

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências 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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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 Rio de Janeiro
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 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
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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 Gonçalo 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 Miranilde 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

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Francisco Odécio Sales

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C749 Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-424-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.242213108>

1. Ciências exatas e da terra - Estudo e ensino. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 507

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; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

A obra “Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares das ciências exatas e da terra aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu I volume, apresenta, em seus 26 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca do ensino e educação. As Ciências Exatas e da Terra englobam, atualmente, alguns dos campos mais promissores em termos de pesquisas atuais. Estas ciências estudam as diversas relações existentes da Astronomia/Física; Biodiversidade; Ciências Biológicas; Ciência da Computação; Engenharias; Geociências; Matemática/ Probabilidade e Estatística e Química. O conhecimento das mais diversas áreas possibilita o desenvolvimento das habilidades capazes de induzir mudanças de atitudes, resultando na construção de uma nova visão das relações do ser humano com o seu meio, e, portanto, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas. A ideia moderna das Ciências Exatas e da Terra refere-se a um processo de avanço tecnológico, formulada no sentido positivo e natural, temporalmente progressivo e acumulativo, segue certas regras, etapas específicas e contínuas, de suposto caráter universal. Como se tem visto, a ideia não é só o termo descritivo de um processo e sim um artefato mensurador e normalizador de pesquisas. Neste sentido, este volume é dedicado aos trabalhos relacionados a ensino e aprendizagem. A importância dos estudos dessa vertente, é notada no cerne da produção do conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento. Os organizadores da Atena Editora, agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada. Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Francisco Odécio Sales

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A IMPORTÂNCIA DOS VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT) EM TRABALHOS DE CAMPO E NOS MAPEAMENTOS TEMÁTICOS DE ANÁLISE AMBIENTAL

Victor Hugo Holanda Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131081>

CAPÍTULO 2..... 12

A HISTÓRIA DA ESTRADA DE FERRO DE ILHÉUS E A TERMODINÂMICA: CONTRIBUIÇÕES AO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL

Thais Barbosa dos Santos Moura

Adriano Marcus Stuchi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131082>

CAPÍTULO 3..... 32

AMBIENTE COLOABORATIVO PARA APRENDIZAGEM CONTEXTUALIZADA DE PROGRAMAÇÃO

Maísa Soares dos Santos Lopes

Rodrigo Silva Lima

João Vitor Oliveira Ferraz Silva

Helber Henrique Lopes Marinho

Alzira Ferreira da Silva

Roque Mendes Prado Trindade

Antônio Cezar de Castro Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131083>

CAPÍTULO 4..... 47

ANÁLISE DOS PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL

Karla Nadal

Ronaldo Ferreira Maganhotto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131084>

CAPÍTULO 5..... 60

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE

José Carlos Mendonça

Thiago Pontes da Silva Peixoto

Claudio Martins de Almeida

Lorenzo Montovaneli Lazarini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131085>

CAPÍTULO 6..... 74

ANÁLISIS TOPOGRÁFICO Y MORFOMÉTRICO HIDROLÓGICAMENTE CONSISTENTE PARA LA DELIMITACIÓN DE LA CUENCA ILO-MOQUEGUA

Osmar Cuentas Toledo

Alberto Bacilio Quispe Cohaila

Aloísio Machado da Silva Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131086>

CAPÍTULO 7..... 86

APPINFOCOVID: APLICATIVO MÓVEL PARA DISPONIBILIZAR INFORMAÇÕES SOBRE A COVID-19

Helder Guimarães Aragão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131087>

CAPÍTULO 8..... 92

CONDIÇÕES SOCIAIS DE SAÚDE, SANEAMENTO E QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DE MUNICÍPIOS DO OESTE DA BAHIA (BR)

Flávio Souza Batista

Manoel Jerônimo Moreira Cruz

Manuel Vitor Portugal Gonçalves

Antônio Bomfim da Silva Ramos Junior

Rodrigo Alves Santos

Cristina Maria Macêdo de Alencar

Débora Carol Luz da Porciúncula

José Jackson de Souza Andrade

Ana Cláudia Lins Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131088>

CAPÍTULO 9..... 111

CONSTRUINDO UM CANHÃO ELETROMAGNÉTICO DE BAIXO CUSTO

Carolina Rizziolli Barbosa

João Paulo da Silva Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2422131089>

CAPÍTULO 10..... 117

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS CINÉTICOS E TERMODINÂMICOS DA REAÇÃO DE OXIDAÇÃO DO BIODIESEL COMERCIAL SOB EFEITO DE EXTRATO DE ALECRIM (*Rosmarinus Officinalis* L.)

José Gonçalves Filho

Hágata Cremasco Silva

Ana Carolina Gomes Mantovani

Letícia Thaís Chendynski

Karina Benassi Angilelli

Dionisio Borsato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310810>

CAPÍTULO 11	129
ENSINO POR EXPERIMENTAÇÃO-UMA PROPOSTA PARA O ESTUDO LEI DE LAMBERT BEER	
Pedro José Sanches Filho	
Alex Mercio Mendez Larrosa	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310811	
CAPÍTULO 12	144
FEIÇÕES MAGMÁTICAS NA PORÇÃO SUL DA BACIA DE CAMPOS E SUA RELAÇÃO COM O SAL	
Elisabeth de Fátima Strobino	
Natasha Santos Gomes Stanton	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310812	
CAPÍTULO 13	156
GEOPROCESSAMENTO DAS VIAS DE VARRIÇÃO DE REGIÕES DE UMA CIDADE USANDO A FERRAMENTA QGIS	
Jonatas Fontele Dourado	
Antônio Honorato Moreira Guedes	
Elias Cícero Moreira Guedes	
Marcos José Negreiros Gomes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310813	
CAPÍTULO 14	161
INVESTIGANDO FATORES PRIMOS COM TRINCAS PITAGÓRICAS	
Alessandro Firmiano de Jesus	
João Paulo Martins dos Santos	
Juan López Linares	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310814	
CAPÍTULO 15	176
MODELAGEM DE VAZAMENTOS MARINHOS DE ÓLEO E SUSCETIBILIDADE EM ÁREAS COSTEIRAS E ESTUARINAS	
Caroline Barbosa Monteiro	
Phelype Haron Oleinik	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310815	
CAPÍTULO 16	190
MODELAGEM MATEMÁTICA DA MASSA DE BHA E DE BHT EM BIODIESEL POR REDES PERCEPTRON DE MÚLTIPLAS CAMADAS	
Felipe Yassuo Savada	
Hágata Cremasco Silva	
Ana Carolina Gomes Mantovani	
Letícia Thaís Chendynski	
Karina Benassi Angilelli	
Dionisio Borsato	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310816	

CAPÍTULO 17	202
O ENSINO DE EXPRESSÕES ALGÉBRICAS ATRAVÉS DA RECEITA DE BRIGADEIRO	
Jamile Vieira Goi	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310817	
CAPÍTULO 18	207
ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Leonardo Deosti	
Ana Suellen Gomes da Silva	
Hercília Alves Pereira de Carvalho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310818	
CAPÍTULO 19	220
PROPOSIÇÃO DE MODELOS DE REDUÇÃO DE SONDAGENS BATIMÉTRICAS PARA LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS EM RIOS E RESERVATÓRIOS	
Felipe Catão Mesquita Santos	
Victória Gibrim Teixeira	
Mayke Nogueira de Miranda	
Laura Coelho de Andrade	
Ítalo Oliveira Ferreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310819	
CAPÍTULO 20	236
PRÁTICAS PEDAGÓGICAS APLICADAS A APRENDIZAGEM DE TRABALHOS COM PRESSÕES ANORMAIS	
Valmir Schork	
Claudinei Aparecido Pirola	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310820	
CAPÍTULO 21	241
RISK ASSESSMENT FOR EXISTING MINE TAILING STORAGE FACILITIES IN BRAZIL	
Rafaela Baldi Fernandes	
Mônica Novell Morell	
Siefko Slob	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310821	
CAPÍTULO 22	264
SELEÇÃO DE CRITÉRIOS PARA A DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA EM EIA/RIMA DE ATERROS SANITÁRIOS PELO MÉTODO AHP	
Renan Costa da Silva	
Gerson Araujo de Medeiros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310822	
CAPÍTULO 23	275
SUGESTÕES DE SENSORES DE BAIXO CUSTO PARA ENSINO DE FÍSICA	
Rodrigo Marques de Oliveira	

Rodrigo Coelho Ramos

Douglas Adolfo Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310823>

CAPÍTULO 24..... 283

UMA PROSPECÇÃO ANALÍTICA DO POTENCIAL DE TROCADORES DE CALOR SOLAR EM PELOTAS

Eduardo de Sá Bueno Nóbrega

Ana Maria Bersch Domingues

Ruth da Silva Brum

Jairo Valões de Alencar Ramalho

Régis Sperotto de Quadros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310824>

CAPÍTULO 25..... 294

USO DO *SMARTPHONE* COMO RECURSO DIDÁTICO NO ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA

Janaina Zavilenski de Oliveira

Renato Ribeiro Guimarães

Maurício Antonio Custódio de Melo

Luciano Gonsalves Costa

Perseu Ângelo Santoro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310825>

CAPÍTULO 26..... 303

UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE PILOTADA (RPA) PARA GESTÃO TERRITORIAL E AMBIENTAL DA TERRA INDÍGENA PIRAÍ, MUNICÍPIO DE ARAQUARI/SC: ESTRATÉGIAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETO DE PISCICULTURA

Évelin Moreira Gonçalves

Ângelo Martins Fraga

Laila Freitas Oliveira de Assis

Amanda Elias Alves

Ana Carolina Schmitz da Silva

Felipe Mathia Corrêa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.24221310826>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 315

ÍNDICE REMISSIVO..... 316

UMA PROSPECÇÃO ANALÍTICA DO POTENCIAL DE TROCADORES DE CALOR SOLO-AR EM PELOTAS

Data de aceite: 20/08/2021

Data de submissão: 06/08/2021

Eduardo de Sá Bueno Nóbrega

UNISINOS, Departamento de pós-graduação
em Engenharia Mecânica
São Leopoldo – RS
<http://lattes.cnpq.br/9786392826477279>

Ana Maria Bersch Domingues

Universidade Federal de Pelotas, Licenciatura
em Matemática (diurno)
Pelotas – RS
<http://lattes.cnpq.br/2618273685629089>

Ruth da Silva Brum

Universidade Federal de Pelotas,
Departamento de Matemática e Estatística
Pelotas – RS
<http://lattes.cnpq.br/7298347412058864>

Jairo Valões de Alencar Ramalho

Universidade Federal de Pelotas,
Departamento de Matemática e Estatística
Pelotas – RS
<http://lattes.cnpq.br/0477653233866226>

Régis Sperotto de Quadros

Universidade Federal de Pelotas,
Departamento de Matemática e Estatística
Pelotas – RS
<http://lattes.cnpq.br/2408574220216968>

edificações. Ao contrário dos sistemas tradicionais de ar condicionado, os TCSA empregam uma fonte renovável de energia e podem operar com pouca energia elétrica. Basicamente, os TCSA utilizam dutos subterrâneos, onde o ar circula a fim de trocar calor com o solo. Como as primeiras camadas do solo são mais quentes do que o ar externo no inverno e mais frias no verão, a crosta terrestre pode ser usada como fonte ou sumidouro de calor. Portanto, os dutos deixam o ar com temperaturas mais amenas. Pesquisas recentes mostraram que esses dispositivos podem funcionar adequadamente na região sul do Brasil, onde predomina um clima subtropical, no entanto, as referências existentes são limitadas. Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho térmico dos TCSA considerando a cidade de Pelotas, localizada no estado brasileiro do Rio Grande do Sul. Na metodologia empregada, utiliza-se dados *in situ* do perfil geotécnico do solo obtidos em um determinado local da cidade, através de testes de sondagem à percussão (SPT). Para fazer as simulações computacionais, foi testado e validado um modelo analítico. Os resultados apontam boas perspectivas para as instalações desses dispositivos na cidade de Pelotas aproveitando seu potencial geológico.

PALAVRAS - CHAVE: Trocadores de calor solo-ar (TCSA), modelo analítico, potencial geológico.

RESUMO: Os trocadores de calor solo-ar (TCSA) representam uma opção promissora para reduzir a carga de aquecimento/arrefecimento das

AN ANALYTICAL PROSPECTING OF THE POTENTIAL OF EARTH-AIR HEAT EXCHANGERS IN PELOTAS

ABSTRACT: Earth-air heat exchangers (EAHE) are a promising option to reduce heating or cooling loads of buildings. Unlike traditional air conditioning systems, EAHE employs a renewable energy source. They also need little electricity to operate. Such devices use underground ducts, where the air flows to exchange heat with the soil. As the first soil layers are warmer than the outside air in winter and colder in summer, the Earth's crust can work as a source or sink of heat. Therefore, the air leaves the ducts at mild temperatures. Recent research has shown that southern Brazil (where a subtropical climate predominates) has a high potential for EAHE; however, existing references are limited. This work aims to analyze the thermal performance of EAHE considering the city of Pelotas, located in the Brazilian state of Rio Grande do Sul. In the methodology, we use *in situ* data from standard penetration tests regarding the geotechnical profiles of the city soil. In the computational simulations, an analytical model was tested and validated. The results indicate good prospects for the installations of EAHE in Pelotas, taking advantage of their geological potential.

KEYWORDS: Earth-air heat exchanger (EAHE), analytical model, geological potential.

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, as constantes mudanças climáticas estão relacionadas com a ação humana sobre a natureza. Silva & de Paula (2009) refere-se ao aquecimento global como um fenômeno climático de larga extensão, ou seja, um aumento da temperatura média superficial global, provocado por fatores internos e/ou externos. Fatores internos são complexos e estão associados a sistemas climáticos caóticos não lineares, isto é, inconstantes, devido a variáveis como a atividade solar, a composição físico-química atmosférica, o tectonismo e o vulcanismo. Fatores externos são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores, queimadas etc.

O aumento da temperatura média global tem criado um contraste mais marcado entre as regiões antártica e amazônica. Por sua posição geográfica o estado brasileiro do Rio Grande do Sul sente os efeitos das mudanças em ambas. É o primeiro estado no país a receber a entrada das massas de ar frias, e também é influenciado pelas massas de ar quentes e úmidas que vêm da região amazônica ou do trópico. O que se observa neste cenário de mudança climática global e seu efeito no sul do Brasil é uma intensificação dos contrastes. O estado deverá sofrer nas próximas cinco décadas com incrementos climáticos em todas as estações do ano. Sua temperatura já está 0,8 graus Celsius mais quente na média anual comparado com 30 ou 60 anos atrás, conforme Isaias (2016).

Analisando o extremo sul da região, em específico a cidade de Pelotas, Silva et al. (2005) defende que os efeitos dos valores extremos da temperatura do ar, quando combinados com outras variáveis meteorológicas como, por exemplo, umidade relativa, chuva e ventos intensos, compõem um quadro desfavorável ou mesmo extremamente

danoso. Por exemplo, nos dias quentes do verão a alta umidade, comumente presente, torna os dias sufocantes e inadequados para muitas atividades. Isso leva a população a aumentar a utilização de sistemas de ar condicionado tradicionais.

Dito isso, o uso eficiente de energia somado com a promoção de fontes renováveis está entre os objetivos centrais para os países hoje (Bordoloi et al., 2018; Li et al., 2020). Tendo em vista estes fatores, o trabalho em questão contribui com um estudo de caso, avaliando a instalação de trocadores de calor solo-ar (TCSA) na cidade de Pelotas, localizada no Rio Grande do Sul.

Basicamente, os TCSA consistem na instalação de dutos enterrados a uma determinada profundidade, conectando o ar ambiente interno ao externo, possibilitando fazer uso do solo como uma fonte ou sumidouro de calor, como se vê em (Brum, 2013; Vaz, 2011) e em várias outras referências listadas nesses trabalhos. Uma discussão ampla e recente sobre o estado da arte dos TCSA pode ser obtida ainda em (Agrawal et al., 2019). Além disso, Domingues et al. (2021) apresenta também várias referências sobre a pesquisa de TCSA no Brasil.

Assim, a temperatura do ar é elevada no inverno e reduzida no verão, pois as temperaturas nas camadas superficiais da terra são defasadas em relação às temperaturas do ar ambiente. Cabe destacar que tais dispositivos demandam pouca energia, pois podem usar ventiladores de baixa potência ou técnicas passivas de convecção natural (Domingues et al., 2021). A Figura 1 ilustra o funcionamento de um sistema TCSA..

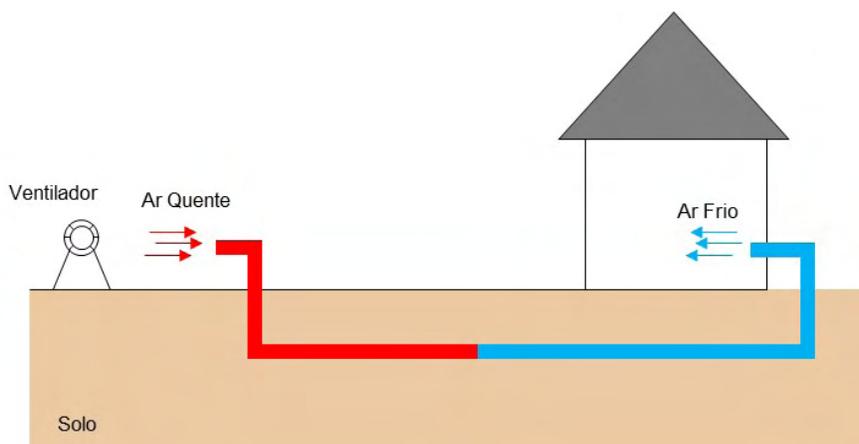


Figura 1: Funcionamento típico de um TCSA em um dia quente.

Conforme segue, será apresentado um modelo analítico para TCSA, validado por dados experimentais obtidos na cidade de Viamão, no Rio Grande do Sul. Desenvolver-se-á um algoritmo que será ajustado à realidade da cidade de Pelotas, considerando as características geológicas, geográficas e meteorológicas da região, com dados fornecidos

no ano de 2016.

2 I MODELAGEM ANALÍTICA DE TCSA

Nos TCSA, o ar é o único fluido de transporte de calor. Supondo, como hipóteses simplificadoras do problema: (1) contato perfeito entre a parede do duto e a terra, (2) condutividade do solo muito alta em relação à resistência superficial do duto; então a temperatura da parede na parte interna do duto pode ser considerada constante e igual a temperatura do solo ao seu redor, conforme (Bisoniya, 2015; De Paepe & Janssens, 2003).

A eficiência dos TCSA pode ser expressa por

$$\varepsilon = 1 - e^{-NUT}. \quad (1)$$

onde o termo adimensional na função exponencial é chamado de número de unidades de transferência (NUT). Além disso, também pode-se definir a eficiência dos TCSA por:

$$\varepsilon = \frac{T_{ar}^s - T_{ar}^e}{T_{solo} - T_{ar}^e}, \quad (2)$$

onde T_{ar}^s e T_{ar}^e são, respectivamente, as temperaturas do ar na saída e na entrada do duto, enquanto, T_{solo} é a temperatura do solo, junto às paredes do duto.

Com isso, obtém-se um modelo analítico para a temperatura do ar na saída do TCSA, isto é:

$$T_{ar}^s = T_{ar}^e + \varepsilon(T_{solo} - T_{ar}^e) \quad (3)$$

e calcula-se ε pela fórmula dada na Equação (1).

Agora, precisamos definir que:

$$NUT = \frac{hA_s}{mc_p^a}. \quad (4)$$

Aqui, h é o coeficiente de transferência de calor por convecção, A_s é a área superficial do duto, m e c_p^a são, respectivamente, a vazão e o calor específico do ar. Em um duto circular de diâmetro D , o coeficiente h é dado por:

$$h = \frac{Nu k_a}{D}, \quad (5)$$

onde K_a é a condutividade térmica do ar e Nu é o número de Nusselt. Este último pode ser estimado por diferentes fórmulas obtidas na literatura, considerando um escoamento de ar turbulento em um duto com paredes lisas, como se vê em (Bisoniya, 2015; Bejan, 2013; Incropera et al., 2011), dentre outras referências.

3 I VERIFICAÇÃO DO MODELO ANALÍTICO

Para validar e verificar o modelo analítico, este trabalho comparou os seus resultados com: (1) dados experimentais da pesquisa de Vaz (2011), referentes à instalação de um TCSA na cidade de Viamão, no estado do Rio Grande do Sul; (2) valores obtidos através do modelo numérico, chamado modelo reduzido, introduzido por Brum et al. (2012), que tem sido utilizado em outros trabalhos recentes como (Brum et al., 2019). Este modelo numérico considera apenas a parte horizontal do duto que está enterrada no solo, buscando reduzir, dessa forma, os custos computacionais envolvidos na simulação desse tipo de problema.

Para reproduzir o experimento de Vaz (2011), na simulação numérica com o modelo reduzido considerou-se um duto com 0,11 metros de diâmetro, duto e porção de solo com 25,77 metros de comprimento, respectivamente, 5m de largura e 15m de profundidade. A velocidade do ar na entrada do duto foi de 3,3m/s. A temperatura do solo (em °C), a uma profundidade de 1,6m, foi ajustada por mínimos quadrados e obteve-se a seguinte função temporal para seus valores a cada dia t do ano:

$$T_{solo}(t) = 20,49 + 3,03sen\left(\frac{2\pi}{365}t - 5,92\right). \quad (6)$$

De forma semelhante, a temperatura do ar na entrada do duto também foi ajustada e descrita pela função:

$$T_{ar}^e(t) = 20,49 + 5,6603sen\left(\frac{2\pi}{365}t - 5,30\right). \quad (7)$$

Aplicando-se esses dados na Equação (3), obteve-se a função analítica abaixo que descreve a temperatura na saída do TCSA, para qualquer dia t do ano:

$$T_{ar}^s(t) = 20,49 + 0,23sen\left(\frac{2\pi}{365}t - 5,30\right) + 2,91sen\left(\frac{2\pi}{365}t - 5,92\right). \quad (8)$$

Na Figura 2, temos as curvas que representam um comparativo entre os dados experimentais de Vaz (2011), os dados numéricos de Brum et al. (2012) e os resultados obtidos através do modelo analítico.

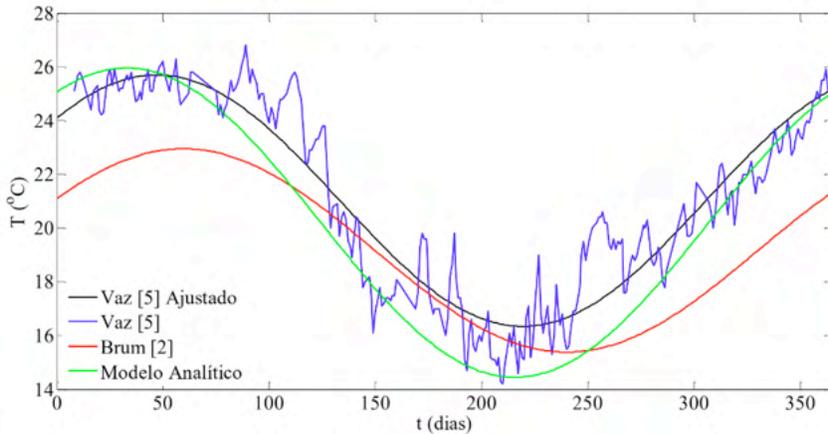


Figura 2 - Gráfico comparativo entre os resultados.

Tanto os resultados numéricos como os experimentais foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados para funções senoidais, conforme realizado nas referências Brum et al. (2019); Ramalho et al. (2018); e Brum et al. (2016). As seguintes funções temporais:

$$T_V(t) = 21,02 - 4,68\text{sen}\left(\frac{2\pi}{365}t - 2,43\right), \quad (9)$$

$$T_B(t) = 19,17 + 3,78\text{sen}\left(\frac{2\pi}{365}t + 0,53\right), \quad (10)$$

(com t em dias) representam a temperatura (em °C) para os resultados de Vaz (2011) e Brum (2013), respectivamente.

Pela Figura 1, é possível notar que os resultados analíticos, numéricos e experimentais ajustados possuem curvas próximas, mas podemos também estimar os valores dos erros da metodologia analítica e numérica, calculando o seu valor médio quadrático (RMS). Desse modo:

$$\sqrt{\frac{\int_0^{365} (T_V(t) - T_B(t))^2 dt}{365}} = 2,37^\circ\text{C}, \quad (11)$$

representa o valor RMS da diferença entre os valores dos dados experimentais ajustados e do modelo numérico de Brum et al. (2012). Já a diferença entre os valores experimentais ajustados e os fornecidos pelo modelo analítico é:

$$\sqrt{\frac{\int_0^{365} (T_V(t) - T_{ar}^s(t))^2 dt}{365}} = 1,94^\circ\text{C}. \quad (12)$$

Assim, o modelo analítico fornece resultados mais precisos do que o modelo numérico quando comparados com os resultados experimentais. Isto mostra que o modelo analítico é eficaz para estimar o uso de instalações de TCSA.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES EM PELOTAS

Para analisar o uso de TCSA no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul, o primeiro parâmetro a ser considerado foi avaliar o tipo de solo local. Conforme Câmara & Pereira (2005), o adequado conhecimento das características e parâmetros geotécnicos dos solos locais, principalmente daqueles relacionados com a resistência e a deformabilidade dos solos, conduz a uma maior probabilidade de otimização dos projetos de natureza geotécnica.

Propriedade	Símbolo	Material		Unidade
		Ar	Argilo-arenoso	
Densidade	ρ	1,16	1250	kg/m^3
Condutividade térmica	k	0,0242	0,9	W/mK
Calor específico	c_p	1010	837,36	J/kgK

Tabela 1: Propriedades termo físicas dos materiais usados no modelo de TCSA

Sendo assim, foi utilizada como base uma porção de solo localizada na região da BR 116, chamado Trevo do Contorno (31°45'24.8"S; 52°26'2.6"W). A empresa FUNDACON – Fundações e Construções, localizada no município de Pelotas, forneceu dados de uma sondagem de simples reconhecimento, ou sondagem SPT (Standard Penetration Test) deste local, realizada no ano de 2016. Com isto, verificamos que até 4,30 metros de profundidade, o solo do Trevo do Contorno é do tipo argilo-arenoso vermelho, cujas propriedades termo físicas são apresentadas na Tabela 1, junto com as mesmas propriedades relativas ao ar.

Além disso, através do boletim agro climatológico fornecido pela Estação Agro climatológica de Pelotas (BAP, 2019), cuja localização é dada pelas coordenadas geográficas: 31°52'00"S e 52°21'24"W, foram obtidos os dados da temperatura do ar na mesma cidade. Utilizando a metodologia apresentada em Brum et al. (2015), esses dados foram ajustados por mínimos quadrados, sendo descritos pela função:

$$T_{ar}^e(t) = 17,90 - 6,34sen\left(\frac{2\pi}{365}t - 1,85\right), \quad (13)$$

para cada dia t do ano de 2016 (mesmo ano da realização do teste SPT). A Figura 3 apresenta a média diária das temperaturas do ar em Pelotas no ano de 2016, junto com a curva ajustada.

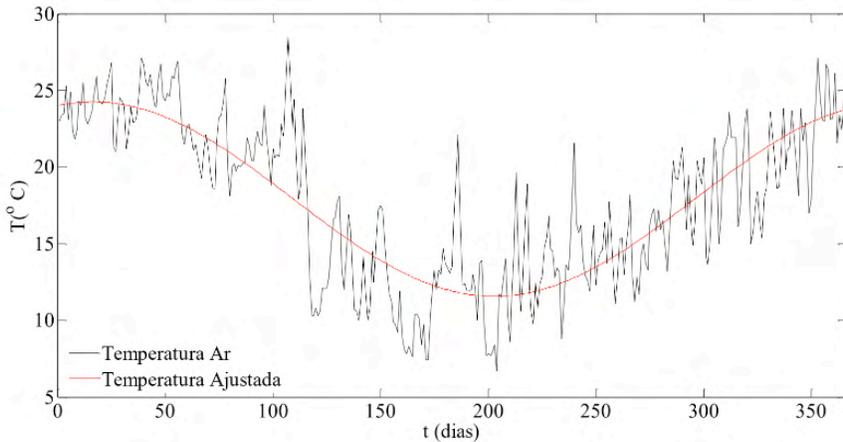


Figura 3 - Médias diárias da temperatura do ar em Pelotas no ano de 2016.

Com isso, utilizando a metodologia proposta por Ozgener et al. (2013), a temperatura do solo, para um dia t e uma profundidade z , pode ser estimada pela função:

$$T_{solo}(t, z) = 17,90 - 6,34 \operatorname{sen} \left(\frac{2\pi}{366} t - 1,85 - \gamma z \right) e^{-\gamma z}, \quad (14)$$

onde $\gamma = \sqrt{\frac{\pi}{366 \cdot 24 \cdot 3600 \alpha_{solo}}}$ e $\alpha_{solo} = \frac{k}{\rho c_p}$ é a difusividade térmica do solo, calculada a partir das propriedades do material argilo-arenoso, dadas na Tabela 1.

Visto que dispomos de funções analíticas para descrever a temperatura do ar e do solo, podemos utilizar o modelo analítico para estimar as temperaturas de saída de um TCSA na cidade de Pelotas. A Figura 4 ilustra um comparativo entre a temperatura do ar em Pelotas, no ano de 2016, e a estimativa de temperatura ar na saída de um TCSA, colocando os dutos nas profundidades de 1, 2 e 3 metros.

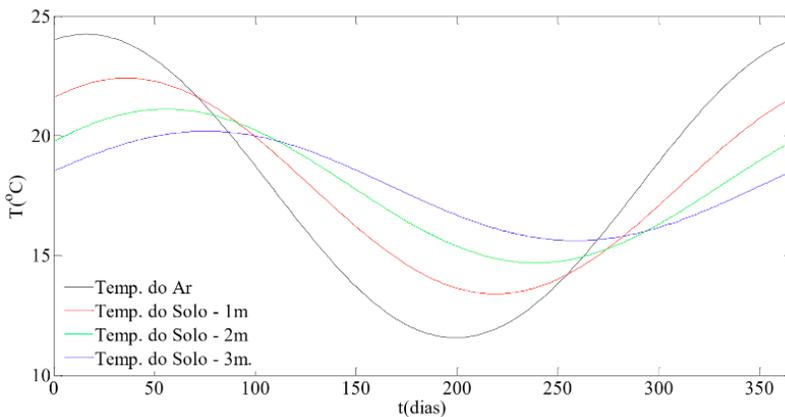


Figura 4 - Temperatura do ar e estimativa de temperatura em 3 profundidades.

Em Fedorova et al. (1999), as temperaturas extremas (máximas e mínimas) que ocorrem no município são de interesse da comunidade. Tanto para a economia, quanto para a criação de animais, por exemplo, é necessário o acompanhamento das variações meteorológicas com a finalidade de se obter resultados vantajosos para a população. Nas estações do ano com clima predominantemente frio, é importante que ocorra o aquecimento da temperatura interna dos ambientes; e da mesma forma, no verão, o resfriamento dos cômodos.

De acordo com os resultados detalhados neste e em outros trabalhos, é claro a importância de sistemas de TCSA em nossa região, com enfoque principal na cidade de Pelotas/RS. Nota-se que os potenciais de resfriamento, no verão, e de aquecimento, no inverno, aumentam com a profundidade em que está instalado o duto. Através da Fig. 3, observa-se que no caso de dutos enterrados a 3 metros, o potencial do trocador de calor é de cerca de 6°C.

5 | CONCLUSÕES

O presente artigo apresenta um comparativo entre os modelos numérico e analítico para TCSA, na cidade de Viamão, no Rio Grande do Sul. Determinou-se o erro médio quadrático anual entre estes modelos, sendo constatado um erro maior no modelo numérico, comprovando a precisão do modelo analítico. Ainda, neste artigo, desenvolveu-se um algoritmo que foi validado com os dados de Brum (2013) e Vaz (2011). Com isso, implementou-se, na cidade de Pelotas, também localizada na região sul do país, o referido modelo levando em conta características do solo e temperatura, no ano de 2016, nesta localidade.

Com os dados obtidos tanto em uma cidade quanto em outra, a eficiência do trocador de calor gera bons resultados, quando adotado o método analítico. Por ter uma facilidade em sua aplicação, este modelo pode ser utilizado em diversas localidades, com a finalidade de demonstrar como as propriedades físicas do solo e a profundidade de instalação do duto podem influenciar diretamente a eficácia do TCSA.

REFERÊNCIAS

Agrawal, K.K.; Misra, R.; Agrawal, G.D.; Bhardwaj, M.; Jamuwa, D.K. (2019), The state of art on the applications, technology integration, and latest research trends of earth-air-heat exchanger system. **Geothermics**. 82, 34–50.

Bejan, A. (2013), **Convection heat transfer**, John Wiley & Sons, Hoboken.

Bisoniya, T. S. (2015), Design of Earth-air heat exchanger system. **Geothermal Energy**, 3(18), 1-10.

BAP (2019), Boletim Agroclimatológico de Pelotas disponível em: <http://agromet.cpact.embrapa.br/estacao/boletim.php>. Acessado em (18/08/2019).

Bordoloi, N.; Sharma, A.; Nauttiyal, H.; Goel, V. (2018), An intense review on the latest advancements of Earth Air Heat Exchangers. **Renew. Sustain. Energy Rev.** 89, 261–280.

Brum, R. S. (2013), **Modelagem computacional de trocadores de calor solo-ar**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional, Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande.

Brum, R. S.; Ramalho, J. V. A.; Rocha, L. A. O.; Isoldi, L. A.; Santos, E. D. (2015), A Matlab code to fit periodic data. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, 7(2), 16-25.

Brum, R.S; Ramalho, J. V. A.; Rodrigues, M. K.; Rocha, L. A. O.; Isoldi, L. A.; Santos, E. D. (2019), Design evaluation of earth-air heat exchangers with multiple ducts. **Renewable Energy**, 135, 1371-1385.

Brum, R. S.; Rocha, L. A. O.; Vaz, J.; Dos Santos, E.D.; Isoldi, L.A. (2012), Development of simplified numerical model for evaluation of the influence of soil-air heat exchanger installation depth over its thermal potential. **International Journal of Advanced Renewable Energy Research**, 1, 505-514.

Brum, R. S.; Rodrigues, M. K.; Ramalho, J. V. A.; Rocha, L. A. O.; Isoldi, L. A.; Santos, E. D. (2016), On the design of two EAHE assemblies with four ducts. **Defect and Diffusion Forum**, 372, 31-39.

Câmara, K. R. R.; Pereira, A. C. (2005), Análise de perfis de sondagem SPT e caracterização geotécnica de solos do município de Natal/RN. **Holos**, 1, 38-53.

Domingues, A.M.B; Nóbrega, E.S.B; Ramalho, J.V.A; Brum, R.S; Quadros, R.S. (2021), Parameter analysis of Earth-air heat exchangers over multi-layered soils in South Brazil. **Geothermics**, 93, p.1-14, 2021.

Fedorova, N.; Bakst, L. (1999), Identificação da advecção de ar quente através da análise de dados de satélites. **Revista Brasileira de Geofísica**, 17(1).

Isaias, C. (2016), **Aquecimento global cria clima de extremos no RS**. Porto Alegre. Disponível em: <http://www.sengers.org.br/site/noticias/2485/aquecimento-global-cria-clima-de-extremos-no-rs>. Acessado em (18/08/2019).

Incropera, F.P.; Dewitt, D.P.; Bergman, T.L.; Lavine, A.S. (2011), **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**, John Wiley & Sons, Hoboken.

Li, H., Ni, L., Yao, Y., Sun, C., (2020). Annual performance experiments of an earth-air heat exchanger fresh air-handling unit in severe cold regions: operation, economic and greenhouse gas emission analyses. **Renew. Energy** 146, 25–37.

Ozgener, O.; Ozgener, L.; Tester, J. W. (2013), A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 62, 473–480, 2013.

De Paepe, M.; Janssens, A. (2003), Thermo-hydraulic design of earth-air heat exchangers. **Energy and Buildings**, 35, 389-397.

Ramalho, J. V. A.; Brum, R. S.; Isoldi, L. A.; Santos, E. D. (2018), Fitting new constructal models for the thermal potential of Earth-Air Heat Exchangers. **Acta Scientiarum Technology**, 40(e30897), 1-8.

Silva, R. W. C.; de Paula, B. L. (2009), Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e didática**, 5(1), 42-49.

Silva, J.B.; Llopart, M.P.; Boiaski, N. (2005), Temperatura máxima do ar em Pelotas, RS. Tabelas de probabilidades em escalas de tempo pentadal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 20(2), 267-276.

Vaz, J. (2011), "**Estudo experimental e numérico sobre o uso do solo como reservatório de energia para o aquecimento e resfriamento de ambientes edificadas**". Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre.

ÍNDICE REMISSIVO

SÍMBOLOS

7 12, 30

A

Agrometeorologia 60

Alto do Cabo Frio 144, 145, 146, 153

Análise Ambiental 10, 1, 11, 48, 49

Análise Instrumental 129, 131, 133, 134, 141, 142, 143

Anomalia magnética 144, 147, 148, 149, 151, 152

Anos Finais do Ensino Fundamental 10, 12, 13, 14, 16, 30

Antioxidantes Naturais 117, 125, 126, 192

Aprendizagem Colaborativa Suportada por Computador 32, 34

Aquífero Bambuí 93, 94, 97, 103, 105, 106, 108

B

Barragem 224, 229, 241, 260

Batimetria 221, 224

Biodiesel 11, 12, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 198, 201

C

Canhão eletromagnético 111, 112, 113, 115

Código Python 161

Construção de fotocolorímetros 129

Contextualização 12, 16, 18, 33, 34, 37, 207, 209, 210, 212, 213, 214, 215

Covid-19 11, 86, 87, 89, 90

Cuenca Hidrográfica 74, 75, 76, 77

D

DEM 74, 76, 77, 78, 81, 82, 83

Drones 1, 2, 3, 6, 10

E

Educação Contextualizada 32

Ensino de Ciências 12, 13, 17, 30, 141, 142, 206, 207, 209, 218, 315

Ensino de Física 13, 13, 14, 16, 29, 30, 207, 219, 275, 276, 281, 282, 294, 301

Ensino de Matemática 161, 315

Estabilidade Oxidativa 117, 120, 122, 125, 126, 127, 190

Experimentos 21, 25, 26, 27, 28, 130, 131, 139, 212, 236, 237, 276, 277, 278, 279, 281, 294, 297, 298, 300, 301, 302

Expressões Algébricas 13, 202, 203, 204, 205, 206

F

Fragilidade Ambiental 47, 50, 51, 52, 54, 56, 57, 58, 59

Frequências de Varrição 156

G

Geoprocementos 74, 77, 82

Geotecnologias 1, 2, 5, 47, 49, 50, 56, 157

Gerenciamento 34, 37, 42, 43, 57, 94, 95, 241, 271

Gestão Ambiental 48, 57, 106, 264

I

Imagens de satélite 2, 53, 60, 61

Impactos ambientais 5, 179, 264, 265, 266, 268, 269, 271, 272, 273, 308, 313

Injustiça social 93

Instrumentação com Arduino 275

L

Laboratório Remoto 32, 34, 36, 37, 38, 39, 44

M

Modelagem 12, 142, 176, 179, 190, 192, 224, 286, 292

Modelo Analítico 283, 285, 286, 287, 288, 290, 291

N

Nitrato 93, 94, 104, 105, 106, 107

Nível d'água 221, 224, 234

Nível de redução 221

O

Ordenamento Territorial 10, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 58

P

Pandemia 86, 87, 88

Período de Indução 117, 120, 121, 190, 191, 193, 194, 201

Pesquisa documental 207

Potencial Geológico 283

Pressões anormais 13, 236, 237, 239

Processamento Geográfico 156

Programação de Computadores 32, 33, 34, 35, 44

R

Rancimat 117, 118, 120, 122, 126, 193

Receita culinária 202, 205

Recursos didáticos 207

Redes Neurais 57, 191, 192, 193, 195, 198, 199, 200, 201

Resíduos Sólidos 99, 100, 108, 264, 265, 267, 270, 271, 273, 274

Risco 27, 48, 91, 105, 177, 215, 241, 305, 308

Rupturas 241

S

Saneamento 11, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 102, 103, 106, 107, 108, 109, 110, 245, 259, 274

Sazonalidade 68, 176

Sensores de baixo custo 13, 275

Sensoriamento Remoto 1, 2, 4, 5, 11, 58, 59, 60, 61, 62, 72, 73, 159, 308, 313

SIG 2, 10, 49, 50, 63, 74, 157, 159, 310

Sistema de Informação Geográfica 156, 157, 310

Smartphones 294, 295, 296, 297, 298, 300, 301, 302

Solenóide 111, 112, 113, 114, 115, 116

Suscetibilidade 12, 49, 151, 176, 178, 179, 182, 183, 188

T

Tectonoestratigrafia 144

Teledetección 74

Termodinâmica 10, 12, 13, 15, 19, 20, 22, 30, 278

Teste de Primalidade 161, 164, 166, 172

TMI e TMIN 93, 106

Trocadores de calor solo-ar (TCSA) 283

V

Vazamentos de óleo 176, 179

Vulcânico 144, 145, 153

Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra



Conhecimentos pedagógicos e conteúdos disciplinares

das ciências exatas e da terra

