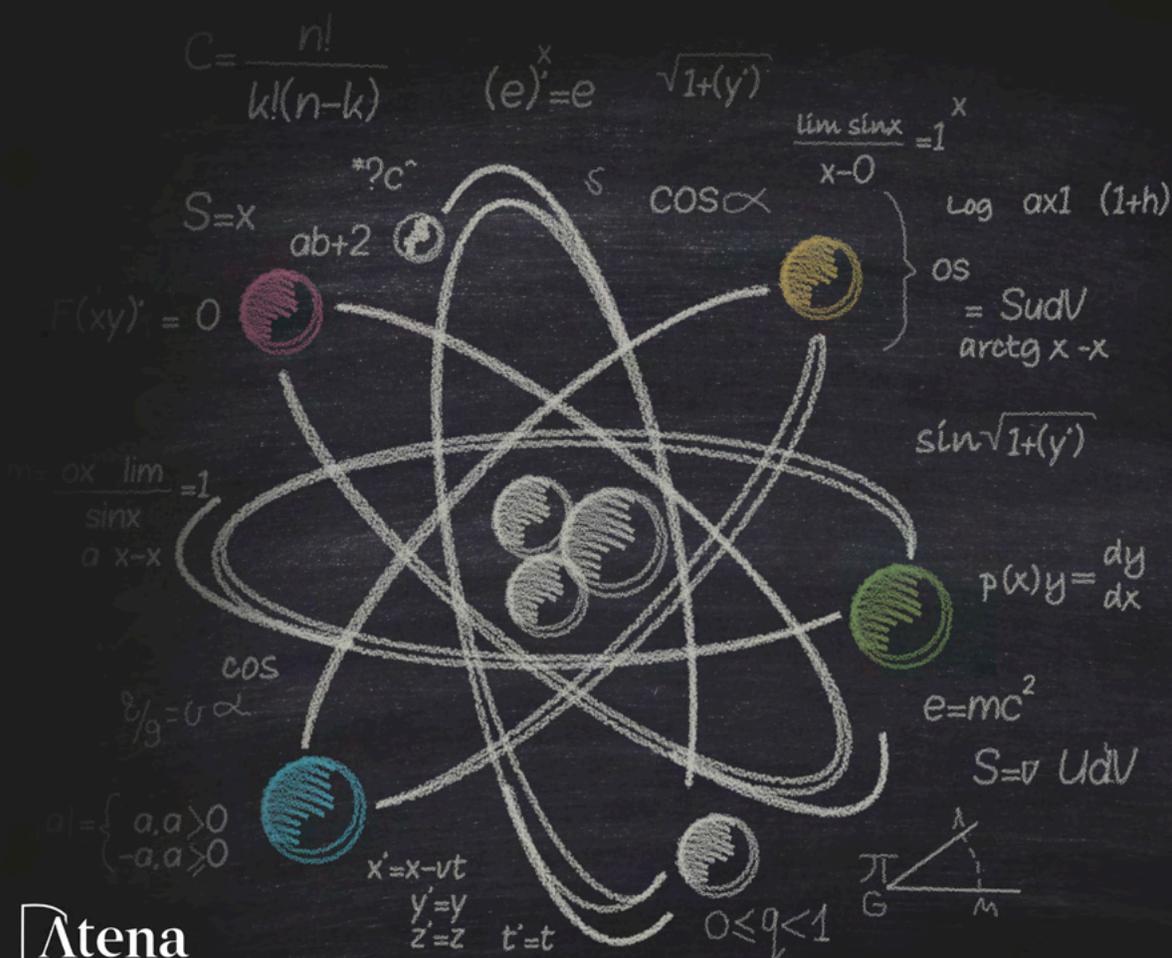


Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

# CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

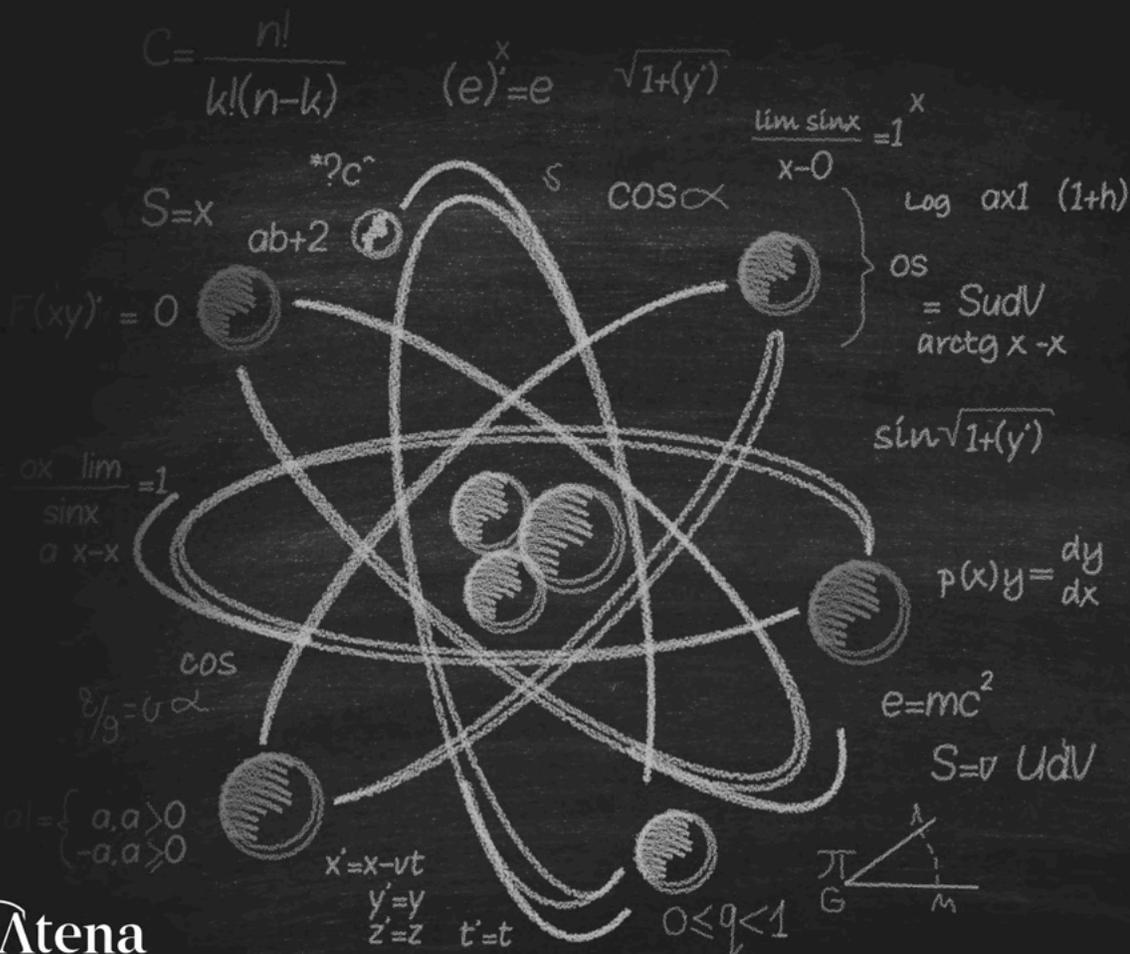
Observação, formulação e previsão 2



Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

# CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão 2



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
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  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
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



## Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão 2

**Diagramação:** Bruno Oliveira  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Francisco Odécio Sales

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

C569 Ciências exatas e da terra: observação, formulação e previsão 2 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-993-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.933221104>

1. Ciências exatas. 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](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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 coleção “Ciências exatas e da terra: Observação, formulação e previsão 2” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 20 capítulos. Esse 2º volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que nos transitam vários caminhos das Ciências exatas e da Terra.

Tal obra objetiva publicizar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins correlatos ao locus cultural.

Temas diversos e interessantes são deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra a seguir apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **A BNCC EM TEMPO DE ENSINO REMOTO DE FÍSICA**

Mutumbua José Ferrão Manuel  
Sermos Domingos da Conceição  
Antonio Luan Ferreira Eduardo  
Aurélio Wildson Teixeira de Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211041>

### **CAPÍTULO 2..... 6**

#### **A MINERAÇÃO E O USO DOS MINERAIS EM ELEMENTOS DO COTIDIANO: O COMPUTADOR**

Rafaela Baldi Fernandes  
Tháís Figueiredo de Pinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211042>

### **CAPÍTULO 3..... 18**

#### **ACELERANDO O ALGORITMO K-MEANS – PRINCIPAIS PROPOSTAS**

Marcelo Kuchar Matte  
Maria do Carmo Nicoletti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211043>

### **CAPÍTULO 4..... 29**

#### **AMBIENTES CÁRSTICOS: CRIPTOCARSTE OU EPICARSTE?**

Alessandra Mendes Carvalho Vasconcelos  
Cristiane Valéria de Oliveira  
Joel Georges Marie Andre Rodet  
Evelyn Aparecida Mecenero Sanchez  
Gislaine Amorés Battilani  
Ana Clara Mendes Caixeta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211044>

### **CAPÍTULO 5..... 42**

#### **ANÁLISE DOS ASPECTOS CLIMÁTICOS DA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

Gabriel Brito Costa  
Duany Thainara Corrêa da Silva  
Ana Caroline da Silva Macambira  
Letícia Victória Santos Matias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211045>

### **CAPÍTULO 6..... 55**

#### **APLICANDO O DESIGN THINKING NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES**

Jonnathan Alves Teixeira  
Fellipe Henrique Alves de Paula  
Reane Franco Goulart

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211046>

**CAPÍTULO 7..... 61**

**AVALIAÇÃO DE DESGASTE ENTRE TINTA NATURAL E USUAL, COM BASE EM TINTA DE TERRA: MEDIÇÃO DE REFLETÂNCIA, UMIDADE E DESGASTE**

Guilherme Silveira Simões  
Raduan Krause Lopes  
Jayne Carlos Piovesan  
Leandro Nascimento Soares Silva  
Henrique Figueiredo da Silva  
Luiz Henrique Alves dos Santos  
Daniel Oliveira de Lima  
Daniel Rodrigues dos Silva  
Beatriz Ferreira França  
Mikaele Costa Lairana  
Matheus Felipe Martins Gelpke  
Ingridy Maria Duarte Cabral

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**CONTRIBUIÇÕES DO JOGO PARA A APRENDIZAGEM DOS NÚMEROS INTEIROS E ASPECTOS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO: UMA PRÁTICA COM ALUNOS DO 7º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

Silvana Cocco Dalvi  
Adriana da Conceição Tesch  
Andressa Côco Lozorio  
Regiane Giori  
Maria Carolina Salvador Callegario  
Regina Célia da Silva  
Erivelton Cunha  
Sebastião Thezolin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211048>

**CAPÍTULO 9..... 82**

**DESAFIOS DAS AULAS REMOTAS E DESAFIOS TECNOLÓGICO NO ENSINO DA FÍSICA**

Faria Cusseta Samuel Francisco  
Hamilton Francisco Catraio Nhime  
Antonio Luan Ferreira Eduardo  
Aurélio Wildson Teixeira de Noronha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.9332211049>

**CAPÍTULO 10..... 87**

**DESENVOLVIMENTO DE UM KIT DIDÁTICO PARA ESTUDOS DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS, COM APLICAÇÃO NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Paulo Urbano Ávila  
Luiz Carlos de Campos  
Oscar João Abdounur

José Antonio Siqueira Dias  
Manuel Antonio Pires Castanho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110410>

**CAPÍTULO 11..... 108**

EL ROL DEL CIUDADANO EN EL USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO, PARA CONSOLIDAR PROCESOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Leticia Peña Barrera  
Herrera, L.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110411>

**CAPÍTULO 12..... 118**

ESTUDO DO MÉTODO DE LIOFILIZAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVAÇÃO DE LEITE FLUÍDO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL DE REFERÊNCIA PARA ENSAIO DE PROFICIÊNCIA FÍSICO-QUÍMICO

Marina Zuffo  
Macon Rodrigo Zangalli  
Joseane Cristina Bassani

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110412>

**CAPÍTULO 13..... 125**

ESTUDOS ENVOLVENDO BASE DE SCHIFF EM SISTEMAS BIOLÓGICOS

Solange de Oliveira Pinheiro  
Giovana Mouta Paiva  
Micael Estevão Pereira de Oliveira  
Daniela Ribeiro Alves  
Guida Hellen Mota do Nascimento  
João Batista de Andrade Neto  
Wildson Max Barbosa da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110413>

**CAPÍTULO 14..... 136**

GEOPARQUE SERRA DO SINCORÁ: ESTÁGIO ATUAL DA CRIAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM GEOPARQUE ASPIRANTE NA PORÇÃO CENTRAL DO ESTADO DA BAHIA

Renato Pimenta de Azevedo  
Ricardo Galeno Fraga de Araujo Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110414>

**CAPÍTULO 15..... 147**

ILHAS DE CALOR URBANA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS-SC A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT

Natacha Pires Ramos  
Renato Ramos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110415>

<b>CAPÍTULO 16.....</b>	<b>159</b>
O MIDDLEWARE EMSS: UMA ARQUITETURA DE FOG COMPUTING EM CIDADES INTELIGENTES	
Sediane C. L. Hernandez	
Marcelo Eduardo Pellenz	
Alcides Calsavara	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110416">https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110416</a>	
<b>CAPÍTULO 17.....</b>	<b>174</b>
PRÁTICA VIRTUAL: MAGNETOSTÁTICA	
Mutumbua José Ferrão Manuel	
Faria Cusseta Samuel Francisco	
Aurélio Wildson Teixeira de Noronha	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110417">https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110417</a>	
<b>CAPÍTULO 18.....</b>	<b>185</b>
PRÁTICA VIRTUAL: EFEITO FOTOELÉTRICO	
Faria Cusseta Samuel Francisco	
Mutumbua José Ferrão Manuel	
Aurélio Wildson Teixeira de Noronha	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110418">https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110418</a>	
<b>CAPÍTULO 19.....</b>	<b>197</b>
SEQUÊNCIA DE FIBONACCI: ALGUNS RESULTADOS E APLICAÇÕES NAS CIÊNCIAS NATURAIS	
Francisco Odécio Sales	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110419">https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110419</a>	
<b>CAPÍTULO 20.....</b>	<b>205</b>
UN ESTUDIO SOBRE EL DESEMPEÑO ACADÉMICO EN ESTUDIANTES QUE CURSAN LA MATERIA DE MATEMÁTICAS DOS HORAS DIARIAS EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA	
Alejandrina Bautista Jacobo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110420">https://doi.org/10.22533/at.ed.93322110420</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>211</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>212</b>

## ILHAS DE CALOR URBANA NA CIDADE DE FLORIANÓPOLIS-SC A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 18/03/2022

### Natacha Pires Ramos

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC), Departamento de Física  
Florianópolis – SC  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2877857558976701>

### Renato Ramos da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina  
(UFSC), Departamento de Física  
Florianópolis – SC  
Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9733821952821123>  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3714-0870>

**RESUMO:** Ilhas de calor urbanas representam as regiões dos municípios onde a temperatura se mostra maior do que em áreas mais afastadas dos grandes centros urbanos. Estas Ilhas podem ocorrer devido à diferença do tipo de superfícies de tais regiões. As diferentes propriedades térmicas dos materiais usados na transformação da superfície das ilhas de calor influenciam diretamente no balanço de radiação daquele local, fazendo com que a região tenha temperaturas de superfície (TS) mais altas se comparadas com regiões adjacentes com maior cobertura vegetal. A compreensão e monitoramento destas ilhas de calor urbanas se mostram de grande importância, já que os cenários climáticos apontam para uma tendência de aquecimento, devido ao aumento dos gases do efeito estufa e da urbanização. O

objetivo deste estudo foi identificar as ilhas de calor e potenciais *hot-spots* na região da cidade de Florianópolis baseados nos dados dos satélites da série *Landsat*. Para o cálculo da TS foi usado o algoritmo Statistical Mono-Window (SMW). Estas imagens Landsat foram usadas para estimar a TS para o período entre 1990 e 2020. Resultados a partir de mapas de temperatura para o período de verão mostraram que a região continental e central apresentam muitas áreas de temperaturas mais altas. Um exemplo de análise para a região central da cidade de Florianópolis para Janeiro de 2020 apresentou locais com TS de 40,2 e 42,3 °C, enquanto que na superfície da Lagoa da Conceição a TS foi de 24,3 e 28,8 °C. Estes resultados mostraram que estas superfícies apresentam TS bem diferentes para o mesmo dia do ano. Estes resultados mostram que as estimativas de TS por satélite permitem obter campos de alta resolução para regiões urbanas e que seu monitoramento poderá dar subsídios importantes em políticas públicas para regiões urbanas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Temperatura por satélite; Superfície Urbana; Lagoa da Conceição.

### URBAN HEAT ISLANDS AT THE CITY OF FLORIANÓPOLIS-SC FROM THE LANDSAT SATELLITE IMAGES

**ABSTRACT:** Urban heat islands represent the regions of the cities where the temperature is higher than in areas further away from the large urban centers. This is due to the difference in the type of surfaces in such regions. The different thermal properties of the materials used in transforming the surface of the heat islands directly influence the radiation balance at that

location, making the region have higher land surface temperature (LST) compared to adjacent regions with greater vegetation cover. Understanding and monitoring these urban heat islands is of great importance, as climate scenarios point to a warming trend, due to the increase in greenhouse gases and urbanization. The objective of this study was to identify the urban heat islands and potential hot-spots in the region of the city of Florianópolis, based on high-resolution data from the Landsat satellites. To calculate the LST, it was applied the Statistical Mono-Window (SMW) algorithm. These Landsat images were used to estimate the LST for the period between 1990 and 2020. Results from LST maps for the summer period shows that the continental region presents the larger areas of higher temperatures. An example of LST analysis for the central region of the city of Florianópolis for January 2020 showed LST of 40.2 and 42.3 °C, while in the Lagoa da Conceição surface the LST was 24.3 and 28.8 °C. These results show that these surfaces have very different LST for the same day of the year. These results show that satellite LST estimates allow obtaining high-resolution fields for urban regions and that their monitoring can provide important subsidies for public policies for urban regions.

**KEYWORDS:** Satellite temperature; Urban surface; Lagoa da Conceição.

## 1 | INTRODUÇÃO

As áreas urbanas geralmente possuem temperaturas mais altas do que as regiões periféricas. Esta diferença de temperatura é o que constitui uma ilha de calor urbana (IC). A diferença de temperatura tem a ver com as propriedades térmicas da superfície e como estas afetam o balanço de radiação e energia térmica (Oke, 1982). Algumas superfícies impermeáveis como edifícios e pavimentos absorvem calor e afetam a temperatura próxima. As temperaturas podem variar nas áreas urbanas das cidades devido a fração e tipo de cobertura superficial que pode ser, por exemplo, água, solo, vegetação ou superfícies impermeáveis. (Solecki et al., 2005).

Ilhas de calor urbanas podem se formar durante o dia ou à noite, podem ocorrer em cidades pequenas ou grandes, e também podem estar presentes em qualquer época do ano (Karl & Knight, 1997).

Podemos considerar dois tipos de calor urbano na forma de ilhas: (1) Ilhas de Calor Urbano de Superfície e (2) Ilhas de Calor Urbano Atmosférico (i.e. do ar). Geralmente, as temperaturas da superfície variam mais do que temperaturas do ar durante o dia, mas são mais pronunciadas após o pôr do sol devido à lenta liberação de calor de superfícies impermeáveis.

A maior causa das ilhas de calor é a modificação da paisagem devido à ação antrópica, como a falta de áreas de vegetação nas cidades, o alto teor de edifícios e construções de materiais com capacidade térmica diferente das da superfície natural (afetando também a impermeabilização do solo), modificando o balanço de radiação do local (Oke, 1982).

Estas modificações urbanas combinadas com ondas de calor atmosféricas, podem causar vários problemas de saúde (Karl; Knight, 1997). Pessoas com algumas comorbidades

prévias podem ter dificuldades de respiração e portanto, possuem alto risco de mortalidade nestes períodos e locais mais quentes.

Recentes estudos têm usado dados de sensoriamento remoto para detectar focos de ilhas de calor, principalmente a partir de sensores no canal infravermelho (Weng, 2009; Zou et al., 2018; Erminda et al., 2020;). Estas análises podem ser feitas com dados de satélites de órbita polar ou órbita geo-estacionária, no entanto este último tem resolução espacial mais baixa.

Muitos estudos recentes têm aplicado dados de sensoriamento remoto por satélites de órbita polar para avaliar a temperatura de superfície de regiões urbanas (Peng et. al., 2018; Estoque & Murayama, 2017). No entanto, nenhum estudo foi feito ainda para avaliar estas ilhas de calor na região do município de Florianópolis.

Este estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de ilhas de calor urbano na região do município de Florianópolis e seus entornos através de dados de sensoriamento remoto dos satélites de órbita polar Landsat.

## **2 | METODOLOGIA**

### **2.1 Área de estudo**

A área geográfica abrangida por esse estudo consiste nas regiões centrais, periféricas e continentais do município de Florianópolis, no estado de Santa Catarina (Figura 01). O município inclui a Ilha de Santa Catarina e uma estreita área continental.

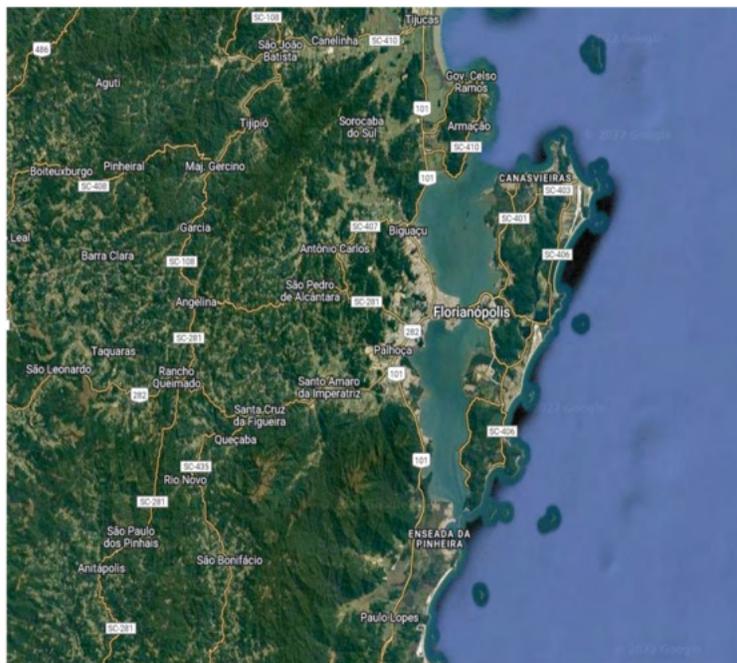


Figura 01 - Região de estudo nos arredores do município de Florianópolis.

## 2.2 Dados

### 2.2.1 Dados Landsat

Dados de sensoriamento remoto da série dos satélites Landsat foram explorados para estimar a temperatura da superfície e identificar a formação de ilhas de calor. A tabela 01 apresenta esta série de satélites, seus sensores e seu período de dados disponíveis.

Satélite	Sensor	Tempo de Cobertura
LANDSAT 4	Thematic Mapper ( T M )	7/1982 - 12/1993
LANDSAT 5	Enhanced Thematic Mapper	3/1984 - 01/2013
LANDSAT 7	Operational Land Imager	4/1999 - presente
LANDSAT 8	Thermal Infrared Sensor	02/2013 - presente

Tabela 01 - Satélites Landsat.

Usando a plataforma online do Google Earth Engine (GEE), foi possível acessar o banco de dados com as imagens da série Landsat (e, 5, 7 e 8). A partir destes dados foi usado localmente um algoritmo para estimar a temperatura de superfície para a região de estudo. O algoritmo usado foi implementado nesta plataforma, e portanto, não houve

necessidade de armazenar e transferir uma grande quantidade de dados.

Além dos dados fornecidos pelo Landsat, o algoritmo também utiliza outros dois conjuntos de dados disponíveis no GEE que são necessários para calcular a temperatura de superfície. Estes dados correspondem aos campos atmosféricos processados pelo National Center for Environmental Prediction (NCEP) e os dados do National Center for Atmospheric Research (NCAR), e também análises de emissividade de superfície fornecidos pelo Jet Propulsion Laboratory (JPL), da Nasa. Estes dados foram usados para calibração associada ao vapor d'água e para remoção de pontos com formação de nuvens, onde não é possível aos sensores remotos acessar emissões a partir da superfície.

### 2.2.2 *Estimativa da Temperatura de Superfície*

O método de cálculo de estimativa da temperatura (LST) e a análise de ilhas de calor urbanas foi o mesmo proposto por Ermida et al., (2020). Neste método, a temperatura de superfície é calculada usando o algoritmo Statistical Mono-Window (SMW), desenvolvido pelo Climate Monitoring Satellite Application Facility (CM-SAF).

O modelo consiste na linearização da Equação de Transferência Radiativa, mantendo uma dependência direta dos dados de emissividade da superfície, conforme equação abaixo

$$LST = A_i \frac{Tb}{\epsilon} + B_i \frac{1}{\epsilon} + C_i$$

onde Tb é a temperatura de brilho no canal do infravermelho próximo e  $\epsilon$  é a emissividade da superfície para o mesmo canal. Já os coeficientes de calibração  $A_i$ ,  $B_i$  e  $C_i$  são determinados a partir de regressões lineares de simulações de transferência radiativa (Li et al., 2013).

Através das temperaturas de brilho no topo da atmosfera para os canais de infravermelho térmico (TIR) disponíveis no GEE para todos os Landsats (4-8), foram usados os coeficientes de calibração para derivar os dados brutos da temperatura do topo da atmosfera (TOA), e as bandas de infravermelho térmico foram re-amostradas para uma resolução espacial de 30 metros.

O trabalho foi baseado inteiramente nas camadas de mais alta qualidade dos dados fornecidos pelo Landsat. Juntamente com os dados do Infravermelho Térmico, as bandas do Infravermelho Próximo (NIR) são usadas para derivar o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), que são calculados a partir dos dados da Refletividade Solar.

Os algoritmos usados foram desenvolvidos e disponibilizados no GEE por Ermida et al., (2020).

### *2.2.3 Calibração e validação dos Dados*

Para obter os coeficientes da Equação de Transferência Radiativa usada neste modelo, foi necessário derivá-lo a partir de um conjunto de dados de perfis de temperatura do ar, vapor de água e ozônio, conforme o modelo de Martins et al. (2016). Este processo de calibração e validação da estimativa da temperatura de superfície está descrito por Ermida et al., (2020).

No procedimento aplicado por Ermida et al., (2020), a validação dos dados obtidos pelo Landsat se procedeu de forma a escolher 6 estações meteorológicas da rede SURFRAD, duas estações BSRN e três estações KIT. As estações SRFRAD e BSRN usam pirgeômetros de incerteza de  $5 \text{ W/m}^2$  para fornecer medições de radiação infravermelha hemisférica de banda larga ascendente e descendente. Já as estações KIT possuem radiômetros que fornecem as medições de radâncias ascendentes e descendentes em uma faixa espectral de  $9,6$  a  $11,5 \mu\text{m}$ , com uma precisão de  $0.3$  em temperatura de brilho. Esse tipo de estação serve especialmente para validar os dados de temperatura da superfície.

As medições destas estações foram ajustadas para o tempo de observação do satélite, de modo a calcular a média das observações realizadas nas estações dentro de um período de 3 minutos, que corresponde ao tempo de aquisição das imagens fornecidas pelo Landsat.

### *2.2.4 Mapas e séries temporais*

Inicialmente, foram produzidos alguns mapas de temperatura para os períodos mais quentes do verão. A partir destes mapas, foram obtidas séries temporais para avaliar a evolução da temperatura para o período de estudo (i.e. 1990 a 2020) para vários pontos de interesse.

Alguns locais específicos do mapa foram escolhidos para fazer o monitoramento da temperatura de superfície e comparar estas localidades entre si. Desta forma, foram escolhidos para análise da evolução temporal a região central do município localizada nas longitudes e latitudes  $(-48.5421, -27.5937)$ , e também no bairro Lagoa da Conceição localizado nas longitudes e latitudes  $(-48.4511, -27.5993)$ .

Além destes locais, dados de temperatura diários foram obtidos da estação Meteorológica do INMET localizada em Florianópolis (latitude  $-27.6025$ ; longitude  $-48.6201$ ). Estes dados de temperatura (média, máxima e mínima) diários foram usados para comparar com as estimativas pelo satélite Landsat para o ano de 2020.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise espacial

Inicialmente, foram analisados mapas de temperatura da superfície dos meses mais quentes para a região da Grande Florianópolis. A Figura 02 ilustra um mapa de temperatura de superfície para o dia 07 de Janeiro de 2020. Nesta imagem podemos notar que as regiões mais quentes ocorrem no continente (oeste do domínio) e na região central de Florianópolis (oeste da Ilha de Santa Catarina). Estas regiões centrais e continentais mais quentes atingem uma temperatura da ordem de 41 °C. Por outro lado, nota-se temperaturas mais frias na ordem de 29 °C, principalmente na região da Lagoa da Conceição, localizada a leste da Ilha de Santa Catarina (Fig. 02).

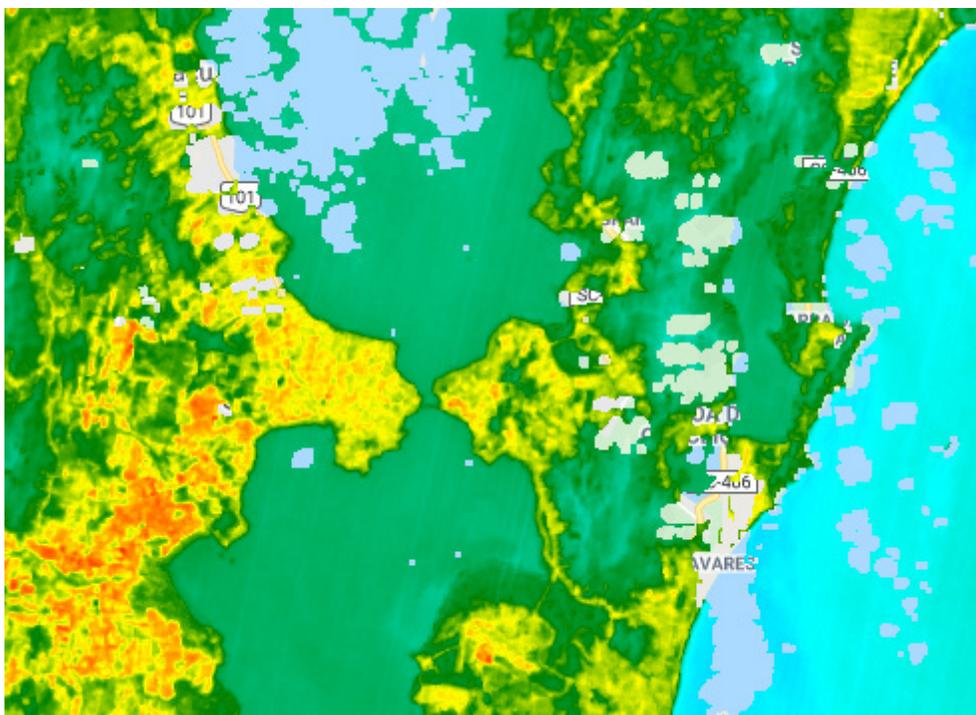


Figura 02 - Mapa da temperatura da superfície na região de Florianópolis estimada a partir de dados do sensor do satélite *LANDSAT 8* para o dia 07 de Janeiro de 2020. As setas representam a região continental a oeste, a região central e a região da Lagoa da Conceição a leste.

Análises com foco na região central de Florianópolis mostram duas regiões com maior temperatura de superfície (Figura 03). Estas regiões correspondem ao terminal rodoviário de Florianópolis a sudoeste do domínio e à localidade do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) na região central do domínio. Nestes locais a temperatura máxima em 2020 chegou a 41 °C.

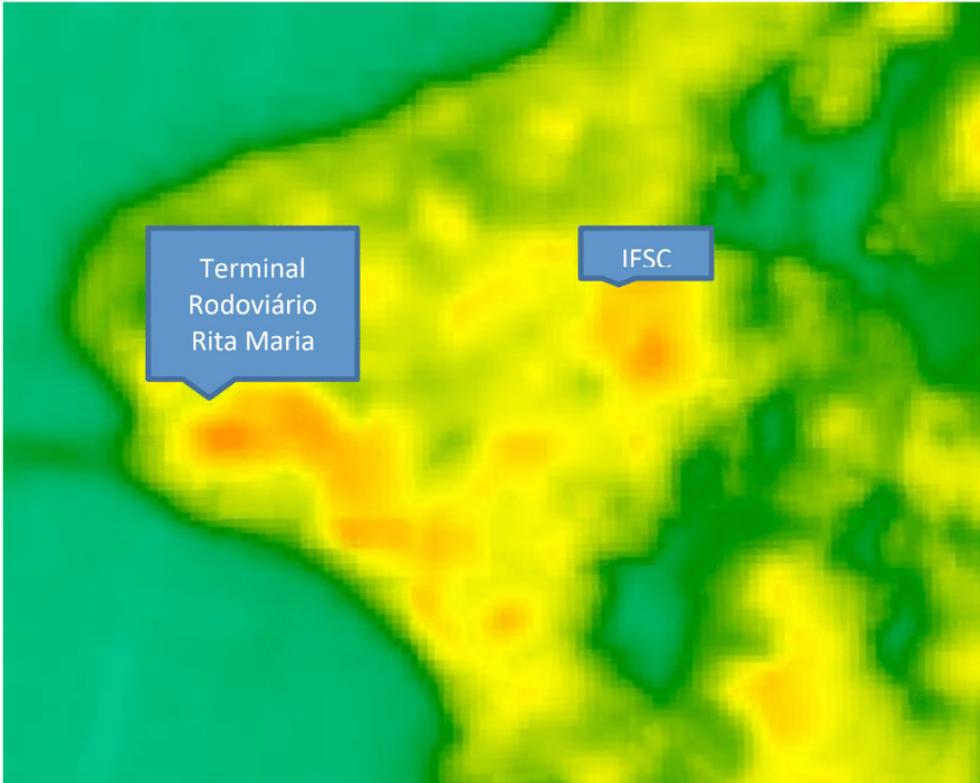


Figura 03 - Mapa da temperatura da superfície na região central de Florianópolis estimada a partir de dados do sensor do satélite *LANDSAT 8* para o dia 07 de Janeiro de 2020.

### 3.2 Análise na Estação Meteorológica

A partir do mapa espacial da temperatura da superfície, foram analisados a evolução da série temporal para alguns pontos de interesse para o ano de 2020 na região da Grande Florianópolis. Inicialmente, foi analisada a evolução da temperatura obtida na localização da estação meteorológica do INMET com objetivo de comparar as estimativas de temperatura a partir do satélite com as medidas feitas pelos termômetros da estação. Foram usadas a temperatura mínima, média e máxima fornecidas pela estação durante todos os dias do ano de 2020 e comparadas com a temperatura estimada pelo LANDSAT nos dias em que a órbita do satélite passou pela localidade (Figura 04).

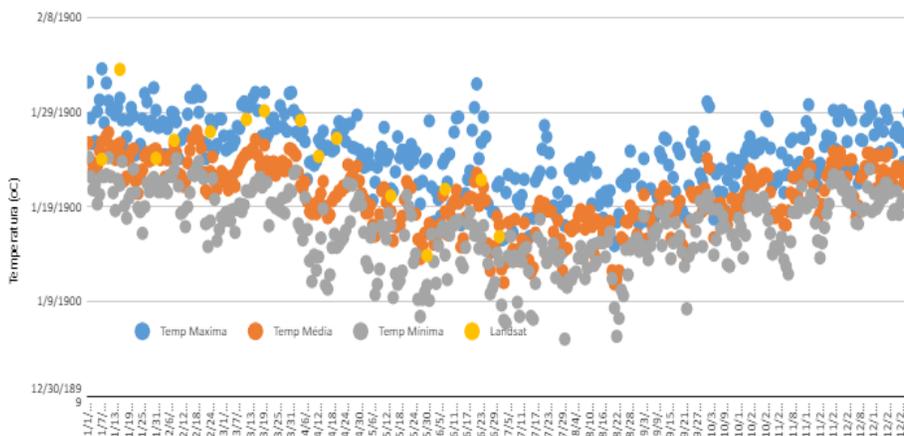


Figura 04 - Evolução da temperatura do ar (máxima, mínima e média) medidas na estação do INMET e LST estimada pelo satélite Landsat para o mesmo ponto para todo o ano de 2020.

### 3.3 Análise dos pontos de referência

A seguir, foram selecionados dois pontos de referência que indicaram locais mais frios e quentes. Um dos pontos de referência incluiu a superfície da água da Lagoa da Conceição (-27.59932 S, -48.45118 O) que indicou temperaturas mais frias. Outro ponto de referência escolhido foi no centro de Florianópolis, especificamente na região do Instituto Federal de Santa Catarina (-27.593756 S, -48.542148 O).

A Figura 05 apresenta uma comparação da evolução da temperatura estimada pelo satélite para estas duas localidades (i.e. Lagoa da Conceição e IFSC). Os resultados mostram que a região central apresenta uma temperatura bem mais alta do que na região da lagoa. Aqui nota-se uma diferença acentuada, sendo a temperatura de superfície na localidade do centro muito maior do que a temperatura na superfície na Lagoa da Conceição. As estimativas apontam uma diferença de até 15 °C entre estas duas localidades.

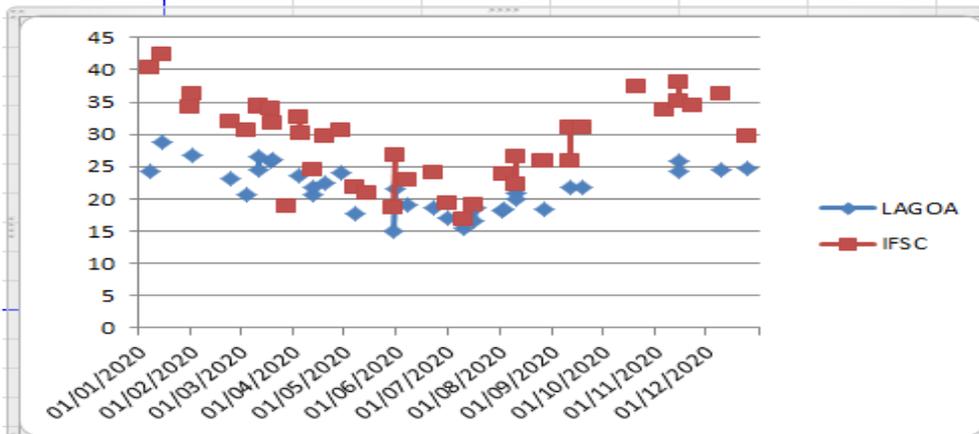


Figura 5 - Evolução da temperatura da superfície obtida a partir do satélite Landsat nas localidades da Lagoa da Conceição e do IFSC (região central).

Com objetivo de fazer uma comparação dos dados mais recentes com dados anteriores foram analisados mapas do início do século. A Figura 06 apresenta um mapa da temperatura de superfície para o ano de 2001.

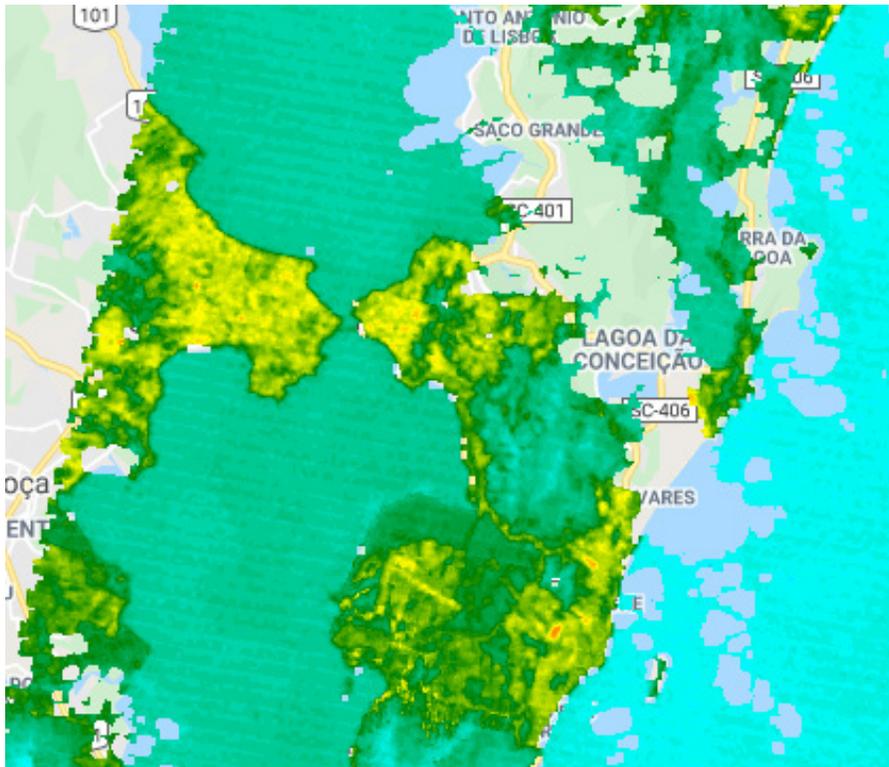


Figura 06 - Mapa da temperatura da superfície na região central de Florianópolis estimada a partir de dados do sensor do satélite *LANDSAT 8* para o dia 07 de Janeiro de 2001.

Este mapa apresenta temperaturas urbanas mais frias que os dias atuais (Figs. 02 e 03). Inclusive não apresenta as regiões mais quentes (hot spots) como o observado sobre na região do IFSC, mostrando que tem ocorrido uma rápida urbanização e mudanças da temperatura da superfície.

## 4 | CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Estimativas das imagens do satélite Landsat mostraram que estas permitem produzir mapas de temperatura da região urbana de Florianópolis e seus arredores. Neste estudo os dados de temperatura mostraram algumas regiões mais quentes principalmente no continente e na região central de Florianópolis, sendo especificamente na área do terminal rodoviário da cidade e do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), com temperaturas para o mês de Janeiro acima dos 40°C.

Encontra-se em andamento um procedimento de coleta de dados de LST com termômetros de infravermelho para poder comparar com as estimativas do satélite. Para este procedimento, estimativas prévias do momento de passagem do satélite estão sendo previstas e a LST tem sido medida em várias localidades com diferentes tipos de superfície. Espera-se que com a disponibilização destes dados no futuro as medidas in situ de superfície possam apresentar meios de comparação com as estimativas do satélite, principalmente com dados do Landsat 8 e também do Landsat 9, que foi colocado em órbita recentemente.

Este método mostra-se de grande importância pois permite determinar os *hotspots* nas regiões urbanas das cidades e portanto é fundamental para a sociedade, já que as imagens de satélite estimam a temperatura de superfície, possibilitando um monitoramento que poderá dar subsídios importantes em políticas públicas nestas áreas.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte.

## REFERÊNCIAS

ERMIDA, S.L., SOARES, P., MANTAS, V., GÖTTSCHE, F.-M., TRIGO, I.F. **Google Earth Engine open-source code for Land Surface Temperature estimation from the Landsat series**, Remote Sensing, maio, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs12091471>.

ESTOQUE, R.C.; MURAYAMA, Y. **Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015)**. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2017.

KARL TR, KNIGHT RW. **The 1995 Chicago heat wave: How likely is a recurrence**. B Am Meteorol Soc.1997.

LI, Z.-L. *et al.*, **A satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives.** *Remote Sens. Environ.* 2013.

MARTINS, J.; TRIGO, I.; BENTO, V.; da Camara, C. **A Physically Constrained Calibration Database for Land Surface Temperature Using Infrared Retrieval Algorithms.** *Remote Sens.* 2016.

OKE T. R. “**The energetic basis of the urban heat island**”. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* 1982.

PENG, J. *et al.*, **Seasonal contrast of the dominant factors for spatial distribution of land surface temperature in urban areas.** *Remote Sens. Environ.* 2018.

SOLECKI, W. *et al.* “**Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey**”. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards.* 2005.

WENG, Q. **Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends.** *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.* 2009, 64, 335–344.

ZHOU, D., *et al.* “**Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives.**” *Remote Sensing*, vol. 11, 2018, p. 48.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetilcolinesterase 128, 130, 131, 132, 134, 137

Agrupamentos 18, 19, 23, 24

Ahorro 110, 111, 112, 113, 114, 116, 118, 119

Aprendizado de máquina 18

Aproveitamento de resíduos sólidos 63

Atividade antifúngica 127, 132

### B

BNCC 1, 2, 3, 4, 5, 81

### C

Cobertura vegetal 29, 150

Covid-19 1, 2, 3, 84, 85, 139, 146, 147, 148, 177

Criptocarste 29, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41

### D

Desafios tecnológicos 84

Desempenho acadêmico 208, 210, 211, 212

Desenvolvimento humano 73, 74, 80, 82

Design thinking 55, 56, 57, 58, 60, 61, 90

Desigualdade triangular 18, 23, 24, 25, 27

### E

Educação matemática 74

Engenharia de software 56, 57, 60

ENOS 42, 44, 48

Ensino de engenharia 107

Ensino de física 1, 2, 4, 88, 90, 98, 109

Ensino remoto 1, 2, 3, 4, 5, 84, 177, 188

Epicarste 29, 30, 31, 32, 33, 35, 38, 39

Estudantes universitarios 208

### F

Ferramentas tecnológicos 177, 188

Física 1, 2, 3, 4, 5, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 98, 101, 102, 105, 106, 108, 109, 150, 164, 168, 177, 185, 187, 188, 192, 199

Física experimental V 177, 188

## **G**

Geoconservação 139, 144, 149

Geologia 139, 141, 143, 146, 149

Geoparque 139, 140, 141, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Geossítios 139, 142, 143, 144, 149

Gestión social 110

## **I**

Inovação 55, 56, 61, 89, 108

Inovação das ideias 55

## **J**

Jogo matix 74

## **K**

K-means 18, 26, 27

## **L**

Leite 120, 121, 122, 124, 126

Liofilização 120, 121, 122, 123, 126

## **M**

Magnetostática 177, 178, 179, 180, 187

Matemáticas 208, 209, 210, 211, 212

Material de referência 120, 121, 126

Mudanças climáticas 42, 44, 53

## **N**

Números inteiros 73, 74, 75, 77, 78, 81, 82

## **P**

Pesquisa 19, 20, 44, 71, 74, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 105, 107, 109, 131, 132, 180, 182, 200

Pobreza energética 110, 111, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Potencial antioxidante 128, 132

Processos geoquímicos 29, 30, 31, 34

## **S**

Sincorá 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

Solos 29, 36, 37, 38, 64, 71

Superfície urbana 150

Sustentabilidade 63

## **T**

Temperatura por satélite 150

Tintas naturais 63, 64, 65, 71

## **U**

Urbanização 42, 46, 150, 160

# CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão 2

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

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

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

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

# CIÊNCIAS EXATAS e da terra:

Observação, formulação e previsão 2