

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCAMB**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA
ANÁLISE DE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA NA
ÁREA URBANA DE LAGES/SC**

PATRICIA COELHO

LAGES, 2022

PATRICIA COELHO

**APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE DE
VULNERABILIDADE CLIMÁTICA NA ÁREA URBANA DE LAGES/SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Guimarães Camargo Campos.

LAGES

2022

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC, com os dados
fornecidos pelo (a) autor (a)**

Coelho, Patricia

Aplicação do Sensoriamento Remoto para análises de vulnerabilidade climática na área urbana de Lages/SC. / Patricia Coelho. -- 2022.

90 p.

Orientadora: Claudia Guimarães Camargo Campo

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Lages, 2022.

1. Temperatura do ar. 2. Mann-Kendall. 3. Método de Sen. 4. Planejamento Urbano. I. Campo, Claudia Guimarães Camargo . II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. III. Título.

PATRICIA COELHO

APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE DE VULNERABILIDADE CLIMÁTICAS NA ÁREA URBANA DE LAGES/SC

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Guimarães Camargo Campos.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora

Professora Dra. Claudia Guimarães Camargo Campos
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Membros:

Prof. Dr. Leonardo Josoé Biffi
Universidade do Estado de Santa Catarina

Prof. Dr. Benito Roberto Bonfatti
Universidade do Estado de Minas Gerais

Lages, 29 de julho de 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus por minha vida, família e amigos. Agradeço por todos os obstáculos que Ele coloca em meu caminho todo os dias, pois nada do que Ele me dá é oferecido sem o propósito do bem.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha Mãe Rosilda Colaço, minha heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu Pai José Coelho, que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Obrigada a minha Irmã Alessandra Coelho, que apesar da distância, nunca deixou de torcer por mim.

Quero agradecer aos meus amigos mais queridos, Gabriel Danieli, Samantha Airtfon, Cristiane Kloth e Thais Agda pela compreensão e conselhos uteis.

A todos os colegas do laboratório de Estudos Ambientais e Climatologia pelo apoio e amizade.

Agradeço a Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, pela oportunidade de fazer o curso.

Ao Centro de Ciências Agroveterinária – CAV/UDESC pelo ambiente criativo e de qualidade que proporciona.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – PPGCAMB, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior.

Aos professores que me acompanharam ao longo do curso e que, com empenho, se dedicam à arte de ensinar.

A minha orientadora Profª. Dra. Claudia Guimarães Camargo Campos, pelo apoio e suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Ao Prof. Dr. Eder Alexandre Schatz Sa, pelo auxilio e apoio na elaboração deste trabalho.

Ao UNIEDU, pela bolsa de estudos e auxílio financeiro que possibilitou a dedicação integral ao programa de Pós-graduação e a pesquisa.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

*“Temos de sentir que somos dotados para
realizar uma determinada coisa e que
temos de alcançá-la, custe o que custar! ”*

(Marie Curie)

RESUMO

O crescimento das cidades é um assunto bastante discutido atualmente, principalmente quando se observa o reflexo da alta taxa de urbanização, causadas pelo aumento da população e das atividades antrópicas no meio. De forma desorganizada e sem o devido planejamento urbano, essas zonas urbanas geralmente enfrentam problemas relacionados as mudanças climáticas, causadas por alterações dos ciclos naturais como, por exemplo, os balanços de radiação e a diminuição da circulação dos ventos. Dentre os efeitos negativos dessas mudanças, pode-se citar o aumento da temperatura do ar na área urbana, o que pode acarretar em mudanças nos padrões microclimáticos. Como resultado, é notável a degradação do bem-estar dos moradores e da qualidade de vida dentro das cidades como um todo. Para buscar mitigar esses efeitos a necessidade de estudos climáticos nas áreas urbanas torna-se essencial, por ser uma medida que pode nortear os gestores públicos a tomarem decisões efetivas voltadas a busca de um planejamento urbano sustentável. Nesses casos, o Sensoriamento Remoto (SR) destaca-se como uma ferramenta de fundamental importância para o desenvolvimento desses estudos, pois permite obter dados da superfície terrestre e ao mesmo tempo trabalhar de forma representativa, o que permite seu uso em escala regional. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi, por meio do sensoriamento remoto, verificar possíveis mudanças nos padrões microclimáticos da região serrana catarinense, em longo prazo, por meio de análises dos dados referentes aos Índices de Vegetação (NDVI) e da Temperatura de Superfície Terrestre (TST). A obtenção desses dados foi através do uso de imagens orbitais do satélite LANDSAT (centradas em 1997, 2009 e 2021) em conjunto com os processamentos realizados pelo software QGIS. Paralelamente, foi realizado o estudo de tendência temporal da temperatura do ar na região serrana de Santa Catarina por meio do Teste de Mann Kendall e Método de estimativa de Sen, com o uso dos dados de estações meteorológicas situadas dentro da área de estudo, obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI). Os resultados obtidos do NDVI, mostram que há um aumento significativo da classe solo exposto de 16,88% (Inverno) e 11,63% (Verão) ao longo do período analisado (1997-2021). A classe de vegetação densa também apresentou um aumento no período de inverno (30,12%) e no verão (52,31%). A TST e a análise estatística da série histórica mostrou aumentos significativos da temperatura do ar, tanto para o inverno quanto para o verão, principalmente a temperatura média do ar. Por tanto, os resultados deste estudo, demonstram a importância da contribuição do Sensoriamento Remoto, como uma ferramenta que possibilita o monitoramento e análises espaciais de longas décadas, os quais podem servir de subsídios para os gestores públicos atuarem de forma efetiva em suas comunidades, no quesito de planejamento urbano.

Palavras-chave: Temperatura do ar, Mann Kendall, Método de Sen, Planejamento Urbano, QGIS.

ABSTRACT

The growth of cities is a subject much discussed today, especially when one observes the reflection of the high rate of urbanization, caused by the increase in population and anthropic activities in the environment. In a disorganized way and without proper urban planning, these urban areas usually face problems related to climate change, caused by changes in natural cycles such as, for example, radiation balances and the reduction of wind circulation. Among the negative effects of these changes, we can mention the increase in air temperature in the urban area, which can lead to changes in microclimatic patterns. As a result, the degradation of the well-being of residents and the quality of life within cities as a whole is remarkable. To seek to mitigate these effects, the need for climate studies in urban areas becomes essential, as it is a measure that can guide public managers to make effective decisions aimed at the pursuit of sustainable urban planning. In these cases, Remote Sensing (SR) stands out as a tool of fundamental importance for the development of these studies, as it allows obtaining data from the earth's surface and at the same time working in a representative way, which allows its use on a regional scale. Thus, the objective of the present study was, by means of remote sensing, to verify possible changes in the microclimatic patterns of the mountain region of Santa Catarina, in the long term, through analysis of data referring to Vegetation Indexes (NDVI) and Surface Temperature. Terrestrial (TST). These data were obtained through the use of orbital images from the LANDSAT satellite (centered on 1997, 2009 and 2021) together with the processing performed by the QGIS software. At the same time, a study of the temporal trend of air temperature in the mountain region of Santa Catarina was carried out using the Mann Kendall Test and Sen's estimation method, using data from meteorological stations located within the study area, obtained through the National Institute of Meteorology (INMET) and the Agricultural Research and Rural Extension Company of Santa Catarina (EPAGRI). The results obtained from the NDVI show that there is a significant increase in the exposed soil class of 16.88% and 11.63%, with an increase in the dense vegetation class over the years analyzed (1997-2021), for the winter period (30.12%) and summer (52.31%). The TST and the statistical analysis of the historical series showed significant increases in air temperature, both for winter and summer, especially the average temperature. Therefore, the results of this study demonstrate the importance of the contribution of Remote Sensing, as a tool that allows the monitoring and spatial analysis of long decades, which can serve as subsidies for public managers to act effectively in their communities, in the urban planning issue.

Keywords: Air temperature, Mann Kendall, Sen Method, Urban Planning, QGIS.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dados do sensor TM (Thematic Mapper).....	28
Quadro 2 – Dados do sensor OLI (Operational Land Imager).....	28
Quadro 3 – Dados do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor)	29

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comportamento da Ilha de calor.....	23
Figura 2 – Interação Sol–Terra e Satélite.....	26
Figura 3 – Missões Landsat.....	27
Figura 4 – Interface do GEE.....	29
Figura 5 – Regra geral dos resultados do NDVI.....	30
Figura 6 – Os dados de entrada são inseridos na planilha Annual data do MAKESENS.....	34
Figura 7 – A planilha Trend Statistics do MAKESENS mostra os resultados do cálculo..	35
Figura 8 – A planilha Figue de MAKESENS.....	35
Figura 9 – Mapa de localização do Município de Lages/SC e sua área Urbana.....	39
Figura 10 – Processo de definição da TST e NDVI usando o <i>plugin RS&GIS</i>	42
Figura 11 – Localização das estações meteorológica 230, 231 e 1028 do INMET e EPAGRI.	46
Figura 12 – Uso e Cobertura de Terra da Área de estudo.....	49
Figura 13 – Mapa temático da variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de 1997 a 2021 na área urbana de Lages/SC no período de inverno: (a) 01/07/1997, (b) 18/07/2009 e (c) 04/08/2021.....	51
Figura 14 – Porcentagem de área de cada classe (NDVI) no período estudado (Inverno)	52
Figura 15 – Mapa temático da variação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) de 1997 a 2021 na área urbana de Lages/SC no período de Verão: (a) 06/01/1997, (b) 07/01/2009 e (c) 26/12/2021.....	53
Figura 16 – Porcentagem de área de cada classe (NDVI) no período estudado (Verão)....	54
Figura 17 – Imagens do Google Earth Pro nas datas de 12/1997, 12/2009 e 12/2021.....	57
Figura 18 – Variação da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) de 1997 a 2021 na área urbana de Lages/SC: (a) 01/07/1997, (b) 18/07/2009 e (c) 04/08/2021.....	58
Figura 19 – Gráfico de temperatura de acordo com a proporção de área ao longo do período de inverno, para a área urbana de Lages/SC.....	59
Figura 20 – Variação da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) de 1997 a 2021 na área urbana de Lages/SC: (a) 06/01/1997, (b) 07/01/2009 e (c) 26/12/2021.....	60
Figura 21 – Gráfico de temperatura da proporção de área ao longo do período de verão para a área urbana de Lages/SC.....	62
Figura 22 – Valores mensais de temperatura média do ar e precipitação (mês/ano), referente as imagens obtidas em 1997, 2009 e 2021 (Verão e Inverno).....	63
Figura 23 – Valores da acurácia geral de cada recorte da imagem de NDVI.....	64

Figura 24 – Caracterização mensal do período histórico (1960-2021) para temperatura do ar máxima, temperatura mínima e temperatura média para Lages/SC.....	67
Figura 25 – Histograma de temperatura do ar máxima, mínima e média para o município de Lages/SC, no período entre 1960 – 2021.....	68
Figura 26 – Tendências para a temperatura máxima, mínima e média anual, para Lages/SC, entre os anos de 1960 e 2021.....	71
Figura 27 – Tendências para a temperatura máxima sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Verão e Inverno).....	74
Figura 28 – Tendências para a temperatura máxima sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Outono e Primavera).....	75
Figura 29 – Tendências para a temperatura mínima sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Verão e Inverno).....	76
Figura 30 – Tendências para a temperatura mínima sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Outono e Primavera).....	77
Figura 31 – Tendências para a temperatura média sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Verão e Inverno).....	78
Figura 32 – Tendências para a temperatura média sazonal, para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021 (Outono e Primavera).....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações dos metadados das imagens de satélite da série <i>Landsat</i>	41
Tabela 2 – Classes de uso do solo segundo o NDVI.....	43
Tabela 3 – Constantes utilizadas para a conversão das imagens em radiância e temperatura... <td>44</td>	44
Tabela 4 – Grau de Concordância da classificação temática.....	45
Tabela 5 – Proporção da área e percentual dos tipos de uso e cobertura da terra.....	49
Tabela 6 – Proporção de área por tipo de vegetação ao longo do período analisado para o período de inverno.....	51
Tabela 7 – Proporção de área por tipo de vegetação ao longo do período analisado para o período de verão.....	53
Tabela 8 – Grau da acurácia da classificação temática do NDVI para o período de inverno.....	65
Tabela 9 – Grau da acurácia da classificação temática do NDVI para o período de Verão.....	65
Tabela 10 – Tendências detectadas nos dados de temperatura máxima, mínima e média através do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive Sen para Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021.....	70
Tabela 11 – Tendências detectadas nos dados de temperatura máxima, mínima e média Sazonal através do teste de Mann-Kendall, quantificadas pelo declive Sen para a estação Meteorológica de Lages/SC, entre os anos de 1960 – 2021.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
ONU	Organização das Nações Unidas
EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
SR	Sensoriamento Remoto
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
OLI	<i>Operational Land Imager</i>
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ETM ⁺	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
LST	<i>Land Surface Temperature Estimation Plugin</i>

SUMÁRIO

2.3.1	Caracterização do Uso e Cobertura do Solo	Erro! Indicador não definido.
2.3.2	Índice de Vegetação (NDVI) e Temperatura da Superfície Terrestre (TST) ...	Erro! Indicador não definido.
2.3.3	Validação Estatística dos Mapas	Erro! Indicador não definido.
2.3.4	Caracterização climática da área de estudo	Erro! Indicador não definido.
2.3.4	Análise da Tendência Climática (Teste de Mann Kendall e Sen)	Erro! Indicador não definido.
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	Erro! Indicador não definido.
	REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.