

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(Organizador)

Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



Luis Ricardo Fernandes da Costa
(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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
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. 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
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª 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
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miraniide Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª 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
Profª 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. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª 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
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Profª 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
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª 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

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Gabriel Motomu Teshima
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Luis Ricardo Fernandes da Costa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: a história da terra / Organizador Luis Ricardo Fernandes da Costa. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-120-3

DOI 10.22533/at.ed.203210106

1. Geociências. I. Costa, Luis Ricardo Fernandes da (Organizador). II. Título.

CDD 550

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

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

É com muito prazer que apresentamos a obra “Geociências: a história da Terra”, que apresenta uma série de dezessete artigos com diferentes abordagens e metodologias que abrem a discussão da produção acadêmica nesse segmento.

A obra é composta por trabalhos voltados para as geociências e que abordam diferentes metodologias, desde análises climáticas, passando pela interpretação de Modelos Digitais de Elevação e diferentes aplicações para o meio ambiente.

Como destaque, cabe ressaltar a aplicabilidade em diferentes contextos e realidades no Brasil e no exterior, além das experiências voltadas a consolidação do ensino de geociências a nível nacional, como é abordado ao longo do livro.

Diante dos desafios e atual conjuntura da ciência brasileira, a presente obra é uma possibilidade e esforço de divulgação de trabalhos em diferentes escalas e com a qualidade a nível Brasil, mesmo com os percalços e desafios da pesquisa cotidiana.

Convidamos a todos os leitores a percorrer pelo sumário e conferir essa incrível coleção, com possibilidades de expansão e disseminação nos próximos trabalhos da área.

Luis Ricardo Fernandes da Costa

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A APLICAÇÃO DA TÉCNICA MULTIVARIADA (PCA) NA CORRELAÇÃO DO PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL DA FORMAÇÃO IRATI (BACIA DO PARANÁ) POR MEIO DE DADOS DE BIOMARCADORES

Lorena Tuane Gomes de Almeida

Sidney Gonçalo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.2032101061

CAPÍTULO 2..... 15

A CRIAÇÃO DE UMA SALA DE EXPOSIÇÃO DE METEOROLOGIA NO MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL DA UFAL

Natalia Fedorova

Vladimir Levit

Ana Paula Lopes da Silva

Jorge Luiz Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101062

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DOS MUNICÍPIOS DE BOM JESUS DO ITABAPOANA – RJ E BOM JESUS DO NORTE – ES, UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS E SENSORIAMENTO REMOTO

Wallace Maciel Pacheco Neto

DOI 10.22533/at.ed.2032101063

CAPÍTULO 4..... 43

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO SEGUNDO OS DADOS DE PLUVIÔMETRO, GPCC E TRMM PARA RONDON DO PARÁ E SUA RELAÇÃO COM ANOMALIAS DE TSM

Priscila dos Santos Ribeiro

Juliana Cristina Silva do Nascimento

Fernando Bosco de Sousa Melo

Luciano André Barbosa da Silva

Paulo Rick Soares Rodrigues

Emily Amaro Pires

Davi Miranda Costa

Matheus Henrique Melo Farias

Laura Carolina Trindade Santos

Luan Bezerra Moreira dos Santos

Jordana do Socorro Silva do Nascimento

Talleson Gabriel Andrade dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.2032101064

CAPÍTULO 5..... 58

PROSPECÇÃO GEOELÉTRICA DE OCORRÊNCIA DE COBRE EM FAIXA DE DOBRAMENTOS NA REGIÃO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Shaiely Fernandes dos Santos

César Augusto Moreira

Fernanda Teles Gomes Rosa
Karolliny Borssatto
Marly Aparecida da Silva
DOI 10.22533/at.ed.2032101065

CAPÍTULO 6..... 76

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DA RESSURGÊNCIA NO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE BRISAS NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Caio Pereira de Souza
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira
Luiz Paulo de Freitas Assad

DOI 10.22533/at.ed.2032101066

CAPÍTULO 7..... 93

COMPARAÇÃO ENTRE MODELOS DITAIS DE ELEVAÇÃO E CARTA TOPOGRÁFICA NA GERAÇÃO DE MAPAS DE DECLIVIDADE PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS – PR

Sidival Antonio Calderan
Ricardo Henrique Bueno
Giovana Moreira Goes
Rodrigo Gonçalves Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.2032101067

CAPÍTULO 8..... 99

COMPARAÇÃO ENTRE O POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO E DIFERENTES MÉTODOS DE POSICIONAMENTO

Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem
Maria Luiza de Castro Garcia
Wanessa Dias Alves
Samuel Salin Gonçalves de Souza
Emerson Ricardo Barros Pires
Nathalia de Souza Lima
Marcus Vinicius Zamorim da Costa
Júlio Anderson Araujo Pereira
Wendell Fonseca Pinheiro
Karen Patricia Macedo Cesário
Patrick Rafael Silva Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.2032101068

CAPÍTULO 9..... 109

COMPARAÇÃO ENTRE OS INTERPOLADORES DO ARCGIS -PRO PARA DADOS GRAVIMÉTRICOS

Leticia Cristina Ribeiro
Danilo Fernandes de Medeiros
Giuliano Sant'Anna Marotta
Rejane Ennes Cicerelli

DOI 10.22533/at.ed.2032101069

CAPÍTULO 10.....	116
CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS, TERRAS RARAS E ESCÂNDIO EM PERFIL DE INTEMPERISMO DE ROCHA METAULTRAMÁFICA (BOM JESUS DA PENHA – MG)	
Ilio Rodarte Faria Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010610	
CAPÍTULO 11.....	135
DISTRIBUIÇÃO DAS VELOCIDADES E DIREÇÕES DO VENTO EM UM PLANTIO DE CUPUAÇUZEIRO COM AÇAÍ	
Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes	
Joyse Tatiane Souza dos Santos	
Deborah Luciany Pires Costa	
Denilson Barreto da Luz	
Matheus Lima Rua	
Erika de Oliveira Teixeira	
Igor Cristian de Oliveira Vieira	
Adrielle Carvalho Monteiro	
João Vitor de Nóvoa Pinto	
Stefany Porcina Peniche Lisboa	
Maria de Lourdes Alcântara Velame	
Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.20321010611	
CAPÍTULO 12.....	145
ESTUDOS DE DAM BREAK	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010612	
CAPÍTULO 13.....	151
MEDIDAS GERAIS PARA PRECAUÇÃO DE DESASTRES EM BARRAGENS	
Olavo Tozete Tercini	
Arthur Bucciarelli Andreetta	
Mariane Chimite Nossa	
Douglas Meira Brito	
Euclides Cestari Junior	
DOI 10.22533/at.ed.20321010613	
CAPÍTULO 14.....	157
MOVIMENTO DO PÓLO ANALISADO SOB A INFLUÊNCIA DO TERREMOTO DE SAMOA	
Juliana Tamires Ferreira Kizahy Nagem	
Wendell Fonseca Pinheiro	
Maria Luiza de Castro Garcia	
Lucas Daniel Noronha Ferreira	
Mozart dos Santos Silva	

Marcos Gabriel Silva e Silva
Arthur Jeronimo Santana Aragão
Patrick Rafael Silva Corrêa
Júlio Anderson Araújo Pereira
DOI 10.22533/at.ed.20321010614

CAPÍTULO 15..... 167

RECLASSIFICAÇÃO DO AMBIENTE FLUVIAL NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA-PR: UM NOVO OLHAR

Marcelo Mendes
Maria Ligia Cassol-Pinto

DOI 10.22533/at.ed.20321010615

CAPÍTULO 16..... 180

USO DE SÉRIE CLIMATOLÓGICA PARA CARACTERIZAÇÃO DA SAZONALIDADE E VARIABILIDADE CLIMÁTICA EM BELÉM-PA

Gabriel Brito Costa
Ana Caroline da Silva Macambira
Letícia Victória dos Santos Matias
Duany Thainara Corrêa da Silva
João Thiago Rodrigues de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.20321010616

CAPÍTULO 17..... 198

VERIFICAÇÃO DO CÓDIGO FLORESTAL ATUAL EM APP DE RIOS PERENES E INTERMITENTES NO CONTEXTO URBANO DA CIDADE DE CURITIBA

Carla Jaqueline Casaroti
Flávia Silveira
Gabriele Silveira Camara
Luís Antônio Soares e Sousa
Jorge Antonio Silva Centeno

DOI 10.22533/at.ed.20321010617

SOBRE O ORGANIZADOR..... 212

ÍNDICE REMISSIVO..... 213

AVALIAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DA RESSURGÊNCIA NO SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE BRISAS NO LITORAL DO RIO DE JANEIRO – BRASIL

Data de aceite: 21/05/2021

Caio Pereira de Souza

Meteorologista na empresa Squitter
São José dos Campos – SP
<http://lattes.cnpq.br/3890911103281004>

Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

Professora Adjunto na Universidade Federal do
Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/1499618404385813>

Luiz Paulo de Freitas Assad

Professor Adjunto na Universidade Federal do
Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/3824896267468584>

RESUMO: A ressurgência que ocorre na região do Rio de Janeiro é diretamente relacionada à interação entre processos oceânicos e atmosféricos, tendo como principal característica o afloramento em superfície de águas anormalmente frias e com altas concentrações de nutrientes. Devido ao seu mecanismo de formação, a circulação de brisa marítima e terrestre pode ser significativamente impactada por águas mais frias próximas ao litoral. O objetivo deste trabalho é avaliar numericamente, através do modelo WRF, o impacto da ressurgência costeira na circulação de brisas. Foram utilizadas duas condições de contorno de Temperatura de Superfície do Mar sobre o oceano Atlântico: a primeira proveniente do

modelo global CFSv2 e a segunda obtida através de uma metodologia que alia dados estimados pelos satélites Metop-A e NOAA-19 e correções a partir de dados observados *in situ*. A partir dos resultados, foi possível verificar estatisticamente que as condições de contorno sobre o oceano são capazes de impactar os resultados. Além disso, foi possível sugerir a importância da amplificação do gradiente de temperatura terra-mar, causado pela ressurgência, na intensificação da circulação de brisas. Notou-se influência da brisa marítima nos campos de pressão atmosférica e na temperatura à 2m, incluindo o interior do estado do Rio de Janeiro.

PALAVRAS - CHAVE: Ressurgência costeira, mecanismo de circulação de brisas, modelagem numérica, condições de contorno de TSM.

NUMERICAL ASSESSMENT OF UPWELLING IMPACT ON BREEZE CIRCULATION MECHANISM AT RIO DE JANEIRO COASTAL REGION

ABSTRACT: The upwelling that occurs at Rio de Janeiro coastal region is directly related to the interaction between oceanic and atmospheric processes, where anomaly cold water outcrop and high nutrients concentration is the main characteristic. Due to the formation mechanism, sea-land breeze circulation may be significantly impacted by the colder waters located at the coastal line. Thus, the study goal is to numerically assess the upwelling impact on breeze circulation mechanism at Rio de Janeiro coastal region using different Sea Surface Temperature (SST) boundary conditions over the Atlantic Ocean using

WRF regional model. Two SST boundary conditions were used: first was CFSv2, the second was a methodology that uses satellite data (Metop-A and NOAA-19) and data corrections from surface observations by meteorological buoy located at Arraial do Cabo – RJ coast. From results obtained it was possible to statistically verify that the boundary conditions over the Atlantic Ocean are capable to significantly impact on the breeze mechanism circulation. Besides that, it is possible to verify the importance of the sea-land gradient which was amplified by the coastal upwelling, resulting on the intensification of the breeze circulation. Sea breeze impact too on the two meters air temperature and surface pressure fields, included places far from the coastal line.

KEYWORDS: Coastal upwelling, breeze circulation mechanism, numerical modeling, SST boundary conditions.

1 | INTRODUÇÃO

O mecanismo de circulação de brisas é um dos principais fenômenos associados a processos de interação entre o oceano e a atmosfera que ocorrem em regiões costeiras ao redor do globo. Segundo Schmidt (1947), a ocorrência das brisas marítima e terrestre é consequência de um aquecimento desigual entre as superfícies continentais e oceânicas ao longo do dia, causada pela diferença de calor específico das superfícies.

Segundo as definições de Orlanski (1975), a circulação de brisas classifica-se como um fenômeno de mesoescala- β . Utilizando uma definição simplificada a brisa nada mais é do que um processo de rotação macroscópica de um fluido. Logo, é possível representar matematicamente e fisicamente seu movimento a partir do Teorema da Circulação.

Classicamente, a circulação C é definida para qualquer fluido como sendo a integral de linha da velocidade absoluta ao longo de uma curva fechada. Assim, obtém-se o teorema da através da integral fechada da Segunda Lei de Newton para um circuito fechado de partículas de fluido.

$$C = \oint U \cdot dl \quad (I)$$

Onde:

dl é o caminho de integração ao longo da curva fechada e U é a velocidade média do fluido, seguindo o caminho dl em sua tangente.

Considerando os Teoremas de Kelvin e Bjerknes, e aplicação de diversas ferramentas matemáticas, encontra-se que para um aquecimento heterogêneo entre as superfícies;

$$\frac{DC}{Dt} = (T_2 - T_1) \ln \frac{p_i}{p_f} \quad (II)$$

Onde: T_2 = temperatura do ar na camada atmosférica superior; T_1 = temperatura do ar na camada atmosférica inferior; p_i = pressão atmosférica camada atmosférica inferior e p_f = pressão atmosférica camada atmosférica superior.

Dessa forma, sugere-se que o mecanismo de circulação de brisas é diretamente proporcional ao gradiente horizontal de temperatura terra-mar.

A brisa marítima é devida à heterogeneidade dos valores de calor específico das superfícies, onde há ascensão do ar próximo à superfície do continente, formando uma região de baixa pressão relativa. Conseqüentemente, surge um gradiente de pressão entre o continente e o mar, provocando um movimento de ar que flui do mar para o continente. Devido ao fato de estar confinada na Camada Limite Atmosférica (CLA), geralmente nos primeiros 1-2 km de altura, a brisa marítima é fortemente influenciada pelos processos de viscosidade e condução que ocorrem próximos à superfície.

A circulação inversa, também conhecida como brisa terrestre, é esperada durante o período noturno. Nesse momento, a convecção do ar próximo à superfície ocorre sobre o mar. Assim, gradiente de pressão se dá entre o mar e o continente e a resposta a isso é um mecanismo de circulação que flui, em superfície, do continente para o mar.

Vale ressaltar que a brisa marítima é mais intensa que a brisa terrestre, devido ao maior gradiente de temperatura. Além disso, a corrente de retorno no nível superior é mais baixa na brisa terrestre que na marítima.

O clima atmosférico da região de estudo é caracterizado pela atuação de fenômenos relacionados a diversas escalas temporais e espaciais, como frentes frias, cavados, ciclones, vórtices, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Essa última possui grande influência nas condições de tempo da região, principalmente no regime de ventos de sentido N-NE que atuam durante uma parte considerável do ano.

Um importante processo oceanográfico a ser considerado durante a gênese do fenômeno da ressurgência é o transporte gerado em toda a coluna d'água sob a direta influência do vento, conhecido como Transporte de Ekman (TE). A combinação do TE e da presença da costa é responsável pelo afloramento de águas subsuperficiais até a superfície, conhecido como Bombeamento de Ekman.

Na região de Cabo Frio (CF) a ressurgência costeira é caracterizada pelo afloramento da Água Central do Atlântico Sul (ACAS), que segundo Sverdrup (1942) é caracterizada por valores de salinidade entre 34.5 e 36 e temperatura entre 10°C e 20°C. A ressurgência costeira é um caso especial de ressurgência, uma vez que a presença da borda continental impõe uma divergência na Camada de Ekman.

Ventos de NE, persistentes por diversos dias seguidos, podem desenvolver uma ressurgência intensa, com temperaturas em superfície inferiores a 15°C, próximo à costa de CF, especialmente durante os meses do verão, quando a ASAS se encontra melhor configurada e atuante. Tais temperaturas são cerca de 10°C mais frias do que as encontradas nas porções centrais e exteriores à plataforma na mesma latitude (Castro e Miranda, 1998).

Na região de CF, tais eventos possuem fortes sinais sazonais, que estão

concentrados entre setembro e abril. Durante esta época do ano, o centro de alta pressão associado à ASAS é responsável pelos ventos de NE, os quais fluem paralelamente à linha de costa da região, sendo um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento da ressurgência. Durante o outono e a primavera, há o aumento da frequência de passagem de sistemas frontais sobre a região, os quais tendem a inibir o processo de ressurgência. A sazonalidade da ressurgência também pode estar relacionada à migração da ACAS para a plataforma continental durante os meses de verão (Rodrigues e Lorenzetti, 2001). Além disso, o fato da plataforma continental próxima a CF ser estreita favorece a disponibilidade da ACAS em níveis mais superficiais da coluna d'água.

Relacionando o fato de que a circulação de brisas é resposta direta do gradiente de temperatura entre o continente e o oceano, espera-se que a ressurgência possua influência direta neste mecanismo. Estudos anteriores como o de Franchito *et al.* (2007) e Oda (1997) demonstram a forte relação entre a ocorrência da ressurgência e a intensificação de brisas, na região de CF, como um *feedback* positivo.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar numericamente, através do modelo atmosférico *Weather Research and Forecast* (WRF), o impacto da ressurgência costeira de CF no mecanismo de circulação de brisas no litoral do estado do Rio de Janeiro.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção serão fornecidos detalhes a respeito dos dados utilizados e o modelo numérico.

2.1 Dados

O período selecionado compreende os dias 21/11/2013 e 03/12/2013, pois houve a ocorrência de um fenômeno de ressurgência significativo, com TSM inferiores a 15°C. Os dados de TSM *in situ* foram adquiridos por uma boia meteoceanográfica, pertencente ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), localizada no litoral de Arraial do Cabo, nas coordenadas 22,995°S e 042,186°W (Figura 1). Ela coletou medições horárias de pressão atmosférica, temperatura do ar, irradiância, direção, intensidade e rajada de ventos, além da TSM em oito níveis: 10, 15, 20, 25, 35, 45 e 50 metros e na superfície.

Além da TSM *in situ*, outro conjunto de dados foi utilizado. O primeiro, adquirido diretamente do modelo global CFSv2, sendo constituído da climatologia de TSM elaborada com dados dos sensores Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), de novembro de 1981 até maio de 2002, e de 2002 em diante, uma combinação dos sensores AVHRR e *Advanced Microwave Scanning Radiometer - Earth Observing System* (AMSR-E) com resolução espacial de 0.25 graus de latitude e longitude.

O segundo conjunto foi obtido através da concatenação de duas bases de dados,

um produto de sensoriamento de alta resolução (1km) gerado pelo projeto Rede de Modelagem e Observação Oceanográfica (REMO) e outro por dados observados *in situ* pela boia meteoceanográfica pertencente ao IEAPM (Lima *et al.*, 2013).

A TSM gerada pela REMO, é um produto de alta resolução horizontal (1km) que consiste em uma composição de produtos provenientes de sensores a bordo dois satélites ambientais: Metop-A e NOAA-19. O método de interpolação subótima de Barnes é utilizado para minimizar o efeito de atenuação provocado pela nebulosidade. Foi criado um campo sintético de ressurgência a partir dos dados da boia meteoceanográfica e os dados estimados pelo método interpolação subótima da REMO, supracitado. Devido a problema em adquirir o produto de sensoriamento remoto gerado pela REMO para a data do estudo, o campo sintético de TSM usados retrata o cenário do dia 11/12/2014, onde havia atuação de um sistema de alta pressão sobre a região de estudo, favorável à ocorrência da ressurgência, bem como valores de TSM de balde na ordem de 17°C, observados pela boia meteoceanográfica da REMO e que indicaram a possibilidade de ocorrência deste fenômeno.

A partir do campo sintético de TSM, estimado pela REMO, os valores de TSM da boia e do *pixel* mais próximo correspondente à localização da boia do IEAPM foram comparados. Em seguida, foi calculada a diferença entre as TSMs estimadas e medidas, cujo valor encontrado foi 6,63°C. A partir desta diferença foi selecionada uma região considerada como representativa da atuação da ressurgência e todos os valores da estimativa da REMO foram subtraídos da diferença encontrada. O campo espacial de TSM gerado a partir do procedimento descrito pode ser observado na Figura 2. Devido à metodologia aplicada para definir uma área considerada como representativa da ressurgência, foi gerada uma faixa de descontinuidade entre as TSMs, onde os menores valores se encontram nas proximidades do litoral do estado do Rio de Janeiro.

Dessa forma, foram definidos dois experimentos numéricos, representados na Tabela 1, como casos CONTROLE e REMO.

2.1.1 Período de estudo e aspectos sinóticos do estudo de caso

O período de estudo foi escolhido pois houve uma ressurgência significativa, com TSM inferior a 15°C. Além disso, entre os dias 21/11/2013 e 22/11/2013 houve atuação da ASAS sobre a região de interesse e a aproximação de um sistema frontal na divisa entre os estados de SP e RJ. Tal sistema passou sobre a região de CF no dia 23/11/2013, enquanto nos dias seguintes (24, 25 e 26), houve um cavado em superfície concomitante ao Jato Subtropical em 200hPa, dando suporte dinâmico para desenvolvimento de nebulosidade. Nos dias 27, 28 e 29 a ASAS voltou a atuar sobre a região, induzindo um escoamento predominantemente de N-NE. A partir do dia 30/11/2013 até 03/12/2013 uma outra frente fria passou pelo oceano Atlântico afastada do litoral, mas alterou o escoamento predominante

de ventos oriundos de sul. Dessa forma, apesar de todo o período analisado, visando averiguar o mecanismo de circulação de brisas propriamente dito, o foco do estudo foi direcionado para o intervalo entre os dias 27/09/2013 e 29/11/2013.

2.2 O modelo atmosférico

As simulações foram realizadas com o modelo atmosférico regional *Weather Research and Forecasting* (WRF), utilizando as condições iniciais e de contorno atmosféricas provenientes do *Climate Forecast System version 2* (CFSv2), que é um modelo acoplado, composto pelos componentes atmosférico, oceânico, terrestre e de gelo marinho (Saha *et al.*, 2014), com informações atualizadas a cada seis horas. A resolução espacial horizontal é igualmente espaçada em 0,5° de longitude/latitude.

Os domínios de integração do modelo WRF foram configurados com quatro grades aninhadas com resoluções espaciais de 27km, 9km e 3km e ajustado com 30 níveis verticais. Entretanto, foram analisados somente os resultados obtidos pela grade de 3km.

As parametrizações utilizadas na configuração do modelo são apresentadas na Tabela 2. Tais parametrizações foram escolhidas com base na experiência de trabalhos técnicos realizados anteriormente, em regiões próximas a área de interesse.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foi analisada a energia cinética integrada em toda a superfície do domínio do modelo, para a grade de maior resolução, com a finalidade de avaliar numericamente as condições de equilíbrio dinâmico e termodinâmico. A partir da análise (Figura 3) foi possível notar a existência de um padrão ondulatório bem comportado durante todo o período de integração, indicando que o modelo permaneceu em equilíbrio.

A partir dos resultados, foram analisados os comportamentos das componentes zonal e meridional do vento, bem como os vetores de vento a 10 metros e a temperatura do ar a 2 metros, tanto em campos médios como em anomalia. A anomalia neste estudo foi considerada como a diferença entre os resultados obtidos pelo experimento REMO e Controle, respectivamente.

Ao observar a TSM das duas condições forçadas no modelo atmosférico (controle e REMO), notou-se padrões completamente diferentes entre as fontes CFSv2 e REMO, com máximas discordâncias de até 10 °C (Figura 4).

Visando filtrar as influências da escala sinótica atuante entre os dias 27/11/2013 e 29/11/2013, foram calculadas as anomalias do vento a 10 metros. Notou-se a partir da análise da Figura 5, que o experimento REMO detectou a existência de um sinal da brisa terrestre a partir das 00Z do dia 27/11/2013. No período entre 03Z às 06Z, percebe-se nos resultados do experimento REMO que existe um escoamento do continente para o mar perpendicular à linha de costa desde a mesorregião Metropolitana até a região Norte.

Observa-se que a partir das 17Z do dia 27/11/2013 (Figura 6) nos resultados do

experimento REMO, ocorreu uma inversão do escoamento, fluindo do mar para o continente, caracterizando a brisa marítima com direção SE. O escoamento mais intenso e a melhor configuração do mecanismo de brisa observado nos resultados do experimento REMO, indicaram que o maior gradiente de temperatura terra-mar causado pelas TSM inferiores, intrínsecas ao experimento REMO, intensificaram e evidenciaram a circulação de brisa em grande parte do litoral do estado do Rio de Janeiro.

No intuito de verificar a circulação total, incluindo a corrente de retorno em níveis mais elevados, tornou-se necessário analisar o perfil vertical dos escoamentos zonais e meridionais em três pontos distintos: Arraial do Cabo (22,95°S, 042,05°W), Cabo Frio (22,89°S, 042,05°W) e Cabo de São Tomé (21.90°S, 041,00°W).

Percebeu-se através da análise anomalia da componente meridional (Figura 7), que no início do período de estudo, a anomalia encontrada é relativamente pequena em comparação com o restante da série temporal. Durante os dias 23 e 26/11/2013, o escoamento foi intenso e de sul, atribuído à passagem do sistema frontal pela região de interesse. Maiores valores de diferença apontaram a discrepância de direção do vento, principalmente no dia 25/11/2013. Tal diferença foi atribuída ao fato do experimento Controle obter resultados de ventos na direção NE-E, correspondente a circulação do sistema de alta pressão, enquanto o experimento REMO apresentou ventos na direção W-SW.

Os valores negativos de diferença encontrados entre os dias 27/11/2013 e 28/11/2013, podem ser atribuídos à maior intensidade do sinal da brisa marítima encontrado nos resultados do experimento REMO. Tal sinal também pode ser visualizado na Figura 8, onde os maiores valores, em módulo, são observados nos resultados do experimento REMO. Após esse período, a atuação de um cavado em baixos níveis, com suporte em altitude, muda o regime de escoamento e o padrão encontrado é semelhante ao analisado no período entre os dias 23/11/2013 e 25/11/2013.

Na Figura 8 é apresentada a distribuição espacial vertical da componente zonal do vento. Entre os dias 28 e 29/11/2013 é possível perceber valores positivos entre os níveis de 900hPa e 800hPa, que correspondem respectivamente a 1km e 2km de altitude na atmosfera (Figura 9). Estes valores possivelmente representam a corrente de retorno da brisa marítima, uma vez que o mecanismo de brisa possuiu tempo para se configurar, já que seu escoamento se iniciou no dia 27/11/2013. Apesar da corrente de retorno ter sido observada, o fato do modelo atmosférico estar configurado com 30 níveis verticais pode dificultar a sua representação, uma vez que a resolução espacial vertical diminui com a altura da camada atmosférica.

A Figura 9 apresenta o campo de temperatura a 2 metros para ambos os experimentos. A partir da análise dos resultados obtidos no experimento REMO, notou-se uma descontinuidade dos resultados nas proximidades do paralelo 24°S. Isso se deve à mudança abrupta dos valores de TSM naquela região, causados a partir da metodologia de elaboração do campo sintético de TSM. Com isso, pode-se afirmar que os valores de

temperatura a 2 metros, principalmente sobre o oceano, respondem diretamente ao campo de TSM subsequente.

Percebe-se também que a partir do horário das 12Z existe uma clara diferença nos resultados encontrados. Os resultados do experimento REMO apontam temperaturas inferiores em comparação ao experimento Controle. Isso pode ser atribuído à maior intensidade da circulação de brisa marítima observado no experimento REMO. Ventos mais intensos nas direções NE-E transportam uma camada de ar mais fria e úmida, resultado da TSM inferior próxima à linha de costa.

A Figura 10 contém os gráficos comparativos dos dados observados na boia meteoceanográfica e os resultados obtidos pelos dois experimentos. São analisadas as seguintes variáveis; pressão atmosférica ao nível do mar, temperatura do ar a 2m, direção e intensidade do vento a 10m.

A Tabela 3 contém os resultados estatísticos obtidos pela análise comparativa entre os dados observados na boia meteoceanográfica e resultados encontrados via modelagem numérica em cada experimento, sendo apresentados os resultados de desvio padrão, RMSE e correlação. A partir de sua análise pode-se notar que os valores de desvio padrão e RMSE encontrados a partir dos resultados do experimento Controle são inferiores ao encontrados no experimento REMO, indicando que os resultados obtidos no experimento Controle são, em geral, mais coerentes com os dados observados do que os resultados obtidos através do experimento REMO. Ressalta-se que para a intensidade do vento, apesar da correlação obtida pelos resultados do experimento REMO ser ligeiramente inferior, os valores de RMSE e Desvio Padrão indicam que a representação desta variável pelo experimento REMO foi mais coerente com o observado.

Observa-se, então, que o fato de a TSM do experimento REMO ter sido mantida constante ao longo de toda a simulação influenciou diretamente os resultados, principalmente nos campos de pressão atmosférica ao nível do mar e de temperatura do ar a 2m. Entende-se que tais divergências se dão ao fato dos fluxos radiativos próximos à superfície terem sido diretamente influenciados pela TSM mais baixa do experimento REMO.

4 | CONCLUSÕES

A avaliação numérica do impacto da ressurgência costeira em CF no mecanismo de circulação de brisas, através modelo WRF, foi apresentada sob duas condições de contorno de TSM durante o período de 23/11/2013 e 03/12/2013. A primeira utilizando as condições de TSM proveniente do modelo atmosférico global CFSv2 (caso Controle) e a segunda uma composição de dados estimados via satélite usando correções de TSM observadas em uma boia meteoceanográfica pertencente ao IEAPM na costa do RJ (caso REMO).

A partir dos resultados notou-se que após a filtragem do sinal sinótico do escoamento foi possível perceber o mecanismo de circulação de brisa na sua forma pura, assim como

descrito na literatura.

O experimento REMO revelou a presença do mecanismo de circulação de brisa. Com relação à brisa terrestre, algumas regiões como a Baía de Sepetiba apresentaram características clássicas do mecanismo investigado, com ventos de norte durante a madrugada e de sul no período da tarde. Com relação à brisa marítima, nota-se um sinal mais intenso na Região Norte e Noroeste, com ventos na direção NE-E que alcançaram a divisa entre os estados de RJ e MG, aproximadamente 200 km continente adentro. Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Franchito *et al* (1998).

Percebeu-se a diferença dos resultados de temperatura a 2 metros entre os dois experimentos. A TSM mais fria do experimento REMO exerceu papel fundamental nos resultados de temperatura a 2 metros, sendo possível observar que os ventos provenientes da brisa marítima advectam uma camada de ar mais fria e úmida, causando diminuição no campo de temperatura.

Apesar das limitações relacionadas à configuração dos níveis verticais do modelo, foi possível notar a existência a corrente de retorno associada à componente zonal do vento aproximadamente no nível de 900 hPa.

Através de resultados estatísticos como desvio padrão, RMSE e correlação, encontrados a partir dos experimentos REMO e Controle, concluiu-se que apesar das limitações encontradas na metodologia de construção das condições de contorno sobre o oceano neste estudo, as menores temperaturas de TSM, intrínsecas ao experimento REMO, foram responsáveis por uma melhora na representação da intensidade do vento no período estudado. Porém, para as demais variáveis observadas o experimento Controle apresentou resultados mais consistentes com o observado.

Conclui-se que o campo de TSM impacta de maneira significativa nas condições de circulação de brisas da região de interesse. Da mesma forma, sugere-se que a ressurgência costeira de CF, conseqüentemente o intenso gradiente de temperatura entre terra e mar, contribui de forma importante no escoamento de vento e no campo de temperatura a 2 metros nos primeiros 200 km do litoral do estado do Rio de Janeiro. Porém, a metodologia utilizada que manteve constante a TSM com baixos valores no experimento REMO influenciou diretamente na representação das condições observadas pela boia meteorológica.

É importante frisar que o campo sintético da TSM foi elaborado com base no dia 11/12/2014 e que a persistência da TSM constante durante todo o período da simulação pode exercer um papel limitador na representação das condições de tempo, principalmente no período ao qual houve a passagem da frente fria. Em contrapartida, foi possível perceber que a TSM possui importante influência também no desenvolvimento do ciclone transiente próximo à costa do estado do Rio de Janeiro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro ao desenvolvimento da pesquisa e ao Laboratório de Meteorologia Aplicada (LMA), especialmente ao pesquisador Rodrigo Carvalho pelo apoio na parte de sensoriamento remoto que foi fundamental na elaboração da metodologia da segunda condição de contorno utilizada neste estudo.

REFERÊNCIAS

- CASTRO, Belmiro M. et al. Multidisciplinary oceanographic processes on the Western Atlantic continental shelf between 4 N and 34 S. *The sea*, v. 11, p. 209-251, 2006.
- CHOU, Ming-Dah; SUAREZ, Max J. A solar radiation parameterization (CLIRAD-SW) for atmospheric studies. *NASA Tech. Memo*, v. 10460, p. 48, 1999.
- FRANCHITO, Sergio H. et al. Interaction between coastal upwelling and local winds at Cabo Frio, Brazil: an observational study. *Journal of applied meteorology and climatology*, v. 47, n. 6, p. 1590-1598, 2008.
- FRANCHITO, S. H. et al. The effect of coastal upwelling on the sea-breeze circulation at Cabo Frio, Brazil: a numerical experiment. In: *Annales Geophysicae*. Springer-Verlag, 1998. p. 866-881.
- HONG, Song-You; NOH, Yign; DUDHIA, Jimy. A new vertical diffusion package with an explicit treatment of entrainment processes. *Monthly weather review*, v. 134, n. 9, p. 2318-2341, 2006.
- HONG, Song-You; LIM, Jeong-Ock Jade. The WRF single-moment 6-class microphysics scheme (WSM6). *J. Korean Meteor. Soc.*, v. 42, n. 2, p. 129-151, 2006.
- LIMA, Jose Antonio Moreira et al. Design and implementation of the Oceanographic Modeling and Observation Network (REMO) for operational oceanography and ocean forecasting. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 31, n. 2, p. 210-228, 2013.
- KAIN, John S. The Kain–Fritsch convective parameterization: an update. *Journal of applied meteorology*, v. 43, n. 1, p. 170-181, 2004.
- ODA, T. O. Influência da ressurgência costeira de Cabo Frio sobre a evolução diurna da Camada Limite Atmosférica. *Anais dos Congressos Brasileiros de Meteorologia 1980-2006*, 1997.
- ORLANSKI, Isidoro. A rational subdivision of scales for atmospheric processes. *Bulletin of the American Meteorological Society*, p. 527-530, 1975.
- PAULSON, Ca A. The mathematical representation of wind speed and temperature profiles in the unstable atmospheric surface layer. *Journal of Applied Meteorology*, v. 9, n. 6, p. 857-861, 1970.
- RODRIGUES, Regina R.; LORENZZETTI, João A. A numerical study of the effects of bottom topography and coastline geometry on the Southeast Brazilian coastal upwelling. *Continental Shelf Research*, v. 21, n. 4, p. 371-394, 2001.

SAHA, S. et al. The NCEP climate forecast system. *Journal of Climate*, v. 19, n. 15, p. 3483-3517, 2006.

SCHMIDT, F. H. An elementary theory of the land-and sea-breeze circulation. *Journal of Meteorology*, v. 4, n. 1, p. 9-20, 1947.

SMITH, Robert L. Upwelling. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, v. 6, p. 11-46, 1968.

SVERDRUP, Harald Ulrik et al. *The Oceans: Their physics, chemistry, and general biology*. New York: Prentice-Hall, 1942.

TEWARI, Mukul et al. Implementation and verification of the unified NOAA land surface model in the WRF model. In: 20th conference on weather analysis and forecasting/16th conference on numerical weather prediction. 2004.

LISTA DE FIGURAS



Figura 1. Localização geográfica da boia meteoceanográfica pertencente ao IEAPM. Fonte: Google Maps®

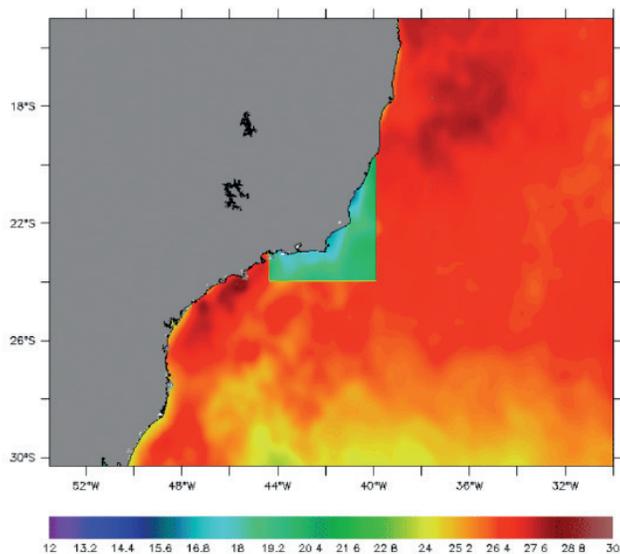


Figura 2. Campo de TSM utilizado como condição de contorno oceanográfica obtida através de valores estimados via satélite, corrigidos a partir de valores da boia meteoceanográfica pertencente ao IEAPM, TSM(°C)



Figura 3. Energia Cinética integrada em todo o domínio do modelo atmosférico na grade de maior resolução nos experimentos: Linha pontilhada REMO e linha contínua Controle.

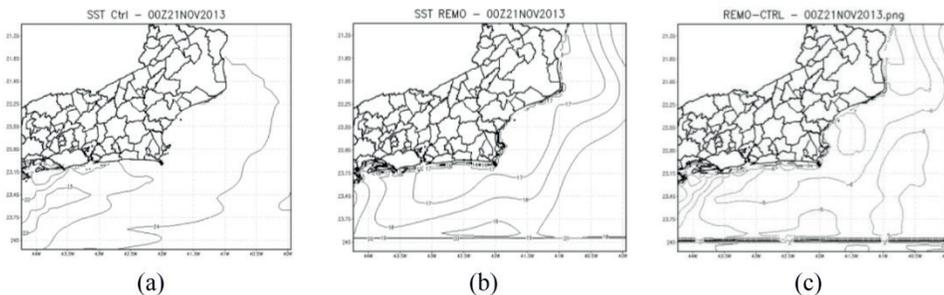


Figura 4. (a) TSM proveniente do CFSv2 utilizada como condição de contorno oceanográfica no experimento Controle, (b) TSM REMO utilizada como condição de contorno oceanográfica no experimento REMO e (c) anomalia de TSM obtida pela subtração dos campos REMO e CFSv2.

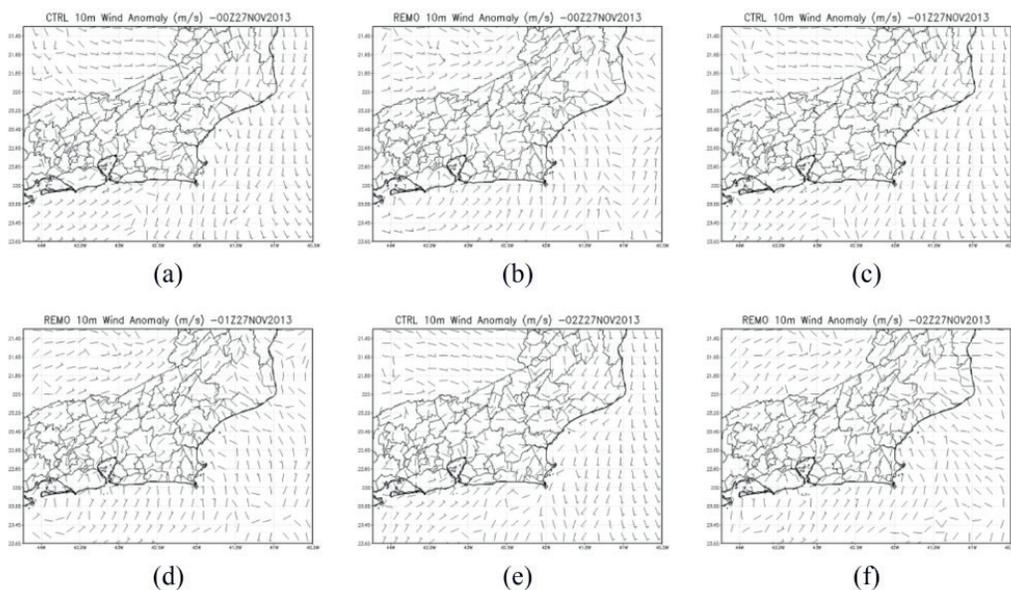
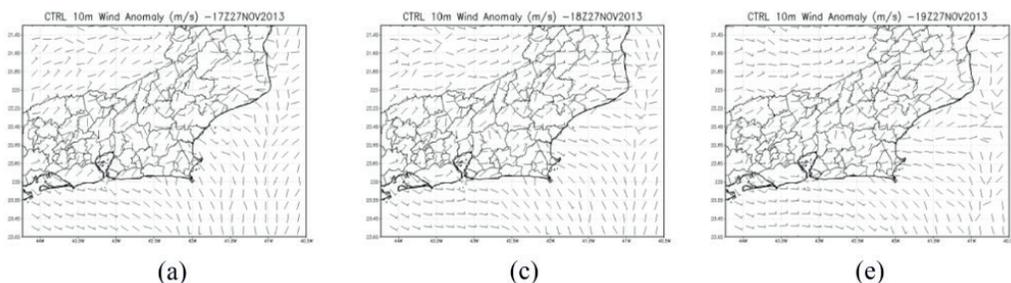


Figura 5. Resultado de anomalia de vento a 10 metros durante a madrugada dos experimentos: Controle (a), (c) e (e), REMO (b), (d) e (f).



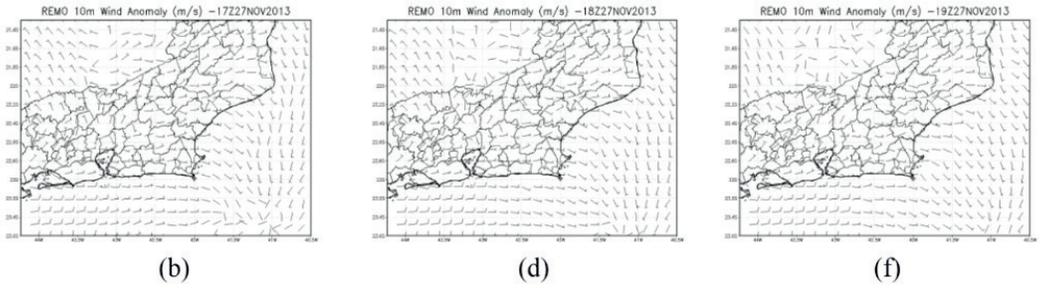


Figura 6. Resultado de anomalia de vento a 10 metros durante a tarde dos experimentos: Controle (a), (c) e (e), REMO (b), (d) e (f).

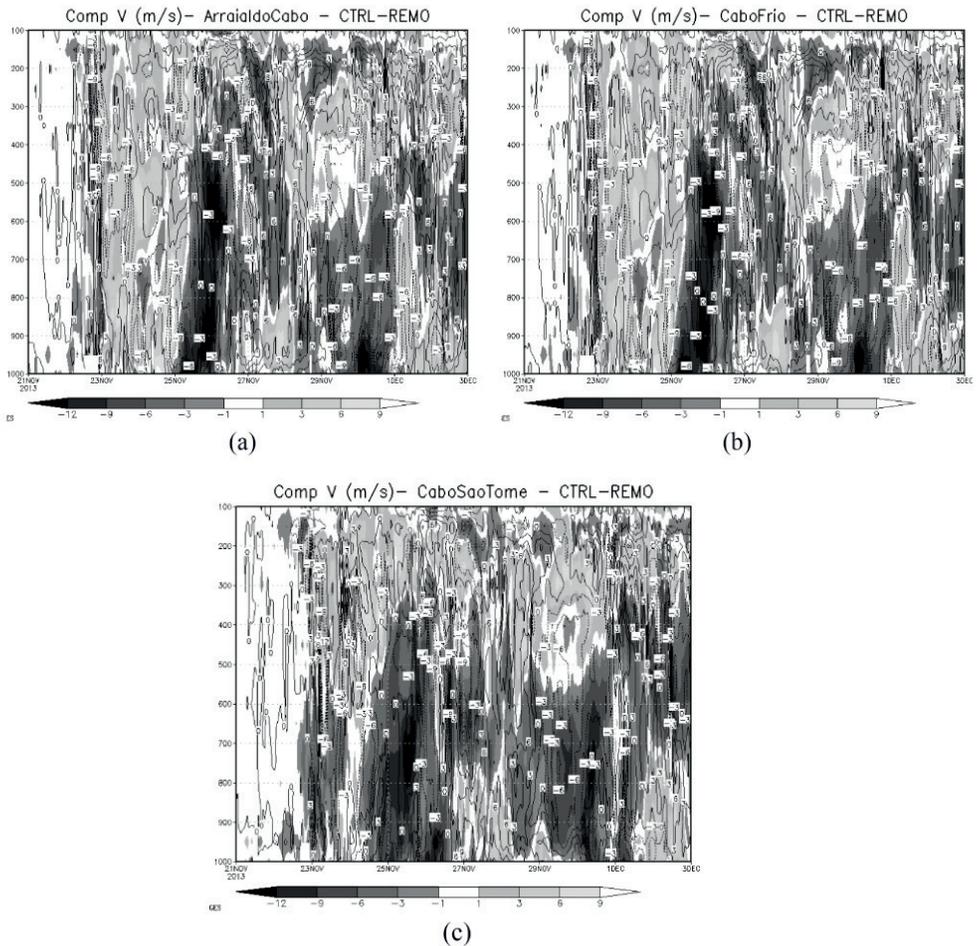


Figura 7. Série temporal da componente meridional do vento através da diferença entre os resultados obtidos pelo Controle e REMO. (a) Arraial do Cabo, (b) Cabo Frio e (c) Cabo de São Tomé.

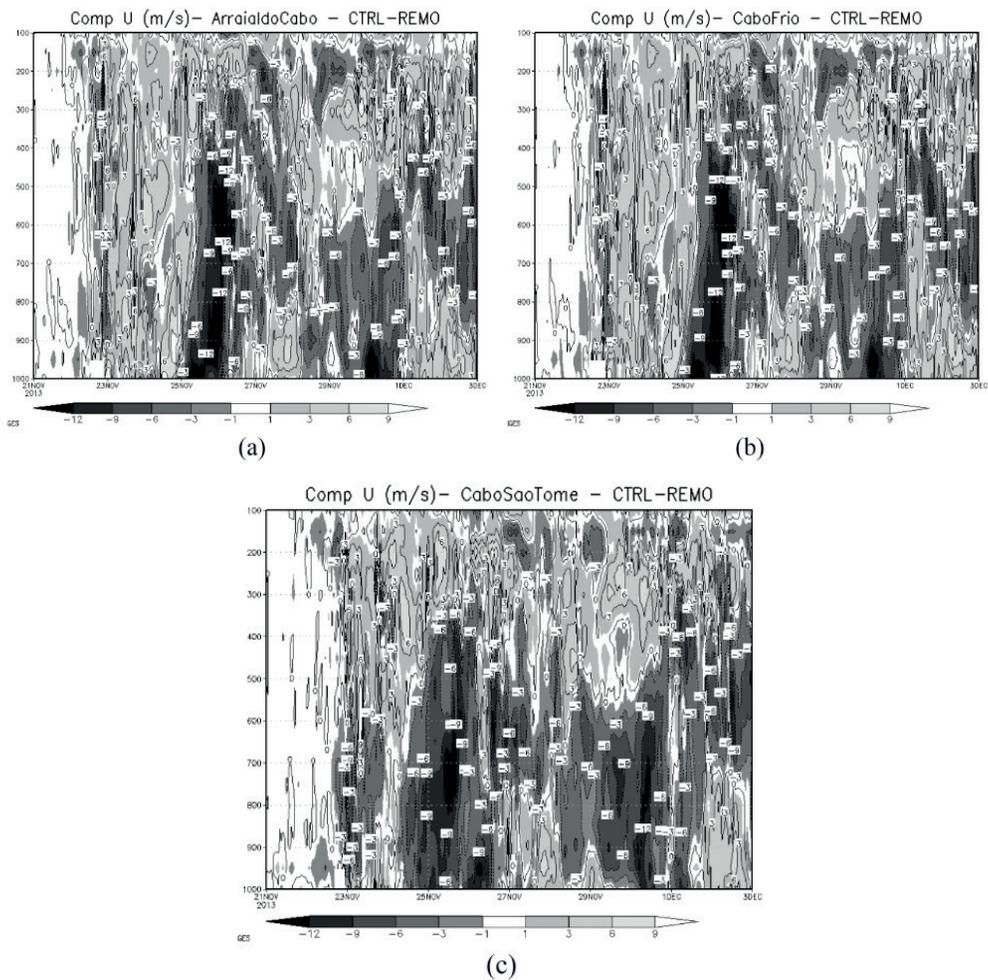
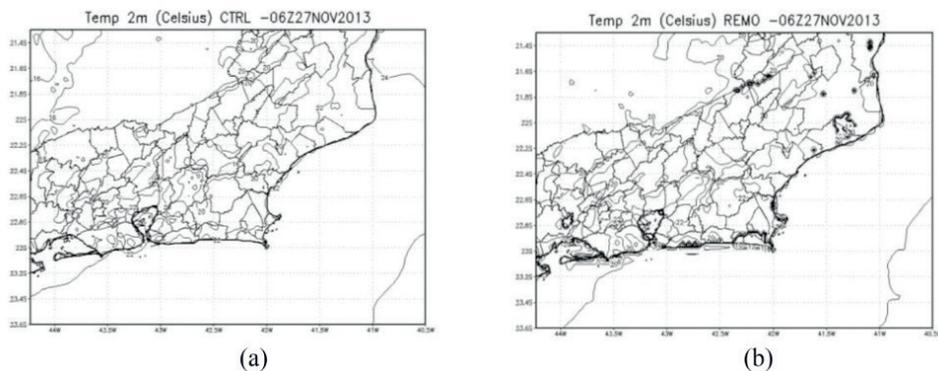
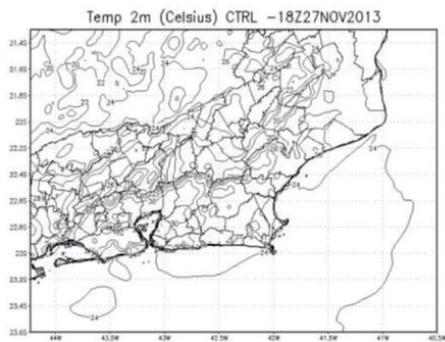
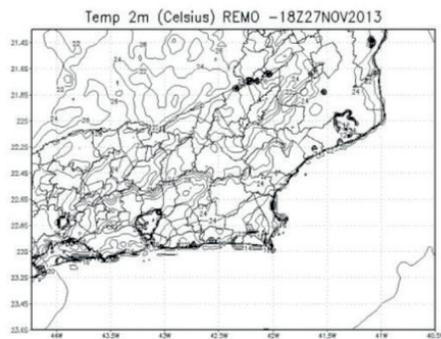


Figura 8. Série temporal da componente zonal do vento através da diferença entre os resultados obtidos pelo Controle e REMO. (a) Arraiado do Cabo, (b) Cabo Frio e (c) Cabo de São Tomé.



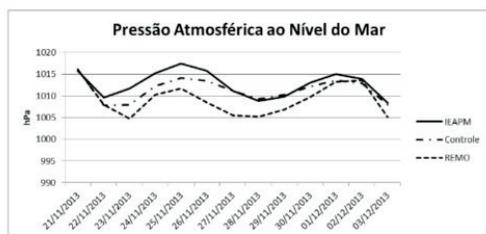


(c)

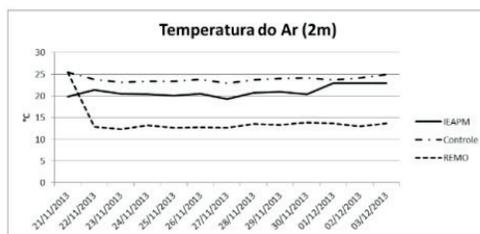


(d)

Figura 9. Resultado de temperatura a 2 metros dos experimentos: Controle (a) e (c), REMO (b) e (d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 10. Comparativo dos dados observados pela boia meteoceanográfica e os resultados obtidos pelos experimentos: (a) pressão atmosférica ao nível do mar, (b) temperatura do ar a 2m, (c) direção do vento a 10m e (d) intensidade do vento a 10m.

LISTA DE TABELAS

Condição Atmosférica	Condição Oceanográfica	Resultado
CFSv2	CFSv2	Controle
CFSv2	REMO	REMO

Tabela 1. Esquema representativo da nomenclatura utilizada para os experimentos realizados.

Categoria	Opção	Referência
Microfísica	WSM 6	Hong <i>et al</i> (2006)
Radiação de Onda Longa	New GoodartLongwave	Chou (1999)
Radiação de Onda Curta	New GoodartShortwave	Chou (1999)
Camada Limite Atmosférica	YSU	Hong <i>et al</i> (2006)
Cumulus	Kain–Fritsch	Kain–Fritsch (2004)
Camada Superficial Atmosférica	MM5 SimilarityScheme	Paulson (1970)
Superfície terrestre	Unified Noah Land Surface Model	Tewari <i>et al</i> (2004)

Tabela 2. Parametrizações utilizadas durante as simulações numéricas com o modelo WRF.

		Desvio Padrão	RMSE	Correlação
Pressão ao nível do mar	REMO	2,71	3,83	0,69
	Controle	1,20	1,70	0,79
Temperatura do ar a 2m	REMO	5,38	3,85	-0,18
	Controle	2,09	2,96	0,18
Direção do vento	REMO	53,03	74,99	0,40
	Controle	46,84	66,24	0,53
Intensidade do vento	REMO	1,37	1,94	0,62
	Controle	2,19	3,10	0,67

Tabela 3. Resultados estatísticos obtidos através dos dados observados na boia meteorológica do IEAPM e resultados encontrados em cada experimento; desvio padrão, RMSE e correlação.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altitudes normais ortométricas 109
Ambiente Depositional 1, 6, 7, 9, 10, 11
Anemômetro 136, 138, 140, 141, 143
APPs 198, 201, 206, 208
Argilominerais neoformados 116

B

Bacia do Paraná 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13
Barragens 8, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
Biomarcadores 1, 2, 3, 6, 7, 8, 11

C

Chandler 157, 158, 163, 164, 165
Classificação de Imagens 30, 172, 198, 204, 205, 209
Clima 15, 19, 43, 44, 45, 53, 78, 117, 137, 140, 171, 180, 182, 193, 195, 211
Cobertura do Solo 182, 198, 204
Curitiba 9, 12, 41, 115, 198, 201, 203, 204, 208, 209, 211

D

Dam Break 8, 145, 146, 150
Desastres 8, 44, 55, 151, 152, 153, 155

E

Educação 15, 18, 19, 20, 26, 27, 41
ENOS 43, 44, 48, 51, 52, 54, 56, 180, 185, 188
Enriquecimento laterítico 116, 131
Equações Empíricas 145, 146, 147, 148
Escala de Beaufort 136
Escândio 8, 116, 125, 130
Euterpe Oleracea 136, 143
Evolução Temporal 30, 182

F

Formação Irati 6, 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14

G

Geodésia 100, 110, 158

Gestão ambiental 30

Gravimetria 109

Greenstone Belt Morro do Ferro 116, 117, 118

I

Imagens de Satélite 30, 31, 40, 199, 202, 209

Interpolação 55, 68, 80, 94, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115

L

Legislação Ambiental 167, 168, 169

M

Medidas 8, 63, 64, 65, 80, 96, 110, 111, 150, 151, 152, 153, 155, 169, 182, 184

Morfometria fluvial 167, 174

Movimento Polar 157, 158, 163, 164

Mudanças Climáticas 110, 168, 180, 182

Museu 6, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 135

P

Planejamento Urbano 199, 203

Plano de Ação 145

R

Rios Urbanos 167, 168, 173, 174, 175, 205

S

Sensoriamento Remoto 6, 30, 31, 32, 34, 37, 40, 41, 74, 80, 85, 167, 168, 198, 201, 209

T

Tempo 5, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 31, 40, 44, 46, 63, 78, 82, 84, 100, 101, 103, 107, 110, 137, 139, 146, 147, 148, 149, 163, 186, 196, 204

Terremoto 8, 157, 158, 159, 160, 162, 164, 165, 166

TSM 6, 43, 44, 45, 47, 48, 54, 55, 56, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 88

U

Urbanização 40, 167, 168, 175, 176, 177, 180, 186, 197

V

Variável hidrológica 44

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021

GEOCIÊNCIAS:

A história da terra



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021