de latitude -23.155986598959963 e longitude -45.791651623026446.. Os dados foram coletados a cada minuto durante os dias 11 a 13 de janeiro de 2023 e suas médias horárias comparadas com os dados da estação meteorológica do Parque Tecnológico. Os parâmetros com a sigla “bc” correspondem aos dados coletados pela estação de baixo custo realizada neste trabalho, enquanto que os parâmetros com sigla “pq” se referem aos dados da Estação Meteorológica do departamento de Engenharia Ambiental no Parque Tecnológico.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos - Temperatura

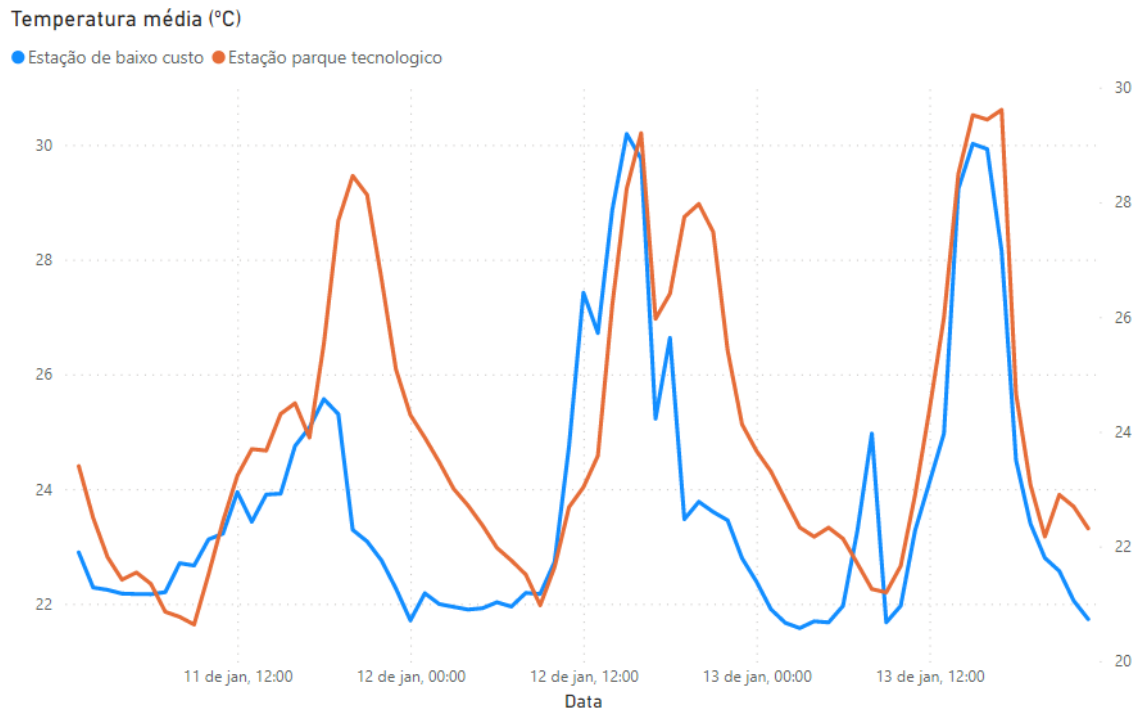
Parâmetros	Tbc	Tpq	Tbc - Tpc
	(°C)	(°C)	(°C)
Média	23,75	23,96	-0,22
Mínimo	21,58	20,64	0,94
Máximo	30,19	29,61	0,58
Amplitude (entre o dia 11 e 13 de Janeiro de 2023)	8,61	8,97	-0,36
Desvio padrão	2,31	2,51	-0,19

Fonte: elaborado pelo autor.

Como dois dos sensores utilizados no experimento (DHT11 e BMP085) fornecem temperaturas, uma média entre eles foi utilizada para comparação. A média das leituras de temperatura de diferentes sensores pode ajudar a compensar possíveis imprecisões ou variações inerentes a cada sensor individual, resultando em uma estimativa mais precisa da temperatura real. Além disso, a

média também pode minimizar o efeito de interferências externas, como variações locais de temperatura em determinadas áreas.

Gráfico 1 - Variação da temperatura ao longo do tempo



Fonte: elaborado pelo autor.

Nota-se um certo distanciamento entre os valores no primeiro dia, que pode ter sido causado por um má funcionamento dos sensores da estação de baixo custo. Isso pode ocorrer devido a vários motivos, como desgaste, danos físicos, problemas de calibração, interferências elétricas ou ambientais, entre outros. No entanto, podemos afirmar que os dados coletados foram capazes de reproduzir com certa fidelidade as variações de temperatura durante os dias analisados.

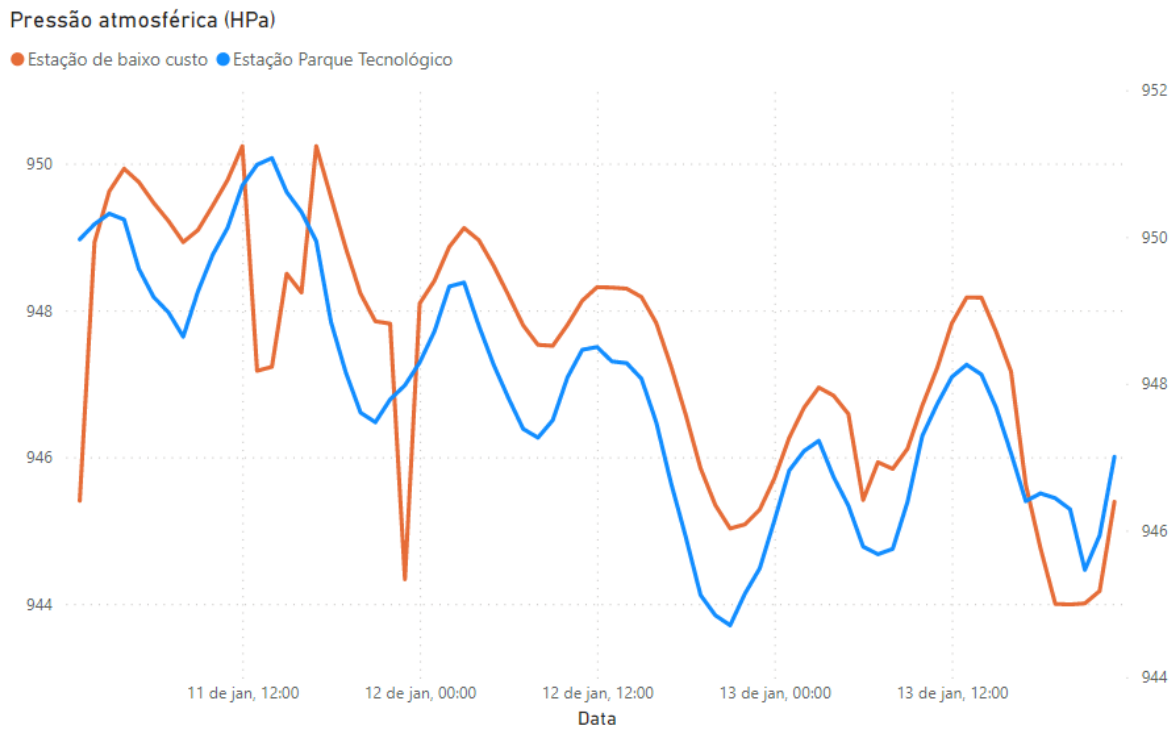
Tabela 3 - Parâmetros estatísticos - Pressão atmosférica

Parâmetros	Pbc (HPa)	Ppq (HPa)	Pbc - Ppc (°C)
Média	947,40	947,85	-0,45
Mínimo	943,99	944,71	-0,72

Máximo	950,24	951,07	-0,84
Amplitude (entre o dia 11 e 13 de Janeiro de 2023)	6,25	6,37	-0,12
Desvio padrão	1,67	1,62	0,05

Fonte: elaborado pelo autor.

Gráfico 2 - Variação da pressão atmosférica ao longo do tempo



Fonte: elaborado pelo autor.

Apesar de alguns valores distantes, os dados de pressão atmosféricas se mostram bem promissores em relação ao comportamento ao longo do tempo. Um novo processo de calibração pode ser capaz de deixar os dados ainda mais fiéis aos reais.

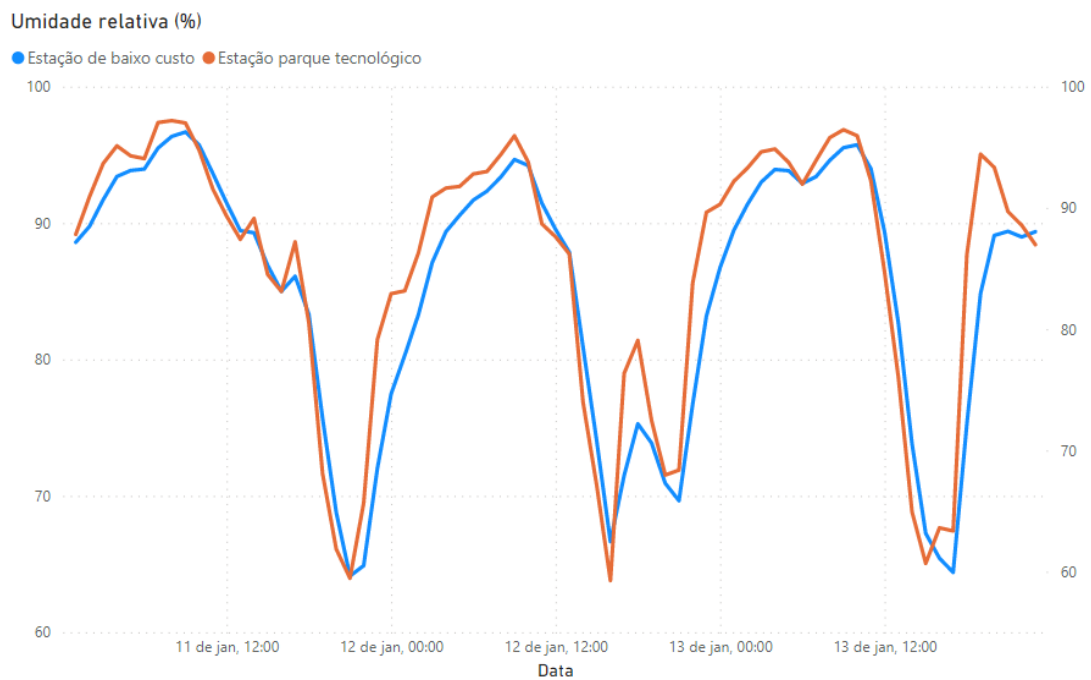
Tabela 4 – Parâmetros estatísticos – Umidade relativa do ar

Parâmetros	Pbc (Hpa)	TpqPpq (Hpa)	Tbc – Tpc (°C)
-------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------------

Média	947,40	947,85	-0,45
Mínimo	943,99	944,71	-0,72
Máximo	950,24	951,07	-0,84
Amplitude (entre o dia 11 e 13 de Janeiro de 2023)	6,25	6,37	-0,12
Desvio padrão	1,67	1,62	0,05

Fonte: elaborado pelo autor.

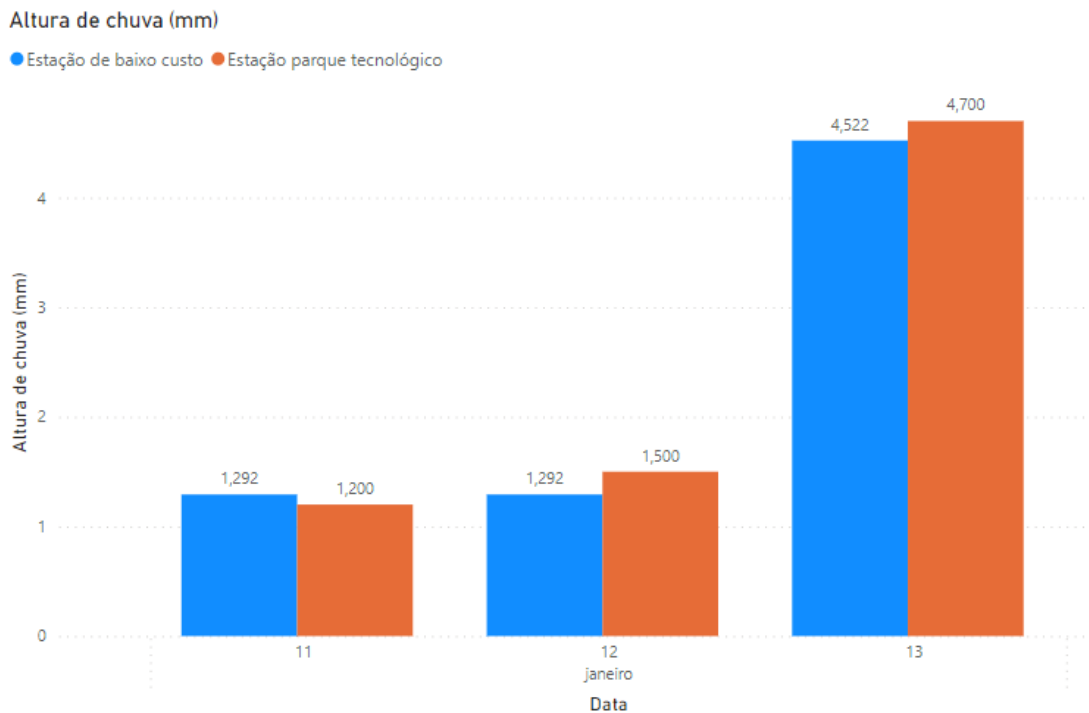
Gráfico 3 - Variação da umidade relativa do ar ao longo do tempo



Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados de umidade relativa se mostraram os parâmetros mais próximos da estação do departamento de Engenharia Ambiental, descrevendo com bastante fidelidade as variações ao longo do tempo.

Gráfico 4 - Altura de chuva acumulada em cada dia



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 5 - Comparação entre altura de chuva acumulada em mm em cada dia pelas estações

Data	Altura de chuva total Estação de baixo custo (mm)	Altura de chuva total Estação Parque Tecnológico (mm)	Diferença entre as medições (mm)
11/01/2023	1,292	1,2	0,092
12/01/2023	1,292	1,5	-0,208
13/01/2023	4,522	4,7	-0,178

Fonte: elaborado pelo autor.

Tomando como exemplo os dados do dia 12, fica evidente a importância do processo de calibração do pluviômetro. Como dito anteriormente, cada movimentação da báscula equivale a 0,323 mm, que significa que a báscula se moveu 4 vezes, caso o valor de 0,25 indicado pelo

fornecedor tivesse sido utilizado a altura de chuva acumulada teria sido 1mm, valor ainda mais distante do observado na estação do Parque Tecnológico.

Esses gráficos fornecem uma visão geral dos padrões de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e altura de chuva durante o período de estudo. Os resultados se mostraram satisfatórios, porém, uma análise mais aprofundada e abrangente, com um volume maior de dados, deve ser realizada em projetos futuros, a fim de obter uma compreensão mais completa da fidelidade dos dados obtidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o objetivo de criar uma estação meteorológica educativa e de baixo custo foi plenamente alcançado, considerando a considerável diferença de preço em relação às estações comerciais, que geralmente custam mais de R\$ 6.000,00. Nossa estação foi construída com um custo total de R\$ 889,78, o que representa uma economia significativa. Além disso, é importante ressaltar que esse valor ainda pode ser reduzido, se necessário, por exemplo, substituindo o pluviômetro eletrônico por um pluviômetro analógico, o que reduziria o custo pela metade.

A programação utilizada na estação meteorológica mostrou-se facilmente reproduzível e adaptável, o que significa que outros estudantes e professores podem replicá-la com relativa facilidade, ajustando-o às suas necessidades específicas.

A estação meteorológica de baixo custo também é altamente versátil, podendo ser instalada em qualquer lugar, desde escolas até centros comunitários ou até mesmo em residências. Sua portabilidade e facilidade de montagem permitem que os estudantes tenham acesso direto aos dados meteorológicos, incentivando a aprendizagem prática e o interesse pela ciência.

Embora seja importante ressaltar que essa estação não possui o rigor científico de equipamentos profissionais, os resultados obtidos demonstraram que as variáveis medidas se comportaram dentro das expectativas esperadas. Isso indica que, mesmo com recursos limitados, é possível obter informações relevantes e úteis sobre as condições meteorológicas locais.

Além disso, é importante destacar que a criação dessa estação meteorológica envolveu diversas disciplinas, tornando-a um projeto verdadeiramente multidisciplinar. Durante o processo de montagem, podem ser aplicados conhecimentos de física, matemática, programação, eletrônica, meteorologia, climatologia, entre outros. Essa abordagem interdisciplinar enriquece a experiência educativa dos alunos, proporcionando uma visão ampla e integrada do conhecimento científico.

É interessante que mais análises sejam feitas, utilizando um maior conjunto de dados em trabalhos futuros a fim de garantir maior entendimento em relação à confiabilidade dos dados coletados pela estação.

Em suma, a construção de uma estação meteorológica educativa de baixo custo atingiu plenamente seus objetivos, mostrando-se viável e valiosa para despertar o interesse e o engajamento dos alunos. Através desse projeto, foi possível demonstrar que é possível obter resultados confiáveis, explorar diferentes disciplinas e promover a aprendizagem prática de forma acessível. A estação meteorológica se apresenta como uma valiosa ferramenta para incentivar o interesse pela ciência e estimular a curiosidade dos estudantes em relação ao mundo ao seu redor.

REFERÊNCIAS

- CORDOVA-HUAMAN, Allison V.; JAUJA-CCANA, Victor R.; ROSA-TORO, Adolfo La. Low-cost smartphone-controlled potentiostat based on Arduino for teaching electrochemistry fundamentals and applications. **Heliyon**, [s. l.], v. 7, n. 2, 2021. 2405-8440. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021003649>. Acesso em: 13 mai. 2023.
- FERREIRA, Henrique Braga. **Sistema de gestão de rega inteligente suportado em IoT de baixo custo**. Orientador: Pedro Sebastião. 2018. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Telecomunicações e Informática, Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação, Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10071/18219>. Acesso em: 18 mai. 2023.
- HOPPE, Ismael Luiz et al. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no Inmet, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, Universidade Federal de Santa Maria Brasil, v. 37, ed. 1, p. 132-137, 2015. DOI <https://doi.org/10.5902/2179460X16228>. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467547641021>. Acesso em: 16 mai. 2023.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Portal Inmet**. Previsão do tempo. Brasília: Governo Federal, 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia>. Acesso em: 17 mai. 2023
- MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2018.
- MOSCATI, MARLEY CL et al. **Estudo Climatológico sobre a Costa Sul-Sudeste do Brasil. Parte I: Levantamento da disponibilidade de dados meteorológicos**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000. p. 735-744.
- SISTEMA DE INFORMAÇÃO SOBRE A BIODIVERSIDADE BRASILEIRA - SiBBr. **O que é ciência cidadã?**. Disponível em: <https://sibbr.gov.br/cienciacidada/oquee.html>. Acesso em: 14 mai. 2023
- SOUSA, Romário Rosa; ANTUNES, Jaime Pereira; CABRAL, Izaias. Estação Meteorológica Experimental De Baixo Custo. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, ed. 27, p. 80-97, 20 dez. 2015. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/12335>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- TEIXEIRA, Lívia et al. **Princípios de meteorologia e meio ambiente**. [S. l.]: CPTEC/INPE, 2018. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml#topo>. Acesso em: 20 maio 2023.
- VANÚBIO DA SILVA, Antônio. Como despertar o interesse dos alunos do ensino médio no processo de ensino e aprendizagem nos dias atuais?. **International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science**, [s. l.], v. 5, ed. 6, p. 127-129, 2022. Disponível em: <http://www.ijlrhss.com/paper/volume-5-issue-6/13-HSS-1378.pdf>. Acesso em: 21 mai. 2023.
- VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Pax, 2001.

ANEXO A – Código de programação da estação de baixo custo

```

#include <LiquidCrystal.h> //Biblioteca nativa do Arduino
#include <Wire.h> //Biblioteca Nativa do Arduino
#include <RTC.h> //Biblioteca "RTC by Manjunath CV" - talvez tenha que trocar a chamada por
#include <I2C_RTC.h> - é a mesma coisa
#include <DHT.h> //DHT sensor library by Adafruit - IMPORTANTE! Instalar a versão 1.2.3 ao
invés da última versão
#include <Adafruit_BMP085.h> //biblioteca com o mesmo nome
#include <SPI.h> //biblioteca nativa do Arduino
#include <SD.h> // biblioteca nativa do Arduino
File myFile;

LiquidCrystal lcd(9, 8, 5, 4, 3, 2); //Instalação de pinos no Arduino MEGA
//init the real-time clock
static DS1307 RTC; //A pinagem são os pinos que ficam no meio no Arduino MEGA (pinos ICS).
Para usar os pinos digitais da placa, tem que ver um tutorial no google
#define DHTPIN A3 //Pino A3 no Arduino
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_BMP085 bmp; //Pino I2C (SDA/SCL)
// Constantes:
const int REED = 11; //reed switch ligado a entrada D11
// Variáveis:
int val = 0; //Valor atual do reed switch
int old_val = 0; //Valor antigo do reed switch
int REEDCOUNT = 0; //Variável que conta o número de acionamento do switch
int REEDCOUNTPAST = 0;
int cont = 0;
int contmin = 0;
int contchuva = 0;
// as variáveis a seguir são do tipo long pois o tempo, medido em milissegundos,
// rapidamente se tornara em um número grande demais para ser armazenado em uma int.

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  lcd.begin(16, 2);
  bmp.begin();
  pinMode (REED, INPUT_PULLUP); //ativa resistor interno para evitar leituras incorret do reed
  digitalWrite(2,HIGH);
  RTC.begin();
  Serial.print("Is Clock Running: ");
  if (RTC.isRunning())
  {
    Serial.println("Yes");
    Serial.print(RTC.getDay());
  }
}

```

```

Serial.print("-");
Serial.print(RTC.getMonth());
Serial.print("-");
Serial.print(RTC.getYear());
Serial.print(" ");
Serial.print(RTC.getHours());
Serial.print(":");
Serial.print(RTC.getMinutes());
Serial.print(":");
Serial.print(RTC.getSeconds());
Serial.print("");
if (RTC.getHourMode() == CLOCK_H12)
{
  switch (RTC.getMeridiem()) {
  case HOUR_AM:
    Serial.print(" AM");
    break;
  case HOUR_PM:
    Serial.print(" PM");
    break;
  }
}
Serial.println("");
delay(1000);
}
else
{
  delay(1500);

  Serial.println("No");
  Serial.println("Setting Time");
  //RTC.setHourMode(CLOCK_H12);
  RTC.setHourMode(CLOCK_H24);
  RTC.setDateTime(__DATE__, __TIME__);
  Serial.println("New Time Set");
  Serial.print(__DATE__);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(__TIME__);
  RTC.startClock();
}

while (!Serial) {
; // Aguarde a conexão, só relevante para consultas com o arduino conectado ao computador
}
Serial.print("Initializing SD card..");
if (!SD.begin(10)) {
Serial.println("initialization failed!");
while (1);
}
Serial.println("initialization done.");

```

```

myFile = SD.open("estacao.txt", FILE_WRITE);
if (myFile) {
Serial.print("Writing to estacao.txt...");
  myFile.print("Data");
  myFile.print(';');
  myFile.print("Hora");
  myFile.print(';');
  myFile.print("Temp DHT11");
  myFile.print(';');
  myFile.print("Temperatura (C) BMP180");
  myFile.print(';');
  myFile.print("Umidade Relativa (%)");
  myFile.print(';');
  myFile.print("Pressao Atmosferica (hPA)");
  myFile.print(';');
  myFile.println("Altitude");
  myFile.print(';');
  myFile.println("Altura de chuva acumulada (mm)");
// Fecha o arquivo
myFile.close();
Serial.println("Cabecalho pronto... escrevendo os dados...");
} else {
// Se o arquivo nao abrir, apresentar a seguinte mensagem
Serial.println("erro ao abrir estacao.txt");
}
}

void loop()
{

float ur = dht.readHumidity();
int Tdht = dht.readTemperature();

float Tbmp = bmp.readTemperature();
float P = bmp.readPressure();

cont = cont + 1;
contmin = contmin + 1;

val = digitalRead(REED);
if ((val == LOW) && (old_val == HIGH)){ //Checando se há alteração no estado do sensor

REEDCOUNT = REEDCOUNT + 1; //Soma 1 a contagem de basculadas

old_val = val; //Valor velho recebe o valor novo
Serial.print("Medida de chuva (contagem): ");
Serial.print(REEDCOUNT);
Serial.println(" pulso");
Serial.print("Medida de chuva (calculado): ");
Serial.print(REEDCOUNT*0.323);
}
}

```

```

Serial.println(" mm");
}

else {

old_val = val;          //Se a variavel nao mudar, nao fazer nada
}
if (contmin == 600){
contchuva = REEDCOUNT - REEDCOUNTPAST;
REEDCOUNTPAST = REEDCOUNT;
contmin = 0;
}
//Configurando o módulo RTC para informar a data e hora
if (cont==20){
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(RTC.getDay());
lcd.print("/");
lcd.print(RTC.getMonth());
lcd.print("/");
lcd.print(RTC.getYear());
lcd.print(" ");
lcd.print(RTC.getHours());
lcd.print(":");
lcd.print(RTC.getMinutes());

//Configurando o DHT11 para informar temperatura e umidade no display

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("T: ");
lcd.print(Tdht);
lcd.print("C H: ");
lcd.print(ur);
lcd.print("%");
}
//Configurando o BMP180 para informar temperatura e pressão no display
if (cont== 40){

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("T:");
lcd.print(Tbmp);
lcd.print("C P:");
lcd.print(P/100);
lcd.print("hPA");
}
if (cont== 60){
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Chuva");
lcd.print(" ");
lcd.print(contchuva*0.323);
lcd.print("mm");
}
}

```

```
//Escrevendo no Cartão de Memória
myFile = SD.open("estacao.txt", FILE_WRITE);

if (myFile) {
  myFile.print(';');
  myFile.print(rtc.formatTime());
  myFile.print(';');
  myFile.print(Tdht);
  myFile.print(';');
  myFile.print(Tbmp);
  myFile.print(';');
  myFile.print(ur);
  myFile.print(';');
  myFile.print(P/100);
  myFile.print(';');
  myFile.println(bmp.readAltitude());
  myFile.print(';');
  myFile.println(contchuva*0.323);
// Fechar arquivo
myFile.close();
}
else {
  Serial.println("erro ao abrir estacao.txt");
}
if (cont > 60){

cont = 0;
}
  delay(10);
}
```