

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

3

Danyelle Andrade Mota  
Lays Carvalho de Almeida

Clécio Danilo Dias da Silva  
Milson dos Santos Barbosa

(ORGANIZADORES)

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

3

Danyelle Andrade Mota  
Lays Carvalho de Almeida

Clécio Danilo Dias da Silva  
Milson dos Santos Barbosa

(ORGANIZADORES)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



## Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 3 / Organizadores Danyelle Andrade Mota, Clécio Danilo Dias da Silva, Lays Carvalho de Almeida, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Outro organizador  
Milson dos Santos Barbosa

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-0031-8  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.318222903>

1. Meio ambiente. I. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). II. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). III. Almeida, Lays Carvalho de (Organizadora). IV. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

A temática meio ambiente é um dos maiores desafios que a humanidade vivencia nas últimas décadas. A sociedade sempre esteve em contato direto com o meio ambiente, o que refletiu nas complexas inter-relações estabelecidas entre estes, promovendo práticas sociais, culturais, econômicas e ambientais. O uso indiscriminado dos recursos naturais e a crescente demanda de consumo da sociedade culminaram na degradação do meio natural, e muitas vezes, reverberaram em perda da qualidade de vida para muitas sociedades. Desse modo, é necessário a busca para compreensão dos princípios ambientais, preservação e sustentabilidade para alcançar o uso sustentável dos recursos naturais e minimizar os problemas ambientais que afetam a saúde e a qualidade de vida da sociedade.

Nessa perspectiva, a coleção “*Meio Ambiente: Princípios Ambientais, Preservação e Sustentabilidade*”, é uma obra composta de três volumes com uma série de investigações e contribuições nas diversas áreas de conhecimento que interagem nas questões ambientais. Assim, a coleção é para todos os profissionais pertencentes às Ciências Ambientais e suas áreas afins, especialmente, aqueles com atuação no ambiente acadêmico e/ou profissional. A fim de que o desenvolvimento aconteça de forma sustentável, é fundamental o investimento em Ciência e Tecnologia através de pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, pois além de promoverem soluções inovadoras, contribuem para a construção de políticas públicas. Cada volume foi organizado de modo a permitir que sua leitura seja conduzida de forma simples e objetiva.

O Volume III “*Meio Ambiente, Sustentabilidade, Biotecnologia e Educação*”, reúne 18 capítulos com estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa. Os capítulos apresentam resultados bem fundamentados de trabalhos experimentais laboratoriais, de campo, revisão de literatura e discussões sobre a importância da relação sociedade e natureza realizados por diversos professores, pesquisadores, graduandos e pós-graduandos. A produção científica no campo do Meio Ambiente, Sustentabilidade, Biotecnologia e Educação é ampla, complexa e interdisciplinar. Os trabalhos apresentados podem contribuir na efetivação de trabalhos nestas áreas e no desenvolvimento de práticas que podem ser adotadas na esfera educacional e não formal de ensino, com ênfase no meio ambiente e preservação ambiental de forma a compreender e refletir sobre problemas ambientais.

Portanto, o resultado dessa experiência, que se traduz nos três volumes organizados, envolve a temática ambiental, explorando múltiplos assuntos inerentes as áreas da Sustentabilidade, Meio Ambiente, Biotecnologia e Educação Ambiental. Esperamos que essa coletânea possa se mostrar como uma possibilidade discursiva para novas pesquisas e novos olhares sobre os objetos das Ciências ambientais, contribuindo, por finalidade, para uma ampliação do conhecimento em diversos níveis.

Agradecemos aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, bem como, a Atena Editora, a qual apresenta um papel imprescindível na divulgação científica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento. Assim, convidamos os leitores para desfrutarem as produções da coletânea. Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Lays Carvalho de Almeida  
Milson dos Santos Barbosa

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ACERCA DAS CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA PARA OS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS NAÇÕES UNIDAS – ATUALIZAÇÃO DE 2022

Sérgio Paulo Jorge Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229031>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

PROJETO RECICLAB: UMA EXPERIÊNCIA DE GESTÃO AMBIENTAL NA UNIVERSIDADE

Paula Macedo Lessa dos Santos

Cláudio José de Araújo Mota

Cássia Curan Turci

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229032>

### **CAPÍTULO 3..... 22**

PROTEÇÃO AMBIENTAL: FUNÇÃO SOCIAL E COMBATE À VIDA PARA CONSUMO

Renata Martins Vasconcelos

José do Carmo Alves Siqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229033>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

E AGORA, O QUE FAÇO COM O MEU SMARTPHONE VELHO? UM ESTUDO SOBRE AS FORMAS DE DESCARTE DE TELEFONES MÓVEIS OBSOLETOS

Jaime Fernandes

Guilherme Lunardi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229034>

### **CAPÍTULO 5..... 40**

MOBILIZAR PARA REFLORESTAR: UMA OPORTUNIDADE PARA MUDAR O CENÁRIO DE SENHOR DO BONFIM-BA

Alexsandro Ferreira de Souza Silva

Marta Maria de Oliveira Santana

Adson dos Santos Bastos

Raimunda Pereira da Silva

Rita de Cassia Oliveira de Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229035>

### **CAPÍTULO 6..... 49**

AS INFRAESTRUTURAS DE SANEAMENTO BÁSICO NOS ASSENTAMENTOS DO INCRA NO MUNICÍPIO DE PETROLINA (PE): UMA ANÁLISE DO CASO DO PROJETO DE ASSENTAMENTO (PA) JOSIAS E SAMUEL

Elijalma Augusto Beserra

Maria Helena Maia e Souza

Maria Augusta Maia e Souza Beserra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229036>

**CAPÍTULO 7..... 72**

PRACTICE OF CONTINGENCY AT SCHOOL OF CHEMICAL SCIENCES, TO AVOID THE HUMAN INFLUENZA VIRUS AH1N1

Lino Martín Castro

Narciso Torres-Flores

Jesús Enrique Séañez-Sáenz

Alfredo R. Urbina-Valenzuela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229037>

**CAPÍTULO 8..... 82**

PROJETO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS HIDRO CLIMATOLÓGICAS BASEADO EM HARDWARE LIVRE

Cristiano Gabriel Persch

Bruna Minetto

Fabiana Campos Pimentel

Bibiana Peruzzo Bulé

Vitória Tesser Martín

Rutineia Tassi

Daniel Gustavo Allasia Piccilli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229038>

**CAPÍTULO 9..... 90**

PROYECTO INTEGRAL DE VIVIENDA VERNÁCULA CON ENFOQUE SOLIDARIO Y SUSTENTABLE EN LA COMUNIDAD DE STO. DOMINGO TEOJOMULCO, OAXACA

Uriel León Venegas

Rafael Alavéz Ramírez

María Eufemia Pérez Flores

Margarito Ortiz Guzmán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3182229039>

**CAPÍTULO 10..... 98**

MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE IBIRAMA (SC)

Julia da Silva Vieira

Víctor Luís Padilha

Francisco Henrique de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290310>

**CAPÍTULO 11..... 111**

CONTRIBUIÇÃO DAS LEIS RECENTES DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE PARA MUDANÇAS DE PARADIGMAS NO USO DO SOLO NAS CIDADES

Wilma Freire Arriel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290311>

**CAPÍTULO 12..... 120**

**CONEXÕES ENTRE MERCADOS LEGAIS E O TRÁFICO INTERNACIONAL DE ANIMAIS SILVESTRES**

Girlián Silva de Sousa

Juarez C. B. Pezzuti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290312>

**CAPÍTULO 13..... 133**

**PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO NO TERRITÓRIO DO ALTO CAMAQUÃ/RS**

Leandro Porto Marques

Cibelle Carvalho Machado

Nájila Souza da Rocha

Rafael Cabral Cruz

Jefferson Marçal da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290313>

**CAPÍTULO 14..... 149**

**INCÊNDIOS FLORESTAIS: NORMAS FEDERAIS NA PERSPECTIVA DO SÍTIO HISTÓRICO E CULTURAL KALUNGA**

Éder Dasdoriano Porfírio Júnior

Thâmara Machado e Silva

Hélida Ferreira Cunha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290314>

**CAPÍTULO 15..... 160**

**EL HUITLACOCHÉ (*USTILAGO MAYDIS*) COMO ALTERNATIVA DE PRODUCCIÓN CON TECNOLOGÍA DE BAJO COSTO**

María Leticia Calderón-Fernández

María Elena Ramos- Cassellis

Verónica Gámez-Domínguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290315>

**CAPÍTULO 16..... 173**

**COMPOSTOS NITROGENADOS COM ATIVIDADE ALELOPÁTICA EM PLANTAS - UMA REVISÃO DE LITERATURA**

José Augusto Soares de Araújo

José Walber Gonçalves Castro

Roberta Maria Arrais Benício

Tereza Raquel Carneiro Soares

Bruno Melo de Alcântara

Leonardo Vitor Alves da Silva

Maria Amanda Nobre Lisboa

Gabriel Venancio Cruz

Maria Renata Furtado de Sousa

Marcio Pereira do Nascimento

Joice Layanne Guimarães Rodrigues

Maria Naiane Martins de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290316>

**CAPÍTULO 17..... 185**

**EXTRAÇÃO E PURIFICAÇÃO DE BIOMOLÉCULAS DE INTERESSE INDUSTRIAL A PARTIR DE RESÍDUOS DE BIOMASSA**

Filipe Smith Buarque  
Lídia Cristina Alves Câmelo  
Alan Rozendo Campos da Silva  
Armando Almeida dos Santos Neto  
Fabiano Ricardo Fontes Santos  
Ísis Máximo Dantas Feitosa  
Edenilsa Bispo Santana Cavalcante  
Paula Gabrielle Campos Gomes  
Tairan Eutímio dos Santos  
Patrícia Josefa Jesus dos Santos  
Thailan Souza Pereira Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290317>

**CAPÍTULO 18..... 196**

**METAIS PESADOS COMO MARCADORES AMBIENTAIS A PARTIR DO TESTE DE T PARA ÁGUAS NATURAIS E SOB INFLUÊNCIA ANTRÓPICA NO MUNICÍPIO DE MANAUS - AM**

Anderson da Silva Lages  
Sebastião Átila Fonseca Miranda  
Samia Dourado Albuquerque  
Aretusa Cetauro de Abreu  
Sávio José Filgueiras Ferreira  
Márcio Luiz da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.31822290318>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 204**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 206**

## PROJETO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS HIDRO CLIMATOLÓGICAS BASEADO EM HARDWARE LIVRE

*Data de aceite: 01/03/2022*

**Cristiano Gabriel Persch**

**Bruna Minetto**

<http://lattes.cnpq.br/3043415388890178>

**Fabiana Campos Pimentel**

<http://lattes.cnpq.br/8485063886729444>

**Bibiana Peruzzo Bulé**

<http://lattes.cnpq.br/4315728588764370>

**Vitória Tesser Martín**

<http://lattes.cnpq.br/7446567394981591>

**Rutineia Tassi**

<http://lattes.cnpq.br/7584743367186364>

**Daniel Gustavo Allasia Picilli**

<http://lattes.cnpq.br/3858010328968944>

**RESUMO:** A necessidade de expansão da frequência e abrangência do monitoramento meteorológico é de extrema importância tendo em vista a aplicação dos dados obtidos em diversas áreas. No entanto, esbarra no elevado custo de aquisição de equipamento adequado. Diversos avanços têm sido feitos para criar opções alternativas eficientes e de baixo custo, sendo a plataforma de prototipagem Arduino uma das principais ferramentas por conta da facilidade de manuseio dos componentes e por ser uma plataforma open-source. Neste trabalho foi realizado a aquisição de dados meteorológicos de temperatura ambiente, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação utilizando

a plataforma de prototipagem Arduino, bem como sensores de baixo custo. Os resultados mostraram que os dados do sensor de pressão atmosférica, após calibrado, de temperatura ambiente, umidade e o pluviógrafo apresentaram excelente correlação com os dados obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, situado a 1,5km do local do experimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento Ambiental; Hardware Livre; Arduino.

**ABSTRACT:** The need to expand the frequency and scope of meteorological monitoring is extremely important in view of the application of the data obtained in several areas. However, it comes up against the high cost of acquiring suitable equipment. Several advances have been made to create efficient and low-cost alternative options, with the Arduino prototyping platform being one of the main tools due to the ease of handling the components and because it is an open-source platform. In this work, the acquisition of meteorological data of ambient temperature, relative humidity of the air, atmospheric pressure and precipitation using the Arduino prototyping platform, as well as low cost sensors was performed. The results showed that the data of the atmospheric pressure sensor, after calibrated, of ambient temperature, humidity and the pluviograph showed excellent correlation with the data obtained at the meteorological station of the National Institute of Meteorology, located 1.5 km from the experiment site.

**KEYWORDS:** Environmental monitoring; Free Hardware; Arduino.

## 1 | INTRODUÇÃO

O monitoramento meteorológico é componente fundamental para subsidiar projetos e estudos hidroambientais, estudos climáticos, outorga e manejo hídrico de rios e reservatórios, agricultura de precisão, entre outros (SABANCI et al., 2019; SIDQI et al., 2018; WMO, 2008; COLSTON et al., 2018). Esses elementos são ainda mais importantes na atual conjuntura de mudanças climáticas (KHANDELWAL; SINGHAL, 2019). Uma das principais limitações é a ausência de pontos para amostragem de dados (estações), uma vez que nos últimos anos, diversos pontos de monitoramento (principalmente de órgãos governamentais) foram gradativamente desativadas (OMM, 2008, MORÓN, 2018), numa rede que já era insuficiente.

A instalação de novas estações de monitoramento meteorológico esbarra nos altos custos de instalação e manutenção (HOPPE et al., 2015). Avanços recentes têm demonstrado o potencial de desenvolvimento de sistemas para a aquisição de dados (eficiente e de baixo custo de aquisição e manutenção) com a utilização de plataformas de software e hardware livres (WICKERT et al., 2018; RIVAS-SÁNCHEZ et al., 2019), a exemplo da plataforma Arduino.

O Arduino permite a elaboração de dispositivos de baixo custo, funcionais e de fácil implantação, tornando-se uma opção viável **técnica e** financeiramente (FERDOUSH; LI, 2014). Alguns projetos baseados na plataforma Arduino vem lentamente ganhando espaço na área de hidrometeorologia (KHANDELWAL; SINGHAL, 2019; KATYAL, 2016; SABANCI et al., 2019; TENZIN, 2017; MORÓN, 2018; MAHMOOD, 2017, SIDQI et al., 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do desenvolvimento de um sistema simplificado para estação meteorológica baseando na plataforma de hardware livre e validar sua aplicabilidade para as medições de precipitação, pressão barométrica, umidade relativa e temperatura ambiente.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O sistema para estação meteorológica foi desenvolvido utilizando a placa de prototipagem Arduino UNO REV3, justificada pela facilidade de manuseio dos componentes, baixo custo de aquisição, praticidade na montagem do conjunto, programação acessível e compatibilidade com sistemas Windows, Macintosh e Linux (NAYYAR; PURI, 2016). Essa plataforma tem desenvolvimento *open source* e prototipagem baseada no microcontrolador ATmega328. A placa conta com 14 pinos digitais (pinos 2 ao 13), que funcionam como pinos de entrada ou saída, 6 entradas analógicas (pinos A0 ao A5) (FATEHNIYA, 2016).

Os sensores utilizados foram conectados a placa microcontroladora Arduino UNO e os dados foram armazenados por meio de um *shield data logger*. O *shield* é uma placa de circuito que é sobreposta ao Arduino, e que possui uma entrada para cartão SD e um relógio em tempo real do tipo DS1307 (RTC). O conjunto completo de elementos que compõem a

estação foram: placa Arduino, shield datalogger, conjunto de sensores, pluviógrafo, caixa hermética, abrigo para sensor de temperatura e umidade e hastes de suporte. A relação de sensores pode ser consultada na Tabela 1 e uma imagem ilustrativa e fotografia em campo da estação em operação pode ser visualizada na Figura 1.

Sensor	Variáveis monitoradas	Faixa de operação
DHT 22	Temperatura ambiente e Umidade relativa do ar	-40°C a 80°C 0 a 100%
BMP180	Pressão atmosférica	300hPa a 1100hPa
Pluviógrafo de cuba basculante	Precipitação (medição em mm)	0 a ∞

Tabela 1 – Sensores acoplados a estação meteorológica e suas especificações

Fonte: Autores

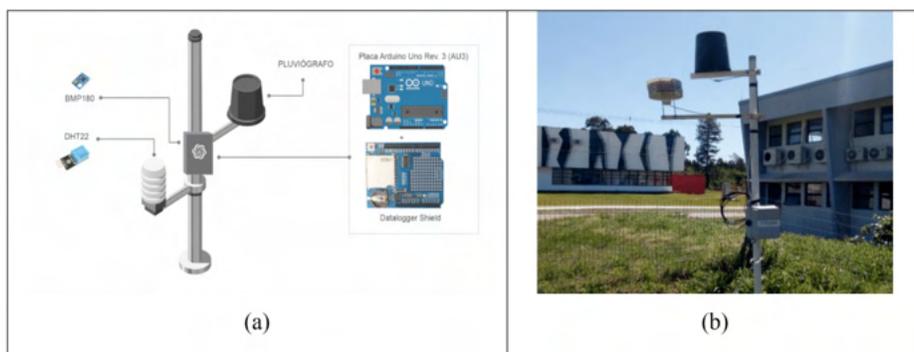


Figura 1. (a) Ilustração esquemática da estação meteorológica; (b) Estação meteorológica em campo

Conforme ilustração, o conjunto composto pelas unidades de processamento e armazenamento (composto pelo Arduino e Shield DataLogger) e o sensor de pressão atmosférica (BMP180) foram abrigados no interior da caixa hermética. Acoplado a ela, foi conectado o conjunto do pluviógrafo e em um abrigo comercial, os sensores de temperatura e umidade (DHT22).

Todo o conjunto foi instalado e monitorado em ambiente experimental nas dependências da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul. As referidas variáveis meteorológicas foram monitoradas durante 35 dias, e os dados obtidos foram comparados ao mesmo conjunto proveniente de uma estação comercial pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada nas proximidades (cerca 1,5km).

## 2.1 Calibração e validação dos sensores

Para a etapa de calibração, o sensor de pressão barométrica foi monitorado durante 24 horas no período de 06/08/2020 a 07/08/2020, já os sensores de temperatura/umidade

foram monitorados durante 24 horas no período de 26/08/2020 a 27/08/2020. A calibração do pluviógrafo, por sua vez, foi realizada a partir de um evento ocorrido em 11/08/2020, com volume de aproximadamente 22mm e duração de 11h. O conjunto de dados foi então analisado e seus valores ponderados a partir do coeficiente de determinação de Pearson ( $R^2$ ), cujo valor ótimo é 1.

Após essa análise, para os casos de sensores com dados cuja qualidade mostraram-se insatisfatórios preliminarmente, foram gerados fatores de ajuste (coeficiente de correção). Estes fatores foram então aplicados a programação do sistema para compor a etapa de validação.

A etapa de validação contempla o período de 27/08/2020 a 21/09/2020 para a temperatura ambiente e umidade, de 07/08/2020 a 21/09/2020 para a pressão atmosférica e de 12/08/2020 a 21/09/2020 para a precipitação.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Resultados da calibração

As séries de dados utilizados no período de calibração podem ser visualizadas na Figura 2 e a Tabela 2 elenca o resultado da avaliação de qualidade.

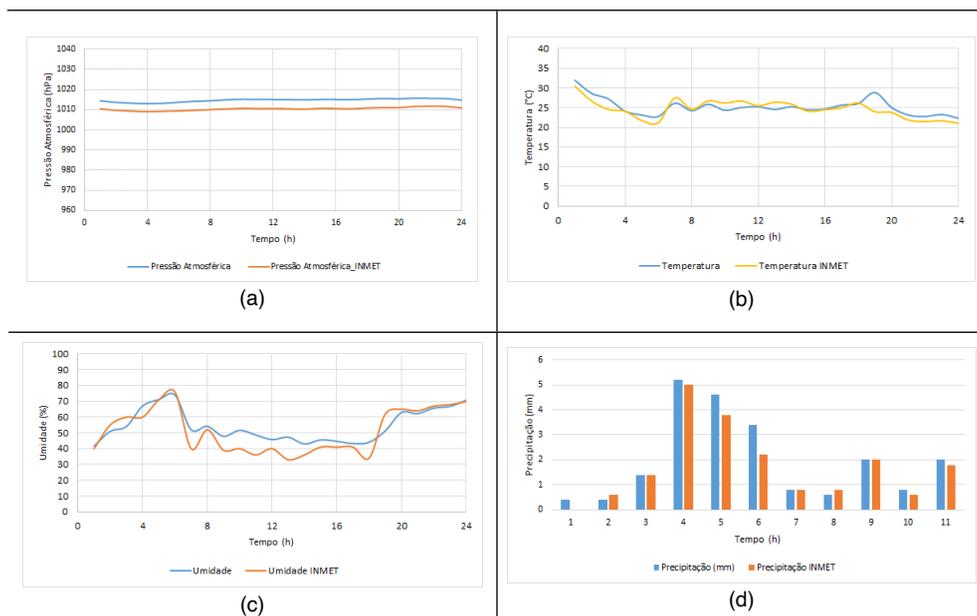


Figura 2 - Série de dados da etapa de calibração: (a) Pressão atmosférica (hPa); (b) Temperatura ambiente (°C); (c) Umidade relativa do ar (%); (d) Precipitação (mm). Período de 06/08/2020 a 07/08/2020.

VARIÁVEL	R <sup>2</sup>
Pressão atmosférica (hPa)	0.89
Temperatura ambiente (°C)	0.63
Umidade (%)	0.83
Precipitação (mm)	0.99

Tabela 2 -Valores de R<sup>2</sup> para o período de calibração

Fonte: Autores

A análise preliminar dos dados de pressão atmosférica indicou um comportamento na medição (traçado) análogo ao observado pela estação do INMET. Porém, com pequena defasagem escalar, necessitando de um fator de correção. A necessidade deste fator se confirmou ao serem observados os valores de R<sup>2</sup> (0.89) e a Figura 2(a).

Para os dados de temperatura ambiente verificou-se certa defasagem nas horas do dia onde a temperatura se elevava. Este fato ocorreu devido a configuração inicial do local de instalação do sensor DTH22, com ventilação insuficiente para o mesmo, o que alerta para a instalação sem os devidos cuidados. Da mesma forma, para umidade relativa do ar observou-se um comportamento com pequena defasagem quando comparado aos dados da estação do INMET. Com o intuito de reduzir a defasagem do sensor DHT 22 aumentou-se a ventilação no abrigo do sensor, para que o ar circulasse de forma apropriada.

Os dados de precipitação apresentaram excelente correlação, não havendo necessidade de fatores de correção.

### 3.2 Resultados do período de validação

Conforme descrito no item 3.1, os fatores de ajuste (Tabela 3) foram aplicados às medições do sensor de pressão atmosférica.

Variável	Fator de Ajuste	Equação
Pressão Atmosférica	4.316	$P_{ATM\ corrigida} = P_{atm} - 4.316$
Umidade	3.048	$Umid_{corrigida} = Umid - 3.048$

Onde:  $P_{ATM\ corrigida}$  e  $Umid_{corrigida}$  referem-se à pressão atmosférica e umidade após correção;  $P_{atm}$  e  $Umid$  referem-se ao valor medido pelos sensores BMP180 e DHT22, respectivamente.

Tabela 3- Fator de ajuste para a pressão atmosférica

Para a umidade o fator de ajuste foi aplicado quando a diferença absoluta entre o valor medido pelo sensor e do INMET fosse maior que 5%. Após aplicado o fator de ajuste para a pressão atmosférica e umidade, e feitas as adequações na configuração do abrigo para o sensor DHT 22, os dados foram validados com período correspondente a 07/08/2020 a 21/09/2020 para a pressão atmosférica e 27/08/2020 a 21/09/2020 para a umidade.

A Figura 3 apresenta os gráficos para o período de validação das medições dos sensores de pressão atmosférica, temperatura ambiente, umidade e precipitação no abrigo convencional. E a Tabela 4 elenca os resultados das análises de qualidade.

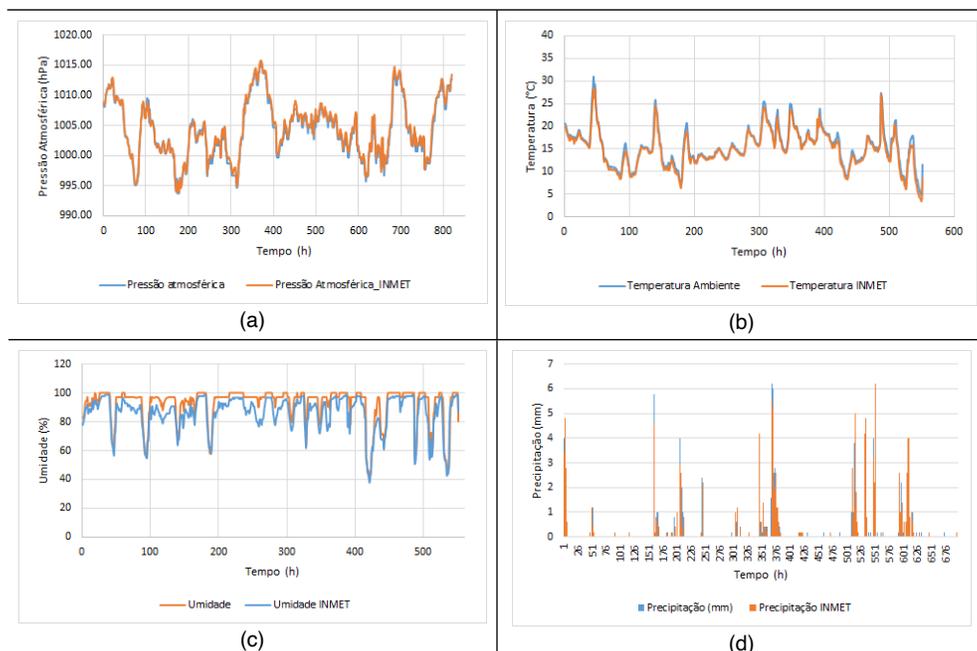


Figura 3 - Série de dados de validação: (a) Pressão atmosférica (hPa), (b) Temperatura ambiente (°C), (c) Umidade relativa do ar (%), (d) Precipitação (mm).

Variável	R <sup>2</sup>
Pressão atmosférica (hPa)	0.99
Temperatura Ambiente (°C)	0.98
Umidade Relativa do Ar (%)	0.88
Precipitação (mm)	0.99

Tabela 4- Valores de R<sup>2</sup> o período de validação

Fonte: Autores

Com a aplicação do coeficiente de correção para os sensores de pressão atmosférica e umidade houve melhora no valor de R<sup>2</sup> em ambas as séries de validação, da ordem de 11% e 5% respectivamente. Dessa forma conclui-se que é necessária calibração para garantir melhora na precisão do monitoramento destas variáveis.

A temperatura ambiente apresentou melhora no valor de R<sup>2</sup> da ordem de 56%. Para a umidade houve melhora no valor de R<sup>2</sup> indicando que os ajustes non abrigo e o fator de ajuste melhoraram a qualidade dos dados obtidos. Com relação a precipitação para o

período monitorado foi obtido uma precipitação acumulada de 157,6 mm tanto pela estação apresentada neste trabalho quanto pela estação oficial do INMET. Este resultado reforça a qualidade do monitoramento da estação tendo em vista o valor de  $R^2$  de 0,99 sendo verificada excelente correlação, não sendo necessários quaisquer correções nos valores monitorados.

## 4 | CONCLUSÃO

Tendo em vista a importância do desenvolvimento de alternativas para o monitoramento meteorológico e sua importância no âmbito de diversas necessidades e atuações foi desenvolvido, calibrado e validado um sistema preliminar e de baixo custo para medições de variáveis meteorológicas baseado em hardware livre.

Este estudo demonstrou que o sistema de monitoramento pode funcionar satisfatoriamente e foi comprovado com a comparação dos dados obtidos a partir de uma estação meteorológica convencional instalada nas proximidades. Com isso, oportuniza-se a utilização do sistema em locais onde a rede de monitoramento é escassa, tornando-se uma alternativa viável principalmente para monitoramento meteorológico experimental.

No entanto, para que o sistema funcione adequadamente, diversas fases de testes e ajustes se sucederam. Considerando que a plataforma Arduino é baseada em hardware livre, portanto, com diversos fabricantes e fornecedores que não necessariamente possuem os mesmos cuidados e tolerâncias durante o processo de fabricação, é importante alertar para a necessidade de rotineiros processos de testes e ajustes para os diferentes lotes e fabricantes antes da efetiva inserção em campo, obtendo confiabilidade e precisão nas medições. Também deve-se alertar que todo o conjunto de dispositivos, locais de implantação, instalações e operação de monitoramento deve rigorosamente obedecer aos protocolos experimentais, para garantir qualidade em todo o conjunto de dados.

## AGRADECIMENTOS

Está pesquisa contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem o apoio contínuo da Universidade Federal de Santa Maria (Rio Grande do Sul, Brasil).

## REFERÊNCIAS

COLSTON, J.M.; AHMED, T.; MAHOPO, C.; KANG, G.; KOSEK, M.; JUNIOR, F. S.; SHRESTHA, P. S.; SVENSEN, E. TURAB, A.; ZAITCHIK, B.; NETWORK, T. (2018) "Evaluation meteorological data from weather stations, and from satellites and global models for a multi-site epidemiological study" Environmental Research. v.165. pp91-109.

- FATEHNIA, M. PARAN, S.; KISH, S.; TAWFIQ, K. (2016). "Automating double ring infiltrometer with an arduino microcontroller". *Geoderma*, v. 262, pp. 133–139.
- HOPPE, I. L.; IENSSE, A. C.; SIMIONI, J. P. D.; WOLLMANN, C. A. (2015) "Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS)". *Ciência e Natura*. v.37. pp.132-137.
- KATHYAL, A.; YADAV, R.; PANDEY, M. (2016). "Wireless Arduino Based Weather Station". *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*. v. 5. n.4. pp. 274-276.
- KHANDELWALL, D.D.; SINGHAL, M. (2019). "Developing a low-cost weather monitoring system for data-sparse regions of the Himalayas". *Wheather*. v.99, n.99. pp1-5
- MAHMOOD, S. N.; HASAN, F.F. (2017). "Design of weather monitoring system using Arduino based database implementation". *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. v.4, n.4, pp. 7109-7117.
- MASSERONI, D.; FACCHI, A.; DEPOLI, E.V.; RENGA, F.M.; GANDOLFI, C. (2016) "Irrig-oh: an open-hardware device for soil water potential monitoring and irrigation management". *Irrigation and drainage*, v. 65, n. 5, pp. 750-761.
- MORÓN, C.; DIAZ, J.P.; FERRÁNDEZ, D.; SAIZ, P. (2018). "Design, development and implementation of a weather station prototype for renewable energy systems". *Energies*. v.11, n.9, pp. 1–13.
- NAYYAR, A.; PURI, V. (2016). "A review of arduino board's, lilypad's & arduino shields". *International conference on computing for sustainable global development (indiacom)*, p. 1485–1492.
- OMM, W. M. O. (2008). "Guide to meteorological instruments and methods of observation". Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization.
- RIVAS-SÁNCHEZ, Y. A.; MORENO-PÉREZ, M. F.; ROLDÁN-CAÑAS, J. (2019). "Environment control with low-cost microcontrollers and microprocessors: Application for green walls". *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 3. pp. 1-17.
- SABANCI, K.; RUSEN, S.E.; KONURALP, A. (2019). "Design of a low cost automatic meteorological weather station". *Journal of Engineering Research and Applied Science*. v. 8, n.2, pp. 1153-1159.
- SIDQI, R.; RYNALDO, B. R.; SUROSO, S. H.; FIRMANSYAH. (2018). "Arduino Based Weather Monitoring telemetry System Using NRF24L01+" in *Anais do 2<sup>th</sup> Conference Series: Materials Science and Engineering*, Indonesia. 2017.
- TENZIN, S.; SIYANG, S.; POBKURT, T.; KERDCHAROEN, T. (2017). "Low cost weather Station for Climate-Smart agriculture" in *Anais do 9<sup>th</sup> International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST)*, Thailand, Fevereiro.2017. pp. 1-6.
- WICKERT, A. D.; SANDELL, C.; SCHULZ, B.; CRYSTAL, H (2019). "Open-source Arduino-derived data loggers designed for field research." *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, v. 23, n.4, pp. 1–16.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Águas subterrâneas 139

Alelopatia 173, 174, 175, 176, 178, 182, 183

Animais silvestres 120, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 130, 131, 132

### B

Bioma 129, 138, 143, 146, 147, 150

Biomoléculas 173, 174, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193

### C

Cerrado 129, 150, 152, 157, 158

Cidadania 49, 54, 56, 57

Código florestal 42, 135, 136, 142, 144, 145, 150, 151, 152, 153, 154, 157

Comércio ilegal 120, 127, 130, 132

Compostos nitrogenados 173, 174, 175, 176, 178, 182, 183

Conservação 27, 40, 41, 42, 45, 47, 112, 114, 117, 119, 120, 122, 125, 126, 127, 130, 131, 132, 134, 135, 137, 138, 140, 142, 143, 144, 145, 147, 150, 151, 153, 155, 156, 158, 185

Consumo sustentável 36

### D

Desastres 98, 99, 103, 104, 109, 110

Desenvolvimento sustentável 1, 2, 3, 4, 11, 18, 20, 21, 31, 32, 33, 34, 111, 112, 113, 118, 120, 145, 148, 193

Direito agrário 22

Direitos humanos 22, 32, 33

### E

Ecosistemas 4, 9, 137, 140, 141, 142, 144, 151, 158, 186

Educação ambiental 15, 16, 19, 21, 40, 41, 42, 43, 47, 48, 145, 146, 155, 204

### F

Fauna 42, 43, 47, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 204

Fiscalização ambiental 121

### G

Gerenciamento de desastres 99

Gestão ambiental 13, 14, 20, 204

## I

Incêndios florestais 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158

## J

Justiça social 22, 29, 30, 31, 32, 33, 55

## L

Lixo eletrônico 36

## M

Meio ambiente 14, 15, 18, 20, 24, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 43, 44, 47, 49, 55, 59, 66, 67, 111, 112, 113, 114, 118, 122, 123, 128, 133, 134, 136, 139, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 158, 204

Metais pesados 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203

Monitoramento meteorológico 82, 83, 88

Mudanças climáticas 83, 150

## O

Objetivos do desenvolvimento sustentável 3, 4

## P

Pampa 133, 138, 143, 146, 147

Pecuária familiar 133, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147

Planejamento urbano 109, 111, 112, 119

Política Nacional do Meio Ambiente 14, 20, 42, 158

População tradicional 149

Projeto RECICLAB 13, 14, 16, 17, 19, 21

Proteção ambiental 1, 22, 25, 29, 31, 32, 33, 114, 143, 146

## Q

Química 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 21, 61, 64, 71, 160, 169, 170, 171, 173, 174, 185, 192, 196, 197, 199, 203, 204

## R

Reflorestamento 40, 42, 44, 47, 48

Regularização fundiária 111, 112, 115, 118

Resíduos industriais 29

Riscos geológicos 98, 99

## S

Saneamento ambiental 49, 50, 71, 204

Saneamento rural 49, 60

Saúde pública 49, 69

Serviços ambientais 133, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147

Sistema Nacional do Meio Ambiente 42, 153

Smartphones 36, 37, 38, 39

Sociedade de consumo 22, 26

Sustentabilidade 1, 3, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 17, 18, 21, 36, 48, 49, 60, 111, 112, 115, 118, 125, 126, 127, 136, 146, 148, 185, 186, 204

## T

Testes de significância 197

## V

Vulnerabilidade social 98, 99, 102, 103, 105, 106, 109

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

3

# Meio ambiente:

Princípios ambientais,  
preservação e  
sustentabilidade

3

 [www.arenaeditora.com.br](http://www.arenaeditora.com.br)

 [contato@arenaeditora.com.br](mailto:contato@arenaeditora.com.br)

 @arenaeditora

 [www.facebook.com/arenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/arenaeditora.com.br)