

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Física:

O Universo e os Fenômenos Naturais

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Física: o universo e os fenômenos naturais

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F537 Física: o universo e os fenômenos naturais / Organizador Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-903-5

DOI 10.22533/at.ed.035211903

1. Física. I. Almeida Junior, Edson Ribeiro de Britto de (Organizador). II. Título.

CDD 530

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Ano 2021

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.

APRESENTAÇÃO

A coletânea “Física: O Universo e os Fenômenos Naturais” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio dos trabalhos que compõem seus capítulos. O volume abordará, de forma categorizada e interdisciplinar, resultados de pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam no pluralismo conceitual e epistemológico da Física e seu ensino.

O objetivo central do livro é apresentar, de forma categorizada e clara, estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil. A Física é uma ciência natural baseada em experimentos, medições e análises matemáticas com o propósito de encontrar leis físicas quantitativas para tudo, desde o nano mundo do microcosmo aos planetas, sistemas solares e galáxias que ocupam o macrocosmo. Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres, doutores e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela Física e seus processos de ensino e de aprendizagem.

Os autores do primeiro capítulo da obra, por meio dos parâmetros estruturais de um poço quântico de GaAs com barreiras de AlGaAs, simularam os níveis de energia, funções de onda e densidade de probabilidade, por meio de uma solução numérica da Equação de Schrödinger, independente do tempo, para um poço finito. Com os resultados da interação elétron-buraco para os diferentes níveis energéticos do poço, o referido trabalho apresenta um exemplo direto e simples na solução de poços de potenciais quânticos reais. O segundo capítulo apresenta um trabalho experimental, no qual os autores utilizaram um termômetro de infravermelho de baixo custo para estimar a água precipitável na região de Florianópolis-SC. Fundamentado na dinâmica molecular clássica, os autores do terceiro capítulo discutem as propriedades termodinâmicas em sistemas binários e ternários compostos por óleo leve, CO₂ e salmoura para aplicações envolvendo recuperação aprimorada de petróleo. O quarto capítulo apresenta resultados de um estudo dos movimentos orbitais de detritos espaciais na vizinhança da Estação Espacial Internacional com o intuito de rastreá-los, visando evitar colisões entre eles e satélites artificiais operacionais.

Os demais trabalhos apresentam instrumentos e metodologias para o ensino de Física. O quinto capítulo, por exemplo, usam a abordagem da modelagem científica de Bunge, adotando um objeto-modelo experimental e o incorporando na teoria da Mecânica Newtoniana para o desenvolvimento de um modelo teórico-prático validado empiricamente. Seguindo a perspectiva de propostas experimentais para o ensino de Física, o sexto capítulo discute a possibilidade de demonstração do efeito magnético de um ímã em um solenoide por meio da construção de um Trem Magnético. O sétimo capítulo parte da grade comum dos conteúdos ensinados no curso de graduação em Física relacionados à dinâmica de rotações, para explicar o funcionamento do giroscópio, pião, tip-top e spinner, os quais, apesar de serem normalmente utilizados para recreação, possuem também aplicações

educacionais e outras utilidades muito interessantes de serem exploradas na área de Ensino de Física.

Além de práticas experimentais “manuais”, alguns trabalhos contemplam propostas para a ludicidade do ensino de Física. O oitavo trabalho incorporou o estudo de trajetórias bidimensionais de forma integrada, aliando a confecção de uma catapulta caseira em escala, no estilo Trebuchet, à realização de um estudo incisivo dos conceitos físicos necessários para descrição de seu funcionamento. A constituição de dados experimentais e simulações das trajetórias, foram obtidas por intermédio do software livre Tracker. O nono e último trabalho apresenta a potencialidade de recursos, como jogos educativos, como ferramenta de inclusão de alunos surdos, no que diz respeito aos processos de ensino e de aprendizagem de Física I.

Deste modo, essa leitura proporcionará um repertório de trabalhos bem fundamentados e com resultados práticos, obtidos por diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANALISE ÓPTICA E SIMULAÇÃO NUMÉRICA DA INTERAÇÃO ELÉTRON-BURACO EM POÇO QUÂNTICO DE GAS COM BARREIRAS DE ALGAS

João Vitor de Souza Paz
Jesus Maria Herazo Warnes
Marcio Daldin Teodoro
Rômulo Ronan Oliveira de Moraes
Leonardo Dias de Souza

DOI 10.22533/at.ed.0352119031

CAPÍTULO 2..... 12

ESTIMATIVAS DA ÁGUA PRECIPITÁVEL ATMOSFÉRICA A PARTIR DE UM TERMÔMETRO DE INFRAVERMELHO

Renato Ramos da Silva
Joana Zanette Crema
Rubinei Dorneles Machado

DOI 10.22533/at.ed.0352119032

CAPÍTULO 3..... 23

MOLHABILIDADE EM INTERFACES BINÁRIAS E TERNÁRIAS COMPOSTAS DE CO₂, SALMOURA E ÓLEO, VIA DINÂMICA MOLECULAR CLÁSSICA

Lucas S. de Lara
Danilo V. dos Santos
Derik W. Gryczak
Taiza A.S. do Carmo
Alexandre C. Junior
Andressa Novatski

DOI 10.22533/at.ed.0352119033

CAPÍTULO 4..... 44

REENTRY AND COLLISION RISK OF SPACE DEBRIS IN LEO REGION

Jarbas Cordeiro Sampaio
Ewerton Felipe Barbosa Paim dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.0352119034

CAPÍTULO 5..... 58

MODELAGEM CIENTÍFICA: CONSTRUÇÃO DE MODELO TEÓRICO DE DUAS MOLAS ASSOCIADAS EM SERIE E EM PARALELO SOB A ABORDAGEM ENERGÉTICA

Ricardo Robinson Campomanes Santana
Vitória Luiza Fernandes Frare
Jean Reinildes Pinheiro

DOI 10.22533/at.ed.0352119035

CAPÍTULO 6.....	72
UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL NO ESTUDO DO ELETROMAGNETISMO: TREM MAGNÉTICO SIMPLES	
José Tiago de Sousa	
Isaiane Rocha Bezerra	
Bento Bruno de Sousa	
Gilson Mauriz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.0352119036	
CAPÍTULO 7.....	79
PIÕES, SPINERS E GIROSCÓPIOS, BRINQUEDOS E APLICAÇÕES FÍSICAS	
Gabrielly Maria Camargo de Jesus	
João Marcos Fávoro Lopes	
Leandro Morais Azevedo	
Luiz Felipe Demétrio	
Pedro Haerter Pinto	
Marcos Cesar Danhoni Neves	
DOI 10.22533/at.ed.0352119037	
CAPÍTULO 8.....	88
TREBUCHET: EFEITO DA RESISTÊNCIA DO AR NO MOVIMENTO DE PROJÉTEIS	
José Flávio Marcelino Borges	
Ráfaga Wiecheteck Vurobi	
Lucas Stori de Lara	
Fabiana Cristina Nascimento Borges (Em memória)	
DOI 10.22533/at.ed.0352119038	
CAPÍTULO 9.....	100
JOGOS EDUCATIVOS ADAPTADOS COMO RECURSO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA I PARA DISCENTES SURDOS NO INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS-IFAM/CMC	
Carla Caroline Melgueira Silva	
Allaiza Thaisa Maia Menezes	
Fabrício de Oliveira Farias	
Klinsley Silva Rosas	
DOI 10.22533/at.ed.0352119039	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	116
ÍNDICE REMISSIVO.....	117

CAPÍTULO 2

ESTIMATIVAS DA ÁGUA PRECIPITÁVEL ATMOSFÉRICA A PARTIR DE UM TERMÔMETRO DE INFRAVERMELHO

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 02/12/2020

Renato Ramos da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC), Departamento de Física
Florianópolis – SC
<http://lattes.cnpq.br/9733821952821123>

Joana Zanette Crema

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC), Engenharia de Energia
Araranguá – SC
<http://lattes.cnpq.br/6030352405355500>

Rubinei Dorneles Machado

Universidade Federal de Santa Catarina
(UFSC), Departamento de Engenharia
Mecânica
Florianópolis – SC
<http://lattes.cnpq.br/7305167534598258>

RESUMO: A água precipitável (AP) é uma importante variável atmosférica. Sua estimativa é de grande importância pois pode determinar a intensidade de um fenômeno com chuvas extremas ou períodos de estiagem. Em geral suas estimativas são feitas por várias técnicas como através de imagens de satélites meteorológicos, perfis de radiosondas e medidas por radiômetros. No presente estudo usamos um termômetro de infravermelho de baixo custo para estimar a água precipitável na região de Florianópolis-SC. No período entre Maio de 2015 e Junho de 2016 o termômetro de infravermelho foi usado para medir

a temperatura aparente da atmosfera através de apontamento do termômetro na direção do zênite celeste. As medidas foram feitas no horário de 12:00 UTC para coincidir com as estimativas de Água Precipitável (AP) feitas por radiosondagens do aeroporto de Florianópolis. Comparações entre as medidas feitas com o termômetro de infravermelho e com medidas por radiômetros mostraram forte aderência entre os dados. Comparações entre as medidas de temperatura e de estimativas de AP para dias de céu claro mostraram não apenas alta correlação entre os dados, mas permitiu também estabelecer uma equação empírica para estimativas de AP através de eventuais medidas de temperatura com o termômetro de infravermelho.

PALAVRAS - CHAVE: Água precipitável, radiação, termômetro de infravermelho, Florianópolis.

ESTIMATES OF PRECIPITABLE WATER FROM AN INFRARED THERMOMETER

ABSTRACT: Precipitable water (PW) is an important atmospheric variable. Its estimate is of great importance because it can determine the intensity of a phenomenon such as extreme rains or drought periods. In general, their estimates are made by various techniques, such as images from meteorological satellites, radiosonde profiles and measurements by radiometers. In the present study, we used a low-cost infrared thermometer to estimate the precipitable water in the city of Florianópolis-SC region. In the period between May 2015 and June 2016, the infrared thermometer was used to measure the apparent

temperature of the atmosphere by pointing the thermometer towards the celestial zenith. The measurements were carried on at 12:00 UTC time to coincide with the estimates of PW made by radiosondes from the Florianópolis airport. Comparisons between measurements made with the infrared thermometer and measurements with radiometers showed strong correlation between these variables. Comparisons between temperature measurements and PW estimates for clear sky days showed not only a high correlation between the variables, but also allowed to establish an empirical equation for PW estimates through possible temperature measurements with the infrared thermometer.

KEYWORDS: Precipitable water, radiation, infrared thermometer, Florianopolis.

1 | INTRODUÇÃO

A água precipitável é uma variável atmosférica de grande importância. A água na atmosfera pode ser observada em todos os três estados termodinâmicos: vapor de água, água condensada ou partículas de gelo. As moléculas de água são um importante gás de efeito estufa porque podem absorver radiação térmica em várias bandas de acordo com seus modos de rotação e vibração (LIOU 2002). Assim, quanto maior a concentração de água mais forte é o fluxo de radiação de ondas longas da atmosfera para a superfície.

A água precipitável (AP) pode ser estimada pela razão de mistura (gramas de água por quilograma de ar) das moléculas de água que estão presentes em uma coluna atmosférica. Estimativas da AP podem ser obtidas por várias maneiras, como através de radiosondas que são perfis medidos por balão atmosférico, radiômetros in situ e sensores infravermelhos. A Tabela 01 apresenta as principais técnicas usadas para medidas de AP. A maioria dessas medidas são caras, ou feitas esporadicamente, e não estão disponíveis na maioria dos locais. Portanto, encontrar maneiras de medir a AP usando sensores de baixo custo pode melhorar nossa capacidade de representar melhor as condições atmosféricas.

Tipo de medida de AP	Referencia
Espectrômetro de Prisma	(FOWLER, 1912)
Fotômetro solar	(VOLZ, 1974)
Diodes de Emissão (LEDS)	(MIMS III 1992; BROOKS, 2001)
Radiosonda	(PETTIFER, 2009)
Radiômetro de microondas	(LILJEGREN 1994)
Ocultação por GPS	(GUTMAN & BENJAMIN, 2001; BEVIS et al. 1992)
Satélite Sensor MODIS	(KAUFMAN & GAO, 1992)
Satélite TIROS/TOVS	(SODEN & LANZANTE 1995)
Radiômetro de infravermelho	(MAGHRABI & CLAY 2010)
Termômetro de infravermelho	(MIMS et al. 2011)

Tabela 01 – Sumario de exemplos de medidas de Agua precipitável (AP) através de vários tipos instrumentos.

Recentemente, algumas estimativas de AP foram obtidas com instrumentos de baixo custo, como diodos emissores de luz (LEDs) que foram usados no programa GLOBE (BROOKS, D. R. 2001) ou por termômetro infravermelho que foi usado para a região do Texas na América do Norte (MIMS et al. 2011). Usando o termômetro para estimar a temperatura aparente do céu no zênite, Mims et al. (2011) foram capazes de estimar a AP local e conseguiram produzir uma relação empírica entre a AP e a temperatura aparente do céu. Como moléculas atmosféricas de vapor d'água (i.e. H_2O) absorvem a radiação de onda longa, esta radiação é re-emitida de volta para a superfície. Portanto, variações na concentração destas moléculas alteram o efeito estufa através de mudanças no fluxo de radiação que pode ser detectada por um termômetro de infravermelho.

Neste estudo apresentamos os resultados das medições de temperatura atmosférica realizadas com um termômetro de baixo custo durante um ano inteiro na cidade de Florianópolis. Em seguida, as medidas são comparadas com dados medidos por radiômetros padrão e por perfis atmosféricos de radiosondagens locais. Finalmente, uma relação empírica é obtida para fornecer estimativas de AP de acordo com as medidas de temperatura.

2 | METODOLOGIA

Um termômetro infravermelho de baixo custo (cerca de 25 dólares) foi usado para medir a temperatura atmosférica para o período entre maio de 2015 e junho de 2016. Este termômetro da marca FLUS IR-802 (Fig. 1) opera na faixa de radiação entre 8-14 micrômetros e permite medidas de temperatura na faixa de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $550\text{ }^{\circ}\text{C}$. O termômetro foi usado diariamente para registrar a temperatura atmosférica aparente apontando o termômetro para o zênite celeste. Os registros foram realizados às 12:00 UTC (09:00 hora local) para coincidir com o horário de lançamento das radiosondagens feitas no aeroporto de Florianópolis. Além das medidas de temperatura foram anotadas também as condições de cobertura de nuvens no momento da medida identificando casos de céu claro ou com presença de nuvens.



Figura 01 - Ilustração de um termômetro de infravermelho (marca FLUS IR-802) usado para medidas da temperatura aparente da atmosfera a partir do zênite celeste.

As medidas de temperatura atmosférica foram obtidas no campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) na cidade de Florianópolis (27,5°S; 48,5°W) localizada na Ilha de Santa Catarina, no Atlântico Sul. No mesmo local do campus, foram registrados dados a partir de um radiômetro padrão (i.e. um pirgeômetro). Estes dados obtidos no LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC foram obtidos em momento quase simultâneo para comparar e avaliar a variabilidade das medições do termômetro infravermelho.

Dados atmosféricos registrados a partir das radiosondagens lançados diariamente por volta das 12:00 UTC (09:00 hora local) do aeroporto de Florianópolis foram usados para estimar a AP e comparar com a variabilidade das temperaturas registradas. Neste caso, a AP pode ser estimada a partir de uma integração vertical dos dados medidos em vários níveis atmosféricos da razão de mistura (i.e. gramas de vapor d'água por unidade de volume de ar seco).

Foram obtidas curvas de tendência estatística entre as temperaturas medidas, os dados do radiômetro e também da AP estimada a partir dos perfis atmosféricos das radiosondagens. A curva de tendência obtida proporcionou uma relação empírica entre a temperatura medida e a AP para dias de céu claro. Essa relação estatística permite estimativas de AP em caso de eventual medição obtida com o termômetro de infravermelho.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 02 mostra uma série temporal das temperaturas registradas com o termômetro infravermelho. Os resultados mostram que, em geral, as temperaturas

atmosféricas aparentes são mais altas durante os meses de verão e mais frias durante os meses de inverno. Juntamente com todos os dados registrados, nota-se que durante os dias de céu claro as temperaturas são mais frias, atingindo cerca de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ em julho de 2015. Os eventos de temperaturas mais altas que chegam a $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ em janeiro representam a presença de nuvens que aumentam a radiação descendente emitida de sua base que está localizada nas camadas mais baixas e mais quentes da atmosfera.

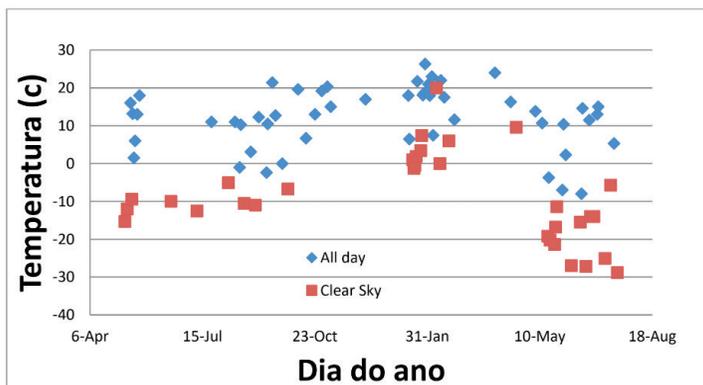


Figura 02 – Série temporal da temperatura atmosférica aparente (C) do céu no zênite medida com o termômetro infravermelho no município de Florianópolis (27,5 S; 48,5 W).

A Figura 03 apresenta uma série temporal da temperatura registrada e sua comparação com a radiação quase simultânea medida com o radiômetro padrão (i.e. pirgeômetro). Os resultados mostram uma evolução muito próxima entre ambas as medidas. Em geral, as medidas de temperaturas mais altas concordam com o forte fluxo de radiação de ondas longas descendentes. Esses resultados mostram que o termômetro infravermelho pode fornecer uma boa estimativa do fluxo de radiação de onda longa descendente medida na superfície.

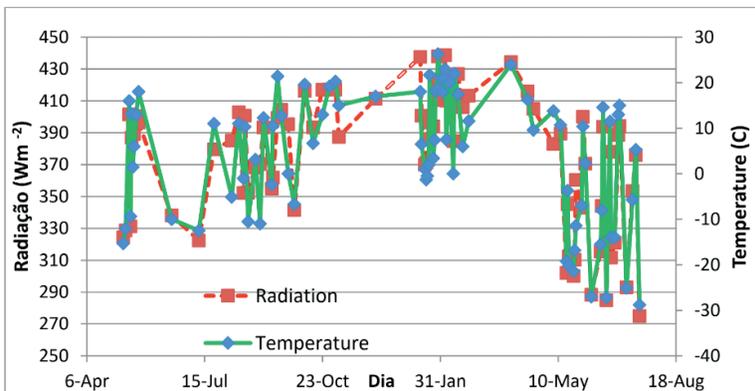


Figura 03 – Intercomparação entre a temperatura atmosférica (C) do termômetro infravermelho e a radiação (Wm^{-2}) registrada a partir de um radiômetro padrão (i.e. pirgeômetro) feita no LABSOLAR da UFSC.

A Figura 04 apresenta a temperatura registrada junto com as medições de radiação e sua curva de tendência. Os resultados mostram uma correlação muito alta ($R^2 = 0,87$) entre o termômetro infravermelho e as medições padrão do radiômetro mostrando novamente que o termômetro de infravermelho pode fornecer uma estimativa muito boa da condição atmosférica não apenas para condições de céu claro, mas também para a presença local de nuvens.

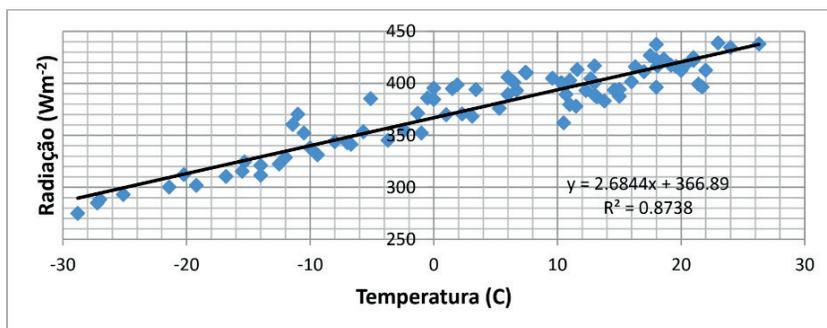


Figura 04 – Correlação entre a temperatura atmosférica (C) do termômetro infravermelho e a radiação (Wm^{-2}) registrada a partir de um radiômetro padrão.

A Figura 05 apresenta a série temporal da AP estimada a partir dos perfis das radiosondas e da temperatura medida com o termômetro de infravermelho. Embora ambos os dados apresentem a variabilidade incluindo o máximo de AP durante os meses de verão e o mínimo durante os meses de inverno, há vários registros discrepantes entre as

medidas. As diferenças ocasionais ocorrem porque os lançamentos de radiosonda são feitos no aeroporto localizado cerca de 7 km ao sul distantes das medições de temperatura feitas in situ no campus da universidade. Além disso, os balões de radiosonda se movem devido ao vento e, portanto, registram dados longe das medições in situ e eventualmente poderão atingir nuvens não observadas no local dos registros de temperatura.

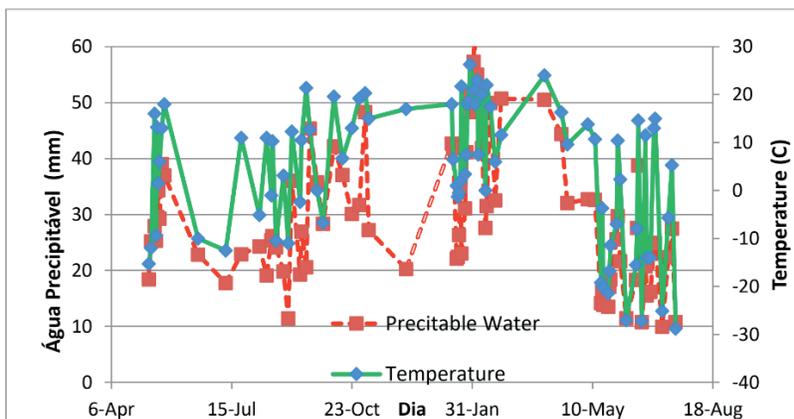


Figura 05 – Série temporal da Água Precipitada (AP) estimada a partir da radiosonda do aeroporto de Florianópolis e medições de temperatura infravermelha para todos os dias às 12:00 UTC (09:00 hora local).

A Figura 06 mostra a relação entre a AP estimada a partir das radiosondas do aeroporto com as temperaturas medidas com o termômetro de infravermelho para todos os dias. Os resultados mostram que, de fato, há uma maior correlação para temperaturas mais baixas que ocorrem durante os dias de céu claro e uma relação mais difusa durante eventos quentes nublados.

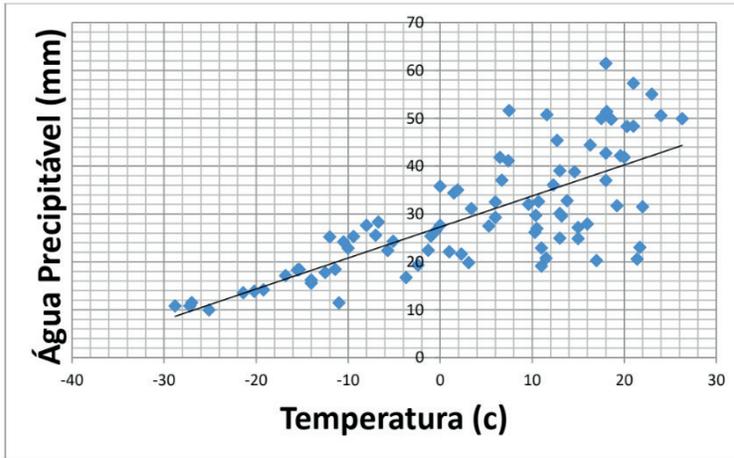


Figura 06 – Correlação entre a Água Precipitada (AP) estimada a partir do rádio do aeroporto de Florianópolis e medições de temperatura infravermelha para todos os dias.

A Figura 07 apresenta as mesmas medidas de AP e temperatura, mas apenas para dias de céu claro. Os resultados mostram uma correlação muito maior ($R^2 = 0,85$) entre as variáveis apresentadas na Figura 06 calculada para todos os dias.

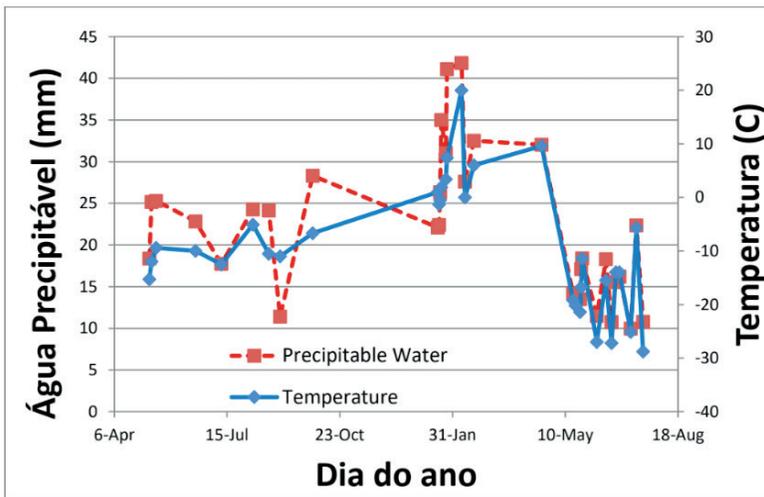


Figura 07 – Série temporal da Água Precipitada (AP) estimada a partir de rádiosondas do aeroporto de Florianópolis e medições de temperatura infravermelha apenas para dias de céu claro.

A curva de tendência obtida (Fig. 08) entre a AP e a temperatura (T) apresenta a seguinte relação empírica:

$$AP = 28.1 + 0.68 T$$

Esta relação empírica permite uma estimativa da AP a partir de medidas de temperatura com o termômetro. Portanto, este termômetro de baixo custo permite estimativas da AP para eventuais casos de céu claro.

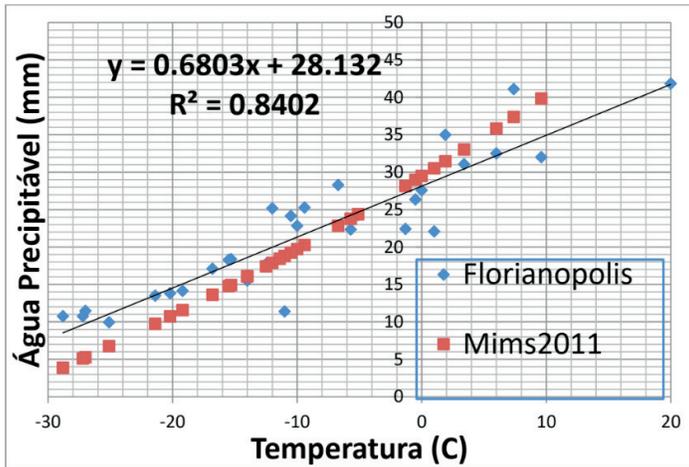


Figura 08 - Correlação entre a Água Precipitada (AP) estimada a partir da radiossonda do aeroporto de Florianópolis e medições de temperatura com termômetro de infravermelho. Comparação com dados obtidos de MIMS et al., 2011 para região do Texas (EUA).

4 | CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Um termômetro infravermelho de baixo custo foi usado para registrar as temperaturas atmosféricas aparentes para um local na cidade de Florianópolis. Os resultados mostram que a série temporal de medições de temperatura se compara muito bem com os registros de um radiômetro padrão. Além disso, há uma correlação muito alta entre as medidas de temperatura e a AP para os dias de céu claro. Uma comparação dessa curva de tendência com a obtida na região do Texas (MIMS et al., 2011) mostra valores ligeiramente mais baixos de AP para aquela região para condições de temperaturas mais frias. Uma vez que nas regiões de latitudes mais baixas (e. g. Florianópolis) a altura da tropopausa é mais alta, espera-se uma maior concentração de AP nessas regiões em comparação com as regiões de latitude mais altas (e.g. Texas). Florianópolis está localizada em uma ilha tropical localizada na latitude de 27,5 °S, enquanto as medidas do Texas foram obtidas na latitude de 29,6 °N. Assim, os resultados mostram que podemos esperar uma relação ligeiramente diferente em função da localização. Esta técnica com uso de termômetro de

infravermelho pode fornecer portanto, uma alternativa barata para estimativas de água precipitável para qualquer localidade e a qualquer instante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte e ao LABSOLAR da UFSC pelos dados de radiação de onda longa.

REFERÊNCIAS

Bevis, M., S. Businger, T. A. Herring, C. Rocken, R. A. Anthes, and R. H. Ware, 1992: GPS Meteorology' Remote Sensing of Atmospheric Water Vapor Using the Global Positioning System. *J. Geophys. Res.*, **97801**, 715–787, doi:10.1029/92JD01517.

Brooks, D. R., F. M. M., 2001: Development of an inexpensive handheld LED-based Sun photometer for the GLOBE program. *J. Geophys. Res.*, **106**, 4733–4740, doi:10.1029/2000JD900545.

Fowler, F. E., 1912: The spectroscopic determination of aqueous vapor. *Astrophys. J.*, **35**, 149.

Gutman, S. I., and S. G. Benjamin, 2001: The Role of Ground-Based GPS Meteorological Observations in Numerical Weather Prediction. *GPS Solut.*, **4**, 16–24, doi:10.1007/PL00012860.

Kaufman, Y. J., and B.-C. Gao, 1992: Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **30**, 871–884, doi:10.1109/36.175321.

Liljegren, J. C., 1994: TWO-CHANNEL MICROWAVE RADIOMETER FOR OBSERVATIONS OF TOTAL COLUMN PRECIPITABLE WATER VAPOR AND CLOUD LIQUID WATER PATH. *Fifth Symposium on Global Change Studies*, American Meteorological Society, 262–269.

Liou, K. N., 2002: *An Introduction to Atmospheric Radiation*. Academic Press, 583 pp.

Maghrabi, A., and R. Clay, 2010: Precipitable water vapour estimation on the basis of sky temperatures measured by a single-pixel IR detector and screen temperatures under clear skies. *Meteorol. Appl.*, **17**, 279–286.

Mims, F. M., L. H. Chambers, and D. R. Brooks, 2011: Measuring total column water vapor by pointing an infrared thermometer at the sky. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **92**, 1311–1320, doi:10.1175/2011BAMS3215.1.

Mims Iii, F. M., 1992: Sun photometer with light-emitting diodes as spectrally selective detectors. *Appl. Opt.*, **31**, 6965–6967, doi:10.1364/AO.31.006965.

Pettifer, R., 2009: From observations to forecasts - Part 2. The development of in situ upper air measurements. *Weather*, **64**, 302–308.

Soden, B. J., and J. R. Lanzante, 1995: An assessment of satellite and radiosonde climatologies of upper tropospheric water vapor. *J. Clim.*, **9**, 1235–1250.

Volz, 1974: Economical multispectral sun photometer for measurements of aerosol extinction from .44 microns to 1.6 microns and precipitable water. *Appl Opt.*, **13**, 1732-1733.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aplicações Físicas 8, 79

Aprendizagem de física 8, 100

B

Brinquedos 8, 79, 80, 86

D

Dinâmica Molecular 5, 7, 23, 26, 31, 39

Discentes surdos 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114

E

Eletromagnetismo 8, 72, 74, 78

Elétron-Buraco 5, 7, 1, 8, 10

Ensino de Física 6, 11, 71, 78, 79, 99, 100, 104, 114, 115, 116

Ensino Tradicional 101

F

Física I 6, 8, 71, 100, 101, 102, 104, 105

G

Giroscópios 8, 79

I

Inclusão 6, 95, 100, 101, 115

Instituto Federal do Amazonas 8, 100

Interfaces ternárias 28, 35, 38

International Space Station 45, 46, 49, 53, 56, 57

J

Jogos educativos 6, 8, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 112, 113, 114, 115

M

Modelagem Científica 5, 7, 58, 59, 60, 61, 70, 71

Modelo Teórico 5, 7, 58, 59, 60, 61, 64, 65, 68, 69, 70, 71

Molas associadas em série 61, 63, 64

Molhabilidade 7, 23

P

Piões 8, 79, 81

Poço Quântico 5, 7, 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10

Precipitável 5, 7, 12, 13, 21

Proposta Experimental 8, 72

R

Resistência do ar 8, 88, 95

S

Simulação Numérica 7, 1

space debris 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56

Space debris 7, 44, 52

Spinners 8, 79

Surdos 6, 8, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115

T

Termômetro Infravermelho 14, 15, 16, 17, 20

Trebuchet 6, 8, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 99

Trem Magnético 5, 8, 72, 74, 75, 76, 77, 78

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora

Ano 2021

Física:

Universo e os Fenômenos Naturais

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Ano 2021