

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

CARLA CLAUDINO

ESTUDO DE INDICADORES AMBIENTAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE
CALOR NO MUNICÍPIO DE ITAJAÍ-SC

Florianópolis

SETEMBRO/2023

CARLA CLAUDINO

ESTUDO DE INDICADORES AMBIENTAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE
CALOR NO MUNICÍPIO DE ITAJAÍ-SC

Dissertação apresentada ao
Mestrado Profissional em
Clima e Ambiente do
Campus Florianópolis do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção
do diploma de Mestre em
Clima e Ambiente.

Orientador: Dr. Dirceu Luís
Herdies

Co-orientador: Dr. Mário
Francisco Leal de Quadro

Florianópolis

SETEMBRO/2023

CDD 551.525091732
C615e

Claudino, Carla

Estudo de indicadores ambientais para identificação de ilhas de calor no município de Itajaí-SC [DIS] / Carla Claudino; orientação de Dirceu Luís Herdies; coorientação de Mário Francisco Leal de Quadro – Florianópolis, 2023.

1 v.: il.

Dissertação de Mestrado (Clima e Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Inclui referências.

1. Ilhas de calor. 2. Sensoriamento remoto. 3. Cobertura vegetal. 4. Indicadores. I. Herdies, Dirceu Luís. II. Quadro, Mário Francisco Leal de. III. Título.

Sistema de Bibliotecas Integradas do IFSC

Biblioteca Dr. Hercílio Luz – Campus Florianópolis

Catalogado por: Ana Paula F. Rodrigues - CRB 14/1117

Aluno (a): VARIABILIDADE CLIMÁTICA E O PLANEJAMENTO URBANO: ESTUDO DE CASO DE ITAJAI-SC

Título:	Estudo de Indicadores Ambientais para Identificação de Ilhas de Calor no Município de Itajaí-SC
----------------	---

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora em
cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em Clima e Ambiente**

Dr(a). DIRCEU LUIS HERDIES

Documento assinado digitalmente
 **DIRCEU LUIS HERDIES**
Data: 08/09/2023 14:37:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientador(a) / Presidente / IFSC / INPE – SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Documento assinado digitalmente
 **DEBORA MONTEIRO BRENTANO**
Data: 14/09/2023 11:19:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr(a). DEBORA MONTEIRO BRENTANO

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis SC

Participação: () Presencial (X) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

 Documento assinado digitalmente
MICHEL NOBRE MUZA
Data: 11/09/2023 16:38:53-0300
CPF: 977.090.260-87
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Dr(a). MICHEL NOBRE MUZA

Avaliador(a) Interno / IFSC / Florianópolis - SC

Participação: (X) Presencial () Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Documento assinado digitalmente
 **NATALIA RUDORFF OLIVEIRA**
Data: 14/09/2023 13:42:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr(a). NATÁLIA RUDORFF OLIVEIRA

Avaliador(a) Externo / INPE / Cach. Paulista - SP

Participação: () Presencial (X) Videoconferência
(X) Aprovado () Reprovado

Este trabalho foi aprovado por:

() maioria simples

(X) unanimidade

Dedico este estudo aos meus pais, Gislane e Carlos, à minha irmã, Daniela, e aos meus avós, Rosalba (*in memoriam*) e Carlos (*in memoriam*), pelo apoio e esforço incondicional em todas as etapas da minha educação.

Ao meu amor, Pedro, pela motivação e carinho.

A Deus, por tudo.

AGRADECIMENTOS

À minha família, por me proporcionar a possibilidade de crescer pessoal e profissionalmente. Vocês são a minha base e a minha razão de viver.

Ao professor Dr. Dirceu Luís Herdies, pelas orientações, confiança e motivação contínua que proporcionaram a conclusão deste estudo, sou muito grata pela oportunidade de ter sido sua orientanda.

Ao professor Dr. Mário Francisco Leal de Quadro, pelos ensinamentos, disponibilidade e atenção em todas as etapas, tanto desta dissertação quanto do mestrado.

Aos demais professores do Mestrado em Clima e Ambiente do IFSC, por toda solicitude e aprendizados, em particular ao Dr. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro, muito obrigada pelas explicações e ensinamentos, ao Dr. Adriano Vitor, pelas valiosas ponderações e considerações, e aos professores Dr. Walter Martin Widmer, Dr. Michel Nobre Muza e Dra. Débora Monteiro Brentano que honrosamente analisaram e contribuíram para o desenvolvimento deste estudo.

À professora da Pós-Graduação em Meteorologia do INPE, Dra. Simone Marilene Sievert da Costa Coelho, pelas considerações e sugestões para melhoria deste estudo.

Às professoras Dra. Ieda Del'Arco Sanches e Dra. Natalia Rudorff Oliveira do INPE, por terem colaborado de forma extremamente positiva durante a avaliação deste estudo.

Por fim, agradeço aos meus colegas e à toda comunidade do IFSC, pelos momentos de descontração e oportunidade de intercâmbio através da Mobilidade Virtual com o Instituto Politécnico de Setúbal – Portugal, bem como participação em eventos científicos.

O que eu faço é uma gota no meio de um oceano.

Mas sem ela, o oceano será menor.

(Madre Teresa de Calcutá, s.d.)

RESUMO

Com o crescimento urbano, há uma tendência de aumento de temperatura em determinadas regiões devido à emissão de calor por fontes antropogênicas e à absorção e reemissão de radiação pelas edificações e infraestruturas urbanas, agravado pela falta de áreas verdes, possibilitando a formação de ilhas de calor. Deste modo, este estudo analisou a relação entre ilhas de calor e a cobertura vegetal em Itajaí - SC durante os períodos mais frio e mais quente do ano, bem como sua interação com os indicadores da população, com o objetivo de fornecer informações para o planejamento urbano. O período de estudo compreendeu os anos de 1991 a 2020, com a utilização dos dados da estação meteorológica automática A868-Itajaí e o produto da reanálise MERRA-2 para determinação dos períodos com temperatura mínima/máxima do ar em cada ano. Para os respectivos períodos, foram elaborados mapas da Temperatura da Superfície Terrestre - LST e cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI, com imagens LANDSAT da Coleção 2 Nível 2 disponíveis no site *Earth Explorer* da USGS. Para os anos de 1998 e 2018, foram realizadas análises estatísticas entre as variáveis LST, NDVI, bairros, tipo de uso e cobertura da terra, altitude e trechos de massa d'água. Com a espacialização das prováveis ilhas de calor, através da análise da distribuição da temperatura da superfície terrestre na área de estudo, e obtenção da sua intensidade, foram avaliados os indicadores de renda e alfabetização. Resultados indicaram uma relação complexa entre fatores socioeconômicos e ambientais. A correlação negativa entre NDVI e temperatura sugeriu influência da vegetação na mitigação do calor urbano. A análise dos anos 1998 e 2018 revelou Áreas Urbanizadas como prováveis Ilhas de Calor, e áreas de Rio, Lago e Oceano, Formação Florestal e Silvicultura como prováveis Ilhas de Frescor. A altitude também influenciou a temperatura. Trechos de massa d'água apresentaram temperaturas mais baixas que a superfície circundante. Foi obtido também que os dados do produto da reanálise MERRA-2 e os dados observados estão altamente correlacionados. Como produto foi elaborada a ementa para a disciplina Geoprocessamento para análise de Ilhas de Calor e ministradas estas aulas em 2023. Para pesquisas futuras, sugere-se análises com dados de censo mais recentes, elaboração deste estudo em municípios vizinhos, bem como realizar a comparação dos valores de LST com os valores da temperatura do ar provenientes da reanálise do MERRA-2, para mais pontos na área de estudo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. Cobertura Vegetal. Ilhas de Calor. Indicadores.

ABSTRACT

With urban growth, there is a tendency for the temperature to increase in certain regions due to the emission of heat by anthropogenic sources and the absorption and re-emission of radiation by buildings and urban infrastructures, which is aggravated by the lack of green areas, allowing the formation of heat islands. Thus, this study analyzed the relationship between heat islands and vegetation cover in Itajaí - SC during the coldest and warmest periods of the year, as well as their interaction with population indicators, with the aim of providing information for urban planning. The study period comprised the years 1991 to 2020, using data from the A868-Itajaí automatic weather station and the product of the MERRA-2 reanalysis to determine the periods with the lowest/highest air temperature in each year. For the respective periods, maps of the Land Surface Temperature - LST and calculation of the Normalized Difference Vegetation Index - NDVI were done, using LANDSAT images from Collection 2 Level 2 available on the USGS Earth Explorer website. For the years 1998 and 2018, statistical analyzes were carried out between the variables LST, NDVI, neighborhoods, type of land use and cover, altitude and water body locations. With the spatialization of probable heat islands, through the analysis of the land surface temperature distribution in the study area, and obtaining its intensity, income and literacy indicators were evaluated. Results indicated a complex relationship between socioeconomic and environmental factors. The negative correlation between NDVI and temperature suggested the influence of vegetation on urban heat mitigation. The analysis of the years 1998 and 2018 revealed Urbanized Areas as probable Heat Islands, and areas of River, Lake and Ocean, Forest Formation and Silviculture as probable Cool Islands. Altitude also influenced temperature. Water body locations had lower temperatures than the surrounding surface. It was also obtained that the MERRA-2 reanalysis product data and the observed data are highly correlated. As a product of this research, the syllabus for Geoprocessing for the Analysis of Heat Islands' discipline was developed and these classes were taught in 2023. For future research, analyzes with more recent census data and, carrying out this study in neighboring municipalities are suggested, as well as comparing LST values with air temperature values from the MERRA-2 reanalysis, for more points in the study area.

Keywords: Remote sensing. Vegetal cover. Heat Islands. Indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa com a localização do município de Itajaí no estado de Santa Catarina.....	46
Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada até a etapa de elaboração dos mapas de LST e NDVI, realizado anualmente a partir da etapa “Busca e seleção de imagens (n=1,2)”.....	49
Figura 3 - Mapa com a localização da estação meteorológica automática A868 - Itajaí, do Porto de Itajaí e das massas d’água próximas à área de estudo.....	51
Figura 4 - Gráficos de linha ajustada decorrentes da análise de regressão polinomial entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados. Acima de cada gráfico está a equação de cada regressão, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).....	68
Figura 5 – Comparação entre a imagem do LANDSAT-7 referente ao ano 2000 e referente ao ano 2004, para a área de estudo, da Coleção 2 Nível 2, com o LST calculado em Graus Celsius.....	73
Figura 6 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 1993 a 2002, município de Itajaí – SC.	80
Figura 7 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 2003 a 2010, município de Itajaí – SC.	81
Figura 8 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 2011 a 2020, município de Itajaí – SC.	82
Figura 9 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 1993 a 2002, município de Itajaí – SC.....	84
Figura 10 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 2003 a 2010, município de Itajaí – SC.....	85
Figura 11 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 2011 a 2020, município de Itajaí – SC.....	86
Figura 12 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais quente de 1993 a 2007, município de Itajaí – SC.	88
Figura 13 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais quente de 2010 a 2019, município de Itajaí – SC.	89
Figura 14 - Mapas de NDVI para o período mais quente de 1993 a 2007, município de Itajaí – SC.....	91
Figura 15 - Mapas de NDVI para o período mais quente de 2010 a 2019, município de Itajaí – SC.....	92
Figura 16 - Bairros da área urbana de Itajaí – SC, com base nos setores censitários do censo de 2000.....	98
Figura 17 - Bairros e localidades do município de Itajaí – SC, conforme o arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado em Geolajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).....	99
Figura 18 – Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí – SC, referente ao ano de 1998.	101
Figura 19 - Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí – SC, referente ao ano de 2018.	102
Figura 20 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por bairro e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/06/1998.	104

Figura 21 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/06/1998.....	106
Figura 22 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por bairro e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 18/01/1998.	108
Figura 23 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 18/01/1998.	110
Figura 24 – Comparação das medianas dos valores de LST (a, c) e NDVI (b, d) por bairro/localidade e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 06/09/2018.	112
Figura 25 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 06/09/2018.	114
Figura 26 – Comparação das medianas dos valores de LST (a, c) e NDVI (b, d), bairros/localidades e intervalos de confiança (em vermelho), para o dia 11/12/2018.	117
Figura 27 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/12/2018.....	119
Figura 28 – Curvas de nível para o município de Itajaí – SC.	124
Figura 29 – Comparação da temperatura da superfície entre 1998 e 2018, por bairros/localidades, no município de Itajaí – SC.....	137
Figura 30 - Evolução do uso e cobertura da terra de 1998 (a) a 2018 (b), por bairros/localidades, no município de Itajaí – SC.....	138
Figura 31 - Evolução da mediana da temperatura da superfície para os anos apresentados, por bairros/localidades conforme base utilizada para as análises referentes ao ano de 2018, período mais frio de cada ano apresentado.	144
Figura 32 – Evolução da mediana da temperatura da superfície para os anos apresentados, por bairros/localidades conforme base utilizada para as análises referentes ao ano de 2018, período mais quente de cada ano apresentado.	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da estação meteorológica automática A868 - Itajaí.	50
Tabela 2 – Valores de pixels e interpretação para o filtro de nuvens e sombra de nuvens das imagens do LANDSAT 8.	56
Tabela 3 – Valores de pixels e interpretação para o filtro de nuvens e sombra de nuvens das imagens do LANDSAT 5 e LANDSAT 7.	56
Tabela 4 - Resultados dos testes de normalidade de Anderson-Darling e dos testes de estatística básica, para todas as variáveis temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).....	65
Tabela 5 - Resultados dos testes t pareados entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).....	66
Tabela 6 - Resultados dos testes de Mann-Whitney entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).....	66
Tabela 7 - Resultados dos testes de correlação de Pearson e do Rô de Spearman - ρ entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM)...	66
Tabela 8 - Resultado do cálculo do viés para cada variável estudada, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM)...	67
Tabela 9 - Datas com as maiores e menores temperaturas, por ano, no município de Itajaí – SC, e os p-valores do teste de normalidade de Anderson-Darling para cada série de dados, por ano. Os números sinalizados em negrito são discutidos ao longo do texto.	69
Tabela 10 – Anos em que foram realizadas novas buscas de imagens do satélite LANDSAT-8 detalhados em segunda data mais quente do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.	72
Tabela 11 – Informações sobre a busca de imagens do satélite LANDSAT-7 na segunda data mais fria do ano de 2012, como período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.....	72
Tabela 12 – Anos em que foram buscadas imagens do satélite LANDSAT-7 detalhados na segunda data mais quente do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.	74
Tabela 13 – Anos em que foram buscadas imagens do satélite LANDSAT-5 detalhados na segunda data mais fria do respectivo ano*, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a	

elaboração de imagens LST) e dados da imagem.	75
Tabela 14 – Anos em que foram realizadas novas buscas de imagens do satélite LANDSAT-5 detalhados em segunda data mais quente do respectivo ano*, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.	77
Tabela 15 - Relação das imagens de satélite utilizadas na elaboração dos mapas dos períodos mais frios, por data da imagem.....	78
Tabela 16 - Relação das imagens de satélite utilizadas na elaboração dos mapas dos períodos mais quentes, por data da imagem.....	78
Tabela 17 - Comparação entre os resultados da temperatura horária do ar obtidos através do produto da reanálise do MERRA-2 e a temperatura média da superfície calculada com base nos dados do LANDSAT, para as datas analisadas nos anos de 1998 e 2018.	93
Tabela 18 – Resultados do teste Anderson-Darling para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018, analisadas separadamente.	94
Tabela 19 – Resultados do teste de correlação Rô de Spearman - ρ para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018.	95
Tabela 20 – Resultados do teste Anderson-Darling para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018, intervalo de NDVI de 0 a 1, analisadas separadamente.	96
Tabela 21 – Resultados do teste de correlação Rô de Spearman - ρ para as séries de dados de NDVI, considerando o intervalo de 0 a 1 de NDVI, e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018.....	96
Tabela 22 - Percentual de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí no ano de 1998 e 2018.	100
Tabela 23 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros do município de Itajaí, e entre os valores de NDVI e os bairros do município de Itajaí para o dia 11/06/1998.....	103
Tabela 24 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra do município de Itajaí, para o dia 11/06/1998.	105
Tabela 25 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros, e entre os valores de NDVI e os bairros do município de Itajaí, para o dia 18/01/1998.....	107
Tabela 26 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra presentes no município de Itajaí, para o dia 18/01/1998.	109
Tabela 27 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros/localidades do município de Itajaí, para o dia 06/09/2018...	111
Tabela 28 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra presentes no município de Itajaí, para o dia 06/09/2018.	113
Tabela 29 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros/localidades, e entre os valores de NDVI e os bairros/localidades do município de Itajaí, para o dia 11/12/2018.	116
Tabela 30 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da	

superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra do município de Itajaí, para o dia 11/12/2018.	119
Tabela 31 - Percentual de uso e cobertura da terra, valores das medianas de LST por tipo de uso e cobertura da terra, para o município de Itajaí no ano de 1998 e 2018.	122
Tabela 32 - Correlação entre a temperatura da superfície e a altitude no município de Itajaí – SC, para as datas analisadas.	125
Tabela 33 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	126
Tabela 34 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	126
Tabela 35 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	127
Tabela 36 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	127
Tabela 37 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	128
Tabela 38 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.	128
Tabela 39 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	129
Tabela 40 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	129
Tabela 41 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	129
Tabela 42 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	130
Tabela 43 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	130
Tabela 44 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.	130
Tabela 45 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.	131
Tabela 46 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.	132
Tabela 47 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície	

da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.....	132
Tabela 48 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.	133
Tabela 49 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.	133
Tabela 50 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.	133
Tabela 51 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.....	134
Tabela 52 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.....	134
Tabela 53 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.....	134
Tabela 54 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.	135
Tabela 55 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.	135
Tabela 56 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.....	136
Tabela 57 – Comparação da mediana de temperatura da superfície no município de Itajaí do período mais frio de 1998 com a do período mais frio de 2018, por bairro/local, considerando a divisão de bairros e localidades utilizada nas análises do ano de 2018.	139
Tabela 58 – Comparação da mediana de temperatura da superfície no município de Itajaí do período mais quente de 1998 com a do período mais quente de 2018, por bairro/local, considerando a divisão de bairros e localidades utilizada nas análises do ano de 2018.	141
Tabela 59 – Dados socioambientais para o município de Itajaí, sendo NDVI e LST do período mais quente de 2018 e demais dados do Censo de 2010.	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%ISA - Porcentagem de Área de Superfície Impermeável
BT - Temperatura de Brilho
CFSR - Climate Forecast System Reanalysis
ECMWF - European Center for Medium-Range Weather Forecast
ERTS-1 - Earth Resources Technology Satellite
ETM + - Enhanced Thematic Mapper Plus
EVI – Enhanced Vegetation Index
GMAO - Global Modeling and Assimilation Office
GTS - Global Telecommunication System
IAF - Índice de Área Foliar
IESA - Integrated Earth System Analysis
ITU – Índice de Temperatura e Umidade
JRA-55 - Japanese 55-year Reanalysis
LaRC - Langley Research Center
LIDAR - Light Detection and Ranging
LST - Temperatura da Superfície Terrestre
MERRA - Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications
MERRA-2 - Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2
MSS - Multispectral Scanner System
NARR - North American Regional Reanalysis
NASA - National Aeronautics and Space Administration
NCEP - National Center for Environmental Prediction
NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
NDWI – Normalized Difference Water Index
NOAA - Administração Oceânica e Atmosférica Nacional
ODS – Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
OLI - Operational Land Imager
OMM - Organização Mundial de Meteorologia
ONI - Oceanic Niño Index
PAN – Pancromática
PCI - Park Cool Island
PIB – Produto Interno Bruto
POWER - Prediction of Worldwide Energy Resource
REM – Radiação Eletromagnética
SC – Estado de Santa Catarina
SEBAL - Surface Energy Balance Algorithms for Land
SLC – Scan Line Corrector
SRI – Solar Reflectance Index
TIRS - Sensor Infravermelho Termal
TM - Thematic Mapper
TMDM – Temperatura média MERRA-2
TMDO – Temperatura média observada
TMIM – Temperatura mínima MERRA-2
TMIO – Temperatura mínima observada
TMXM – Temperatura máxima MERRA-2
TMXO – Temperatura máxima observada

TOA - Topo da Atmosfera

USGS - United States Geological Survey

VANT - Veículo Aéreo Não Tripulado

LISTA DE SÍMBOLOS

® - Marca Registrada

ρ - Rô de Spearman

Δ - Delta

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1 Objetivos	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivo(s) específico(s).....	21
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1. Urbanização e Distribuição Populacional	22
2.2. Clima no Município de Itajaí	25
2.3. Ilhas de Calor.....	27
2.4. Sensoriamento Remoto	30
2.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI	34
2.6. Uso e Cobertura da Terra	35
2.7. Temperatura da Superfície Terrestre - LST.....	36
2.8. Reanálises Atmosféricas	38
2.9. Estudos Sobre Ilhas de Calor	40
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1. Área de estudo	45
3.2. Fluxograma da metodologia - LST e NDVI	48
3.3. Dados de temperatura do ar (°C).....	50
3.4. Análise climatológica dos dados diários de temperatura do ar	52
3.5. Validação da reanálise para substituir os dados observados referentes à temperatura do ar.....	52
3.6. Análise dos dados de temperatura do ar e delimitação do período para obtenção das imagens de satélite – LANDSAT	54
3.7. Obtenção e processamento das imagens LANDSAT	54
3.8. Interpretação dos produtos LST e NDVI para os anos de 1998 e 2018	59
3.9. Relação entre cobertura vegetal, Ilhas de Calor e indicadores	62
3.10. Classificação das Ilhas de Calor e de Frescor com base nos Padrões de Classificação Termal.....	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1. Validação dos dados do MERRA-2 frente aos dados observados.....	65
4.2. Dados da temperatura do ar no período de 1991 a 2020	69
4.3. Disponibilidade de imagens LANDSAT nos períodos mais quentes e mais	

frios de 1991 a 2020.....	71
4.3.1. LANDSAT-8 – Períodos com a data mais fria.....	71
4.3.2. LANDSAT-8 – Períodos com a data mais quente.....	71
4.3.3. LANDSAT-7 – Períodos com a data mais fria.....	72
4.3.4. LANDSAT-7 – Períodos com a data mais quente.....	73
4.3.5. LANDSAT-5 – Períodos com a data mais fria.....	74
4.3.6. LANDSAT-5 – Períodos com a data mais quente.....	76
4.4. Mapas LST e NDVI da cidade de Itajaí no período de 1991 a 2020.....	77
4.4.1. Mapas LST para o período mais frio.....	79
4.4.2. Mapas NDVI para o período mais frio.....	83
4.4.3. Mapas LST para o período mais quente.....	87
4.4.4. Mapas NDVI para o período mais quente.....	90
4.5. Análise dos produtos LST e NDVI para os anos de 1998 e 2018.....	93
4.5.1. Correlação entre LST e NDVI – intervalo de NDVI de -1 a 1.....	94
4.5.2. Correlação entre LST e NDVI – intervalo de NDVI de 0 a 1.....	95
4.5.3. Bairros do município de Itajaí – 1998 e 2018.....	97
4.5.4. Uso e cobertura da terra do município de Itajaí – 1998 e 2018.....	100
4.5.5. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 11/06/1998	103
4.5.6. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 11/06/1998.....	104
4.5.7. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 18/01/1998	106
4.5.8. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 18/01/1998.....	108
4.5.9. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros/localidades de Itajaí – 06/09/2018.....	110
4.5.10. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 06/09/2018.....	113
4.5.11. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 11/12/2018	115
4.5.12. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 11/12/2018.....	118
4.5.13. LST e os tipos de uso e cobertura da terra – 1998 e 2018.....	120

4.5.14. Comparação estatística entre LST e altitude.....	123
4.5.15. Comparação estatística entre LST e os trechos de massas d'água, período mais frio: 11/06/1998 e 06/09/2018	126
4.5.16. Comparação estatística entre LST e os trechos de massas d'água, período mais quente: 18/01/1998 e 11/12/2018	131
4.6. Indicadores e a espacialização das Ilhas de Calor	136
4.7. Evolução da temperatura da superfície e classificação das Ilhas de Calor e de Frescor com base nos Padrões de Classificação Termal, para o período mais quente dos anos 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019	150
5. PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO.....	154
5.1. PRODUTOS	154
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	155
7. CONCLUSÃO	157
REFERÊNCIAS.....	159
APÊNDICE A - ARTIGO(S) SUBMETIDO(S).....	168
APÊNDICE B – RESUMOS GRÁFICOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DIÁRIAS, POR ANO, EM ITAJAÍ-SC	170
APÊNDICE C – RESUMOS GRÁFICOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS TEMPERATURAS MÁXIMAS DIÁRIAS, POR ANO, EM ITAJAÍ-SC	186
APÊNDICE D – EMENTA DA DISCIPLINA DE GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR.....	202
APÊNDICE E – DECLARAÇÃO REFERENTE À DISCIPLINA DE GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR	204

1. INTRODUÇÃO

O crescimento urbano consiste em uma das consequências do aumento da população mundial e culmina em desafios e oportunidades, como a necessidade de estabelecer uma agenda de desenvolvimento urbano que possibilite que as cidades e os assentamentos urbanos sejam seguros, inclusivos, resilientes e sustentáveis (UNITED NATIONS, 2019). O aumento das cidades também pode ser atribuído ao êxodo rural.

Nesta linha, a evolução das cidades e indústrias traz benefícios econômicos para as cidades, bem como adversidades como resíduos industriais, poluição do ar e aumento da temperatura (RIZWAN; DENNIS; CHUNHO, 2008). Desta forma, o ambiente passa a apresentar desequilíbrios, como as ilhas urbanas de calor e, eventualmente, ilhas urbanas de frio (RIZWAN; DENNIS; CHUNHO, 2008).

Uma vez que as pessoas, e, portanto, a população, são o centro do desenvolvimento sustentável, a urbanização, tida como uma das quatro megatendências demográficas (World Population Prospects 2019: Highlights), tem implicação direta com o desenvolvimento social, econômico e a sustentabilidade ambiental, sendo importante a incorporação de dados que dizem respeito à população para análise da situação de uma localidade (UNITED NATIONS, 2019).

O bem-estar da população está diretamente associado ao meio biofísico. Por mais que os elementos bióticos e abióticos sejam externos à condição humana, eles tanto influenciam quanto são influenciados pela atividade antrópica, de modo que o bem-estar surge como produto das necessidades atendidas (ASSIS; BARROS, 2014).

De encontro ao que foi supracitado, o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável - ODS de número 11 busca “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis”, sendo proposto que, até 2030, tenha-se mais capacidade para o planejamento e gestão dos assentamentos urbanos; redução do impacto negativo das cidades; acesso a espaços públicos verdes, em especial para mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência (NAÇÕES UNIDAS, 2020).

Calcado no pressuposto de que as ilhas de calor são consequência do crescimento urbano e que a presença de vegetação nas áreas urbanas configura um modo de mitigação da elevação da temperatura, estudar esta relação e associar

com o bem-estar da população representa uma forma de buscar atingir o ODS 11 numa escala local.

Deve-se ressaltar que, como apresentado por Yang *et al.* (2017), muitos estudos falham ao buscar mapear as ilhas de calor urbanas apenas no verão, sendo que a vegetação se comporta diferente ao longo do ano, de modo que as diferentes estações do ano devem ser levadas em conta.

No que tange à escolha do município, a mesma se deu pela sua relevância econômica no Estado de Santa Catarina, por ocupar a 3ª colocação estadual e 1ª colocação regional em termos do Produto Interno Bruto - PIB *per capita*, possuir em seu território atividades nas áreas da agricultura, comércio, serviços, indústria, construção e ter em seu território atividades portuárias (SEBRAE/SC, 2019).

Por conseguinte, verificar a existência de ilhas de calor em centros urbanos e associá-las com variáveis que podem amenizá-las, como a cobertura vegetal, ou intensificá-las, como a infraestrutura urbana, pode vir a explicar como uma população se comporta em uma dada região, de modo que a validação desta hipótese alicerçará o poder público e privado no que tange às ações para o desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos. A hipótese a ser validada é a de que a existência de cobertura vegetal atenua a elevação da temperatura das cidades e promove o bem-estar da população.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Estudar a relação entre as ilhas de calor e a cobertura vegetal no ambiente urbano, no período mais frio e no período mais quente de cada ano, bem como analisar a interação entre a existência, ou ausência, da cobertura vegetal e os indicadores da população para o município de Itajaí – SC, para poder embasar tomadas de decisão relacionadas ao planejamento urbano.

1.1.2 Objetivo(s) específico(s)

a) Verificar, estatisticamente, se os dados de temperatura do ar da reanálise do MERRA-2 podem representar os dados pretéritos à instalação da estação

meteorológica presente no município de Itajaí-SC;

b) Analisar, a partir de séries climatológicas de informações meteorológicas, a variabilidade térmica na região de Itajaí-SC e a associação com a urbanização entre 1991 e 2020;

c) Confeccionar mapas de LST e NDVI para o município de Itajaí, visando avaliar a distribuição das ilhas de calor e da cobertura vegetal da área de estudo, no período mais frio e no período mais quente de cada ano, entre 1991 e 2020;

d) Verificar a relação entre o LST e NDVI com os indicadores da população de Itajaí-SC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Urbanização e Distribuição Populacional

A ocupação e valorização dos terrenos litorâneos datam da época da colonização do Brasil, quando os primeiros assentamentos lusitanos, salvo pouquíssimas exceções, estavam localizados na zona costeira (MORAES, 2007, p. 33). Os portos inclusos nos circuitos de produção mais relevantes, acabavam por suscitar zonas de adensamento no seu perímetro, dando início às primeiras redes de cidades (MORAES, 2007, p. 33). Desde o início do processo de colonização brasileira, a localização litorânea apresenta atributos singulares que a qualificam como uma situação geográfica ímpar, como uma menor quantidade de terrenos próximos ao mar em relação ao interior do país, bem como alta riqueza e relevância ecológica da zona costeira, e facilidade de circulação de pessoas e mercadorias, considerando o escoamento por via marítima (MORAES, 2007, p. 31).

Este anseio de residir próximo à zona litorânea, assim como os pontos positivos da instalação de estruturas logísticas, como portos, proporcionam conflitos no potencial do uso do solo, sendo relevante o papel do planejamento (MORAES, 2007, p. 31). A acelerada urbanização que o Brasil apresenta ocasiona numa rede expressiva e desigualmente distribuída no território nacional, de modo que a urbanização brasileira contemporânea é marcada pela sua espontaneidade (MORAES, 2007, p. 55 e 56). Cidades como Itajaí e Balneário Camboriú, localizadas no litoral de Santa Catarina, Brasil, são exemplos do crescimento da cidade nas regiões próximas ao mar, com expressivo aumento da quantidade, e altura, dos prédios situados à beira-mar.

Em geral, o desenvolvimento urbano resulta em mudanças radicais na cobertura do solo pois as cidades expandem sobre as florestas, campos, desertos e substituem a paisagem natural por infraestruturas urbanas, como prédios, parques e jardins (STEWART, 2011). Por mais que as implicações ambientais desta mudança sejam sutis em assentamentos urbanos primitivos ou esparsos, na maioria das cidades modernas tais implicações são dramáticas a longo termo, sendo citados efeitos significativos no clima local em termos de temperatura, precipitação, umidade, ventos e, em menor extensão, mudanças nas nuvens e radiação entre a área rural e a área urbana (STEWART, 2011).

Em diferentes setores e regiões, os impactos das mudanças climáticas têm atingido de forma desproporcional as pessoas e os sistemas mais vulneráveis (IPCC, 2023). A vulnerabilidade de ecossistemas e populações às mudanças climáticas varia consideravelmente entre e dentro das regiões, impulsionada por padrões de desenvolvimento socioeconômico que se cruzam, uso insustentável dos oceanos e terras, desigualdades, marginalização, além de padrões históricos e contínuos de inequidade, como o colonialismo, e governança (IPCC, 2023). Durante o período de 2010 a 2020, a perda de vidas humanas decorrente de inundações, secas e tempestades foi 15 vezes maior em regiões altamente vulneráveis, em comparação com regiões com vulnerabilidade muito baixa (IPCC, 2023).

Com relação aos estudos de atribuição de eventos, que procuram determinar se as alterações climatológicas antropogênicas alteraram a probabilidade ou magnitude particular de um evento, a Ásia é uma região onde ocorre forte crescimento no interesse na atribuição de eventos (STOTT *et al.*, 2016). Sun *et al.* (2014) obtiveram resultados que indicam que a frequência crescente de verão com calor extremo no leste da China é atribuída principalmente à emissão antropogênica de gases de efeito estufa, com rápida urbanização levando à expansão de ilhas de calor urbanas contribuindo como fator secundário.

O Relatório Especial do Painel Intergovernamental das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas sobre o Oceano e a Criosfera em um Clima em Mudança, publicado em 2019, cita que os ecossistemas costeiros são afetados com o aquecimento dos oceanos, como intrusão da salinidade e aumento do nível do mar, combinado aos efeitos adversos das atividades humanas na terra e no oceano, sendo que os impactos já são observados na área de *habitat* e biodiversidade, bem como funcionamento e serviços ecossistêmicos (IPCC, 2019).

O relatório supracitado outrossim relata que a mudança climática antropogênica aumentou a precipitação observada, os ventos e eventos extremos de nível do mar, associados a alguns ciclones tropicais, que elevou a intensidade de vários eventos extremos e impactos em cascata associados (IPCC, 2019).

Segundo Silva & Muza (2022), nos cenários do modelo canadense CanESM5 constatou-se uma intensidade superior no índice de chuvas no cenário de SSP245, que representa uma redução das emissões mundiais em comparação à tendência observada, com foco nas regiões da Grande Florianópolis e da Foz do Rio Itajaí-Açu.

Como exemplo, um estudo que examinou as precipitações extremas de abril a maio de 2017 em um contexto histórico, e analisou a influência das mudanças climáticas antropogênicas na probabilidade de tal evento que levou a graves enchentes no Rio Uruguai, trouxe que as mudanças climáticas antropogênicas aumentaram o risco de chuvas extremas de Abril-Maio de 2017 nesta bacia hidrográfica em pelo menos 2 vezes, com um aumento mediano de cerca de 5 vezes, contudo os autores ressaltam que ao considerar a atribuição de eventos é necessário considerar limitações metodológicas (DE ABREU *et al.*, 2019).

Na região do Vale do Itajaí, que abrange a cidade de Itajaí-SC, as enchentes configuram fenômenos comuns, sendo importante observar a sua recorrência e considerá-las parte da história da região (SANTOS; TORNQUIST; MARIMON, 2014).

Isto posto, muitos países apresentam um esforço para obter elos entre clima e planejamento, tanto pelo lado das universidades quanto por órgãos locais (ALCOFORADO, 1999). O conhecimento das condições atmosféricas, até mesmo em locais onde o clima sofre poucas variações, permitem determinar a melhor localização, a posição e orientação adequada para os edifícios, o melhor local e estrutura para os espaços verdes, bem como pode auxiliar na tomada de decisões relativamente menores, como a localização das entradas dos edifícios na posição que receba menor quantidade de ventos, por exemplo (ALCOFORADO, 1999).

Logo, pode-se afirmar que as mudanças climáticas colocam as cidades em risco, o que demanda que sejam repensados os padrões hodiernos de uso dos recursos naturais e de desenvolvimento, com uma visão diferente da relação da sociedade e os aglomerados urbanos, com o meio natural (SIEBERT, 2013). Por conseguinte, a vulnerabilidade das cidades é elevada com a ocorrência de desmatamentos, cortes de morros, aterros e retificações de cursos d'água, podendo

ser reduzida com a presença do meio natural nas áreas urbanas, que qualifica o espaço urbano e o deixa mais preparado para enfrentar as mudanças climáticas (SIEBERT, 2013).

2.2. Clima no Município de Itajaí

O município de Itajaí possui classificação climática, segundo Köppen, Cfa – Clima Subtropical (mesotérmico úmido e verão quente) (PANDOLFO *et al.*, 2002). Drenado por rios como o Rio Itajaí-Açu e o Rio Itajaí-Mirim, Itajaí apresenta histórico de enchentes, sendo que em julho de 1983, todo o Vale do Itajaí enfrentou uma das mais devastadoras enchentes de sua história, resultado de um volume extraordinário de chuvas (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c). Vinte e cinco anos mais tarde, em novembro de 2008, toda a região do Vale foi novamente atingida por chuvas intensas, que elevaram significativamente os níveis dos rios Itajaí-Açu e Itajaí-Mirim, resultando em outra grande enchente que provocou a queda de uma grande porção do cais do Porto de Itajaí (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c).

Um estudo realizado por Moraes & Marenzi & Longarete (2015) trouxe a percepção de atores sociais do município de Itajaí, estado de Santa Catarina, Brasil, sobre as variações climáticas, especialmente sobre as inundações. Como resultado, os entrevistados percebem alterações na temperatura, estações do ano mal definidas e a presença mais frequente de inundações no município em estudo, de modo a considerar que há atuação das variações climáticas globais em Itajaí (MORAES; MARENZI; LONGARETE, 2015). É relatado que o sentimento de impotência é ampliado com os danos e perdas materiais, todavia, contribuem para que os indivíduos afetados pelas inundações se tornem resilientes (MORAES; MARENZI; LONGARETE, 2015).

Um estudo realizado por Alves *et al.* (2016) trouxe que em 2014 houve uma onda de calor histórica para a maioria das regiões do estado de Santa Catarina, Brasil, uma vez que até a data de análise dos autores, inexistia registro de período prolongado de temperaturas tão altas como observado nos meses de janeiro e fevereiro de 2014, desde o início das primeiras medições no ano de 1948. No Vale do Itajaí é onde foi verificado o maior número de dias de calor, com 28 dias registrados na estação de Ituporanga e 25 dias registrados na estação de Itajaí

(ALVES *et al.*, 2016). As regiões que apresentaram menos dias de calor consecutivos foram as regiões Oeste, Meio Oeste, Planalto Sul e Litoral Sul catarinenses (ALVES *et al.*, 2016). Antes de 2014, foi registrada uma onda de calor de 22 dias no ano de 1955 e de 21 dias no ano de 1984 na estação meteorológica de Campos Novos (ALVES *et al.*, 2016).

No estudo de Alves *et al.* (2016), foram apresentados vários conceitos de onda de calor, como que a onda de calor é frequentemente interpretada como um período extenso de tempo quente, podendo estar junto à níveis elevados de umidade, configurando um clima quente e úmido atípico, desconfortável (PETER *et al.*, 2003 *apud* ALVES *et al.*, 2016), e que ondas de calor são marcadas por períodos de cinco ou mais dias seguidos de temperatura máxima maior que a média climatológica (RADINOVIC; CURIC, 2012 *apud* ALVES *et al.*, 2016).

Com dados das Estações EPAGRI/CIRAM e INMET, os autores trouxeram que a temperatura máxima na onda de calor de 2014 em Ituporanga foi de 37,0 °C, em Itajaí foi de 35,8 °C e em Campos Novos foi de 32,3°C (ALVES *et al.*, 2016).

A onda de calor supracitada teve a sua causa associada a um bloqueio na atmosfera, que faz com que o Sul, o Sudeste e uma parcela do Centro Oeste do Brasil fiquem sob influência de uma massa de ar quente e mais seca, com baixa pluviometria e elevadas temperaturas (ALVES *et al.*, 2016).

Sobre o Índice de Sensação de Calor (Desconforto Térmico) ou Índice de Temperatura e Umidade - ITU, que apresenta uma temperatura considerando a umidade presente, além da temperatura do ar, Alves *et al.* (2016) relataram que com os recordes de temperaturas máximas e as umidades relativas das leituras das 15h no ano de 2014, obteve-se valores maiores que 30 ITU, ou seja, grande desconforto devido ao calor excessivo.

Estudo realizado por Costa (2020), que buscou identificar um padrão com as variáveis climáticas nas internações para o setor de cardiologia realizadas via Pronto Atendimento (PA) do Hospital Universitário de Santa Maria (HUSM), localizado no estado do Rio Grande do Sul, analisou também ondas de calor, dentre elas a de 2014. Como resultado, foi obtido que as ondas de calor e as ondas de frio contaram com taxas de internação superiores aos dias sem a presença das anomalias (COSTA, 2020).

No que diz respeito às mudanças climáticas e a legislação municipal de Itajaí, a Lei Municipal Nº 5.445, de 22 de dezembro de 2009, "Institui a Política Municipal

de Abrandamento – ECOITAJAÍ/Créditos de Carbono – Contra Aquecimento Global e dá outras providências” (ITAJAÍ, 2009). No artigo 1º da referida Lei, consta que

Art. 1º Esta Lei institui a Política Municipal de abrandamento do Aquecimento Global, que tem por objetivos reduzir a emissão de gases causadores do efeito estufa, em consonância com o desenvolvimento sócio-econômico municipal.

(ITAJAÍ, 2009)

Para o estado de Santa Catarina, no qual o município de Itajaí está inserido, foi criada a Lei Estadual Nº 14.829, de 11 de agosto de 2009, que “Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina, e adota outras providências” (SANTA CATARINA, 2009). No parágrafo único do Art. 1º da Lei em questão, consta que ao formular e executar suas políticas e planos relativos às mudanças climáticas, os municípios do Estado de Santa Catarina o farão em estrita observância às disposições estabelecidas na Lei Estadual Nº 14.829/2009 (SANTA CATARINA, 2009).

A nível nacional, a Política Nacional sobre Mudança do Clima foi instituída pela Lei Federal Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (BRASIL, 2009).

2.3. Ilhas de Calor

O maior calor urbano deve-se, principalmente, às fontes antropogênicas de emissão de calor, como os veículos, centros de geração de energia, sistemas de ar-condicionado, bem como ao calor armazenado e liberado pelas estruturas urbanas que acabam aquecendo o ambiente indiretamente, o que depende, dentre outros fatores, do tipo de material empregado nas edificações e forma como a cidade se desenvolve (RIZWAN; DENNIS; CHUNHO, 2008).

Como exemplo da importância dos materiais utilizados nas construções em termos de ilhas de calor, na região do Médio Vale do Itajaí, no estado de Santa Catarina, Brasil, foi estudado o Índice de Reflectância Solar das telhas comercializadas nesta região, uma vez que a determinação deste índice consiste em um relevante critério para avaliar quais tipos de materiais destas telhas contribuem para a mitigação do efeito ilha de calor (DE BORTOLI *et al.*, 2016). Foram avaliadas diversas telhas, sendo obtido como resultado que três colorações de telhas - amostras 2, 3 e 4 que possuem as cores mais escuras e são empregadas com frequência em habitações - apresentaram Solar Reflectance Index - SRI menor que

39, ou seja, não contribuem para a redução do efeito ilha de calor urbana (DE BORTOLI *et al.*, 2016).

De modo geral, o estudo das ilhas de calor permite relacionar e espacializar as variáveis de origem antrópica com os efeitos na própria população. O cerne desta questão se alicerça no fato de que, quando surgiram as primeiras observações associadas às atmosferas quentes e poluídas das cidades, as mesmas estavam mais relacionadas à saúde do que às preocupações científicas, sendo uma hipótese de que o ar quente e sujo das cidades acelerava a propagação de doenças e colocava em risco a saúde dos habitantes da área urbana (STEWART, 2011). Todavia, somente no século 19 (dezenove) surgiu um grandioso estudo sobre o efeito da ilha de calor em Londres, Inglaterra, por Luke Howard (STEWART, 2011).

Luke Howard foi o primeiro a reconhecer o efeito que as áreas urbanas possuem no clima local (MILLS, 2006). Em seu estudo sobre ilhas de calor na cidade de Londres, foi encontrado que a magnitude das ilhas aumenta em direção ao centro dos assentamentos, onde a densidade de edifícios é expressiva, já os recursos naturais, como parques e rios aparecerem como redutos de ar mais frio dentro deste padrão geral (MILLS, 2006). Para Kim (1992), as mudanças perceptíveis começaram a surgir como resultado do crescimento dinâmico das populações depois da Segunda Guerra Mundial.

A definição geral de ilhas de calor urbanas consiste na diferença de temperatura entre as áreas urbanas e suburbanas em comparação com as áreas rurais periféricas, sendo considerado que uma cidade com população de um milhão, ou mais habitantes pode ter a sua temperatura média do ar de 1 até 3°C maior que às áreas vizinhas, podendo chegar até 12°C esta diferença de temperatura em noites claras e calmas (EPA, 2008). Em menor escala, ilhas de calor urbanas também são produzidas em cidades menores (EPA, 2008).

Fajersztajn & Veras & Saldiva (2016) citam que a terminologia “ilha urbana de calor” refere-se à elevação da temperatura de áreas urbanas, em comparação à temperatura anterior na mesma região em anos anteriores, ou em regiões circundantes durante o mesmo período.

No que tange à influência das condições climáticas nas ilhas de calor urbanas, durante o verão elas são mais intensas quando o céu está claro e os ventos estão calmos (EPA, 2008). Nuvens opticamente espessas atenuam a radiação solar e reduzem o aquecimento nas cidades durante o dia, já fortes ventos

aumentam a mistura atmosférica e diminuem a diferença de temperatura entre a área urbana e a área rural (EPA, 2008).

As ilhas de calor urbanas são causadas pelo desenvolvimento e mudanças nas propriedades radiativas e termais da infraestrutura urbana, assim como os impactos que os edifícios têm no microclima (EPA, 2008). A localização geográfica, os padrões climáticos locais e a suas mudanças de intensidade, diariamente e sazonalmente, são quesitos que influenciam as ilhas de calor, de modo que o aquecimento em pequenas áreas, como as cidades, resultante das ilhas urbanas de calor é um exemplo de mudança climática local (EPA, 2008).

Dentre os efeitos negativos das ilhas de calor, pode-se citar os problemas de saúde e bem-estar da população a longo termo, sendo mais afetados os idosos. Isto posto, o mapeamento das condições biofísicas e térmicas das cidades, associado à sua relação com o uso e ocupação do solo, passa a ser de suma importância na área da ecologia e climatologia urbana (FEIZIZADEH; BLASCHKE, 2013; ARNBERGER, *et al.*, 2017; YANG, *et al.*, 2017). As ilhas urbanas de calor também podem agravar os eventos conhecidos como ondas de calor, que consistem em períodos prolongados de temperatura muito alta (FAJERSZTAJN; VERAS; SALDIVA, 2016).

Com relação à associação das ilhas de calor com ondas de calor, no município do Rio de Janeiro, Mendes & Armond & da Silva (2022) relatam que o bairro de Irajá, por exemplo, indicou maiores temperaturas de superfície tanto no verão quanto no inverno, características que se refletiram na intensidade das ondas de calor.

Quanto aos poluentes atmosféricos nas ilhas de calor urbanas, os mesmos têm a sua concentração aumentada pelas ondas de calor, de modo a elevar a incidência de doenças associadas à poluição (FAJERSZTAJN; VERAS; SALDIVA, 2016).

Uma das estratégias para redução dos impactos atrelados ao estresse pelo calor consiste na existência e acesso, para a população, de espaços verdes, que possuam a característica de diminuir a temperatura ao prover sombra, por exemplo (ARNBERGER, *et al.*, 2017). Além de proporcionar o conforto térmico, as áreas verdes urbanas promovem serviços ecossistêmicos à saúde e bem-estar da população, principalmente em termos de saúde mental, sendo importante estudar os efeitos das áreas verdes urbanas na temperatura das cidades (AKPINAR;

BARBOSA-LEIKER; BROOKS, 2016; YANG, *et al.*, 2017).

Um estudo elaborado por Toledo *et al.* (2021), em Piracicaba-SP, relata que a importância ambiental da preservação ecológica reflete no bem-estar da população, sendo as praças públicas consideradas um espaço verde urbano de elevada estima, colaborando deste modo com o microclima dos centros urbanos. No item 2.7 serão abordados mais estudos sobre o tema.

2.4. Sensoriamento Remoto

Para identificar as ilhas de calor urbanas, podem ser utilizados métodos diretos e indiretos, modelagem numérica bem como estimativa com base em modelos empíricos, sendo frequentemente empregado o sensoriamento remoto, que consiste numa técnica de medição indireta para estimar diversas variáveis, dentre elas estimar a temperatura da superfície, utilizando os dados coletados para gerar imagens termais (EPA, 2008).

Sensoriamento remoto, pela definição clássica do termo, consiste em um conjunto de técnicas para obter informação sobre objetos, sem que ocorra contato físico com eles (NOVO; PONZONI, 2001, p. 6). Para isto, existem quatro elementos básicos das técnicas de sensoriamento remoto, sendo eles: sensor, fonte, alvo e radiação eletromagnética (NOVO; PONZONI, 2001, p. 6).

A Radiação Eletromagnética – REM, representa o elo entre o sensor, a fonte e o alvo (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7). A fonte de REM, na situação da utilização das técnicas de sensoriamento remoto no estudo dos recursos naturais, é o Sol, podendo ser a Terra no caso dos sensores passivos de micro-ondas e termais, e antenas de micro-ondas na situação dos sistemas radares (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7). Já o sensor é descrito como o instrumento que consegue coletar e registrar a REM refletida ou emitida pelo alvo, sendo alvo o elemento do qual se almeja obter informação (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7).

Pode-se citar também o *Light Detection and Ranging* – LIDAR, que consiste em um sensor remoto ativo situado em plataformas, sejam tripuladas ou não tripuladas, e um método direto de obtenção de dados, com fonte própria de energia (DSR/INPE, 2023).

Logo, pode-se afirmar que o elemento principal das técnicas de sensoriamento remoto é a REM, que se propaga à velocidade da luz, no vácuo, e

tem a sua interação com o meio físico descrita por meio de dois modelos: o modelo corpuscular, também conhecido como quântico, e o ondulatório (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7).

Do ponto de vista quântico, a REM é caracterizada como o produto da emissão de diminutos pulsos de energia, já do ponto de vista ondulatório, a REM se propaga no formato de ondas originadas da oscilação dos campos elétrico e magnético (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7).

Isto posto, no modelo ondulatório a REM é obtida em comprimentos de onda que correspondem a distância entre dois pontos de idêntica intensidade dos campos elétrico e magnético (NOVO; PONZONI, 2001, p. 7). Na faixa de comprimentos de onda entre 0,4 a 0,7 μm estão as maiores intensidades de REM, que consiste na região do visível uma vez que, tanto os ser humano quanto a maior parte dos animais, conseguem perceber a REM refletida dos objetos que os cercam nesta região espectral (NOVO; PONZONI, 2001, p. 8).

Uma vez que cada fonte de REM apresenta espectros próprios de radiação, assim é o sol (NOVO; PONZONI, 2001, p. 8). As faixas mais correntemente utilizadas com a finalidade do sensoriamento remoto dos recursos naturais são: visível, infravermelho próximo, infravermelho médio e micro-ondas (NOVO; PONZONI, 2001, p. 8).

Logo, todo sensor apresenta uma abertura pela qual a REM refletida, ou emitida pelos objetos, entra e segue até o detector (NOVO; PONZONI, 2001, p. 9). Esta abertura tem dimensões que variam em função das especificações tecnológicas do instrumento ou da própria forma de coleta de dados (NOVO; PONZONI, 2001, p. 9). Assim, é medida pelo sensor a intensidade de todos os infinitos fluxos presentes nos ângulos sólidos dos pontos da área da qual ele pode observar, intensidade esta chamada de radiância (NOVO; PONZONI, 2001, p. 9).

A radiância medida por um sensor pode ser obtida para um intervalo determinado de comprimentos de onda (região ou banda espectral), uma vez que o aspecto espectral diz respeito ao fato de que a composição espectral do fluxo que parte da superfície passa por alterações que são associadas às suas características físico-químicas (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10).

Já a irradiância é a intensidade do fluxo radiante que atinge o objeto, sendo a radiância dependente dela (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10). A reflectância traz uma relação entre a radiância refletida de um certo objeto pela irradiância, sendo

expressa em porcentagem de modo que apresenta caráter relativo (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10). Por meio da reflectância são analisadas as características próprias dos objetos em refletir a REM incidente (NOVO; PONZONI, 2001, p. 10).

Sobre os sensores, eles são diferenciados de acordo com a sua forma de funcionamento e suas capacidades, como resolução espacial, espectral e radiométrica (NOVO; PONZONI, 2001, p. 11). Quando se procura informações com alta resolução espacial, podem ser adquiridos dados de sensoriamento remoto no formato de imagens bidimensionais como a imagem TM/LANDSAT, imagens estas também relevantes quando é necessário obter informação sinótica a respeito de grandes áreas, podendo ser adquiridas em diferentes regiões do espectro eletromagnético, como a termal, com canais de distintas resoluções espectrais (NOVO; PONZONI, 2001, p. 12).

O sensoriamento remoto termal da temperatura da superfície urbana consiste em um caso especial de observação da temperatura da superfície da Terra, que varia de acordo com o balanço energético superficial (VOOGT; OKE, 2003). Desta forma, com o desenvolvimento de tecnologias de sensoriamento remoto, passou a ser possível a medição das ilhas de calor pelo parâmetro da Temperatura da Superfície Terrestre – LST (STREUTKER, 2003). Uma vez que a elevação da temperatura nas cidades configura uma das principais mudanças climáticas antropogênicas, o parâmetro LST auxilia na tomada de decisões por ser um fator primário para a determinação da radiação da superfície (STREUTKER, 2003; LI, *et al.* 2013; YANG, *et al.* 2017).

Quanto às plataformas de sensoriamento remoto, elas estabelecem o nível de aquisição dos dados, podendo ser orbital, que é o caso das plataformas espaciais, aéreo, que são as aeronaves, helicópteros e Veículos Aéreos Não Tripulados - VANT, e terrestre, que são as torres e sistemas radiométricos de campo (NOVO; PONZONI, 2001, p. 13). Sobre as plataformas espaciais, elas podem ser categorizadas de acordo com o tipo órbita em satélites geoestacionários, que observam sempre a mesma região, e satélites de órbita polar, que completam cerca de 15 (quinze) órbitas ao redor da Terra por dia (NOVO; PONZONI, 2001, p. 13-14).

O primeiro satélite de Recursos Naturais foi lançado pela NASA em 1972, sendo denominado de *Earth Resources Technology Satellite* – ERTS-1, posteriormente foi renomeado para LANDSAT-1 (NOVO; PONZONI, 2001, p. 14). A operação do LANDSAT-1 durou 5 (cinco) anos e a missão LANDSAT continua até

hoje, com o lançamento de 9 (nove) satélites, este último em setembro de 2021 (INPE, 2022; NASA, 2022). Sua relevância está centrada no fato de que esta série de satélites proporciona um arcabouço de imagens históricas e recorrente atualização tecnológica (INPE, 2022). Dentre eles, abaixo constam informações acerca do LANDSAT-5, LANDSAT-7 e LANDSAT-8, cujas imagens foram utilizadas neste estudo.

Quanto às informações básicas, o LANDSAT-5 está inativo (22/11/2011), foi lançado em 01/03/1984, órbita Quase-Polar, Heliossíncrona, com faixa imageada de 185 km, horário da passagem 09h / 11h, período de revisita de 16 dias, instrumento/sensor *Multispectral Scanner System* - MSS até agosto de 1995 e *Thematic Mapper* - TM, resolução espacial MSS de 80 m e TM de 30 m (INPE, 2022).

Já o LANDSAT-7 foi lançado no dia 15/04/1999, segue uma órbita Quase-Polar e Heliossíncrona, com faixa imageada de 185 km, horário da passagem 10h / 12h, período de revisita 16 dias, com o instrumento/sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* - ETM+, e as seguintes resoluções espaciais: Banda PAN com 15 m, Banda Infravermelho com 30 m e Banda Termal com 60 m (INPE, 2022). A missão científica nominal do LANDSAT-7 terminou em 6 de abril de 2022 e em 5 de maio de 2022 o LANDSAT-7 iniciou uma missão científica estendida em uma órbita inferior de 697 km (NASA, 2023a). Em maio de 2003, o *Scan-Line Corrector* - SLC no ETM+ a bordo do Landsat 7 falhou, o que causou lacunas de linha em todas as cenas do Landsat 7 coletadas desde aquela data (USGS, 2023e).

O LANDSAT-8 foi lançado em 2 de novembro de 2013 e está ativo (INPE, 2022). Quanto às suas informações básicas, ele é equipado com instrumento/sensor *Operational Land Imager* – OLI e o *Thermal Infrared Sensor* – TIRS, segue uma órbita Circular, Polar e Heliossíncrona, possui faixa imageada com extensão de 185 km, período de revisita de 16 dias e passagem por volta de 10h e 12h (INPE, 2022). Sobre a sua resolução espacial, a banda pancromática possui 15 m, para dados multiespectrais a resolução é de 30 m e a termal apresenta resolução originalmente de 100 m, mas foi reamostrada para 30 m (INPE, 2022).

Para estudos em áreas urbanas, pode-se utilizar os dados do LANDSAT com sensores com bandas do termal (TM, ETM+, TIRS), que capta a radiância termal emitida (QIN; KARNIELI; BERLINER, 2001). Disponível no sítio da USGS - *EarthExplorer*, na Coleção 2, Nível 2, do LANDSAT consta o produto de temperatura

da superfície, com a medida da temperatura da superfície em Kelvin, sendo esta um parâmetro geofísico importante em estudos de balanço energético global e modelagem hidrológica, bem como para monitorar os efeitos das ilhas de calor urbanas (USGS, 2023a).

Como exemplo de aplicação, Santos *et al.* (2018, p. 6-7) realizaram estudo para mostrar as modificações na paisagem que aconteceram, durante 29 (vinte e nove) anos, no município de Serra do Navio/AP, com a utilização de imagens TM/LANDSAT-5 e OLI_TIRS/LANDSAT-8. Neste estudo, foi realizada a classificação pixel a pixel supervisionada, método paralelepípedo, na composição RGB das imagens TM/LANDSAT-5 (SANTOS *et al.*, 2018, p.7). Foram definidas pelos autores as tipologias de paisagem/classes que seguem, para a classificação: mineração, vegetação, áreas urbanas, solo exposto, lagoas e rio (SANTOS *et al.*, 2018, p. 11).

Castro *et al.* (2018, p. 105, p. 113) utilizaram imagens do LANDSAT-8 para calcular e extrair os valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI, *Normalized Difference Water Index* – NDWI, e *Enhanced Vegetation Index* – EVI, depois os autores realizaram a correlação destes valores com parâmetros do solo de um local com cana-de-açúcar.

Já em estudos de ecologia urbana, podem ser utilizadas imagens com alta resolução espacial combinadas com imagens do infravermelho termal para realizar uma análise mais refinada, como as imagens obtidas pelo IKONOS e Quickbird (CAO *et al.*, 2010; MYINT *et al.*, 2013; YANG *et al.*, 2017). No estudo de Myint *et al.* (2013), foi investigada a relação direta entre classes detalhadas de cobertura do solo urbano, derivadas de dados de alta resolução do satélite QuickBird, e temperaturas da superfície terrestre (Celsius), geradas a partir de imagens ASTER, sobre Phoenix, Arizona. Cao *et al.* (2010), em seu estudo os valores de intensidade *Park Cool Island* - PCI para 92 parques em Nagoya, Japão, foram obtidos a partir de produtos de temperatura da superfície terrestre – LST do ASTER e depois correlacionados com informações detalhadas e de uso derivadas de dados de alta resolução espacial do satélite IKONOS.

2.5. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – NDVI

Por meio do uso de dados de sensoriamento remoto, os pesquisadores têm extraído e modelado diversos parâmetros biofísicos da vegetação, a partir dos anos

60 (JENSEN, 2009, p. 384).

Os índices de vegetação

[...] são medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (RFAA, ou APAR, em inglês).

(JENSEN, 2009, p. 384).

O NDVI consiste em um índice de vegetação e está correlacionado com certas propriedades biofísicas do dossel da vegetação, como Índice de Área Foliar - IAF, fração da cobertura vegetal, condição da vegetação, e biomassa (JIANG *et al.*, 2006). O NDVI aumenta quase linearmente com o aumento do IAF e depois entra numa fase assintótica na qual o NDVI aumenta muito lentamente com o aumento do IAF (JIANG *et al.*, 2006).

Para explicar a importância do NDVI como índice de vegetação, pode-se citar que o NDVI permite monitorar as alterações sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação, por exemplo (JENSEN, 2009, p. 388).

Variando de -1 a 1, o NDVI é um índice que muda conforme a cobertura da vegetação e o estado dela (COELHO *et al.*, 2018, p. 127). Quanto mais altos forem os valores de NDVI, maior é a cobertura da vegetação da imagem analisada, já valores próximos ao -1 podem estar relacionados a superfícies ou reservatórios de água (COELHO *et al.*, 2018, p. 127).

2.6. Uso e Cobertura da Terra

Conforme citado no tópico referente à Urbanização e Distribuição Populacional, o desenvolvimento das cidades culmina em mudanças drásticas na cobertura do solo uma vez que as cidades tomam o lugar da paisagem natural, que passa a ser substituída por infraestruturas urbanas (STEWART, 2011).

Informações espacialmente explícitas sobre o caminho histórico do uso e cobertura da terra no Brasil são fundamentais para informar o planejamento e a gestão sustentável dos recursos naturais, a formulação de políticas, entre outras aplicações sociais (SOUZA *et al.*, 2020). No entanto, como consequência das políticas governamentais e do financiamento focado nos biomas que abrigam a maior parte da vegetação natural brasileira remanescente sob ameaça, mapas para medir a extensão histórica e a intensidade da mudança do uso e cobertura da terra

muitas vezes existem para os biomas Amazônia e Cerrado, e para os outros biomas são escassos e/ou falta resolução espacial e temporal adequada (SOUZA *et al.*, 2020).

Isto posto, Souza *et al.* (2020) reconstruíram informações de séries temporais de uso e cobertura da terra ao longo de três décadas no Brasil, com base na computação em nuvem do Google Earth Engine, em dados Landsat disponíveis gratuitamente e em uma rede colaborativa de especialistas, conforme descrito por Souza *et al.* (2020). O protocolo de mapeamento do uso e cobertura da terra dos autores exigiu a divisão da classificação das imagens por bioma e temas transversais, seguida pelas regras de integração de mapa pós-classificação (SOUZA *et al.*, 2020).

No estudo supracitado foi descrita uma nova abordagem e os resultados alcançados por uma rede multidisciplinar denominada MapBiomias para reconstruir informações anuais sobre uso e cobertura da terra entre os anos de 1985 e 2017 para o Brasil (SOUZA *et al.*, 2020). Foram mapeadas cinco grandes classes, sendo elas: floresta, formação natural não florestal, agricultura, áreas não vegetadas, e água (SOUZA *et al.*, 2020).

Os mapas gerados por Souza *et al.* (2020), de uso e cobertura da terra, foram disponibilizados abertamente, o que permitiu diversas publicações científicas no Brasil e no exterior, utilizando o conjunto de dados de uso e cobertura da terra gerados (SOUZA *et al.*, 2020).

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil – MapBiomias consiste em um projeto que realiza e divulga o mapeamento anual de cobertura e uso da terra do Brasil para os últimos trinta anos (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019). De forma aberta e gratuita, todos os dados e mapas estão disponibilizados na plataforma/site MapBiomias (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019).

2.7. Temperatura da Superfície Terrestre - LST

Itens que possuem temperatura acima do zero absoluto (0 K) emitem energia eletromagnética, logo, todas as características presentes diariamente na paisagem, como plantas, solo, rochas, água e seres humanos, emitem radiação eletromagnética infravermelha termal, sendo na faixa de 3,0 a 14 μm do espectro (JENSEN, 2009, p. 251). É possível perceber essa energia termal principalmente

através do nosso sentido de tato (JENSEN, 2009, p. 251). Essa radiação pode ser detectada por detectores sensíveis à radiação infravermelha termal, sensores estes de infravermelho termal que possibilitam aos seres humanos explorar um mundo de informações anteriormente invisíveis, ao acompanharem as características térmicas da paisagem (JENSEN, 2009, p. 251).

Diversos elementos da paisagem, como vegetação, solo, rochas, água, concreto e coberturas asfálticas possuem características termais previsíveis, com base na maneira como absorvem seletivamente a energia solar em comprimentos de onda curtos e irradiam energia infravermelha termal (JENSEN, 2009, p. 251). Os sistemas de sensoriamento remoto infravermelho termal registram essa radiação, que possibilita a determinação do tipo de material segundo suas propriedades de emissão térmica, e/ou se ocorreram alterações significativas ao longo do tempo nas características termais desses elementos (QUATTROCHI; LUVALL, 2004 *apud* JENSEN, 2009, p. 251). Assim, torna-se possível identificar o estresse em plantas, a poluição termal em corpos d'água, ou a perda de calor em edificações devido a deficiências no isolamento térmico (JENSEN, 2009, p. 251).

O principal desafio ao buscar aferir com precisão a temperatura real da superfície reside nos procedimentos de correção aplicados às imagens de satélite, para transformar os valores de radiância emitidos pelos alvos em temperatura de brilho, ao mesmo tempo com a correção dos efeitos das janelas atmosféricas, da transmitância, do espelhamento e das características específicas do satélite responsável pelo registro da radiância e outros parâmetros, tudo isso para alcançar uma medida precisa da temperatura da superfície (OLIVEIRA; ROSA, 2013).

Os produtos de temperatura da superfície do LANDSAT 4-7 são gerados a partir do algoritmo *single channel* versão 1.3.0 (USGS, 2021). A temperatura da superfície da Coleção 2 é derivada das bandas termais infravermelhas do LANDSAT Coleção 2 Nível 1, utilizando Reflectância no Topo da Atmosfera – TOA, Temperatura de Brilho – BT do TOA, conjunto de dados de Emissividade Global do ASTER, dados de NDVI do ASTER, e perfis atmosféricos de altura geopotencial, umidade específica, e temperatura do ar extraídos de dados de reanálise (USGS, 2021).

Para os produtos do LANDSAT 7, o produto Banda 6 TOA BT é gerado a partir da mescla de ETM+ Banda 6 alto ganho (6H) e Banda 6 baixo ganho (6L) (USGS, 2021). Na Banda 6 mesclada constam *pixels* que não estão saturados na Banda 6H (USGS, 2021). Quando os *pixels* da banda 6H estão saturados com uma

temperatura de brilho fora da faixa dinâmica de 6H, eles serão preenchidos com *pixels* da banda 6L, mesmo que esses *pixels* estejam saturados (USGS, 2021).

O produto de temperatura da superfície do LANDSAT 8-9 é gerado a partir do algoritmo *single channel* versão 1.3.0 (USGS, 2023c). A temperatura da superfície do LANDSAT 8-9 Coleção 2 é derivada da banda 10 do Sensor Infravermelho Termal - TIRS da Coleção 2 Nível 1 usando Reflectância no Topo da Atmosfera – TOA, Temperatura de Brilho – BT do TOA, conjunto de dados de Emissividade Global do ASTER, dados de NDVI do ASTER, e perfis atmosféricos de altura geopotencial, umidade específica, e temperatura do ar extraídos de dados de reanálise (USGS, 2023c).

2.8. Reanálises Atmosféricas

A reanálise pode ser caracterizada como um processo em que um sistema fixo de assimilação de dados é utilizado para providenciar um reprocessamento consistente de observações da atmosfera, usualmente englobando um segmento longo do registro de dados históricos (GELARO *et al.*, 2017). O processo depende de um modelo numérico de previsão climática, utilizado como *background* (ou *First Guess*), para combinar observações meteorológicas distintas de uma forma uniforme, permitindo a produção de conjuntos de dados consistentes em pontos de grade para uma ampla gama de variáveis, incluindo aquelas que são escassas ou não diretamente observadas (GELARO *et al.*, 2017). Deste modo, com a devida consideração das incertezas inerentes, além dos produtos de reanálise se tornarem um elemento básico da comunidade de pesquisa atmosférica, são cada vez mais utilizados no monitoramento do clima e na área dos negócios, como energia e agricultura (GELARO *et al.*, 2017).

Mencionado acima, o sistema de assimilação de dados conta com uma equação geral, sendo ela:

$$\mathbf{x}_a = \mathbf{x}_b + \mathbf{K} [\mathbf{y}_o - \mathbf{H}(\mathbf{x}_b)] \quad (1)$$

Onde

$\mathbf{x}_a$ = Análise

$\mathbf{x}_b$ = Condição Inicial do Modelo (*background* ou *First Guess*)

K = Matriz Ganho de Kalman

y_o = Observações

H = Matriz H

Na Eq. 1, o valor referente à condição inicial do modelo consiste no valor que o modelo está informando para o local onde se deseja obter informações, de modo que os demais elementos da equação servem para ajustar o valor do modelo à realidade local com base na ponderação dos dados observados para o ponto em questão (Herdies, com. pess., 22 de abril de 2022). Os dados observados são provenientes do *Global Telecommunication System* – GTS (Herdies, com. pess., 22 de abril de 2022).

Como exemplos de produtos de reanálise, pode-se citar (CEN, 2021):

- Reanálises norte-americanas do *National Center for Environmental Prediction* - NCEP: NCEP/NCAR Reanalysis, NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis, NCEP NARR - *North American Regional Reanalysis*, NCEP CFSR - *Climate Forecast System Reanalysis*;
- Reanálises europeias do *European Centre for Medium-Range Weather Forecast* - ECMWF: ERA Interim, ERA5;
- Reanálise japonesa: JRA-55;
- Reanálise do NASA *Goddard Space Flight Center*: NASA MERRA e MERRA-2.

Quanto a reanálise MERRA, ela está disponível a cada 3 horas, a partir de 1979, e apresenta alta resolução espacial (0.5° de Latitude por 0.67° de Longitude), sendo gerada usando o sistema global de assimilação de dados da NASA, com destaque na estimativa do ciclo hidrológico e uma “vasta variedade de informações meteorológicas nas escalas de tempo e clima” (QUADRO *et al.* 2012).

O *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2*, denominado de MERRA-2, consiste no que há de mais recente em termos de reanálise atmosférica da era moderna dos satélites desenvolvido pelo *Global Modeling and Assimilation Office* - GMAO da *National Aeronautics and Space Administration* - NASA, sendo cada vez mais empregado no monitoramento do clima (GELARO *et al.*, 2017).

O MERRA-2 surgiu para fornecer uma substituição a tempo para o MERRA e sustentar o compromisso da GMAO para ter uma análise climática quase em tempo

real, em andamento (GELARO *et al.*, 2017). O MERRA-2 foi planejado para ser uma reanálise intermediária, que alavanca os desenvolvimentos recentes no GMAO em modelagem e assimilação de dados para abordar algumas das limitações conhecidas do MERRA, bem como fornecer um impulso para o objetivo de longo prazo do GMAO de desenvolver uma capacidade integrada de análise do sistema terrestre (IESA) que combina sistemas de assimilação para a atmosfera, oceano, terra e química (GELARO *et al.*, 2017).

Direcionado a este último objetivo, o MERRA-2 inclui assimilação de dados de aerossol, de modo a providenciar uma reanálise multidecadal onde observações meteorológicas e de aerossol são assimiladas em conjunto dentro de um sistema global de assimilação de dados (GELARO *et al.*, 2017).

Ao mesmo tempo, aspectos básicos do sistema do MERRA-2, como o algoritmo de análise variacional e tratamento da observação, permanecem praticamente inalterados desde o MERRA, assim como a preparação da maioria das fontes de dados convencionais usadas originalmente no MERRA (GELARO *et al.*, 2017).

Específico quanto a um exemplo de aplicação dos dados provenientes de reanálises atmosféricas, pode-se mencionar que a ausência de dados em séries temporais de temperatura por hora e diárias é um problema comum em séries de dados de longo prazo, de modo que foi desenvolvida uma técnica de preenchimento de lacunas com a utilização de dados da reanálise ERA5 e da temperatura do ar medida *in situ*, sendo a metodologia testada em diferentes paisagens, latitudes e altitudes, inclusas regiões tropicais e de médias latitudes (LOMPAR *et al.*, 2019).

2.9. Estudos Sobre Ilhas de Calor

As temperaturas elevadas das ilhas de calor urbanas, especialmente durante o verão, podem afetar o ambiente e a qualidade de vida de uma comunidade (EPA, 2008). Embora alguns impactos das ilhas de calor, como o prolongamento da estação de crescimento das plantas, pareçam positivos, a maioria dos impactos são negativos, podendo ser citados o comprometimento da saúde e conforto dos seres humanos, e o aumento do consumo de energia, por exemplo (EPA, 2008).

Mesmo que pesquisadores tenham estudado as ilhas de calor urbanas há décadas, o interesse e a preocupação da comunidade em relação a elas são mais

recentes (EPA, 2008). Abaixo são apresentados alguns estudos sobre o tema:

Para o município de São Paulo - SP, foi elaborado um estudo que avalia e traz a relação espacial entre distintos padrões de uso e cobertura do solo e suas manifestações térmicas, com o intuito de entender a conformação espacial do fenômeno ilha de calor urbana no município em questão (BARROS; LOMBARDO, 2016). No estudo as variáveis utilizadas foram o Índice de Área Foliar - IAF, a temperatura da superfície, os padrões de uso do solo, e a classificação termal da ilha de calor urbana, classificação esta de estrutura simples e que foi elaborada pelos próprios autores para o referido estudo, uma vez que o propósito principal foi o de apresentar cartograficamente a ilha de calor urbana, sem atender objetivos de outras áreas, como o estudo do conforto térmico por exemplo (BARROS; LOMBARDO, 2016). Quanto às imagens de satélite, no estudo foram utilizadas imagens do mapeador temático LANDSAT 5 (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Como resultado, foi constatado que ambientes desprovidos de vegetação, especialmente em áreas ocupadas por atividades industriais, comerciais ou de serviços, manifestaram forte intensidade do fenômeno ilha de calor urbana, apresentando diferenças de temperatura da superfície maiores que 8 °C (BARROS; LOMBARDO, 2016). Dessa forma, foi constatada a relevância do arboreto urbano e de espaços verdes para atenuar as temperaturas da superfície das áreas urbanas do município de São Paulo (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Para o município de Belém - PA, foi analisada a relação da Temperatura de Superfície de Terreno com o Índice de Vegetação, por meio da utilização de dados de NDVI, nos anos de 2006 e 2016, bem como foram empregadas imagens do LANDSAT 5 e do LANDSAT 8 para elaboração de mapas temáticos (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Para realizar a análise do NDVI, Bezerra & Moraes & Soares (2018) utilizaram as bandas 3 e 4 do LANDSAT 5 e as bandas 4 e 5 do LANDSAT 8. Quanto à extração da temperatura da superfície terrestre, os autores utilizaram a banda 6 do LANDSAT 5 e a banda 10 do LANDSAT 8, que correspondem ao infravermelho termal (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Para obter a temperatura da superfície, os autores utilizaram a metodologia de Coelho & Correa (2013 *apud* BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018), sendo realizado o recorte na área de estudo, seguido da conversão do nível de cinza para radiância e posteriormente determinada a temperatura em Kelvin através da

equação da Radiância Espectral e da Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018). Subsequentemente, o valor da temperatura em Kelvin foi transformado em graus Celsius (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Com relação ao uso do solo, os autores utilizaram a metodologia de Lima & Filho (2015 *apud* BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018), realizada com base no NDVI, com a definição e classificação de 5 (cinco) classes temáticas segundo o valor do índice de vegetação (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Quanto à análise estatística, os autores geraram 120 pontos de controle em toda a área de estudo, exceto corpo hídrico, e efetuaram análise de correlação de Pearson para verificar a correlação entre temperatura e índice de vegetação (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Como resultado, os autores obtiveram que os valores de NDVI se correlacionam com a Temperatura de Superfície do Terreno, bem como mencionaram a relevância da vegetação na amenização da temperatura em um determinado local (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018).

Para a cidade de Recife - PE, foi realizado um estudo com horizonte temporal de 1989 a 2019 e com o objetivo de “[...] analisar as variações do índice de vegetação e a temperatura da superfície para identificar a influência dos mesmos na formação de ilhas de calor” (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021). Neste estudo foram empregadas imagens multiespectrais temporais do LANDSAT 5-TM e LANDSAT 8-OLI, com o processamento das bandas do vermelho, infravermelho próximo e a banda do infravermelho termal, outrossim foi utilizado o modelo *Surface Energy Balance Algorithms for Land* – SEBAL e o *software* QGIS versão 2.14.18 (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021).

Em resumo, os números digitais das imagens de satélites passaram por processo de calibração para se ter as reflectâncias espectrais para cada banda da imagem, e com as reflectâncias obtidas foram calculados o NDVI e a temperatura da superfície (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021).

A correlação entre a temperatura da superfície e os valores de NDVI foi executada a partir de uma malha, gerada de forma aleatória, de 10.000 pontos por toda a área de estudo para extrair os valores das imagens *raster*, com posterior cálculo do Coeficiente de Variação e método de correlação conforme as características dos dados, sendo adotada a correlação de Spearman (NOVA;

GONÇALVES; LIMA, 2021).

Dentre os resultados apresentados, pode-se citar como exemplo os mapas de temperatura da superfície e NDVI para os anos de 1989 e 2019, o que possibilitou a visualização dos resultados obtidos para a área de estudo, bem como os gráficos com a evolução das áreas, em km², tanto em relação ao NDVI quanto em relação à temperatura da superfície, em porcentagem, para os anos de 1989, 1994, 2005, 2010, 2013 e 2019 (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021).

Em geral, os autores obtiveram que o ano de 2019 foi o que apresentou as maiores temperaturas, sendo a diferença 5°C superior à temperatura máxima observada no ano de 1989 (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021). A respeito do uso e ocupação do solo, foi relatado o aumento de 15% no índice de solo exposto e diminuição de 18% do índice de vegetação média (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021). Por fim, os autores relatam que foi possível identificar o processo de constituição das ilhas de calor e das ilhas de frescor em Recife – PE (NOVA; GONÇALVES; LIMA, 2021).

Cruz (2021) pesquisou se a presença de uma área de mata em uma região urbanizada poderia formar ilhas frias no interior da área urbana de Ponta Grossa. O método empregado consistiu na coleta de dados em 5 (cinco) pontos, onde foram instalados termo-higrômetros digitais para registro da temperatura do ar e da umidade relativa, durante o mês de setembro de 2019 (CRUZ, 2021). Como resultado, foi obtido que a área em estudo consegue gerar uma ilha fria, durante o dia (CRUZ 2021).

Para as capitais do sul do Brasil, foi realizado um estudo com a utilização das imagens dos satélites LANDSAT-5 e LANDSAT-8, referentes ao verão e a primavera em anos característicos das décadas de 1980, 1990, 2000 e 2010 (MEDEIROS; CAMPOS; JESUS, 2020). Como resultado, foi obtido mapeamento da ocupação urbana, da Temperatura da Superfície e da sensação térmica por meio do Índice de Desconforto de Kawamura (MEDEIROS; CAMPOS; JESUS, 2020). Os autores explicam que Curitiba, capital paranaense, apresenta estresse devido ao calor na maior parte da sua extensão, sendo que Florianópolis, capital catarinense, apresentou estresse e desconforto na porção continental, norte e sul da ilha (MEDEIROS; CAMPOS; JESUS, 2020). Em relação à capital gaúcha, foi relatado para Porto Alegre a diminuição das áreas classificadas como confortáveis (MEDEIROS; CAMPOS; JESUS, 2020).

Para Connecticut – EUA, foi realizado um estudo empírico que explora o NDVI e a Porcentagem de Área de Superfície Impermeável - %ISA como indicadores dos efeitos das ilhas de calor urbanas, com o uso das relações entre a temperatura da superfície terrestre, %ISA e NDVI (YANG *et al.*, 2020). Com dados do LANDSAT 8 *Operational Land Imager* e do Sensor Infravermelho Termal, o LST foi estimado para Connecticut em diferentes períodos (YANG *et al.*, 2020). Um mapa da porcentagem de superfície impermeável foi gerado por meio da *Impervious Surface Analysis Tool* desenvolvida pelo Centro de Educação e Pesquisa do Uso da Terra e distribuída pela Administração Oceânica e Atmosférica Nacional - NOAA (YANG *et al.*, 2020). Segundo os autores, há relações lineares fortes entre LST e %ISA, corroborando estudos anteriores, enquanto a relação entre LST e NDVI é notavelmente influenciada pelas estações do ano (YANG *et al.*, 2020).

De acordo com os autores, dado que os padrões de LST em áreas urbanas são influenciados pelas ilhas de calor urbanas, os resultados indicam que a %ISA emerge como um indicador mais confiável dos efeitos das ilhas de calor urbanas do que o NDVI (YANG *et al.*, 2020). Portanto, a %ISA pode ser uma alternativa promissora para uso na análise quantitativa do LST quando são investigados os efeitos das ilhas de calor urbanas (YANG *et al.*, 2020).

No estudo supracitado, foi relatado que vê-se que um aumento na cobertura vegetal nas áreas urbanas pode mitigar os efeitos das ilhas de calor urbanas (YANG *et al.*, 2020).

Outro trabalho relevante para o estudo de ilhas de calor, consiste no algoritmo, criado no ERDAS IMAGINE 2014, para o mapeamento automatizado da temperatura da superfície terrestre, utilizando dados provenientes do LANDSAT 8 (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016). A concepção da ferramenta envolve a uso de dados do sensor infravermelho termal, Banda 10, do LANDSAT 8 (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016). Na pesquisa em questão, foram estudadas áreas no Canadá (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016).

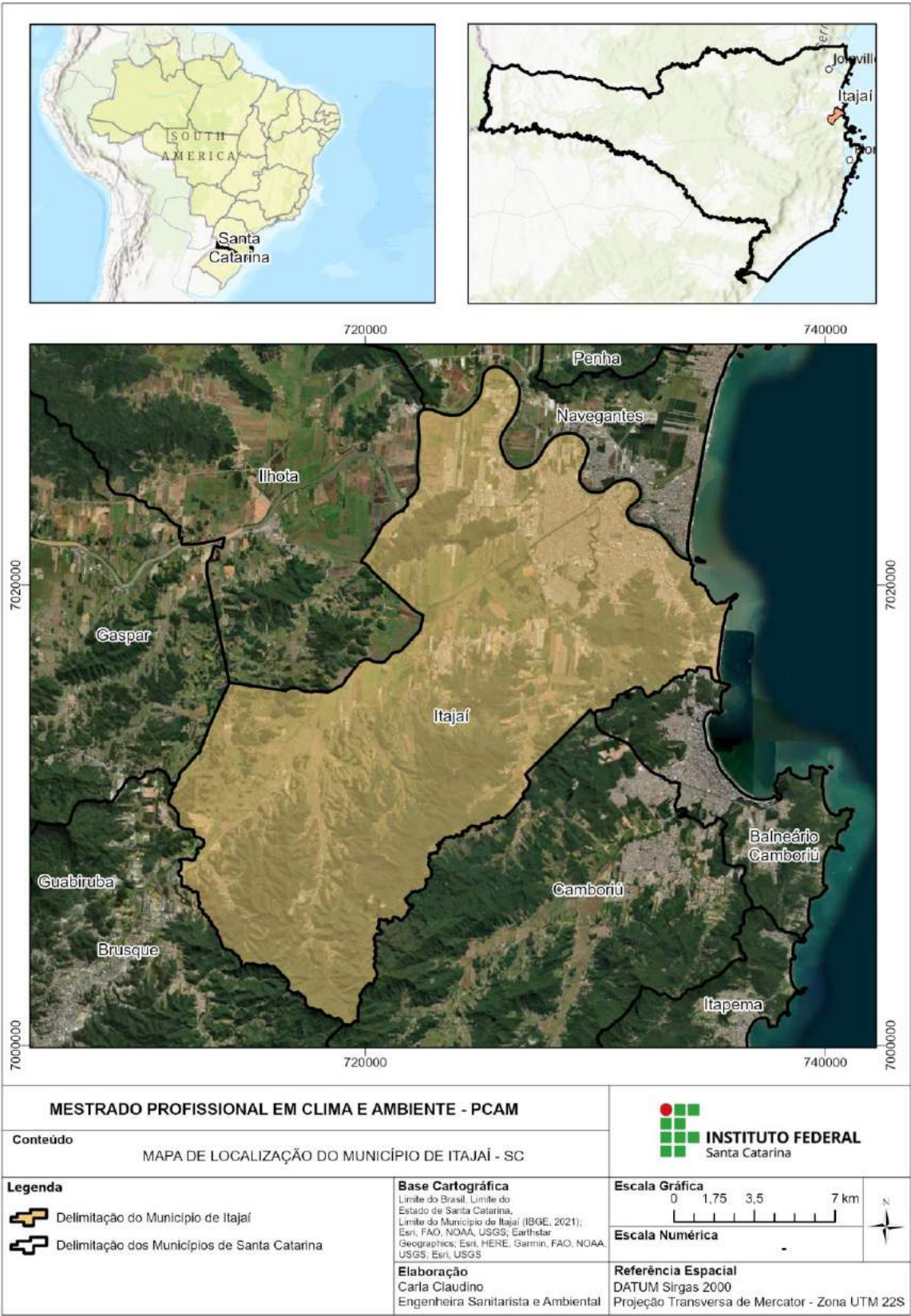
O algoritmo, com diferentes métodos e fórmulas, logra êxito na obtenção da temperatura da superfície terrestre, proporcionando subsídios para a análise do ambiente térmico da superfície terrestre (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016). Para pesquisas futuras, os autores recomendam a aprimoração da ferramenta por meio de medições *in loco* da temperatura da superfície terrestre (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Área de estudo

A área de estudo consiste no município de Itajaí, presente no litoral norte de Santa Catarina. Como municípios limítrofes, Itajaí possui Navegantes, Ilhota, Gaspar, Brusque, Camboriú e Balneário Camboriú, sendo o rio Itajaí-Açu e o Oceano Atlântico, corpos d'água que limitam o município em questão na sua porção norte e leste (Figura 1).

Figura 1 - Mapa com a localização do município de Itajaí no estado de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora.

A escolha do município de Itajaí se deu pela sua relevância econômica no

Estado de Santa Catarina, por ocupar a 3ª colocação estadual e 1ª colocação regional em termos do Produto Interno Bruto per capita, possuir em seu território atividades na área portuária, agrícola, do comércio, serviços, indústria e construção (SEBRAE/SC, 2019) (Figura 3).

A colonização das terras de Itajaí pelos colonizadores europeus teve início a partir do Tratado de Tordesilhas de 1494, que estabeleceu que, nos limites do Tratado em questão, as terras do litoral catarinense até Laguna pertenceriam a Portugal (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c). A ocupação portuguesa nestes locais visava defender essas terras contra invasões estrangeiras e, a partir do século 17, a possibilidade de exploração de minas de ouro e pedras preciosas atraiu mais pessoas para ocupar as margens do rio Itajaí-Açu (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c).

Ao longo do tempo, a região testemunhou uma série de eventos marcantes, incluindo a chegada de imigrantes açorianos, a exploração intensiva de madeira no século 18, a distribuição de terras e desenvolvimento urbano a partir de 1820, alcançando a condição de município no ano de 1860 (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c). O papel estratégico do porto na cidade, desde o século 19, é evidenciado por ampliações e melhorias ao longo dos anos, consolidando-se como um *hub* econômico fundamental e central para a dinâmica do município de Itajaí (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c). A economia local, ao longo do século 20, diversificou-se para incluir setores como comércio, indústria, pesca e serviços, superando desafios como enchentes significativas em 1983 e 2008 (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023c).

Segundo a população no último censo e densidade demográfica, ambos atualizados em 27/10/2023, a população de Itajaí em 2022 era de 264.054 pessoas, com densidade demográfica no mesmo ano de 913,00 habitante por quilômetro quadrado (IBGE, 2023c).

O município de Itajaí está situado no bioma Mata Atlântica e pertence ao Sistema Costeiro-Marinho, de acordo com dados do ano de 2019 (IBGE, 2023c). Quanto ao clima, como já apresentado, a classificação climática segundo Köppen de Itajaí é Cfa – Clima Subtropical (mesotérmico úmido e verão quente) (PANDOLFO *et al.*, 2002).

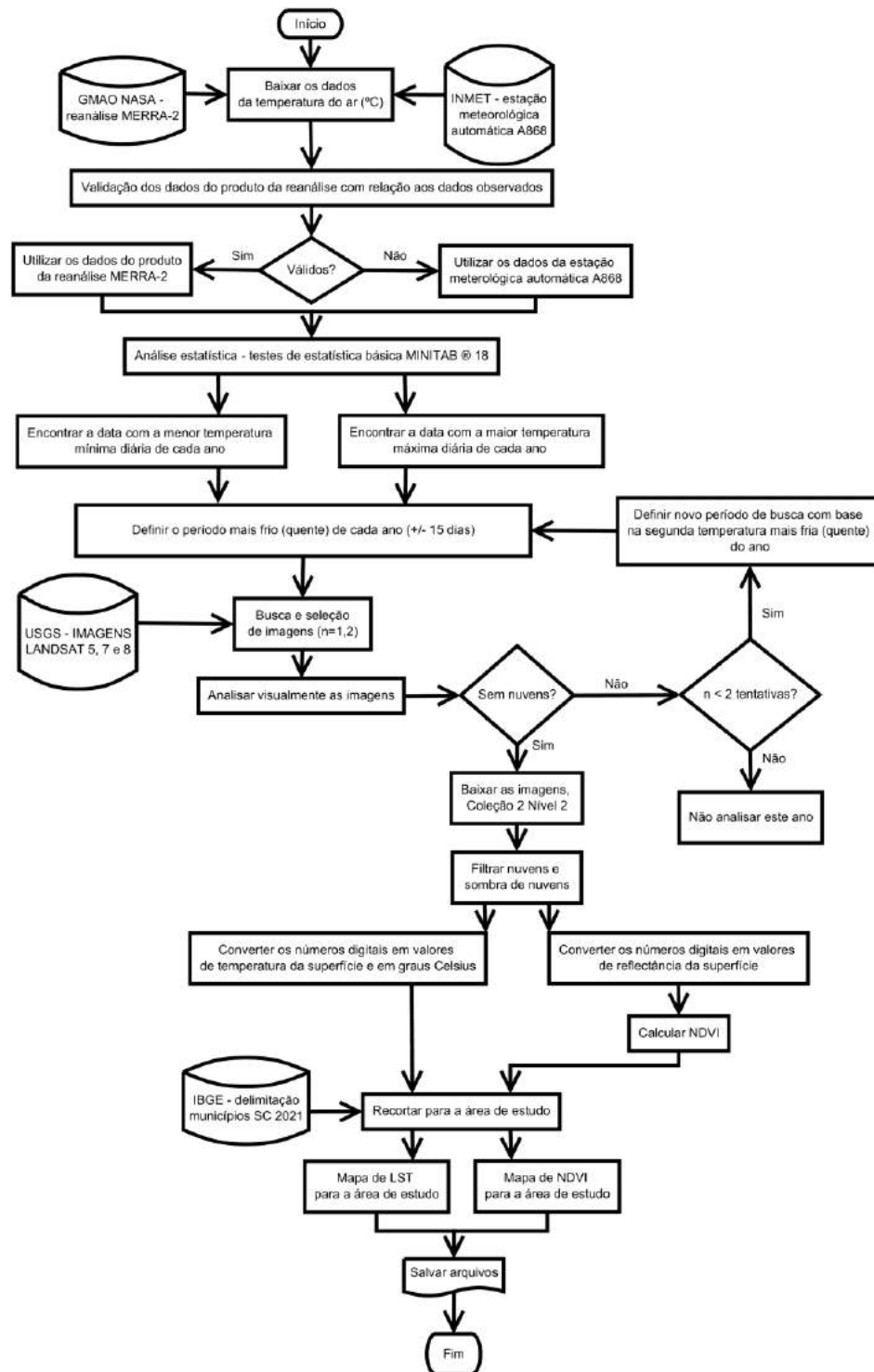
Com relação ao planejamento da área de estudo, depois de nova revisão, em novembro de 2023 o Município de Itajaí, por meio da Secretaria de Desenvolvimento

Urbano e Habitação, entregou o Plano Diretor à Câmara de Vereadores para aprovação (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023d). O propósito do documento apresentado ao Legislativo é assegurar o crescimento da cidade, a valorização do centro histórico e o aprimoramento da mobilidade urbana, fundamentados no aumento populacional acentuado evidenciado em Itajaí nos últimos anos (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023d).

3.2. Fluxograma da metodologia - LST e NDVI

Na Figura 2 está presente o fluxograma da metodologia, sendo que os procedimentos a partir da etapa “Busca e seleção de imagens (n=1,2)” foram realizados anualmente para o período de estudo. O detalhamento das etapas apresentadas no fluxograma abaixo consta nos próximos itens referentes aos Procedimentos Metodológicos.

Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada até a etapa de elaboração dos mapas de LST e NDVI, realizado anualmente a partir da etapa “Busca e seleção de imagens (n=1,2)”.



3.3. Dados de temperatura do ar (°C)

Neste estudo, os dados observados correspondem aos dados diários de temperatura do ar a 2 m da estação meteorológica automática A868 – Itajaí, localizada no município em estudo e que apresenta as especificações presentes na Tabela 1. Neste estudo, foram analisados os dados referentes à temperatura máxima (°C), temperatura média (°C) e temperatura mínima (°C) (Figura 3).

Tabela 1 - Características da estação meteorológica automática A868 - Itajaí.

	Descrição
Fundação	23/06/2010
Coordenadas	LatLong [-26,950833, -48,761944]
Altitude	9,76 m
Parâmetros	Umidade (%), Pressão (hPa), Precipitação (mm), Temperatura Instantânea/Máxima/Mínima (°C), Direção (°) e Velocidade do Vento (m/s)

Fonte: Elaborado pela autora com dados do INMET (2021).

Figura 3 - Mapa com a localização da estação meteorológica automática A868 - Itajaí, do Porto de Itajaí e das massas d'água próximas à área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados de reanálise utilizados neste estudo correspondem ao produto do MERRA-2. Conforme já apresentado, o *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2*, chamado de MERRA-2, é a mais recente reanálise atmosférica da era moderna dos satélites produzida pelo GMAO da NASA (GELARO *et al.*, 2017).

Diferente do MERRA, todas as coleções de dados do MERRA-2 são fornecidas na mesma grade horizontal (BOSILOVICH; LUCCHESI; SUAREZ, 2016). Esta grade possui 576 pontos na direção longitudinal e 361 pontos na direção latitudinal, correspondendo a uma resolução de $0,625^\circ \times 0,5^\circ$ (BOSILOVICH; LUCCHESI; SUAREZ, 2016).

Neste estudo foram utilizados os dados de reanálise (MERRA-2) de temperatura mínima/máxima/média diária do ar, em graus Celsius, referentes ao ponto onde está localizada a estação meteorológica automática A868 – Itajaí.

3.4. Análise climatológica dos dados diários de temperatura do ar

O horizonte temporal de estudo compreende os anos de 1991 a 2020, sendo a escolha do período de análise de 30 (trinta) anos devido à ampla utilização deste período pelos pesquisadores considerado como a climatologia do período, sendo uma recomendação da Organização Mundial de Meteorologia – OMM (WMO, 2019). Os padrões climatológicos determinados consistem nas médias de dados climatológicos calculados para os seguintes períodos de 30 (trinta) anos: 01/01/1981 até 31/12/2010; 01/01/1991 até 31/12/2020 e assim em diante (WMO, 2019).

3.5. Validação da reanálise para substituir os dados observados referentes à temperatura do ar

Uma vez que a estação meteorológica automática A868 – Itajaí possui dados apenas a partir de 2010, foi necessário utilizar dados de reanálise referentes aos anos 1991 a 2010. Isto posto, foram estudados os dados diários de temperatura do dia 01/07/2010 até o dia 30/06/2020, sendo denominados como dados observados os dados provenientes da estação meteorológica A868 – Itajaí e como dados de reanálise o produto do MERRA-2, para o mesmo período dos dados observados. As variáveis consideradas são temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), temperatura

mínima MERRA-2 (TMIM). Os dados de temperatura estão em graus Celsius.

Os dados do produto do MERRA-2 analisados, mencionados acima, são diários e referentes ao ponto onde está localizada a estação meteorológica automática A868 – Itajaí. Os dados analisados referentes à estação meteorológica automática A868 – Itajaí também são diários.

Para a etapa de validação dos dados do produto da reanálise com relação aos dados observados, as análises estatísticas foram conduzidas no *software* Minitab® 18, todas com nível de confiabilidade de 95%. Foram efetuados testes de estatística básica (média, desvio padrão, variância, mínimo, mediana e máximo), teste de normalidade de Anderson-Darling, teste t pareado, Mann-Whitney, teste de correlação de Pearson, cálculo do R^2 de Spearman - ρ , cálculo do viés, análise de regressão polinomial e geração de gráfico de linha ajustada (modelo de regressão quadrático). Para entrada e execução dos testes no *software* Minitab® 18, foi utilizado como amostra 1, ou valor de referência, os dados de reanálise, e como amostra 2 os dados observados.

Optou-se pela realização do teste t pareado mesmo os dados sendo não-normais (foi rejeitada a hipótese nula de que os dados vêm de uma distribuição normal) pois o número de observações é grande, entretanto também foi executado o teste de Mann-Whitney, que por sua vez consiste em um teste não paramétrico, com a hipótese alternativa sendo “não é igual”.

Com a finalidade de comparar os valores, para verificar se há diferença entre a temperatura horária do ar no ano de 2018, no ponto onde está a estação meteorológica automática A868 – Itajaí, e a temperatura da superfície obtida pelo LANDSAT no momento da sua passagem (média da temperatura da superfície obtida para toda a área de estudo), foram utilizados os dados do MERRA-2 distribuídos pelo *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) *Langley Research Center* (LaRC) *Prediction of Worldwide Energy Resource* (POWER). Este projeto é financiado pelo Programa de Ciências da Terra/Ciências Aplicadas da NASA, através do *POWER Project's Hourly* versão v2.0.0 (NASA, 2023b). Comparação semelhante foi realizada por Bezerra & Moraes & Soares (2018) em seu estudo.

3.6. Análise dos dados de temperatura do ar e delimitação do período para obtenção das imagens de satélite – LANDSAT

Com os dados de temperatura do ar do produto da reanálise estudada, referentes ao ponto onde se encontra a estação meteorológica automática A868 – Itajaí, foram analisados os dados de temperatura máxima (mínima) (°C) para os anos de 1991 a 2020 a fim de delimitar, anualmente, os períodos em que a temperatura esteve mais elevada (reduzida). Ressalta-se que, no ano de 1997, a temperatura mais baixa ocorreu em mais de uma data, sendo escolhida, neste ano, a data que estava no período do inverno para a determinação do período com a temperatura mais baixa.

Com estas informações, foi elaborada análise do comportamento da variável temperatura do ar no município de Itajaí para o período em estudo, analisando os anos através de testes de estatística básica no *software* Minitab® 18.

3.7. Obtenção e processamento das imagens LANDSAT

Definidas as datas com a temperatura mais elevada e com a temperatura mais amena, por ano, foi elaborado levantamento das imagens disponíveis para a área de estudo no período de 1991 a 2020, conforme descrito abaixo. As imagens são do sensor *Thematic Mapper* - TM do LANDSAT-5, do sensor *Enhanced Thematic Mapper Plus* - ETM+ para o LANDSAT-7 e dos sensores *Thermal Infrared Sensor* – TIRS e *Operational Land Imager* - OLI para o LANDSAT-8.

Uma vez que o período de revisita do LANDSAT-5, LANDSAT-7 e do LANDSAT-8 é de 16 (dezesesseis) dias (INPE, 2022), foi informado um período de 31 (trinta e um) dias, sendo 15 (quinze) dias antes da data referente ao dia mais frio e 15 (quinze) dias depois da referida data, na busca das imagens no sítio *Earth Explorer* (USGS, 2023b), localizadas na órbita/ponto: 220/079 dos satélites da série LANDSAT, sendo da Coleção 2 Nível 1. O mesmo período foi adotado com relação ao dia mais quente, sendo 15 (quinze) dias antes da data referente ao dia mais quente e 15 (quinze) dias depois da referida data. Foram escolhidas imagens com baixa cobertura de nuvens na área em estudo, sendo esta análise feita visualmente. Na situação em que as imagens do período de busca apresentaram muitas nuvens na área de estudo, foram pesquisadas imagens no segundo período mais quente ou mais frio de cada ano, considerando +/- 15 dias da referida data considerada o

segundo período mais quente ou mais frio de cada ano.

Na determinação dos segundos períodos, a fim de eliminar repetições, as datas subsequentes a primeira temperatura mais quente (fria) do ano, estando num horizonte de 5 (cinco) dias antes ou 5 (cinco) dias depois da primeira data com a temperatura mais quente (fria), foram desconsideradas, sendo utilizada a segunda data com a temperatura mais quente (fria) fora deste horizonte temporal (+/- 5 dias).

Para este estudo, período mais frio consiste no intervalo no qual foram procuradas as imagens LANDSAT, com base na primeira ou segunda data na qual foi registrada a menor temperatura do ano, conforme descrito acima. Período mais quente consiste no intervalo no qual foram procuradas as imagens LANDSAT, com base na primeira ou segunda data na qual foi registrada a maior temperatura do ano, segundo explicado nos parágrafos anteriores. Esta nomenclatura foi adotada pois nem sempre a imagem LANDSAT disponível coincidia com a data com a temperatura do ar mais fria ou mais quente de cada ano, todavia, está dentro do intervalo estabelecido.

As imagens foram obtidas através do sítio da USGS, localizadas na órbita/ponto: 220/079 dos satélites da série LANDSAT, sendo da Coleção 2 Nível 1, e posteriormente as imagens classificadas como úteis, para este estudo, foram buscadas na Coleção 2 Nível 2 uma vez que nestes arquivos disponibilizados do LANDSAT estão o produto de reflectância da superfície e temperatura da superfície.

3.7.1. Filtro de nuvens e sombra de nuvens

Para as imagens do LANDSAT 8, estas foram filtradas de modo que os *pixels* cujos valores e descrição estão indicados na Tabela 2 foram retirados dos *rasters* referentes à reflectância da superfície e à temperatura da superfície. Estes valores de *pixel* e interpretação dos valores foram obtidos da tabela *Landsat 8-9 Pixel Quality Assessment (QA_PIXEL) Value Interpretations* (USGS, 2023c), desde que tenham alguma das confianças (conf. na Tabela 2) definida como alta.

Tabela 2 – Valores de pixels e interpretação para o filtro de nuvens e sombra de nuvens das imagens do LANDSAT 8.

Valor do Pixel	Cirrus	Nuvem	Sombra de Nuvem	Nuvem Conf.	Sombra de Nuvens Conf.	Cirrus Conf.	Descrição do Pixel
22280	Não	Sim	Não	Alta	Baixa	Baixa	Alta conf Nuvem
23888	Não	Não	Sim	Baixa	Alta	Baixa	Alta conf sombra de nuvem
23952	Não	Não	Sim	Baixa	Alta	Baixa	Água com sombra de nuvem
24088	Não	Sim	Sim	Média	Alta	Baixa	Média conf nuvem com sombra
24216	Não	Sim	Sim	Média	Alta	Baixa	Média conf nuvem com sombra sobre água
24344	Não	Sim	Sim	Alta	Alta	Baixa	Alta conf nuvem com sombra
24472	Não	Sim	Sim	Alta	Alta	Baixa	Alta conf nuvem com sombra sobre água
54596	Sim	Não	Não	Baixa	Baixa	Alta	Alta conf Cirrus
54852	Sim	Não	Não	Média	Baixa	Alta	Cirrus, média nuvem
55052	Sim	Sim	Não	Alta	Baixa	Alta	Cirrus, alta nuvem

Fonte: Elaborado pela autora com dados da USGS (2023c).

Para as imagens do LANDSAT 5 e do LANDSAT 7, as imagens foram filtradas de modo que os *pixels* cujos valores estão indicados na Tabela 3 foram removidos dos *rasters* referentes à reflectância da superfície e à temperatura da superfície. Estes valores de *pixel* e interpretação dos valores foram obtidos da tabela *Landsat 4-7 Pixel Quality Assessment (QA_PIXEL) Value Interpretations* (USGS, 2021), desde que tenham alguma das confianças (conf. na Tabela 3) definida como alta.

Tabela 3 – Valores de pixels e interpretação para o filtro de nuvens e sombra de nuvens das imagens do LANDSAT 5 e LANDSAT 7.

Valor do Pixel	Cirrus	Nuvem	Sombra de Nuvem	Nuvem Conf.	Sombra de Nuvens Conf.	Cirrus Conf.	Descrição do Pixel
5896	N/A	Sim	Não	Alta	Baixa	Nenhuma	Alta conf nuvem
7440	N/A	Não	Sim	Baixa	Alta	Nenhuma	Alta conf sombra de nuvem
7568	N/A	Não	Sim	Baixa	Alta	Nenhuma	Água com sombra de nuvem
7696	N/A	Não	Sim	Média	Alta	Nenhuma	Média conf nuvem com sombra
7824	N/A	Não	Sim	Média	Alta	Nenhuma	Média conf nuvem com sombra sobre água
7960	N/A	Sim	Sim	Alta	Alta	Nenhuma	Alta conf nuvem com sombra
8088	N/A	Sim	Sim	Alta	Alta	Nenhuma	Alta conf nuvem com sombra sobre água

Fonte: Elaborado pela autora com dados da USGS (2021).

3.7.2. Valores de Temperatura da Superfície

Quanto aos valores de temperatura da superfície, para cada imagem LANDSAT, posterior ao filtro mencionado no item anterior, os números digitais do arquivo baixado da Coleção 2 Nível 2 foram convertidos em valores de temperatura da superfície através da Equação 2 (USGS, 2021; USGS, 2023c):

$$T(K) = \text{Arquivo_ST} * FE_st + \text{offset_st} \quad (2)$$

Onde

T(K) = valor de temperatura da superfície em Kelvin

Arquivo_ST = arquivo *raster* com os números digitais de temperatura da superfície

FE_st = fator de escala = 0.00341802

offset_st = offset adicional = 149.0

A Equação 2 foi aplicada para converter os números digitais em valores de temperatura de superfície para todas as imagens do LANDSAT obtidas, pois é a mesma para os produtos do LANDSAT 5, LANDSAT 7 e LANDSAT 8 da Coleção 2 Nível 2 (USGS, 2021; USGS, 2023c). Posteriormente, os valores foram transformados de Kelvin para graus Celsius.

3.7.3. Valores de Reflectância da Superfície

Sobre os valores de reflectância da superfície, para cada imagem LANDSAT, posterior ao filtro apresentado no subitem 3.4.1., os números digitais do arquivo baixado da Coleção 2 Nível 2 foram convertidos em valores de reflectância da superfície através da Equação 3 (USGS, 2021; USGS, 2023c):

$$SR = \text{Arquivo_SR} * FE_sr + \text{offset_sr} \quad (3)$$

Onde

SR = valor de reflectância da superfície

Arquivo_SR = arquivo *raster* com os números digitais de reflectância da

superfície

FE_sr = fator de escala = 0.0000275

offset_sr = offset adicional = - 0.2

A Equação 3 foi aplicada para converter os números digitais em valores de reflectância da superfície para todas as imagens do LANDSAT obtidas, pois é a mesma para os produtos do LANDSAT 5, LANDSAT 7 e LANDSAT 8 da Coleção 2 Nível 2 (USGS, 2021; USGS, 2023c).

3.7.4. Cálculo do NDVI

Com os valores de reflectância da superfície, foi calculado o NDVI para as datas cujas imagens foram obtidas, conforme apresentado abaixo (Eq. 4) (AVDAN; JOVANOVSKA, 2016; USGS, 2023d):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (4)$$

Onde

NIR = Infravermelho próximo (banda 5 do LANDSAT 8, banda 4 do LANDSAT 5-7)

R = Vermelho (banda 4 do LANDSAT 8, banda 3 do LANDSAT 5-7)

Quanto à falha do *Scan-Line Corrector* presente no *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) a bordo do LANDSAT 7, para corrigir esta questão é possível combinar duas cenas do LANDSAT 7 para criar uma imagem final praticamente toda preenchida (USGS, 2023e), entretanto, afetaria a condição local do momento de obtenção da imagem, sendo esta técnica descartada neste estudo.

Uma vez que as linhas deixaram de interferir de forma significativa na visualização da distribuição da temperatura de superfície do solo, bem como na representação do NDVI, foram mantidas as análises realizadas com as imagens do LANDSAT 7, mesmo que todas as cenas do LANDSAT 7 coletadas a partir de maio de 2003 apresentem lacunas em linhas (USGS, 2023e).

3.8. Interpretação dos produtos LST e NDVI para os anos de 1998 e 2018

Com os mapas de LST pode-se observar a distribuição das áreas com as maiores e menores temperaturas da superfície da terra, sendo possível compará-las com os mapas de NDVI.

Com o intuito de avaliar as modificações na área de estudo em um período de 20 (vinte) anos, conforme disponibilidade e qualidade das imagens, buscando o maior horizonte temporal foram utilizados os anos de 1998 e 2018, onde foi elaborada análise estatística para entender a relação entre os valores, por *pixel*, de temperatura da superfície e do NDVI, tanto para o período mais quente quanto para o período mais frio de cada ano.

Antes da análise estatística os dados foram submetidos à um novo filtro, sendo retirados os *pixels* com valores de NDVI fora do intervalo de -1 a 1, uma vez que os valores do NDVI variam dentro deste intervalo (-1 a 1) (COELHO *et al.*, 2018, p. 127). Para os valores de temperatura da superfície, foi considerado como intervalo para análise os valores de 0°C a 35°C para o período mais frio de cada ano analisado e de 0°C a 60°C para o período mais quente de cada ano estudado, nos arquivos de LST.

Por conseguinte, foram elaborados o teste de normalidade Anderson-Darling e o teste de correlação Rô de Spearman - ρ no *software* Minitab® 18 entre os valores de NDVI e LST, para as séries de dados supracitadas, sendo os *pixels* retirados com o filtro do NDVI, por série, também retirados dos arquivos de LST.

Sobre o teste de correlação Rô de Spearman - ρ , “a magnitude do efeito da correlação entre duas ou mais variáveis é representada pelos coeficientes de correlação, que assumem valores de -1 até +1 [...]”, sendo que coeficientes negativos indicam uma correlação inversa, coeficiente igual a zero significa ausência de correlação e coeficientes positivos sinalizam correlação direta entre as variáveis (MIOT, 2018). Quanto à interpretação do Rô de Spearman - ρ , considerou-se como correlação fraca valores entre 0,31 e 0,5, correlação moderada valores entre 0,51 e 0,7, correlação forte valores 0,71 e 0,9, correlação muito forte valores acima de 0,9, sendo todos os valores citados considerados em módulo (MUKAKA, 2012; MIOT, 2018).

Com o propósito de refinar a análise comparativa da relação entre vegetação, em termos de cobertura e condições da vegetação, e temperatura da superfície, foi

aplicado novo filtro ao arquivo de NDVI de modo a retirar todos os *pixels* com valores fora do intervalo de 0 a 1, uma vez que os valores abaixo de 0 podem ser associados à água (SOBRINO *et al.*, 2008). Isto foi feito para as séries de dados dos anos de 1998 e 2018, tanto para o período mais quente quanto para o período mais frio de cada ano. Posteriormente, também foram elaborados o teste de normalidade Anderson-Darling e o teste de correlação Rô de Spearman - ρ no *software* Minitab® 18 para as estas séries de dados. O arquivo de NDVI com os valores entre 0 e 1 foi o arquivo utilizado nas análises com os parâmetros descritos abaixo.

Para os anos de 1998 e 2018 foram elaborados mapas de bairros, sendo que para o ano de 1998 foi utilizado o arquivo de setores censitários referente ao ano de 2000 – censo (IBGE, 2023a), cujos dados foram agrupados em bairros de acordo com o arquivo “Dados do Censo 2000 por Setor Censitário” da Prefeitura Municipal de Itajaí (2023a), sendo considerado “fora da área urbana” o restante do município excluído dos setores censitários definidos como urbanos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para o ano de 2018 foi utilizado o arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site GeolTajai, onde na coluna “leidataano” o ano mais recente é 2021 referente à delimitação “Praia Brava” (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

Também foram utilizados mapas de uso e cobertura da terra “gerados a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite” pelo Projeto MapBiomas, Coleção 7.1 (1985-2021), bioma Mata Atlântica (SOUZA *et al.*, 2020; PROJETO MAPBIOMAS, 2023), para os anos em questão e recortados para a área de estudo para compor os mapas. Para realizar a comparação com os arquivos de NDVI, os *pixels* referentes ao tipo de uso e cobertura da terra denominados “Rio, Lago e Oceano” foram retirados. Resumidamente, a iniciativa MapBiomas faz o uso de métodos empíricos e estatísticos, bem como utiliza imagens LANDSAT, para produzir mapas de uso e cobertura da terra (ROSA; SHIMBO; AZEVEDO, 2019).

Outrossim foram geradas curvas de nível para o município de Itajaí, com base no arquivo SRTM 1 *Arc-Second Global* para a área de estudo (USGS, 2023b), para verificar a influência da altitude na temperatura da superfície. Também foi utilizado arquivo referente aos trechos de massas d’água (INDE, 2012 *apud* SDE, 2023), presentes na área em estudo, na elaboração dos mapas.

Em seguida, para os anos supracitados (1998 e 2018), tanto para o período mais quente quanto para o período mais frio, foi realizada a análise estatística por

bairro/localidade com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, bem como foi executada análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* da temperatura da superfície. Para tal, os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis no *software* Minitab® 18. Cabe ressaltar que para estas análises, foram utilizados os arquivos de LST com todos os *pixels* gerados, ou seja, sem que houvesse a exclusão dos pixels que foram retirados com a aplicação do filtro do NDVI (-1 a 1 e de 0 a 1). A análise estatística através do teste de Kruskal-Wallis no *software* Minitab® 18 com relação aos bairros e tipos de uso e cobertura da terra também foi realizada com o arquivo de NDVI, com os pixels com valores de NDVI entre 0 e 1.

No teste de Kruskal-Wallis para estudar a comparação com os dados do arquivo LST, na análise entre os dados de uso e cobertura da terra com os valores de temperatura da superfície, os dados de uso e cobertura da terra foram enquadrados como “fator” e os valores de temperatura da superfície como “resposta”. Na análise entre os dados dos bairros com os valores de temperatura da superfície, os dados dos bairros foram enquadrados como “fator” e os valores de temperatura da superfície como “resposta”.

No teste de Kruskal-Wallis para obter a comparação com os dados do arquivo de NDVI, na análise entre os dados de uso e cobertura da terra com os valores de NDVI, os dados de uso e cobertura da terra foram enquadrados como “fator” e os valores de NDVI como “resposta”. Na análise entre os dados dos bairros com os valores de NDVI, os dados dos bairros foram enquadrados como “fator” e os valores de NDVI como “resposta”.

Posteriormente os valores de LST e NDVI, com as análises supracitadas, foram submetidos ao teste de comparações múltiplas de Kruskal-Wallis com a geração dos gráficos de comparações múltiplas no *software* Minitab® 18.

Quanto à análise da temperatura da superfície e a altitude, os dados de altitude foram submetidos ao teste de normalidade Anderson-Darling e, posteriormente, ao teste de correlação $R\hat{o}$ de Spearman - ρ com os dados de temperatura da superfície. Isto foi realizado com as séries de dados referentes ao período mais frio e mais quente dos anos 1998 e 2018.

Por fim, quanto à análise da influência da temperatura dos trechos de massas d'água presentes no município de Itajaí na temperatura da superfície, foi realizado o estudo para a área urbana e fora da área urbana. Para o ano de 1998, foi

considerado como área urbana a delimitação do arquivo do ano de 2000 – censo (IBGE, 2023a) e como fora da área urbana o restante do município. Para o ano de 2018, foi escolhido como área urbana a área delimitada como tal no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b) e como fora da área urbana foram consideradas as áreas denominadas “Zona Rural/Urbana (limite perímetro urbano)” e “Zona Rural(localidade)”. Isto posto, foi calculada a temperatura da superfície dos trechos de massas d’água e a temperatura da superfície da área de borda de 30 m e 500 m contados a partir da margem do trecho massa d’água, para os períodos mais quentes e mais frios de 1998 e 2018.

A análise estatística entre os valores da temperatura da superfície da água e os valores da temperatura da superfície nas faixas de medidas e períodos apresentados anteriormente foi realizada através do teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries de dados, e o teste de Mann-Whitney com a hipótese alternativa sendo “não é igual”. Mesmo as séries de dados sendo não-normais, escolheu-se pela realização do teste t para duas amostras, uma vez que o número de observações é grande, sem assumir igualdade de variâncias.

3.9. Relação entre cobertura vegetal, Ilhas de Calor e indicadores

Visando analisar a distribuição da temperatura da superfície nos bairros de 1998 à 2018, foi realizada a intersecção entre o arquivo de LST do ano de 1998, período mais frio e período mais quente, com o arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b), bem como entre o arquivo do ano de 2018, período mais frio e período mais quente, com o arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b). Posteriormente, foram calculadas as medianas de LST para cada período e obtida a diferença entre a mediana de 2018 e a mediana de 1998, para cada período. Os locais com as maiores temperaturas da superfície da terra, indicados nos mapas com a cor vermelha, podem ser considerados como as Ilhas de Calor, já os locais com menores temperaturas do que as áreas ao seu redor, indicados nos mapas pela cor azul, podem ser considerados como as Ilhas de Frescor (CASTRO, 2009).

Além dos anos 1998 e 2018, foram cruzados com o arquivo “Bairros e

localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b), os arquivos de LST dos anos de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, tanto para o período mais frio quanto para o período mais quente de cada ano, sendo elaborados gráficos para análise da evolução das medianas de temperatura da superfície.

Para realizar a análise dos indicadores socioambientais nos diversos bairros da região em estudo, utilizou-se os indicadores extraídos dos Resultados do Universo do Censo de 2010 do Arquivo Básico: V001 – “Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes”, V002 – “Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes”, V005 – “Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento)”; e do Arquivo Alfabetização: V001 – “Pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade” (IBGE, 2023b), sendo a análise realizada somente com os dados de LST e NDVI referentes ao dia 11/12/2018.

Foram considerados quatro indicadores-chave, a mediana do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), a mediana da Temperatura da Superfície Terrestre (LST), o valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento) e o número de pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade. Com relação ao indicador do rendimento, os dados apresentados são a média ponderada por bairro/localidade.

3.10. Classificação das Ilhas de Calor e de Frescor com base nos Padrões de Classificação Termal

Com as medianas da temperatura da superfície por bairros/localidades nos bairros/localidades correspondentes ao arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b), para o período mais quente dos anos de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, foi elaborada a classificação em Ilhas de Calor Forte, Ilhas de Calor Moderado e Ilhas de Frescor com base nos Padrões da Classificação Termal estabelecidos por Barros & Lombardo (2016).

A classificação conta com três distintos padrões de classificação, que são: Ilha de Calor Forte, Ilha de Calor Moderado, e Ilha de Frescor; e que simbolizam a

oscilação da intensidade do gradiente de variação da temperatura da superfície, entre as áreas rurais e as áreas urbanas existentes no município de São Paulo – SP (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Para determinar a Ilha de Calor Urbana, foi calculado o delta de temperatura (ΔT), sendo ele o resultado das diferenças das temperaturas da superfície em relação aos seus arredores rurais (BARROS; LOMBARDO, 2016). No estudo de referência, foi utilizado como parâmetro para o cálculo do delta de temperatura o distrito não urbano de Parelheiros, localizado no extremo sul do município de São Paulo e que também é um dos distritos mais representativos dos distritos com menores valores de temperatura da superfície (BARROS; LOMBARDO, 2016).

Os Padrões da Classificação Termal estabelecidos por Barros & Lombardo (2016) são:

- Ilha de Calor Forte: $\Delta T > 8^{\circ}\text{C}$
- Ilha de Calor Moderado: $5^{\circ}\text{C} < \Delta T < 7^{\circ}\text{C}$
- Ilha de Frescor: $\Delta T < 4^{\circ}$

Neste estudo, o bairro/localidade Brilhante II, localizado no município de Itajaí-SC, foi utilizado como parâmetro para o cálculo do delta de temperatura, sendo empregada a Equação 5, adaptada da metodologia de Barros & Lombardo (2016):

$$\Delta T = \text{LST}_{\text{bairro/localidade}} - \text{LST}_{\text{Brilhante II}} \quad (5)$$

Onde

ΔT = delta de temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

$\text{LST}_{\text{bairro/localidade}}$ = mediana da temperatura da superfície do bairro/localidade ($^{\circ}\text{C}$)

$\text{LST}_{\text{Brilhante II}}$ = mediana da temperatura da superfície do bairro/localidade Brilhante II ($^{\circ}\text{C}$)

Bairros/localidades com valores de ΔT fora dos Padrões da Classificação Termal (valores iguais a 7°C ou 8°C ou entre 7°C e 8°C , valores iguais a 4°C ou 5°C ou entre 4°C e 5°C) ficaram sem classificação como Ilha de Calor Forte, Ilha de Calor Moderado, ou Ilha de Frescor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Validação dos dados do MERRA-2 frente aos dados observados

Os resultados provenientes dos testes de estatística básica e dos testes de normalidade de Anderson-Darling estão presentes na Tabela 4, onde explorou-se a estatística para cada variável do estudo.

Tabela 4 - Resultados dos testes de normalidade de Anderson-Darling e dos testes de estatística básica, para todas as variáveis temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).

Parâmetro/Variável	TMXO	TMXM	TMDO	TMDM	TMIO	TMIM
A-Quadrado	0,9	2,7	10,7	9,8	25,7	17,9
Valor-p	0,022	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Média	25,5°	25,1°	20,6°	21,1°	17,4°	18,1°
Desvio Padrão	4,3	4,1	3,7	3,8	4,0	4,1
Variância	18,5	16,6	13,9	14,3	16,3	16,6
Mínimo	11,0°	10,4°	7,1°	7,4°	1,3°	1,9°
Mediana	25,5°	25,3°	20,9°	21,3°	17,9°	18,4°
Máximo	39,0°	39,0°	29,7°	31,2°	26,9°	25,7°
N	3653	3653	3626	3653	3653	3653

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo consta na Tabela 4 o valor-p para o teste de normalidade de Anderson-Darling, para todas as variáveis foi menor que o alfa escolhido (0,05), o que indica que há evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de que os dados vêm de uma distribuição normal. Resultado semelhante foi encontrado por Lompar *et al.* (2019) ao analisar dados de temperatura do ar medidos *in situ* e do ERA5. Shen *et al.* (2018) citam em seu estudo como exemplo de dados meteorológicos com distribuição normal a temperatura média anual e a precipitação anual, e dados com diferenças óbvias os dados de temperatura sazonal ou diária.

Ainda sobre a Tabela 4, o desvio padrão exibiu semelhanças entre os dados observados com os dados de reanálise, sendo relativamente baixo, portanto os dados estão próximos da média. A maior variância foi obtida entre os dados TMXO e TMXM, referentes aos dados de temperatura máxima.

Para verificar se os dados apresentam diferenças ou igualdades significativas ao nível de confiança, foram realizados os testes cujos resultados constam na Tabela 5 e na Tabela 6.

Tabela 5 - Resultados dos testes t pareados entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).

Parâmetro/Variável	TMXM;TMXO	TMDM;TMDO	TMIM;TMIO
Valor-t	-15,95	37,11	26,93
Valor-p	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 6 - Resultados dos testes de Mann-Whitney entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).

Parâmetro/Variável	TMXM;TMXO	TMDM;TMDO	TMIM;TMIO
Estimativa da diferença	-0,4	0,5	0,6
Valor-p	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

O teste t pareado trouxe valor-p menor que o alfa, portanto a hipótese nula foi rejeitada e confirma-se que a diferença entre as médias é estatisticamente significativa, para todas as comparações (Tabela 5). O teste de Mann-Whitney confirmou o resultado do teste t pareado, pois o valor-p foi menor que o alfa, sendo estatisticamente significativa a diferença entre as medianas (Tabela 6).

Na Tabela 7 estão os resultados dos testes de correlação de Pearson e do Rô de Spearman - ρ .

Tabela 7 - Resultados dos testes de correlação de Pearson e do Rô de Spearman - ρ entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).

Parâmetro/Variável	TMXM;TMXO	TMDM;TMDO	TMIM;TMIO
Correlação de Pearson	0,932	0,973	0,941
Valor-p	0,000	0,000	0,000
Rô de Spearman - ρ	0,934	0,973	0,937
Valor-p	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme consta acima, o teste de correlação de Pearson indica que, para todas as comparações, há forte relação entre as variáveis, sendo que como o valor-p, em todas as análises, foi menor que o nível de significância, a correlação entre os dados observados e os dados de reanálise é estatisticamente significativa (Tabela 7).

Os resultados apresentam um alto valor de correlação de Pearson, próximo de 1 em todas as variáveis analisadas, indicando um alto nível de correlação entre as variáveis analisadas. A melhor correlação foi obtida para a temperatura média, seguido da temperatura mínima e da máxima (Tabela 7).

Semelhantemente, o $R\hat{o}$ de Spearman - ρ , em todas as comparações, percebe-se que há uma forte relação positiva entre as variáveis, isto é, os dados aumentam simultaneamente, apresentando uma relação muito próxima de 1, que seria uma relação perfeita (Tabela 7).

Na Tabela 8 está o cálculo do viés para as variáveis em estudo.

Tabela 8 - Resultado do cálculo do viés para cada variável estudada, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).

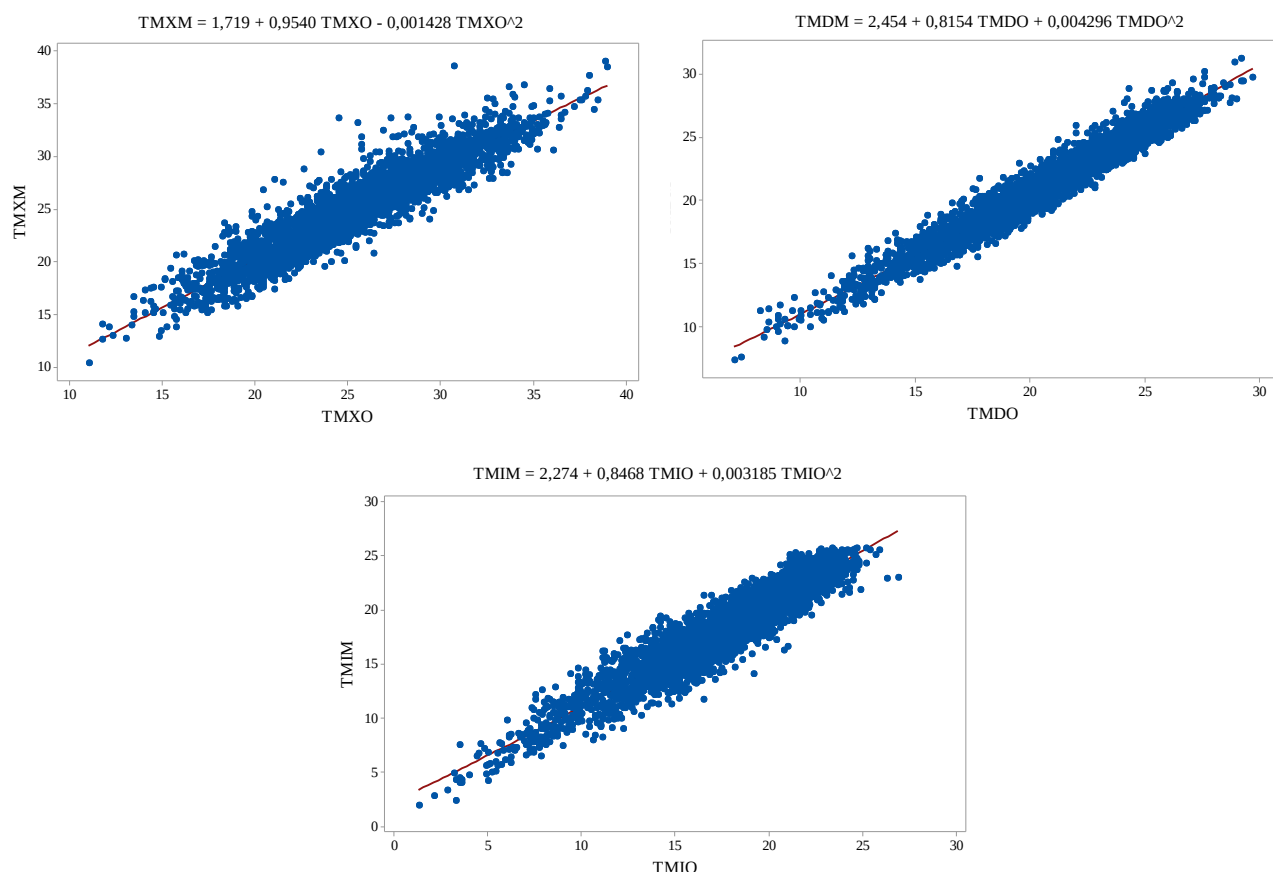
Parâmetro/Variável	TMXO	TMXM	TMDO	TMDM	TMIO	TMIM
Média	25,5	25,1	20,6	21,1	17,4	18,1
Viés	-	-0,4	-	+0,5	-	+0,7

Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 8 apresenta que o produto da reanálise indica valores abaixo dos observados, no caso da temperatura máxima, e valores acima dos observados no caso da temperatura média e da temperatura mínima, o que pode ser justificado pelo MERRA-2 tender a superestimar as temperaturas mínimas e médias, e subestimar as temperaturas máximas. Todavia, os valores de viés são muito baixos, mostrando um alto grau de relação entre as diversas variáveis, indicando um erro sistemático muito baixo.

Por último, para ilustrar a relação entre um preditor contínuo e uma resposta, foi elaborado o gráfico de linha ajustada para cada comparação entre os dados observados e os dados de reanálise (Figura 4).

Figura 4 - Gráficos de linha ajustada decorrentes da análise de regressão polinomial entre o produto da reanálise do MERRA-2 e os dados observados. Acima de cada gráfico está a equação de cada regressão, sendo temperatura máxima observada (TMXO), temperatura média observada (TMDO), temperatura mínima observada (TMIO), temperatura máxima MERRA-2 (TMXM), temperatura média MERRA-2 (TMDM), e temperatura mínima MERRA-2 (TMIM).



Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as análises que estão na Figura 4, o valor-p foi menor que o alfa, isto é, a associação entre a variável resposta e o termo é estatisticamente significativa. A forma como o termo do modelo está relacionada à resposta, está explicada na equação de regressão que consta acima de cada gráfico. Foi obtido um alto valor, superior à 86,8%, de R^2 em todas as comparações, o que mostra que o modelo se ajusta bem aos dados, sendo 94,8% o valor do R^2 para TMDM e TMDO. Ao observar os gráficos, pode-se afirmar que os dados seguem uma linha reta, sendo possível perceber os *outliers*.

A correlação supracitada, entre os dados observados e o produto da reanálise, junto com a associação estatisticamente significativa entre a variável resposta (produto da reanálise) e o termo (dados observados), formam uma base forte para decidir utilizar o produto da reanálise MERRA-2 para integrar o arcabouço

de dados de estudos análogos a este, quando se busca estudar um horizonte temporal maior à data de início da coleta de dados observados.

4.2. Dados da temperatura do ar no período de 1991 a 2020

Com a validação dos dados do MERRA-2 em relação aos dados observados, decidiu-se utilizar apenas os dados do produto do MERRA-2 para analisar a temperatura do ar no município de Itajaí – SC, no período de 1991 a 2020.

Deste modo, na Tabela 9 estão as datas com as temperaturas do ar mais altas (baixas) anuais durante o período estudo, bem como o p valor do teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries anuais de temperaturas máximas e mínimas diárias.

Tabela 9 - Datas com as maiores e menores temperaturas, por ano, no município de Itajaí – SC, e os p-valores do teste de normalidade de Anderson-Darling para cada série de dados, por ano. Os números sinalizados em negrito são discutidos ao longo do texto.

Ano	Dia com a menor temperatura	Mínima (°C)	p	Dia com a maior temperatura	Máxima (°C)	p
1991	03/08/1991	3,0	<0,005	15/10/1991	34,0	<0,005
1992	23/07/1992	3,8	<0,005	22/02/1992	35,4	<0,005
1993	15/07/1993	4,4	<0,005	08/01/1993	34,1	<0,005
1994	26/06/1994	2,7	<0,005	14/12/1994	35,7	0,025
1995	26/06/1995	5,2	<0,005	17/12/1995	36,4	0,510
1996	12/07/1996	5,8	<0,005	10/02/1996	33,3	<0,005
1997	11/08/1997	8,0	<0,005	23/12/1997	34,2	0,006
1998	18/06/1998	6,8	0,015	24/01/1998	33,1	<0,005
1999	15/08/1999	4,6	<0,005	25/03/1999	33,1	0,020
2000	20/07/2000	2,3	<0,005	17/01/2000	34,2	<0,005
2001	28/07/2001	4,5	<0,005	08/01/2001	33,4	<0,005
2002	02/09/2002	6,0	<0,005	31/03/2002	34,7	0,141
2003	12/07/2003	4,4	<0,005	06/02/2003	34,6	0,491
2004	13/06/2004	4,2	<0,005	31/12/2004	33,2	0,023
2005	25/07/2005	6,5	<0,005	11/03/2005	36,4	0,029
2006	05/09/2006	4,7	<0,005	12/09/2006	35,5	0,060
2007	29/07/2007	4,3	<0,005	09/03/2007	33,9	<0,005
2008	16/06/2008	3,6	<0,005	11/01/2008	33,7	<0,005
2009	03/06/2009	5,1	<0,005	23/02/2009	34,1	<0,005
2010	14/07/2010	4,9	<0,005	07/02/2010	34,7	0,111
2011	28/06/2011	4,2	<0,005	23/12/2011	35,7	0,041
2012	14/07/2012	6,5	<0,005	11/12/2012	38,6	0,439
2013	24/07/2013	1,9	<0,005	25/01/2013	36,4	0,262
2014	14/08/2014	6,8	<0,005	03/12/2014	34,2	0,022
2015	16/06/2015	5,6	0,119	12/01/2015	34,4	0,022
2016	12/06/2016	2,8	<0,005	27/12/2016	35,3	<0,005
2017	19/07/2017	4,5	0,007	16/11/2017	35,6	0,015
2018	26/08/2018	7,1	<0,005	12/12/2018	35,9	<0,005
2019	07/07/2019	3,3	<0,005	03/01/2019	39,0	0,604
2020	27/05/2020	10,0	<0,005	07/01/2020	36,8	0,108

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observar os resultados obtidos em relação à temperatura do ar no município de Itajaí durante os anos de 1991 a 2020, pode-se constatar que a maior temperatura ocorreu no ano de 2019, com 39,0 °C no dia 03/01/2019, e que a segunda maior temperatura foi de 38,6 °C no dia 11/12/2012, ambos em períodos de verão austral (sinalizados em **negrito** na Tabela 9).

Em relação às temperaturas mínimas anuais, conforme sinalizado em **negrito** na Tabela 9, no dia 24/07/2013 foi marcada a menor temperatura, sendo de 1,9 °C, data dentro do período do inverno. Já no dia 27/05/2020, no outono, foi registrada a maior temperatura mínima, 10,0 °C, ou seja, foi o primeiro ano em que as temperaturas estiveram acima de 10,0 °C o ano inteiro, diferente do observado nos anos anteriores estudados. O ano de 2020 foi um ano de transição de período neutro para La Niña conforme identificado no Oceanic Niño Index – ONI (CLIMATE PREDICTION CENTER, 2023), o que pode ter contribuído com esta elevada temperatura mínima. Ressalta-se que nenhum extremo de temperatura mínima foi observado no período de primavera.

No ano de 2006, o valor extremo mínimo (máximo) de temperatura foi registrado foi de 4,7 (35,5) °C no dia 05/09/2006 (12/09/2006). A respeito do teste de normalidade de Anderson-Darling, a série de temperaturas mínimas do ano de 2006, apresentou p-valor ($<0,005$) inferior ao alfa escolhido (0,05), de modo que é rejeitada a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição normal, diferente do encontrado para a série de temperaturas máximas do ano de 2006, onde o p-valor (0,06) foi superior alfa escolhido (0,05), de modo que não é possível rejeitar a hipótese, assumindo portanto que os dados seguem de uma distribuição normal.

Ainda sobre o teste de normalidade de Anderson-Darling, quanto aos p-valores referentes aos dias de menor temperatura, pode-se observar que somente no dia 16/06/2015 o p-valor foi acima de 0,05, sendo 0,119 (sinalizado em **negrito** na Tabela 9), de modo que somente na série deste ano não é possível rejeitar a hipótese nula de que os dados vêm de uma distribuição normal. Valores de p-valor acima de 0,05 também foram observados nos dados referentes aos dias de maior temperatura, nas datas 17/12/1995, 31/03/2002, 06/02/2003, 12/09/2006, 07/02/2010, 11/12/2012, 25/01/2013, 03/01/2019, e 07/01/2020 o que indica que apenas as observações analisadas nestes anos são provenientes de uma distribuição normal.

Os gráficos referentes à distribuição das observações das temperaturas

mínimas, por temperatura, por ano, entre 1991 e 2020 para o município de Itajaí estão presentes no Apêndice B desta dissertação, assim como os gráficos referentes à distribuição das observações das temperaturas máximas, por temperatura, por ano, entre 1991 e 2020 para o município de Itajaí constam no Apêndice C desta dissertação.

4.3. Disponibilidade de imagens LANDSAT nos períodos mais quentes e mais frios de 1991 a 2020

Abaixo estão os resultados referentes à busca de imagens dos satélites LANDSAT-8, LANDSAT-7 e LANDSAT-5, nos períodos mais quentes e mais frios dos anos de 1991 a 2020 relatados no tópico anterior.

4.3.1.LANDSAT-8 – Períodos com a data mais fria

Para os períodos com a data mais fria dos anos de 2013 a 2020 foram encontradas imagens do LANDSAT-8 para todos os anos sem cobertura de nuvens na área de estudo.

4.3.2.LANDSAT-8 – Períodos com a data mais quente

Para os períodos com a data mais quente, somente as imagens dos anos de 2018 (período analisado: 27/11/2018 a 27/12/2018) e 2015 (período analisado: 28/12/2014 a 27/01/2015) puderam ser utilizadas, uma vez que as demais imagens foram desconsideradas por apresentarem nuvens na área de estudo.

Nos anos cujas imagens apresentaram nuvens na área de estudo, foi determinado outro período com a data com a segunda temperatura mais quente do ano e realizada novamente a busca de imagens, sendo as novas datas e resultados da busca de imagens apresentados na Tabela 10, como definido na metodologia.

Tabela 10 – Anos em que foram realizadas novas buscas de imagens do satélite LANDSAT-8 detalhados em segunda data mais quente do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.

Nova data	Período de busca		Imagem Útil?	Imagem analisada
03/01/2014	19/12/2013	18/01/2014	Sim	LC08_L1TP_220079_20131229_20200912_02_T1
26/01/2016	11/01/2016	10/02/2016	Não	LC08_L1TP_220079_20160120_20200907_02_T1
19/10/2017	04/10/2017	03/11/2017	Não	LC08_L1TP_220079_20171005_20200903_02_T1
31/01/2019	16/01/2019	15/02/2019	Sim	LC08_L1TP_220079_20190128_20200829_02_T1
31/01/2020	16/01/2020	15/02/2020	Não	LC08_L1TP_220079_20200131_20200823_02_T1

Fonte: Elaborado pela autora.

Logo, é possível analisar que, com a nova busca de imagens, foi possível obter imagens sem elevada cobertura de nuvens na área de estudo também para os anos de 2019 e de 2014. Por conseguinte, foram obtidas um total de 4 (quatro) imagens do satélite LANDSAT-8 para a elaboração de imagens NDVI e LST nos anos de 2014 a 2020.

4.3.3.LANDSAT-7 – Períodos com a data mais fria

Para o período entre o término da operação do LANDSAT-5 e o início da operação do LANDSAT-8, a imagem obtida do LANDSAT-7 para a área de estudo no período em que foi constatada a data mais fria do ano de 2012 (período analisado: 29/06/2012 a 29/07/2012) possui elevada quantidade de nuvens na área de estudo. Isto posto, foi realizada a busca de imagens do LANDSAT-7 no período que compreende a segunda data mais fria do ano de 2012, não sendo encontrada imagem sem nuvens na área de estudo (Tabela 11).

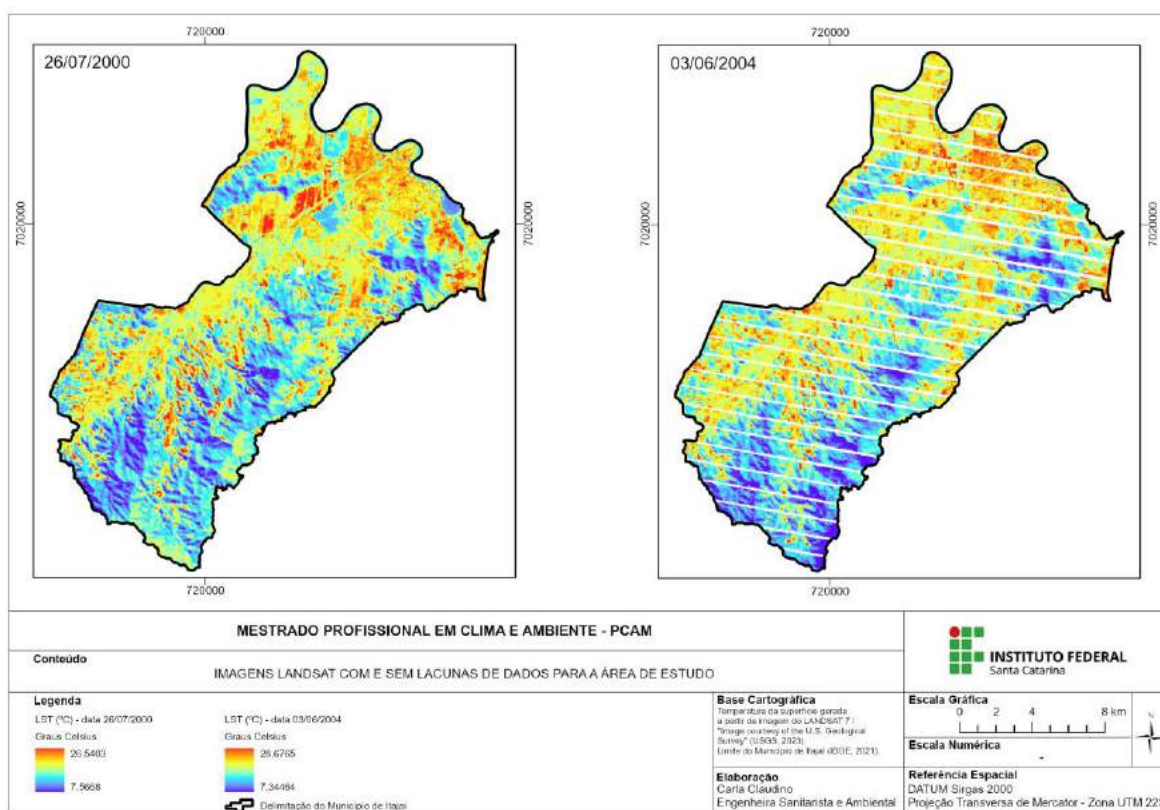
Tabela 11 – Informações sobre a busca de imagens do satélite LANDSAT-7 na segunda data mais fria do ano de 2012, como período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.

Nova data	Período de busca		Imagem Útil?	Imagem analisada
08/06/2012	24/05/2012	23/06/2012	Não	LE07_L1TP_220079_20120609_20200909_02_T1

Fonte: Elaborado pela autora.

Do LANDSAT-7, todas as imagens a partir de 2004, para a área de estudo, apresentaram lacunas de dados (Figura 5).

Figura 5 – Comparação entre a imagem do LANDSAT-7 referente ao ano 2000 e referente ao ano 2004, para a área de estudo, da Coleção 2 Nível 2, com o LST calculado em Graus Celsius.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para os períodos com a data mais fria dos anos de 2000 e 2001 foram obtidas imagens do LANDSAT-7 com menor quantidade de nuvens do que as imagens do LANDSAT-5 para este período, já para o ano de 2002, no período de busca não foram encontradas imagens do LANDSAT-5 no sítio de buscas.

4.3.4.LANDSAT-7 – Períodos com a data mais quente

Para o intervalo entre o término da operação do LANDSAT-5 e o começo da operação do LANDSAT-8, a imagem obtida do LANDSAT-7 para a área de estudo no período em que foi observada a data mais quente do ano de 2013 (período analisado: 10/01/2013 a 09/02/2013) e a imagem obtida do LANDSAT-7 para o período com a data mais quente do ano de 2012 (período analisado: 26/11/2012 a 26/12/2012) apresentam nuvens que dificultam o mapeamento da temperatura da superfície. Nas imagens do LANDSAT-7, para o intervalo mencionado, foram encontradas lacunas de dados.

Nos períodos com a data mais quente dos anos de 2000 (período analisado: 02/01/2000 a 01/02/2000), 2002 (período analisado: 16/03/2002 a 15/04/2002), 2004 (período analisado: 16/12/2004 a 15/01/2005), 2007 (período analisado: 22/02/2007 a 24/03/2007) as imagens do LANDSAT-7 continham cobertura de nuvens, na área de estudo, inferior do que as imagens do LANDSAT-5. Nas imagens do LANDSAT-7 dos anos de 2000 e 2002 estão ausentes as lacunas de dados. No período com a data mais quente do ano de 2003 (período analisado: 22/01/2003 a 21/02/2003) a imagem disponível do LANDSAT-7 para a área de estudo estava com elevada quantidade de nuvens.

Nos anos cujas imagens apresentaram nuvens na área de estudo, foi determinado outro período com a data com a segunda temperatura mais quente do ano e realizada novamente a busca de imagens. As novas datas e períodos de busca estão listados na Tabela 12. Uma vez que as imagens para a área de estudo, a partir de 2004, do LANDSAT-7, apresentaram lacunas de dados, foi dada a preferência para imagens do LANDSAT-5, quando disponíveis e com baixa quantidade, ou ausência, de nuvens na área de estudo.

Tabela 12 – Anos em que foram buscadas imagens do satélite LANDSAT-7 detalhados na segunda data mais quente do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.

Nova data	Período de busca	Imagem Útil?	Imagem analisada
14/10/2008	29/09/2008	29/10/2008	Não
02/03/2009	15/02/2009	17/03/2009	Não
26/12/2012	11/12/2012	10/01/2013	Não
25/02/2013	10/02/2013	12/03/2013	Não

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3.5.LANDSAT-5 – Períodos com a data mais fria

Para o LANDSAT-5, foram buscadas imagens nos anos de 1991 a 2011. No horizonte deste estudo, da mesma forma que nas imagens do LANDSAT-8 estão ausentes as lacunas de dados, outrossim inexitem tais lacunas nas imagens do LANDSAT-5 encontradas para a área em análise.

Foram encontradas imagens do LANDSAT-5, sem cobertura de nuvens na área de estudo, nos anos de 1993, 1996 a 1999, 2003, 2005, 2006 e 2009. Para os períodos com as datas mais frias do ano de 1991, 2002, 2008, 2010 e 2011 não

foram encontradas imagens do LANDSAT-5 no sítio de buscas. Nos demais períodos com a data mais fria as imagens encontradas do LANDSAT-5 apresentaram elevada cobertura de nuvens nas imagens, sendo realizada nova busca de imagens no período estabelecido com base na data na qual foi verificada a segunda temperatura mais baixa do ano, exceto nos anos de 1991, 2007 e 2008, com os resultados apresentados abaixo (Tabela 13).

Tabela 13 – Anos em que foram buscadas imagens do satélite LANDSAT-5 detalhados na segunda data mais fria do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.*

Nova data	Período de busca		Imagem Útil?	Imagem analisada
05/07/1991	20/06/1991	20/07/1991	Não	LT05_L1GS_220079_19910624_20200915_02_T2
07/07/1992	22/06/1992	22/07/1992	Não	LT05_L1TP_220079_19920626_20200914_02_T1
09/07/1994	24/06/1994	24/07/1994	Sim	LT05_L1TP_220079_19940718_20200913_02_T1
05/08/1995	21/07/1995	20/08/1995	Não	LT05_L1GS_220078_19950721_20200912_02_T2
11/07/2004	26/06/2004	26/07/2004	Não	LT05_L2SP_220079_20040713_20201008_02_T1
30/05/2007	15/05/2007	14/06/2007	Sim	LT05_L1GS_220079_20070604_20200830_02_T2
31/05/2008	16/05/2008	15/06/2008	Não	LE07_L1TP_220079_20080614_20200912_02_T1
15/08/2010	31/07/2010	30/08/2010	Sim	LT05_L1TP_220079_20100815_20200823_02_T1

Fonte: Elaborado pela autora. *Exceto nos anos de 1991, 2007 e 2008.

No ano de 2004, no período de busca analisado quanto à segunda data mais fria do ano, a imagem do LANDSAT-5 disponível apresentou nuvens na área de estudo, diferente da imagem do LANDSAT-7 relatada na Tabela 13, todavia, a imagem em questão do LANDSAT-7 apresentou lacunas de dados. No período em que esteve o segundo período de análise das temperaturas mínimas do ano de 2008, a busca de imagens não retornou imagens do LANDSAT-5. Nos anos de 1991, 2007 e 2008 os segundos períodos de busca foram feitos levando em consideração o segundo período mais frio, ou seja, datas subsequentes a primeira temperatura mais fria do ano, estando num horizonte de 5 (cinco) dias antes ou 5 (cinco) dias depois da primeira data com a temperatura mais fria do ano, foram desconsideradas, sendo utilizada a segunda data com a temperatura mais baixa fora deste horizonte temporal (+/- 5 dias).

Para o período da primeira data com a temperatura mais baixa registrada no ano de 2004, foi encontrada imagem do LANDSAT-7 sem elevada cobertura de nuvens na área de estudo.

Portanto, pode-se afirmar que, com a nova busca de imagens, conseguiu-se obter imagens do LANDSAT-5 sem elevada cobertura de nuvens na área de estudo

também totalizando 12 (doze) imagens do satélite LANDSAT-5 para elaboração de imagens NDVI e LST nos anos de 1991 a 2011.

4.3.6.LANDSAT-5 – Períodos com a data mais quente

Conforme citado no item anterior, o período de análise das imagens do LANDSAT-5 compreendeu os anos de 1991 a 2011. Assim como para as imagens do satélite LANDSAT-8, nas imagens encontradas do LANDSAT-5, no escopo deste estudo, estão ausentes as lacunas de dados.

Para as imagens do LANDSAT-5 estudadas, apenas as imagens dos períodos com a data mais quente dos anos de 1998 (período analisado: 09/01/1998 a 08/02/1998), 2005 (período analisado: 24/02/2005 a 26/03/2005), 2006 (período analisado: 28/08/2006 a 27/09/2006) e 2010 (período analisado: 23/01/2010 a 22/02/2010) puderam ser utilizadas por estarem sem cobertura expressiva de nuvens na área de estudo. Para os períodos com a data mais quente dos anos de 1996 (período analisado: 26/01/1996 a 25/02/1996), 1997 (período analisado: 08/12/1997 a 07/01/1998) e 2003 (período analisado: 22/01/2003 a 21/02/2003) não foram encontradas imagens do LANDSAT-5, para a área de estudo, no *site* da USGS.

Para o período com a data com a temperatura mais alta do ano de 2006 foram encontradas duas imagens que podem ser utilizadas neste estudo, sendo uma delas exatamente na data em que foi observada a temperatura mais baixa do ano de 2006, 05/09/2006, deste modo, esta imagem foi utilizada para as análises referentes ao período mais frio do ano de 2006 e a imagem da data 21/09/2006 foi empregada nas análises do período mais quente do ano de 2006, uma vez que a data com a temperatura mais alta do ano de 2006 ocorreu no dia 12/09/2006.

Para os demais anos, em que o LANDSAT-7 esteve operando simultaneamente com o LANDSAT-5, também foram procuradas imagens do LANDSAT-7. Foram encontradas imagens com baixa cobertura de nuvens na área em estudo, do LANDSAT-7, nos períodos com a data mais quente dos anos 2000 (período analisado: 02/01/2000 a 01/02/2000), 2002 (período analisado: 16/03/2002 a 15/04/2002), 2004 (período analisado: 16/12/2004 a 15/01/2005) e 2007 (período analisado: 22/02/2007 a 24/03/2007), segundo mencionado no item 4.3.4.

Nos períodos que as imagens da área de estudo apresentaram elevada

cobertura de nuvens tanto nas imagens do LANDSAT-4-5 quanto nas imagens do LANDSAT-7, foi efetuada nova procura de imagens no período estabelecido com base na data na qual foi verificada segunda a temperatura mais quente do ano, exceto nos anos de 1992, 1994, 1995, 1997 e 2002, com os resultados apresentados abaixo (Tabela 14).

Tabela 14 – Anos em que foram realizadas novas buscas de imagens do satélite LANDSAT-5 detalhados em segunda data mais quente do respectivo ano, período de busca, análise da imagem (quanto a sua utilidade, em termos de cobertura de nuvens, para a elaboração de imagens LST) e dados da imagem.*

Nova data	Período de busca		Imagem Útil?	Imagem analisada
25/11/1991	10/11/1991	10/12/1991	Não	LT05_L1TP_220079_19911201_20200915_02_T1
31/12/1992	16/12/1992	15/01/1993	Não	LT05_L1TP_220079_19921219_20200914_02_T1
25/01/1993	10/01/1993	09/02/1993	Sim	LT05_L1TP_220079_19930205_20200914_02_T1
02/02/1994	18/01/1994	17/02/1994	Sem imagens do LANDSAT-4-5 disponíveis na área de estudo	
10/11/1995	26/10/1995	25/11/1995	Sem imagens do LANDSAT-4-5 disponíveis na área de estudo	
05/01/1996	21/12/1995	20/01/1996	Não	LT05_L1TP_220079_19960113_20200911_02_T1
13/09/1997	29/08/1997	28/09/1997	Não	LT05_L1TP_220079_19970912_20200910_02_T1
20/01/1999	05/01/1999	04/02/1999	Não	LT05_L1GS_220079_19990121_20200908_02_T2
27/12/2000	12/12/2000	11/01/2001	Não	LT05_L1GS_220079_20010110_20201030_02_T2
24/11/2001	09/11/2001	09/12/2001	Não	LT05_L1TP_220079_20011110_20200905_02_T1
27/01/2002	12/01/2002	11/02/2002	Sim	LT05_L1TP_220079_20020129_20200905_02_T1
12/11/2003	28/10/2003	27/11/2003	Não	LT05_L1GS_220079_20031116_20200904_02_T2
02/02/2004	18/01/2004	17/02/2004	Não	LT05_L1TP_220079_20040204_20200904_02_T1
31/03/2007	16/03/2007	15/04/2007	Sim	LE07_L1TP_220079_20070409_20200913_02_T1
14/10/2008	29/09/2008	29/10/2008	Não	LT05_L1TP_220079_20081012_20200828_02_T1
02/03/2009	15/02/2009	17/03/2009	Não	LT05_L1TP_220079_20090305_20200828_02_T1

Fonte: Elaborado pela autora. *Exceto nos anos de 1992, 1994, 1995, 1997 e 2002.

Nos anos de 1992, 1994, 1995, 1997 e 2002 os segundos períodos de busca foram determinados levando em consideração o segundo período mais quente, ou seja, datas subsequentes a primeira temperatura mais quente do ano, estando num horizonte de 5 (cinco) dias antes ou 5 (cinco) dias depois da primeira data com a temperatura mais quente do ano, foram desconsideradas, sendo utilizada a segunda data com a temperatura mais quente fora deste horizonte temporal (+/- 5 dias).

Portanto, pode-se afirmar que, com a nova busca de imagens, conseguiu-se obter imagens do LANDSAT-5 sem elevada cobertura de nuvens na área de estudo também para os anos de 1993 e de 2002, totalizando 6 (seis) imagens do satélite LANDSAT-5 para elaboração de imagens NDVI e LST nos anos de 1991 a 2011.

4.4. Mapas LST e NDVI da cidade de Itajaí no período de 1991 a 2020

A Tabela 15 apresenta a relação das imagens utilizadas para representar o

período mais frio nos mapas presentes nos itens subsequentes. Quanto ao período mais quente de cada ano, na Tabela 16 consta a relação das imagens utilizadas para representar o período mais quente nos mapas presentes nos itens subsequentes. Cabe citar que a coluna *cloud cover (scene)* é referente à toda cena.

Tabela 15 - Relação das imagens de satélite utilizadas na elaboração dos mapas dos períodos mais frios, por data da imagem.

Data	Imagem	Hora da imagem (UTC)	Cloud cover (scene)
15/07/1993	LT05_L2SP_220079_19930715_20200914_02_T2	12:34:08	1.00
18/07/1994	LT05_L2SP_220079_19940718_20200913_02_T1	12:29:47	5.00
23/07/1996	LT05_L2SP_220079_19960723_20200911_02_T1	12:26:34	53.00
11/08/1997	LT05_L2SP_220079_19970811_20200910_02_T1	12:43:06	11.00
11/06/1998	LT05_L2SP_220079_19980611_20200909_02_T1	12:49:35	27.00
01/08/1999	LT05_L2SP_220079_19990801_20200908_02_T1	12:49:27	14.00
26/07/2000	LE07_L2SP_220079_20000726_20200918_02_T1	13:02:56	1.00
13/07/2001	LE07_L2SP_220079_20010713_20230323_02_T1	13:01:06	8.00
02/09/2002	LE07_L2SP_220079_20020902_20200916_02_T1	12:59:44	17.00
11/07/2003	LT05_L2SP_220079_20030711_20200904_02_T1	12:48:05	1.00
03/06/2004	LE07_L2SP_220079_20040603_20200915_02_T1	13:00:51	38.0
01/08/2005	LT05_L2SP_220079_20050801_20200902_02_T1	12:59:40	4.00
05/09/2006	LT05_L2SP_220079_20060905_20200831_02_T1	13:05:26	0.00
04/06/2007	LT05_L2SP_220079_20070604_20200830_02_T2	13:05:58	0.00
24/05/2009	LT05_L2SP_220079_20090524_20200827_02_T1	12:59:39	23.00
15/08/2010	LT05_L2SP_220079_20100815_20200824_02_T1	13:02:04	20.00
09/07/2011	LE07_L2SP_220079_20110709_20200909_02_T1	13:05:16	8.0
07/08/2013	LC08_L1TP_220079_20130807_20200912_02_T1	13:13:45	22.19
26/08/2014	LC08_L2SP_220079_20140826_20200911_02_T1	13:11:49	0.51
10/06/2015	LC08_L2SP_220079_20150610_20200909_02_T1	13:10:58	29.03
12/06/2016	LC08_L2SP_220079_20160612_20200906_02_T1	13:11:26	0.02
02/08/2017	LC08_L2SP_220079_20170802_20201015_02_T1	13:11:42	22.35
06/09/2018	LC08_L2SP_220079_20180906_20200831_02_T1	13:11:19	10.23
07/07/2019	LC08_L2SP_220079_20190707_20200827_02_T1	13:11:40	7.28
07/06/2020	LC08_L2SP_220079_20200607_20200824_02_T1	13:11:18	43.68

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 16 - Relação das imagens de satélite utilizadas na elaboração dos mapas dos períodos mais quentes, por data da imagem.

Data	Imagem	Hora da imagem (UTC)	Cloud cover (scene)
05/02/1993	LT05_L2SP_220079_19930205_20200914_02_T1	12:33:37	42.00
18/01/1998	LT05_L2SP_220079_19980118_20200909_02_T1	12:47:17	21.00
16/01/2000	LE07_L2SP_220079_20000116_20200918_02_T1	13:04:32	20.00
29/01/2002	LT05_L2SP_220079_20020129_20200905_02_T1	12:50:39	19.00
13/01/2005	LE07_L2SP_220079_20050113_20200915_02_T1	13:01:08	6.00
26/03/2005	LT05_L2SP_220079_20050326_20200902_02_T1	12:58:46	33.00
21/09/2006	LT05_L2SP_220079_20060921_20200831_02_T1	13:05:37	48.00
09/04/2007	LE07_L2SP_220079_20070409_20200913_02_T1	13:02:16	34.00
04/02/2010	LT05_L2SP_220079_20100204_20200825_02_T1	13:02:37	1.0
16/12/2011	LE07_L2SP_220079_20111216_20200909_02_T1	13:05:33	6.00
29/12/2013	LC08_L2SP_220079_20131229_20200912_02_T1	13:13:09	74.54
01/01/2015	LC08_L2SP_220079_20150101_20200910_02_T1	13:11:45	54.16
11/12/2018	LC08_L2SP_220079_20181211_20200830_02_T1	13:11:37	10.45

Fonte: Elaborado pela autora.

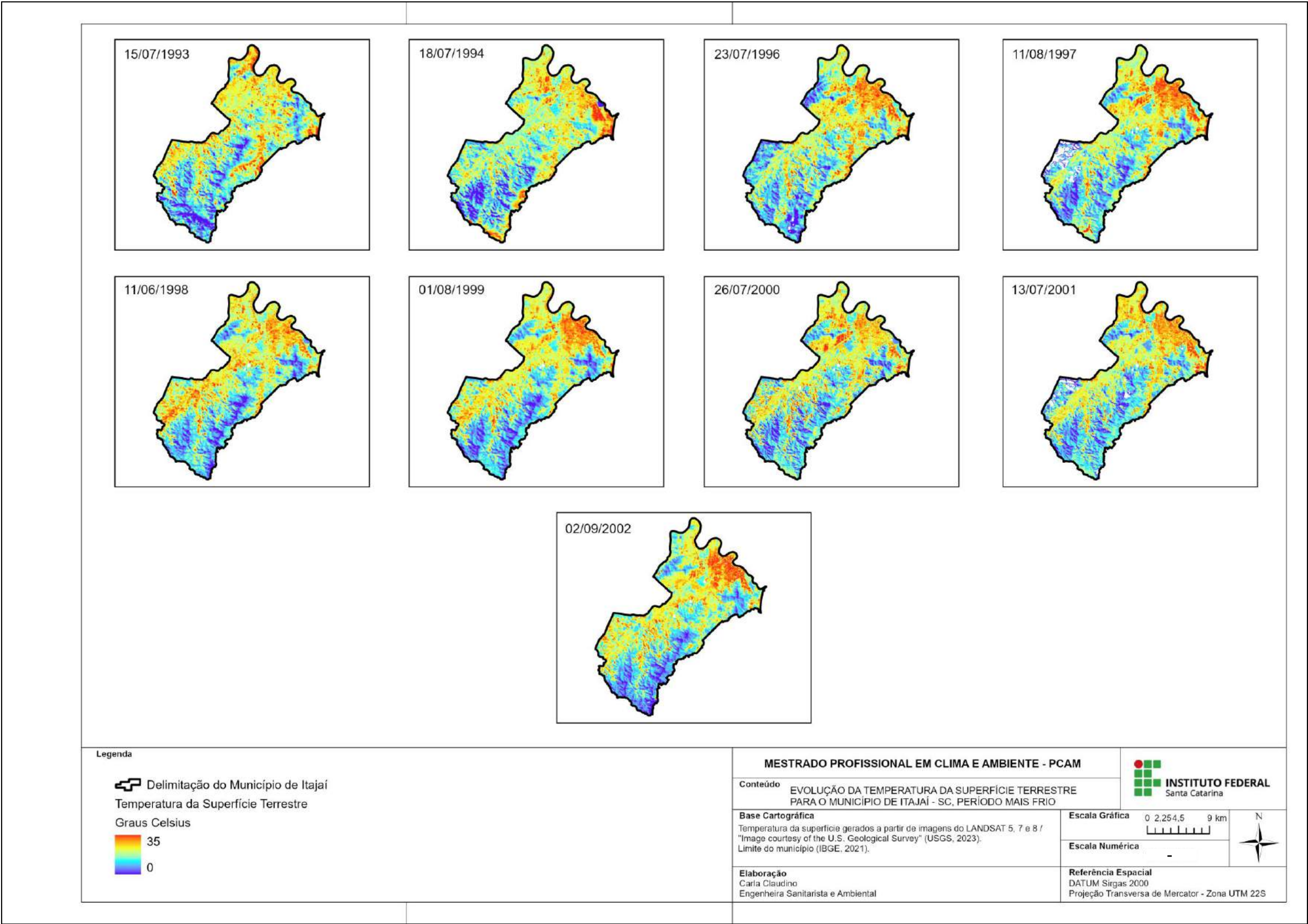
4.4.1. Mapas LST para o período mais frio

Os mapas de temperatura da superfície, durante os períodos mais frios dos anos estudados são apresentados na Figura 6, Figura 7 e Figura 8, respectivamente.

Para os períodos mais frios, a imagem do dia 04/06/2007 veio deslocada e precisou ser georreferenciada.

Em todos os períodos, visualmente é possível perceber a presença de *pixels* com valores de LST elevados e de NDVI baixos, apresentados no item 4.4.2., em locais similares, como a parcela nordeste dos mapas. Outrossim, visualmente os *pixels* com os menores valores de LST estão situados, em geral, em local similar aos *pixels* com valores de NDVI altos.

Figura 6 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 1993 a 2002, município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 2003 a 2010, município de Itajaí – SC.

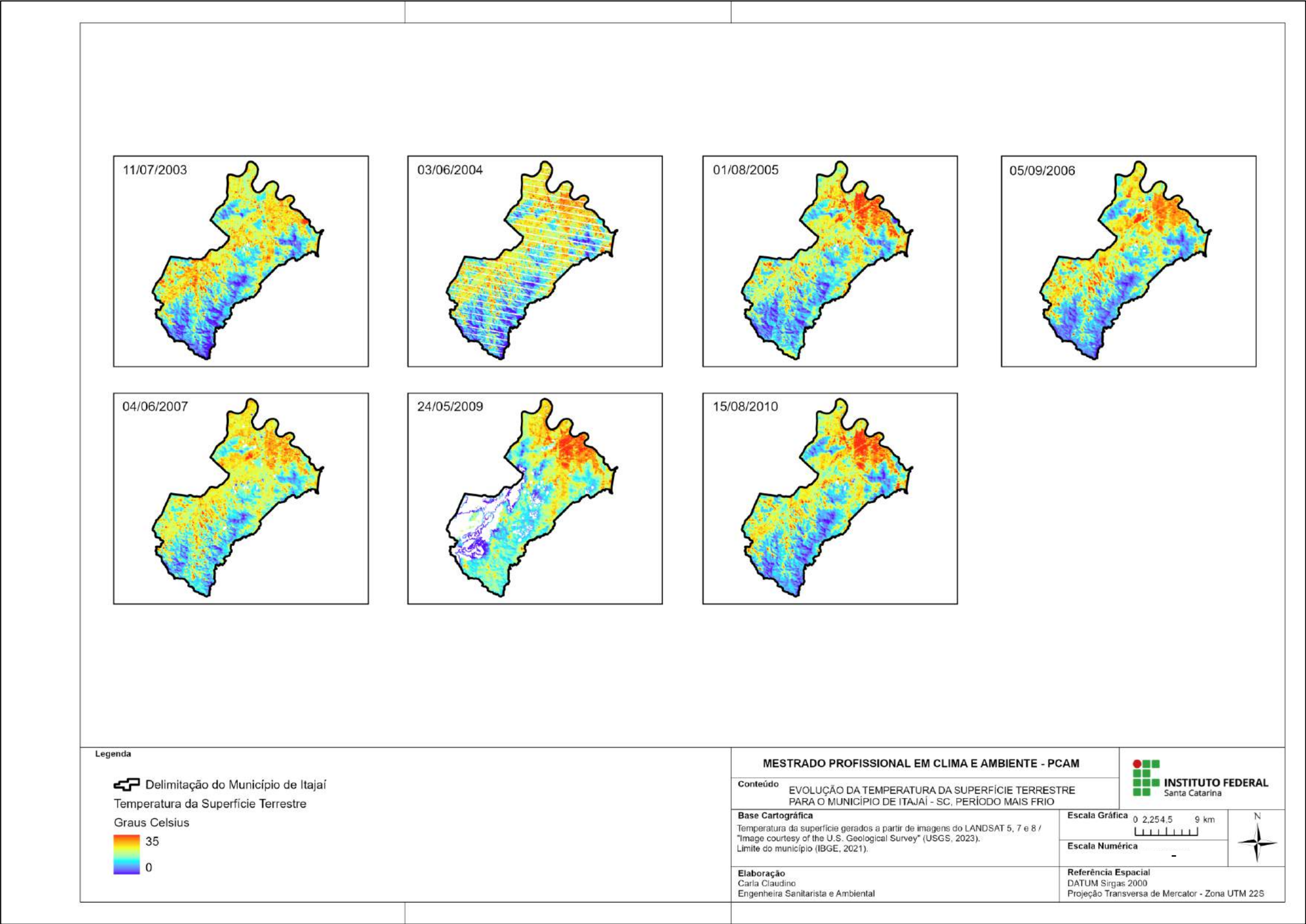
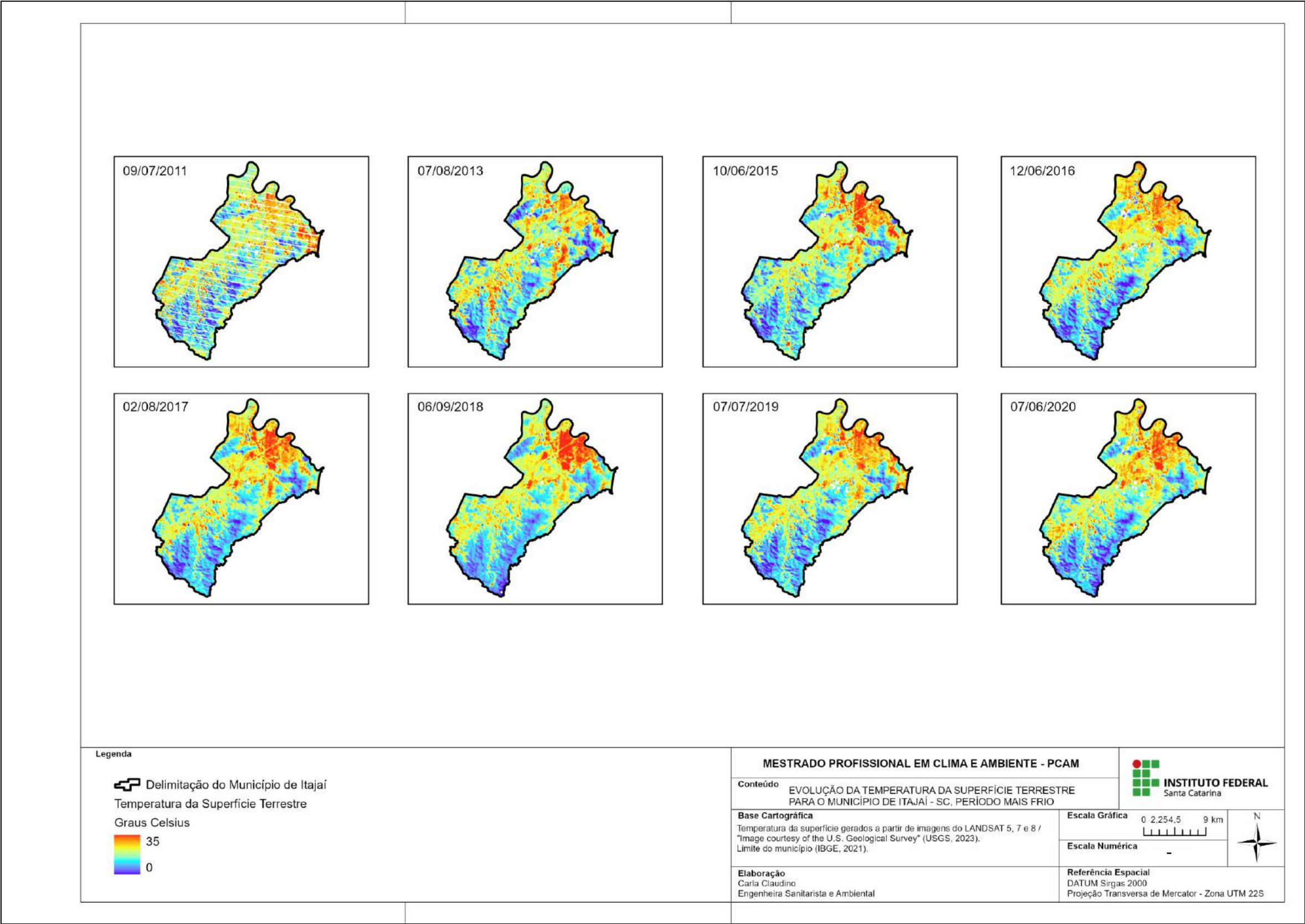


Figura 8 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais frio de 2011 a 2020, município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

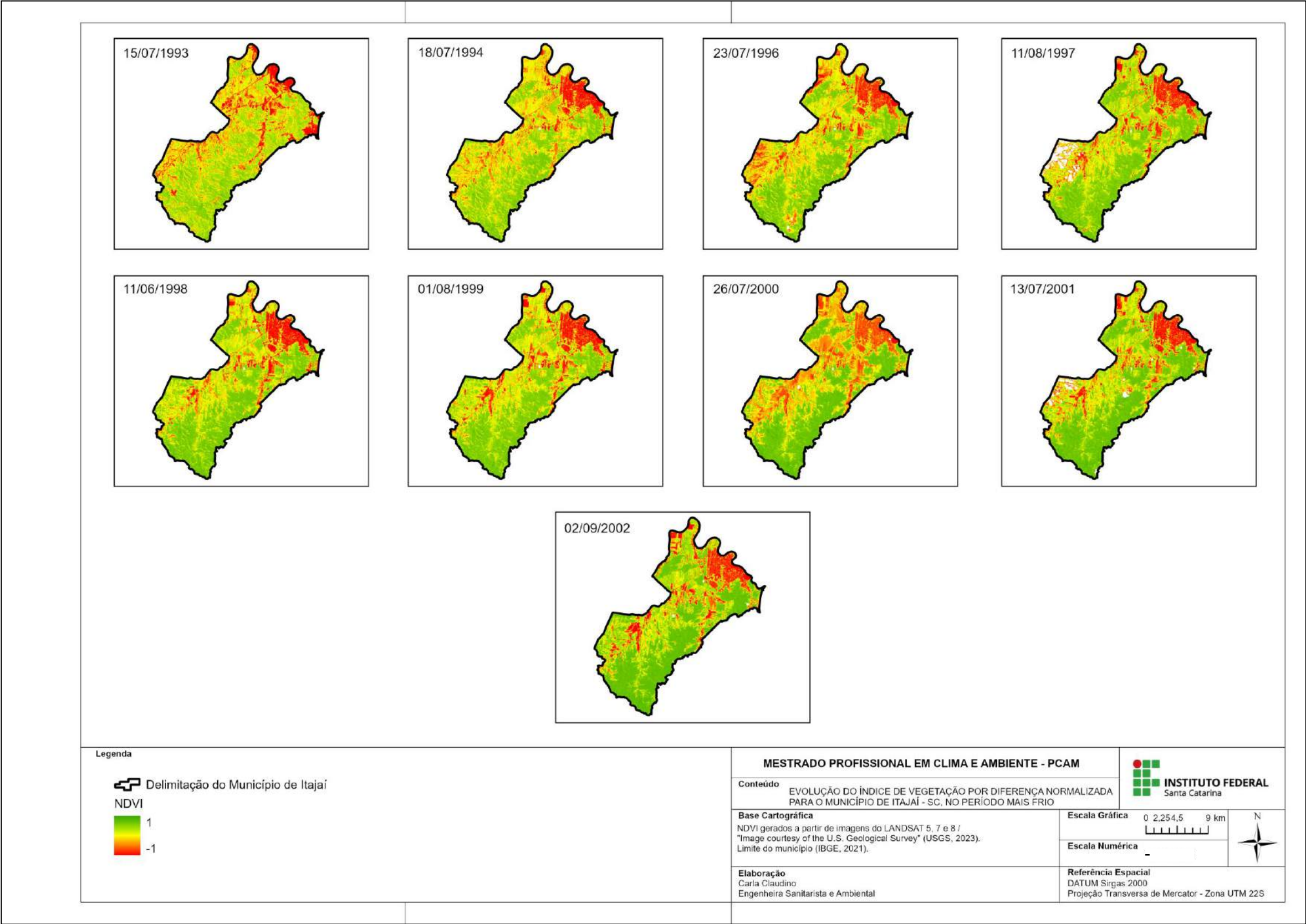
4.4.2. Mapas NDVI para o período mais frio

Abaixo estão os mapas de NDVI referentes ao período mais frio dos anos estudados (Figura 9, Figura 10 e Figura 11).

Para os períodos mais frios, a imagem do dia 04/06/2007 veio deslocada e precisou ser georreferenciada.

Ao longo de todos os intervalos de tempo, é visualmente discernível a ocorrência de *pixels* com valores elevados de Temperatura de Superfície – LST (item 4.4.1) e baixos valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI em áreas semelhantes, como é o caso da região nordeste nos mapas. Além disso, pode-se observar que os *pixels* com os mais baixos valores de LST estão posicionados de maneira análoga aos *pixels* que exibem elevados valores de NDVI, conforme é evidenciado visualmente.

Figura 9 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 1993 a 2002, município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 10 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 2003 a 2010, município de Itajaí – SC.

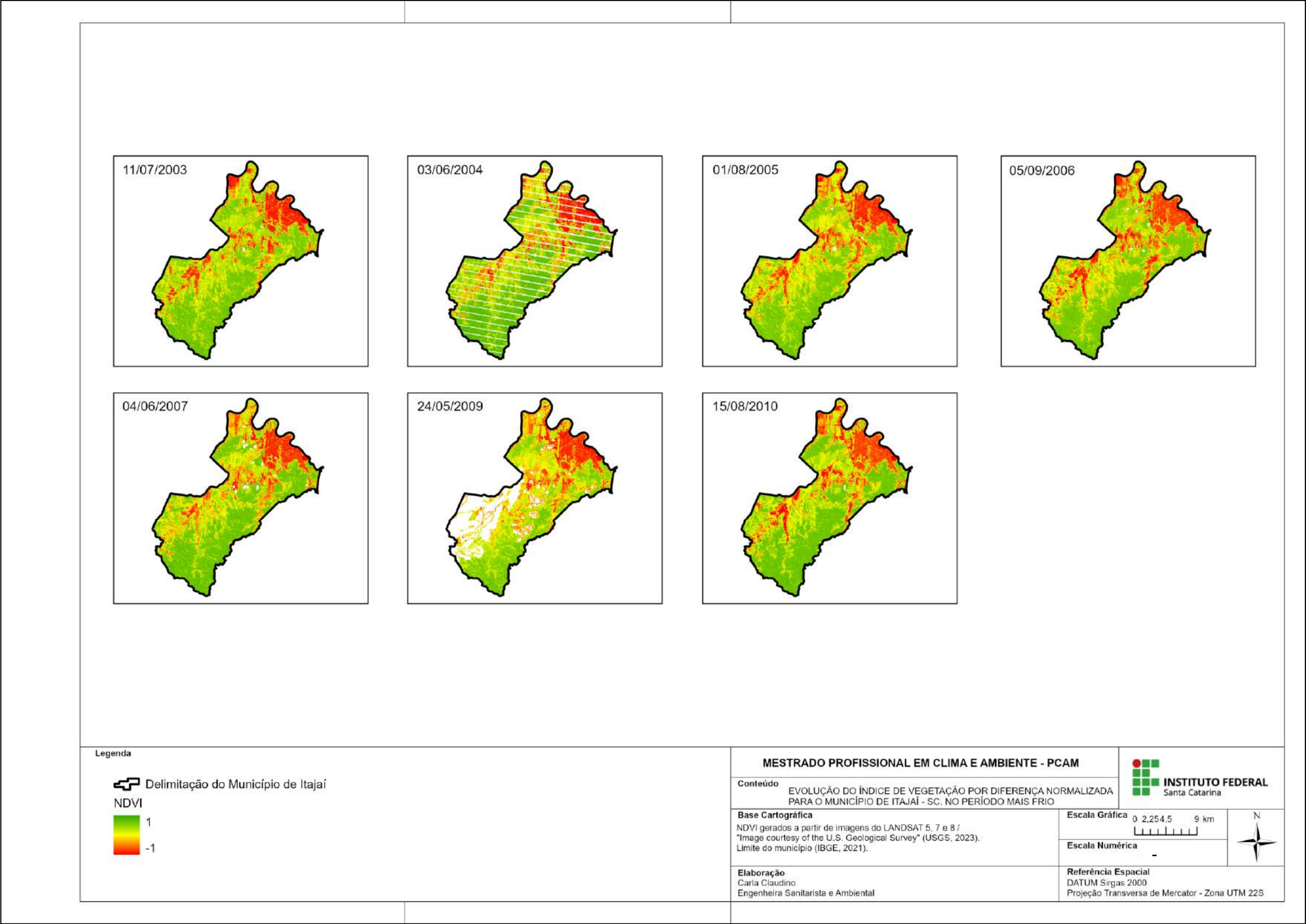
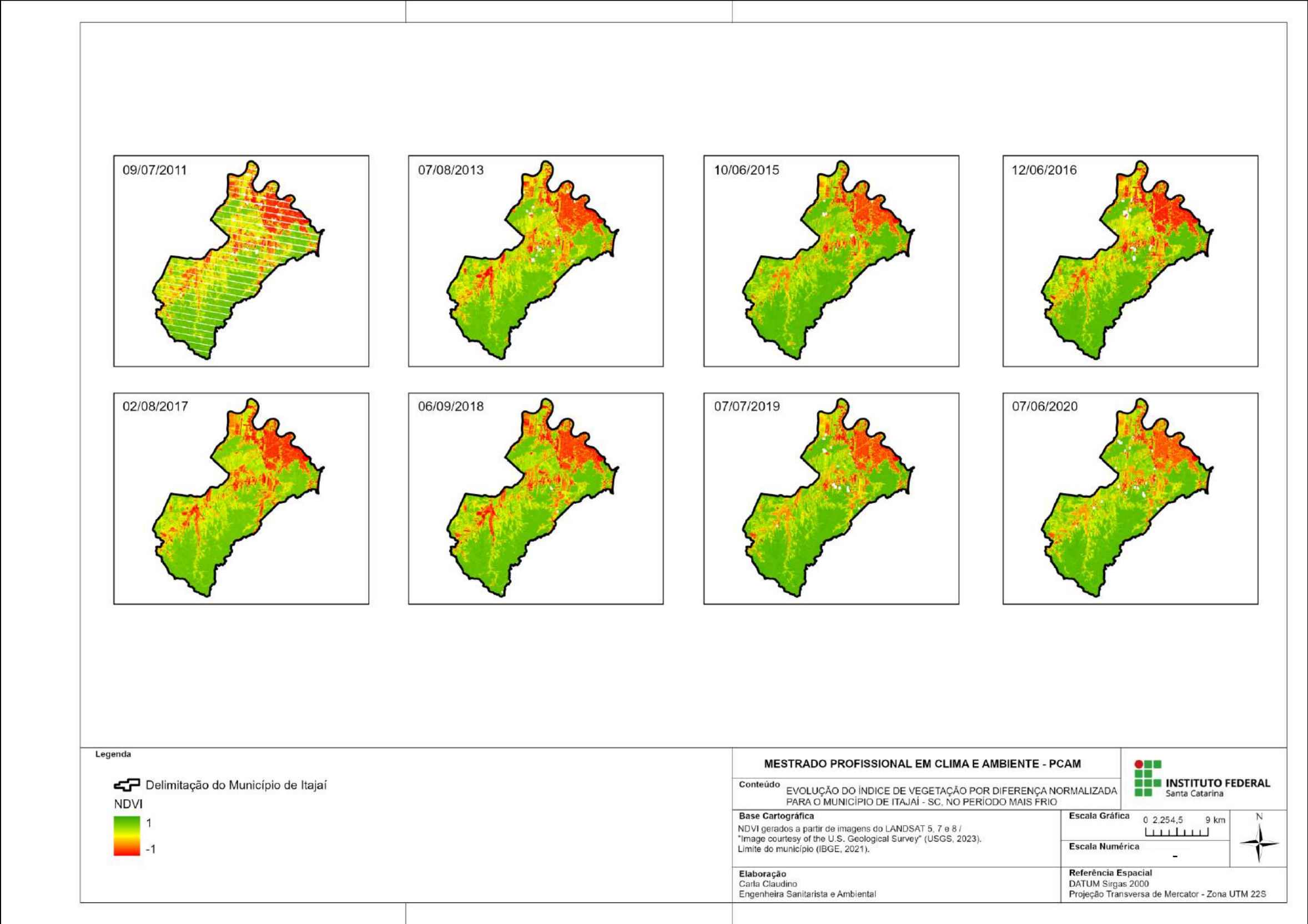


Figura 11 - Mapas de NDVI para o período mais frio de 2011 a 2020, município de Itajaí – SC.



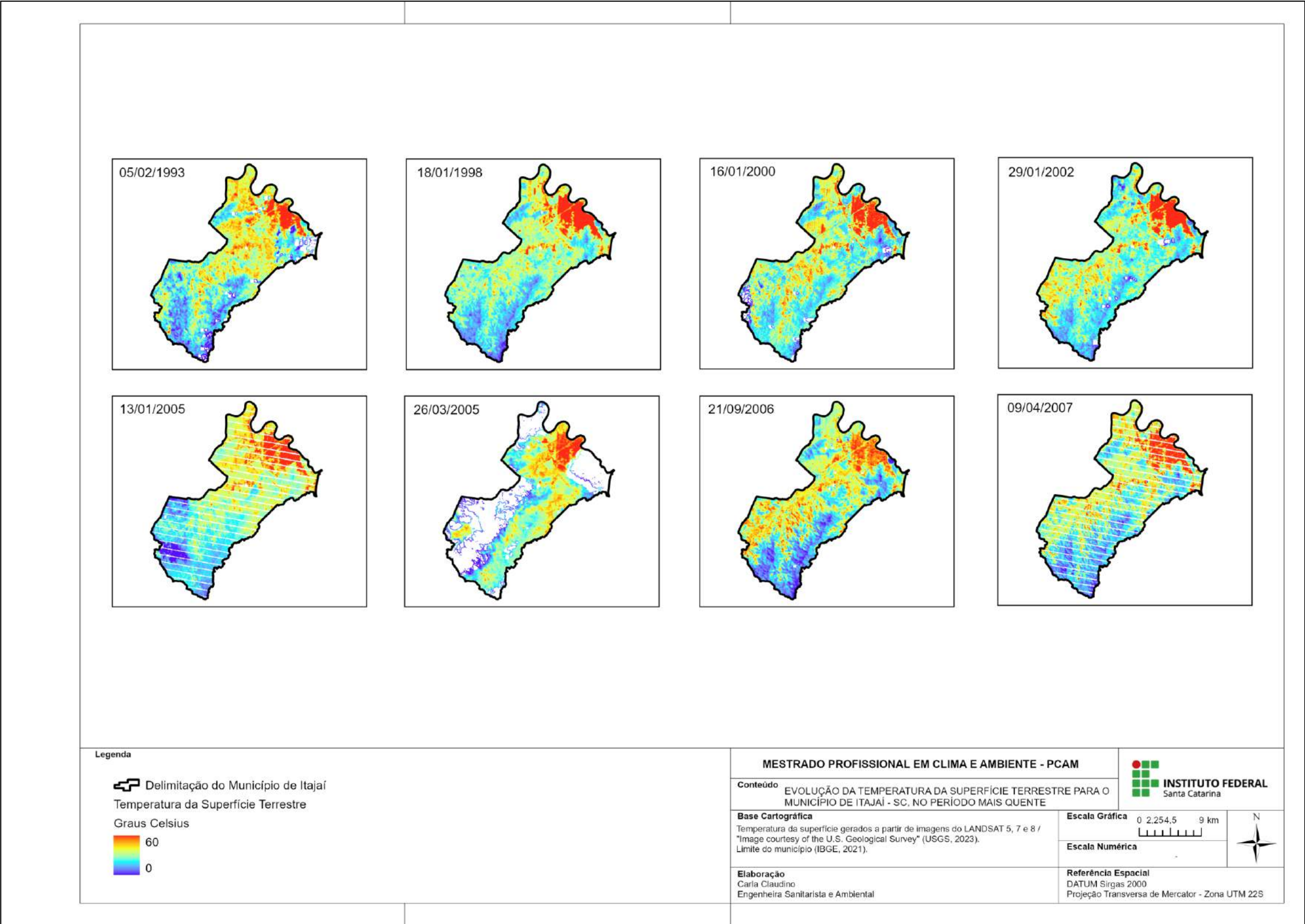
4.4.3. Mapas LST para o período mais quente

Na Figura 12 e Figura 13 são apresentados os mapas de temperatura da superfície para o período mais quente dos anos estudados.

Para os períodos mais quentes, ao comparar os resultados apresentados nos mapas de temperatura da superfície e do NDVI, percebe-se que as imagens referentes aos anos de 2005, 2013 e 2015 apresentam um padrão diferente das demais, com regiões com temperatura próxima à 0°C em locais onde isto não foi observado nos outros anos e elevada quantidade de *pixels* retirados pelo filtro de nuvens e sombra de nuvens. Isto pode ter ocorrido em virtude de o método utilizado para gerar as informações que compõem o arquivo base para o filtro de nuvens e sombra de nuvens (QA_PIXEL) provavelmente não pegar nuvens semitransparentes, neblina, ou até muito vapor d'água.

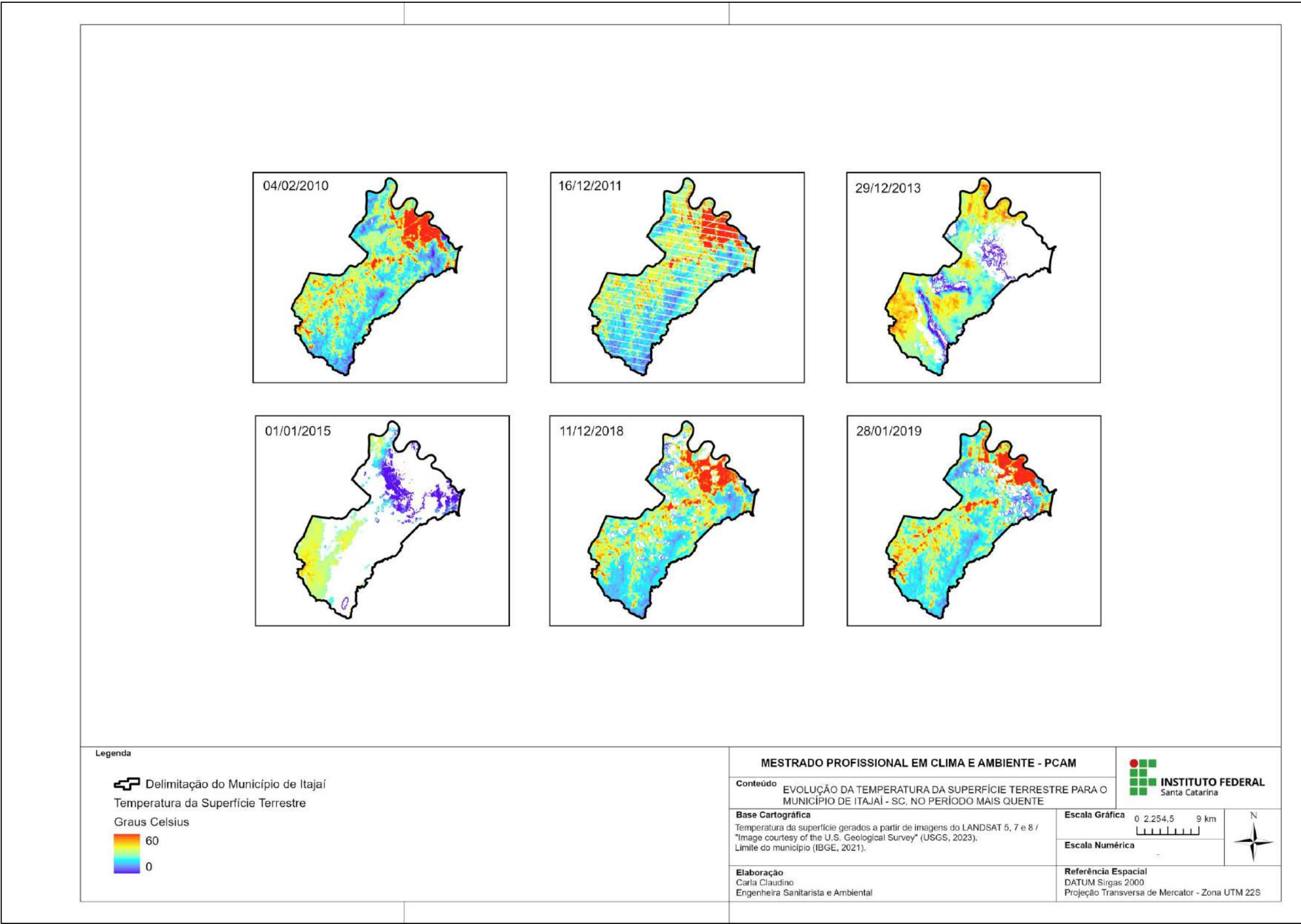
Quanto à distribuição dos *pixels* de LST e NDVI (item 4.4.4.), percebe-se a mesma situação encontrada na análise dos mapas de LST e NDVI para os períodos mais frios dos anos analisados, para a área de estudo, que os *pixels* com valores altos de LST estão presentes, em maioria, em locais semelhantes aos dos *pixels* com valores baixos de NDVI.

Figura 12 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais quente de 1993 a 2007, município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13 - Mapas de temperatura da superfície para o período mais quente de 2010 a 2019, município de Itajaí – SC.



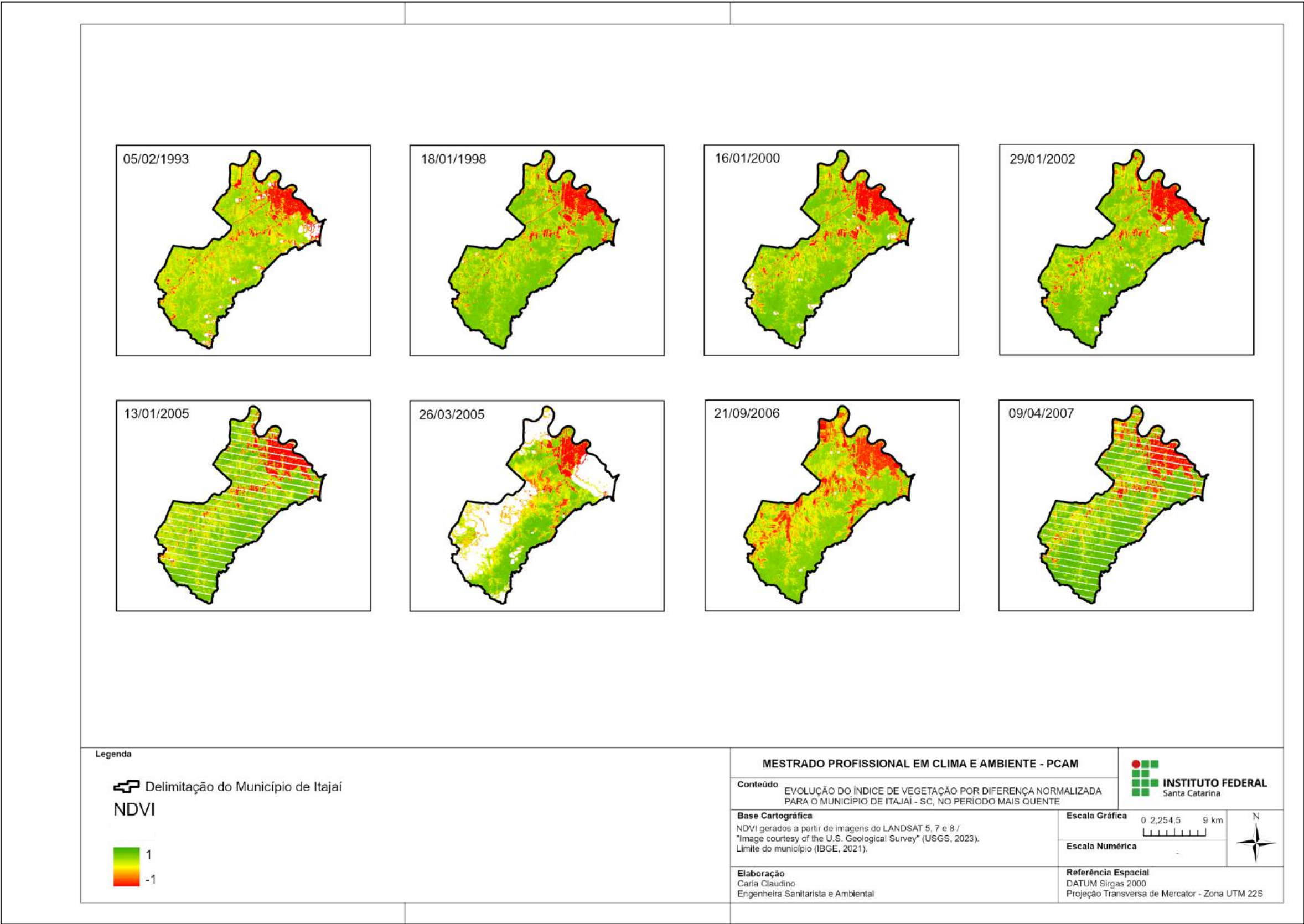
4.4.4. Mapas NDVI para o período mais quente

Na Figura 14 e na Figura 15 constam os mapas de temperatura da superfície para o período mais quente dos anos estudados.

Nos períodos mais quentes, ao comparar os resultados nos mapas de temperatura da superfície terrestre e do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI, observa-se que as imagens correspondentes aos anos de 2005, 2013 e 2015 apresentam um padrão distinto das demais, com elevada quantidade de *pixels* retirados pelo filtro de nuvens e sombra de nuvens, não identificadas na seleção visual das imagens.

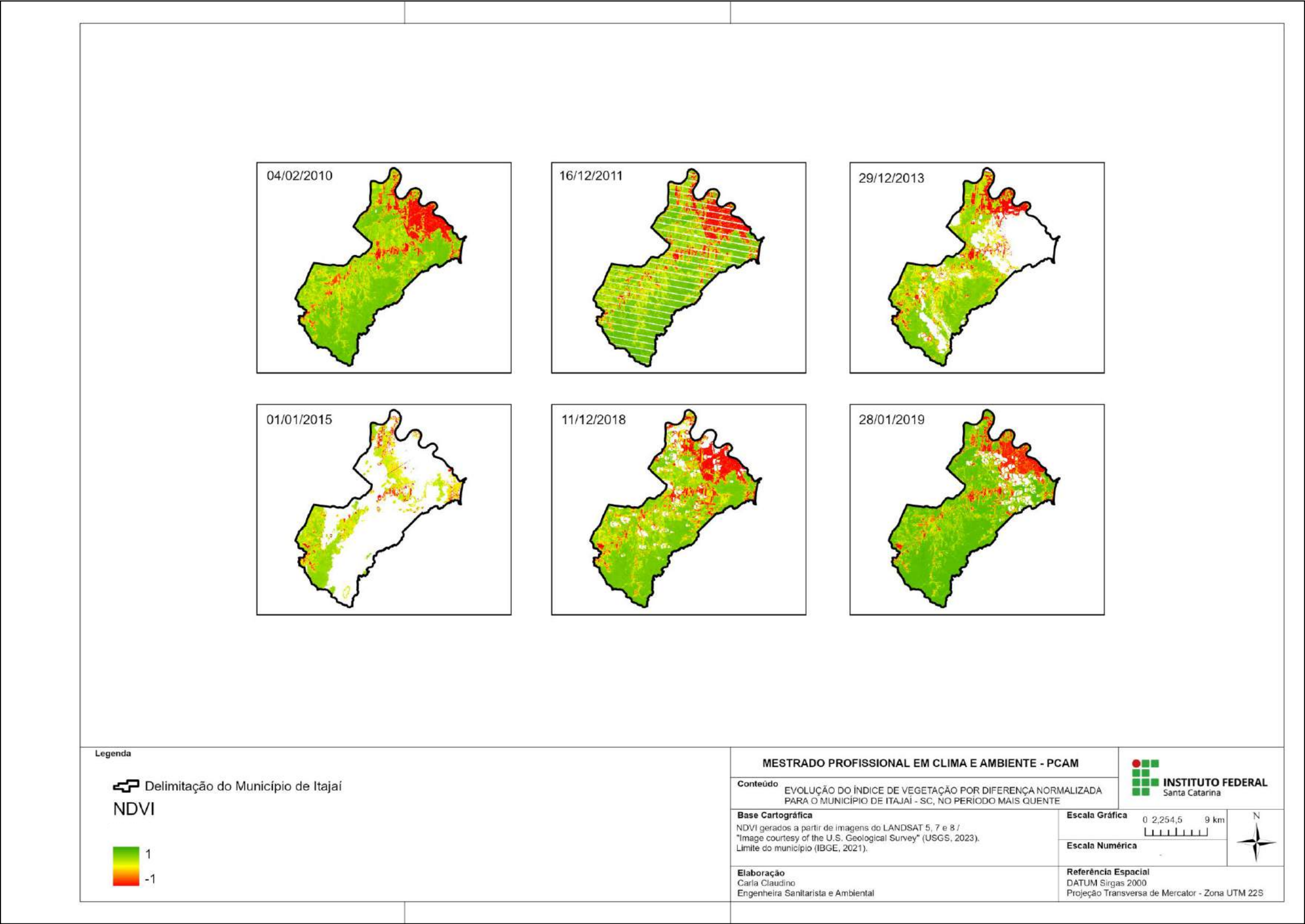
Em relação à distribuição dos *pixels* de LST (apresentado no item 4.4.3.) e NDVI, constata-se uma situação análoga àquela identificada na análise dos mapas de LST e NDVI durante os períodos mais frios dos anos investigados, para a área de estudo. Nessa situação, fica evidente que os *pixels* com valores elevados de LST estão localizados, em geral, em regiões semelhantes àsquelas em que os *pixels* exibem valores reduzidos de NDVI.

Figura 14 - Mapas de NDVI para o período mais quente de 1993 a 2007, município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 - Mapas de NDVI para o período mais quente de 2010 a 2019, município de Itajaí – SC.



4.5. Análise dos produtos LST e NDVI para os anos de 1998 e 2018

Para os anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, nenhum *pixel* de temperatura da superfície apresentou valores fora de 0°C a 35°C no período mais frio de cada ano e nenhum *pixel* de temperatura da superfície continha valores fora de 0°C a 60°C no período mais quente de cada ano, referente aos arquivos de LST.

Com relação à temperatura do ar, na Tabela 17 é possível observar a comparação entre os valores da temperatura horária do ar, provenientes do produto da reanálise do MERRA-2 e referentes à hora em que os dados foram obtidos pelo LANDSAT, e os valores referentes à média dos valores da temperatura da superfície do momento em que a imagem foi obtida pelo LANDSAT 5, para o ano de 1998, e do LANDSAT 8 para o ano de 2018.

Tabela 17 - Comparação entre os resultados da temperatura horária do ar obtidos através do produto da reanálise do MERRA-2 e a temperatura média da superfície calculada com base nos dados do LANDSAT, para as datas analisadas nos anos de 1998 e 2018.

Série	Data	Período	Temperatura Horária do Ar a 2 m (°C)	Temperatura Média da Superfície (°C)
1998	11/06/1998	Mais frio	19,42	22,43725
	18/01/1998	Mais quente	27,17	35,67457
2018	06/09/2018	Mais frio	20,27	22,76096
	11/12/2018	Mais quente	30,94	34,03177

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme apresentado acima, em todas as situações listadas a temperatura média da superfície foi superior à temperatura média do ar. A explicação está na radiação armazenada e liberada pelas estruturas urbanas (RIZWAN; DENNIS; CHUNHO, 2008), o que está relacionado à questão de que o albedo de superfícies expostas acarreta maior absorção de radiação que atinge o solo e menor reflexão ao ambiente, sendo a temperatura do ar medida, por padrão, à 2 m de altura do solo, e a temperatura de superfície medida remotamente (BEZERRA; MORAES; SOARES, 2018). No período mais quente, este processo é intensificado pelo aumento das horas de insolação e pela proximidade entre os dias quentes, o que dificulta a perda de calor das estruturas.

4.5.1. Correlação entre LST e NDVI – intervalo de NDVI de -1 a 1

Para os valores de NDVI, o filtro aplicado nas séries de dados dos anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, resultou na retirada de 2 (dois) *pixels* com valores acima de 1 referentes à data de 11/06/1998, de 12 (doze) *pixels* com valores acima de 1 referentes à data de 06/09/2018, de 1 (um) *pixel* com valor superior à 1 em 18/01/1998 e na retirada de 48 (quarenta e oito) *pixels* com valores maiores que 1 na data de 11/12/2018. Nenhuma série analisada, para os anos de 1998 e 2018, apresentou valores abaixo de -1 de NDVI.

Na data de 11/12/2018 o maior número de *pixels* com valores fora do intervalo de -1 a 1, em relação às demais datas citadas no parágrafo acima, pode ser atribuído à elevada quantidade de nuvens e sombra de nuvens na imagem de satélite analisada, o que pode ter aumentado a quantidade de ruído.

Os *pixels* retirados no filtro do NDVI, em cada série, também foram retirados das séries de dados de temperatura da superfície, em cada série.

O teste de normalidade Anderson-Darling, para os anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, retornou que as séries de dados de NDVI (com o filtro aplicado) e de LST, analisadas separadamente, deixam de seguir uma distribuição específica, ou seja, deixam de atender a suposição de normalidade, uma vez que todos os valores de p foram menores que o alfa escolhido ($p < 0,05$), o que fornece evidências contra a hipótese nula, segundo consta na Tabela 18.

Tabela 18 – Resultados do teste Anderson-Darling para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018, analisadas separadamente.

Série	Data	Período	N	Dados	p-valor teste Anderson-Darling
1998	11/06/1998	Mais frio	321.046	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
	18/01/1998	Mais quente	320.864	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
2018	06/09/2018	Mais frio	320.604	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
	11/12/2018	Mais quente	286.016	LST	<0,005
				NDVI	<0,005

Fonte: Elaborado pela autora.

O teste de correlação Rô de Spearman - ρ , para os anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, retornou que as séries de

dados de NDVI e de LST, possuem correlações negativas moderadas (valores entre -0,51 e -0,7) e fortes (valores entre -0,71 e -0,9) (Tabela 19), ou seja, pode-se dizer que os valores de NDVI e LST encontrados neste estudo são inversamente proporcionais.

Tabela 19 – Resultados do teste de correlação Rô de Spearman - ρ para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018.

Série	Data	Período	N	Correlação entre LST e NDVI	p-valor teste Rô de Spearman - ρ
1998	11/06/1998	Mais frio	321.046	-0,669	0,000
	18/01/1998	Mais quente	320.864	-0,697	0,000
2018	06/09/2018	Mais frio	320.604	-0,755	0,000
	11/12/2018	Mais quente	286.016	-0,745	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

4.5.2. Correlação entre LST e NDVI – intervalo de NDVI de 0 a 1

Para os valores de NDVI, o filtro aplicado nas séries de dados dos anos de 1998 e 2018, considerando os valores dentro do intervalo de 0 a 1, período mais frio e período mais quente de cada ano, resultou na retirada de 3.743 *pixels* do arquivo referente à data de 11/06/1998, de 6.873 *pixels* do arquivo referente à data de 06/09/2018, de 4.316 *pixels* do arquivo referente ao dia 18/01/1998 e na retirada de 1.828 *pixels* do arquivo da data de 11/12/2018.

Os *pixels* retirados no filtro do NDVI, em cada série, também foram retirados das séries de dados de temperatura da superfície, em cada série.

O teste de normalidade Anderson-Darling, para os anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, resultou que as séries de dados de NDVI (com o filtro aplicado) e de LST, analisadas separadamente, deixam de seguir uma distribuição específica, em outras palavras, deixam de atender a suposição de normalidade, uma vez que todos os valores de p foram inferiores ao alfa escolhido ($p < 0,05$), o que fornece evidências contra a hipótese nula, segundo consta na Tabela 20.

Tabela 20 – Resultados do teste Anderson-Darling para as séries de dados de NDVI e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018, intervalo de NDVI de 0 a 1, analisadas separadamente.

Série	Data	Período	N	Dados	p-valor teste Anderson-Darling
1998	11/06/1998	Mais frio	317.305	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
	18/01/1998	Mais quente	316.549	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
2018	06/09/2018	Mais frio	313.743	LST	<0,005
				NDVI	<0,005
	11/12/2018	Mais quente	284.236	LST	<0,005
				NDVI	<0,005

Fonte: Elaborado pela autora.

O teste de correlação Rô de Spearman - ρ , para os anos de 1998 e 2018, período mais frio e período mais quente de cada ano, retornou que as séries de dados de NDVI e de LST, possuem correlação negativa forte (entre -0,71 e -0,9) (Tabela 21), ou seja, conforme esperado e também encontrado no estudo de Bezerra & Moraes & Soares (2018), os valores de NDVI e LST encontrados neste estudo são inversamente proporcionais.

Tabela 21 – Resultados do teste de correlação Rô de Spearman - ρ para as séries de dados de NDVI, considerando o intervalo de 0 a 1 de NDVI, e LST para o período mais quente e período mais frio dos anos de 1998 e 2018.

Série	Data	Período	N	Correlação entre LST e NDVI	p-valor teste Rô de Spearman - ρ
1998	11/06/1998	Mais frio	317.305	-0,718	0,000
	18/01/1998	Mais quente	316.549	-0,742	0,000
2018	06/09/2018	Mais frio	313.743	-0,816	0,000
	11/12/2018	Mais quente	284.236	-0,773	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

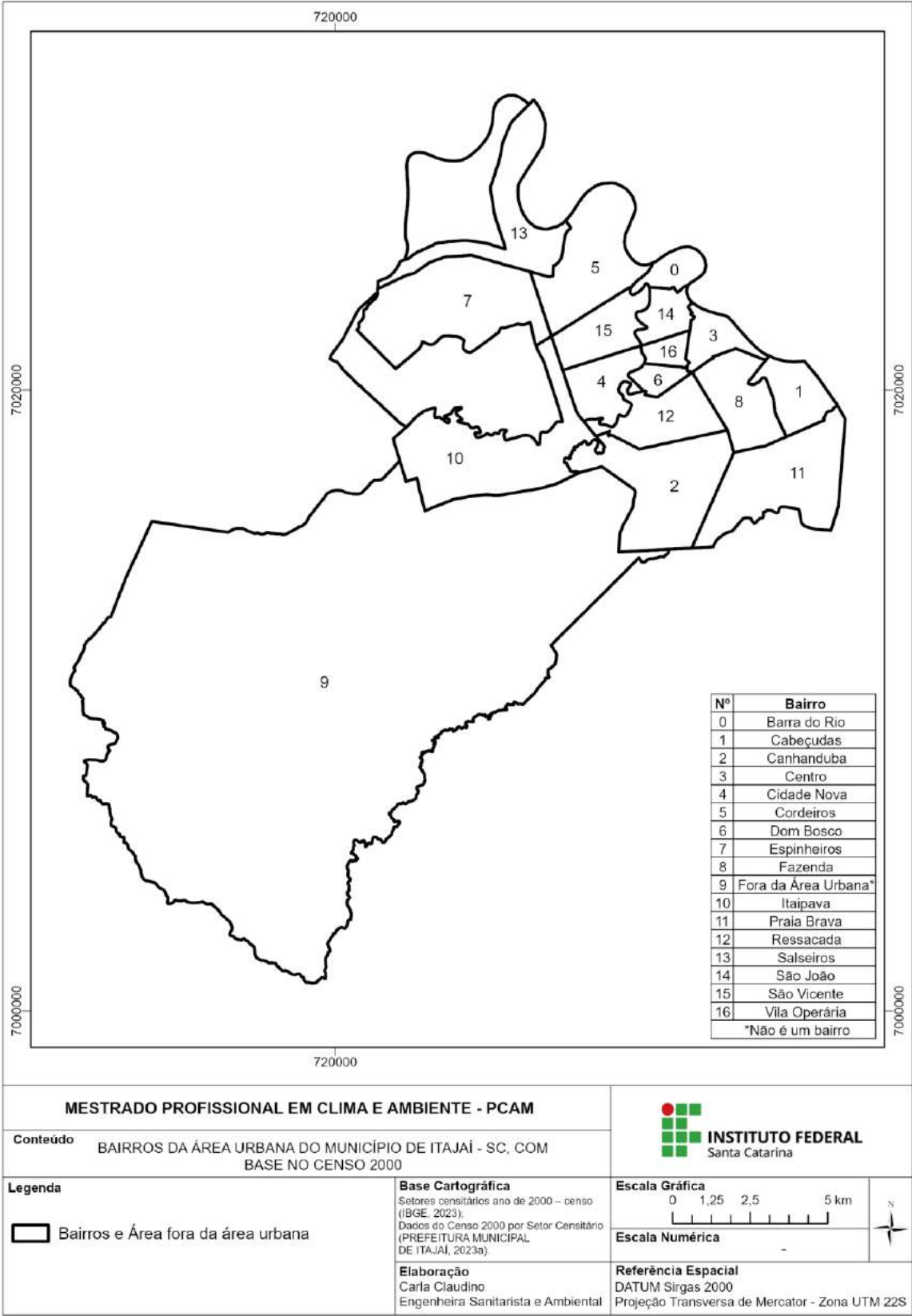
Considerando valores de NDVI no intervalo de 0 a 1, obteve-se os resultados apresentados acima, os quais fornecem indícios de que existe correlação entre a cobertura da vegetação e as condições dela quando comparada com a temperatura da superfície, de modo que quanto maior for a cobertura da vegetação e melhor forem suas condições, menor tende a ser a temperatura da superfície observada no local, em relação às áreas com menor cobertura da vegetação e com pior condição.

As análises estatísticas subsequentes foram elaboradas considerando apenas os valores de NDVI que estão dentro do intervalo de 0 a 1.

4.5.3. Bairros do município de Itajaí – 1998 e 2018

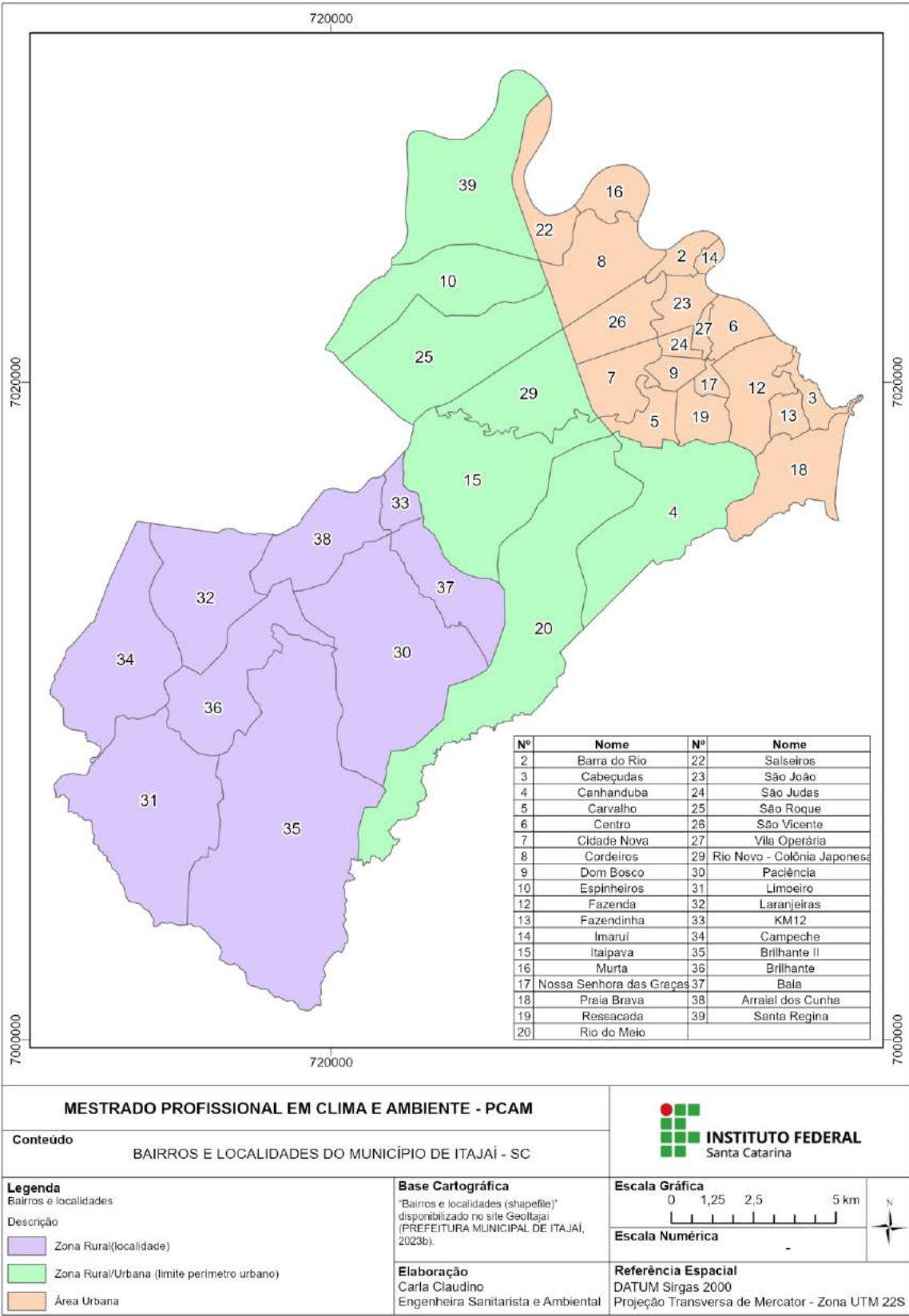
Abaixo estão os mapas dos bairros utilizados nas análises referentes aos anos de 1998 e de 2018. Na Figura 16 são apresentados os bairros da área urbana de Itajaí, sendo o restante considerado como “fora da área urbana”. Na Figura 17 está a delimitação utilizada nas análises para o ano de 2018, conforme arquivo “Bairros e localidades (*shapefile*)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

Figura 16 - Bairros da área urbana de Itajaí – SC, com base nos setores censitários do censo de 2000.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 - Bairros e localidades do município de Itajaí – SC, conforme o arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado em Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).



Fonte: Elaborado pela autora.

4.5.4. Uso e cobertura da terra do município de Itajaí – 1998 e 2018

Os mapas de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí para os anos de 1998 e 2018 estão dispostos na Figura 18 e na Figura 19, onde é possível perceber a diferença de área dos tipos de uso e cobertura da terra do ano de 1998 para o ano de 2018, como o aumento da área urbana.

Na Tabela 22 é possível observar a evolução de cada uso e cobertura da terra do município de Itajaí.

Tabela 22 - Percentual de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí no ano de 1998 e 2018.

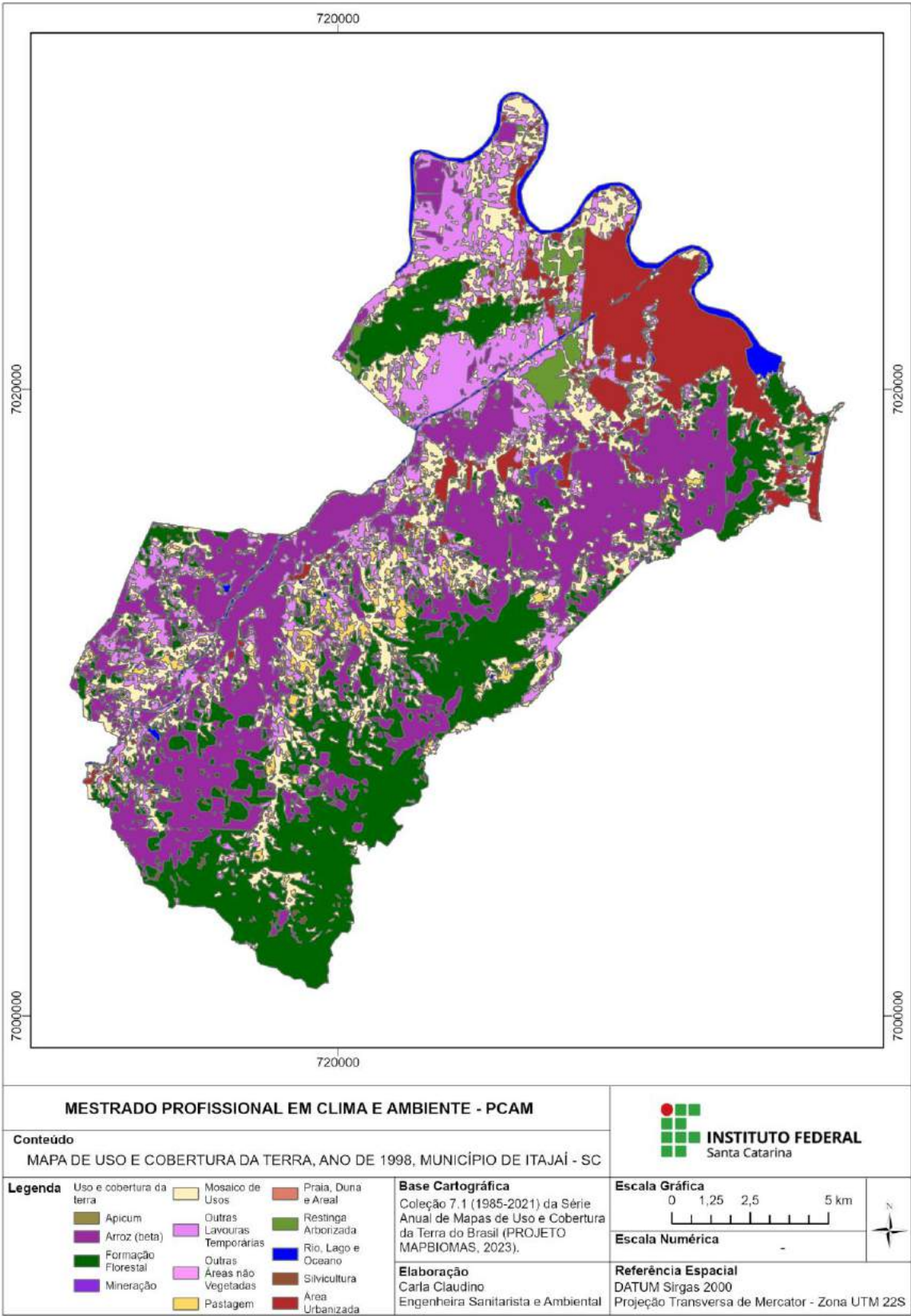
Uso e Cobertura da Terra	Ano de 1998	Ano de 2018
Formação Florestal	25,00%	36,90%
Silvicultura	0,16%	1,87%
Pastagem	2,37%	7,70%
Mosaico de Usos	18,32%	26,05%
Praia, Duna e Areal	0,03%	0,05%
Área Urbanizada	9,14%	15,15%
Outras Áreas não Vegetadas	0,25%	0,75%
Mineração	0,10%	0,15%
Apicum	0,02%	-
Rio, Lago e Oceano	2,07%	1,85%
Soja	-	0,01%
Arroz (beta)	26,71%	2,76%
Outras Lavouras Temporárias	13,93%	5,61%
Restinga Arborizada	1,91%	1,15%
Total	100%	100%

Fonte: Elaborado pela autora com dados do Projeto Mapbiomas (2023).

O aumento na cobertura de Formação Florestal, de 25,00% para 36,90%, sugere esforços de conservação e reflorestamento. O incremento na área de Silvicultura (0,16% para 1,87%) indica uma possível exploração sustentável de recursos florestais. Por outro lado, a expansão da Área Urbanizada (9,14% para 15,15%) evidencia o crescimento urbano e a necessidade de abordagens eficazes de planejamento urbano.

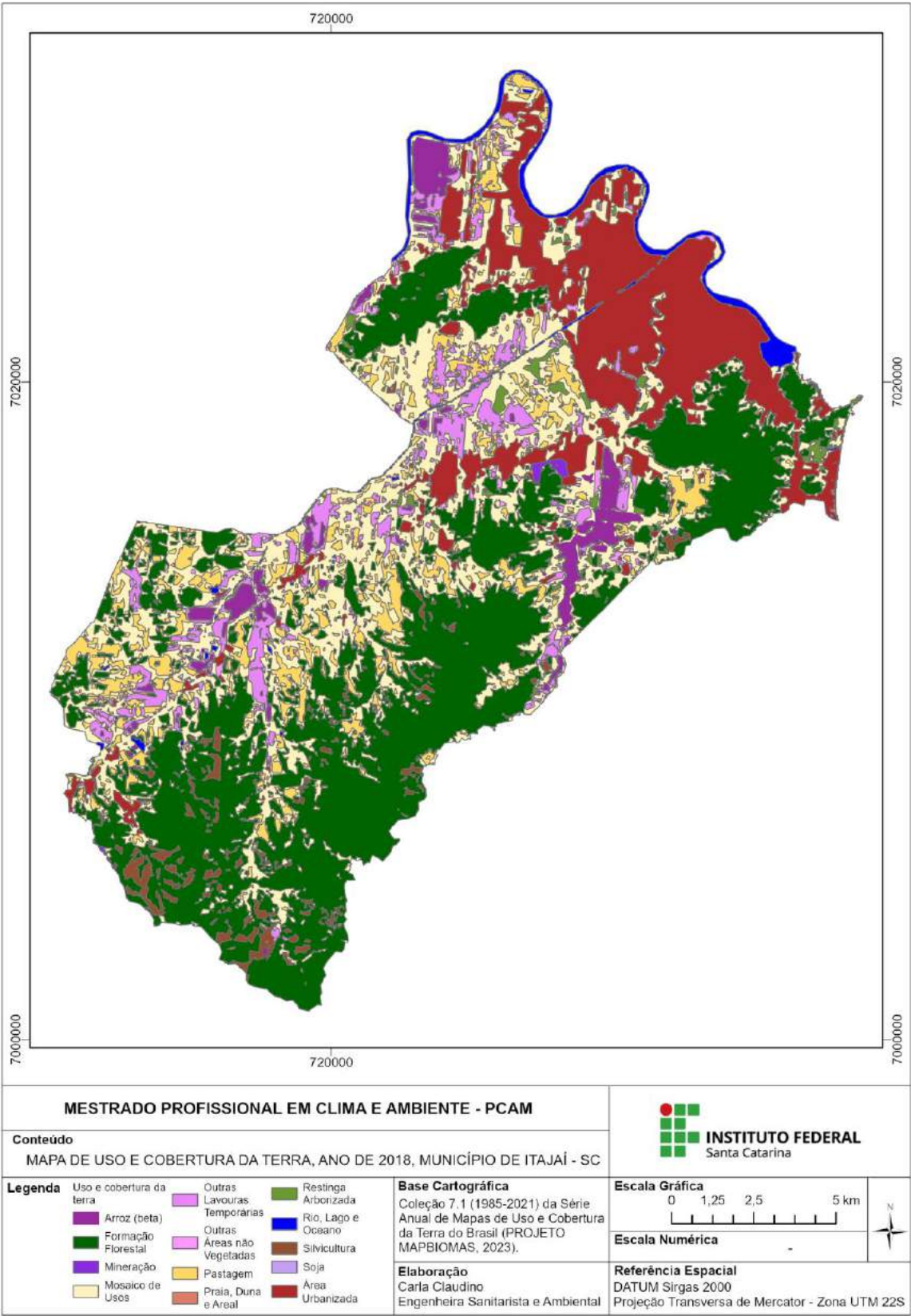
As mudanças nos setores agrícolas também são notáveis. A drástica redução no cultivo de Arroz (beta) (26,71% para 2,76%) enfatiza a habilidade de ajuste das atividades agrícolas frente às prováveis mudanças no mercado e/ou oscilações climáticas. A categoria de Mosaico de Usos (18,32% para 26,05%) sugere uma diversificação nas práticas agrícolas na área estudada.

Figura 18 – Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí – SC, referente ao ano de 1998.



Fonte: Elaborado pela autora com dados do Projeto Mapbiomas (2023).

Figura 19 - Mapa de uso e cobertura da terra para o município de Itajaí – SC, referente ao ano de 2018.



Fonte: Elaborado pela autora com dados do Projeto Mapbiomas (2023).

4.5.5. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 11/06/1998

As medianas da análise estatística por bairro com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, bem como as medianas da análise estatística por bairro com os valores por *pixel* de NDVI para o dia 11/06/1998, que corresponde ao período mais frio de 1998, estão na Tabela 23. O resultado do teste de Kruskal-Wallis, tanto na análise com os dados de LST quanto na análise dos dados de NDVI, resultou em valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, ou seja, rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, deste modo, no município de Itajaí, para a data analisada, tanto a temperatura da superfície quanto o NDVI variaram ao longo do terreno.

Tabela 23 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros do município de Itajaí, e entre os valores de NDVI e os bairros do município de Itajaí para o dia 11/06/1998.

Bairro	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Barra do Rio	2269	23,6623	1999	0,298440
Cabeçudas	2142	22,9582	1999	0,740005
Canhanduba	12801	21,6046	12801	0,747920
Centro	3008	24,0519	2525	0,247265
Cidade Nova	4501	23,7956	4501	0,435854
Cordeiros	10571	23,7853	9976	0,457421
Dom Bosco	1460	23,8776	1460	0,363669
Espinheiros	14980	22,1908	14976	0,756304
Fazenda	6358	23,2692	5969	0,594775
Fora da Área Urbana	214835	22,3395	214009	0,745986
Itaipava	14581	23,3649	14564	0,640181
Praia Brava	8298	22,1549	8291	0,786545
Ressacada	6235	22,3532	6234	0,724087
Salseiros	9027	23,1291	8463	0,639282
São João	2684	24,6074	2647	0,265732
São Vicente	5107	24,1374	5089	0,314078
Vila Operária	1410	24,0280	1409	0,289432
Global	320267		316912	

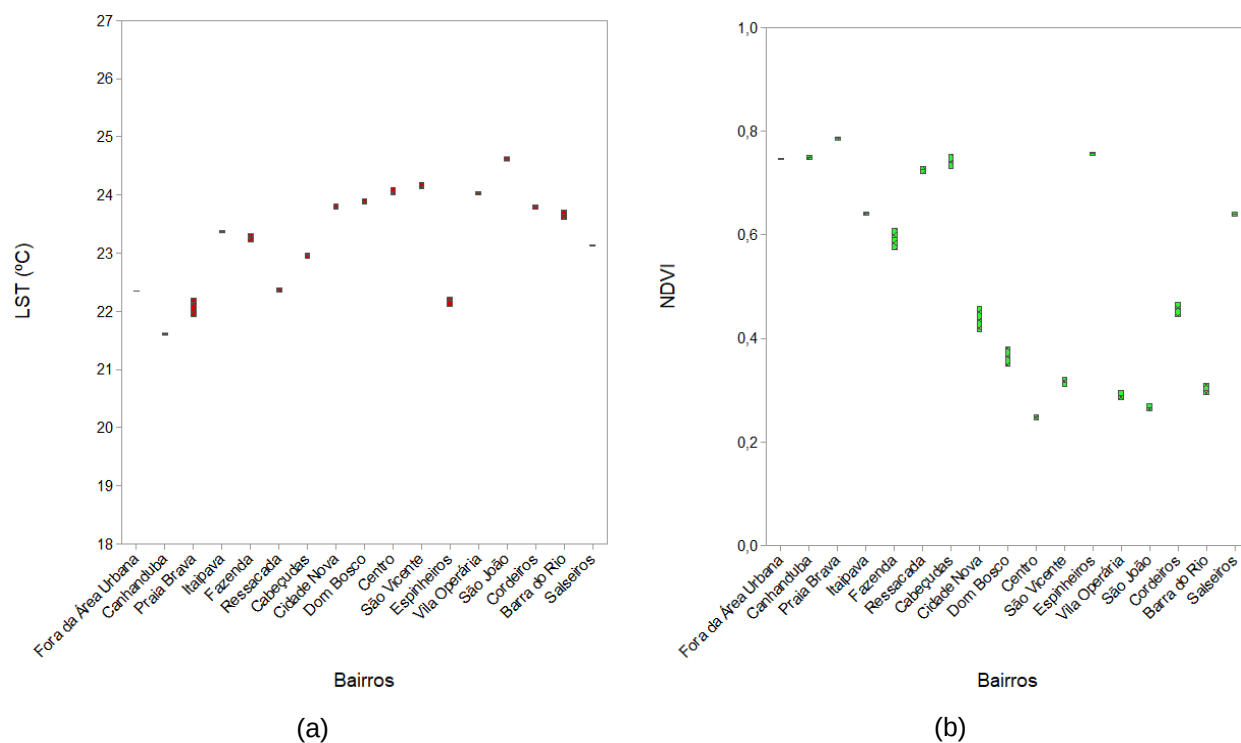
Fonte: Elaborado pela autora.

Posteriormente, foi realizada a análise de comparações múltiplas. Na Figura 20 está a comparação dos valores de temperatura da superfície por bairro e intervalos de confiança na cor vermelha, assim como a comparação dos valores de NDVI por bairro e intervalos de confiança na cor verde, em relação ao dia 11/06/1998. A análise dos dados apresentados nesta figura (Figura 20) mostra que os bairros Praia

Brava, Espinheiros, Canhanduba e a área situada fora da área urbana apresentam as medianas de NDVI mais altas, indicando uma densidade de vegetação relativamente maior nesses locais. Quanto à temperatura da superfície, os bairros São João, São Vicente e Centro são os que possuem as medianas de LST mais altas, o que significa que eles apresentaram temperaturas de superfície mais elevadas em relação aos outros bairros.

A Figura 20 também aponta que as medianas de LST entre os bairros estão entre 21 °C e 25 °C, com os extremos sendo o bairro São João com a mediana de LST maior e o bairro Canhanduba com a menor mediana de LST. Já quanto ao NDVI, na Figura 20 é possível observar que os valores flutuam entre 0,2 e 0,8, sendo o bairro Centro o local com o menor NDVI em 11/06/1998.

Figura 20 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por bairro e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/06/1998.



Fonte: Elaborado pela autora

4.5.6. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 11/06/1998

As medianas da análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, e com os valores por *pixel* de

NDVI para o dia 11/06/1998, que corresponde ao período mais frio de 1998, constam na Tabela 24. O resultado do teste de Kruskal-Wallis, tanto para a análise com os valores de LST quanto na análise com os valores de NDVI, obteve valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, desta forma, rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, logo, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e os valores de NDVI variaram ao longo dos tipos de uso e cobertura da terra.

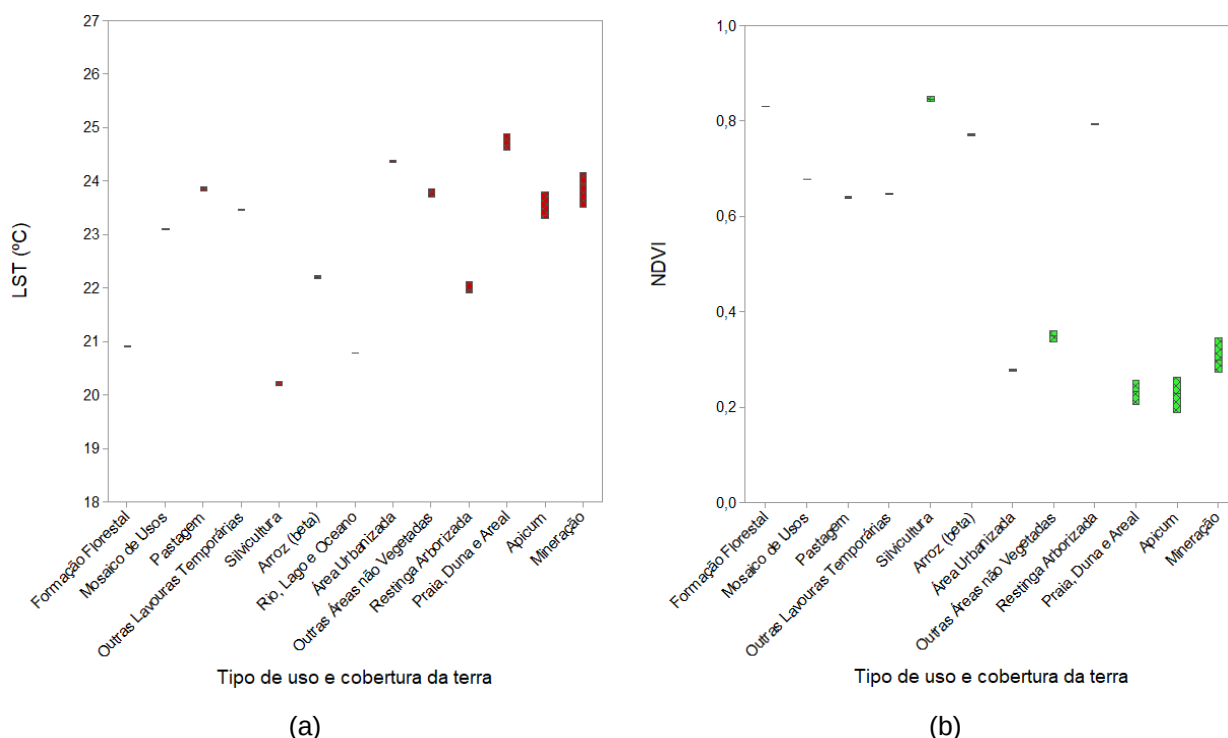
Tabela 24 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra do município de Itajaí, para o dia 11/06/1998.

Tipo de uso e cobertura da terra	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Apicum	60	23,3426	60	0,227444
Área Urbanizada	29194	24,3698	29172	0,277228
Arroz (beta)	85759	22,2062	85759	0,770660
Formação Florestal	80117	20,9005	80115	0,828903
Mineração	316	23,9425	309	0,296974
Mosaico de Usos	58713	23,0846	58705	0,677008
Outras Áreas não Vegetadas	793	23,7819	791	0,349206
Outras Lavouras Temporárias	44740	23,4572	44733	0,646377
Pastagem	7609	23,8434	7606	0,639253
Praia, Duna e Areal	101	24,6638	101	0,231771
Restinga Arborizada	6124	21,9430	6124	0,792110
Rio, Lago e Oceano	6222	20,7706	-	-
Silvicultura	519	20,1964	519	0,844816
Global	320267		313994	

Fonte: Elaborado pela autora.

A análise de comparações múltiplas resultou nos gráficos presentes na Figura 21, onde está a comparação dos valores de temperatura da superfície por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em vermelho, assim como a comparação dos valores de NDVI por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em verde, em relação ao dia 11/06/1998.

Figura 21 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/06/1998.



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme apresentado acima, para o período mais frio de 1998 as medianas das temperaturas da superfície variaram entorno de 23 °C, sendo as menores temperaturas observadas nos tipos de uso e cobertura da terra denominados Formação Florestal, Silvicultura e Rio, Lago e Oceano, com temperaturas da superfície abaixo de 21 °C. As maiores medianas de temperatura da superfície, acima de 24,0 °C, estiveram presentes nos tipos de uso e cobertura da terra Praia, Duna e Areal, e Área Urbanizada.

Quanto ao NDVI, os valores acima de 0,8 foram observados nos tipos de uso e cobertura da terra Formação Florestal e Silvicultura.

4.5.7. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 18/01/1998

As medianas da análise estatística por bairro com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, e com valores por *pixel* de NDVI para o dia 18/01/1998, que corresponde ao período mais quente de 1998, estão na Tabela 25. Tanto na análise valores de LST e bairro, quanto na análise valores de NDVI e bairro, o resultado do teste de Kruskal-Wallis resultou em valor-p de 0 e inferior ao nível de

significância de 0,05, deste modo, rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, ou seja, no município de Itajaí, para a data analisada, tanto a temperatura da superfície quanto o NDVI variaram ao longo do terreno.

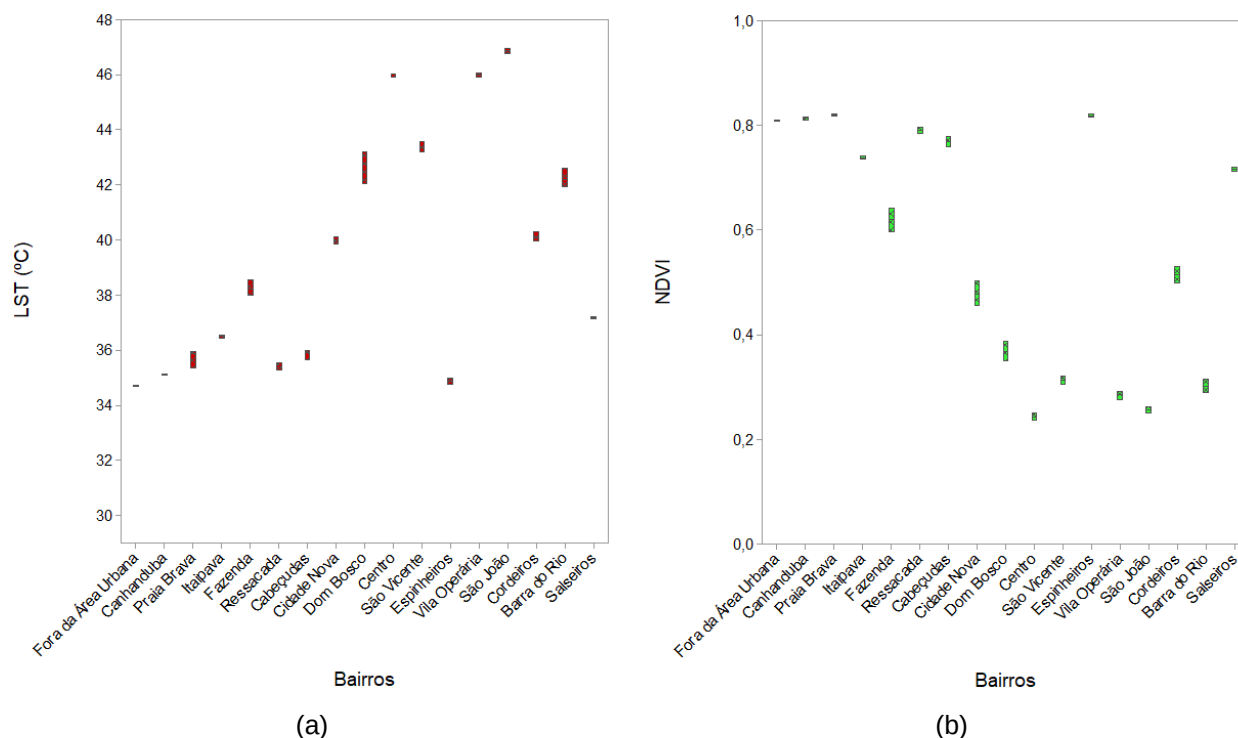
Tabela 25 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros, e entre os valores de NDVI e os bairros do município de Itajaí, para o dia 18/01/1998.

Bairro	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Barra do Rio	2270	42,1726	1924	0,300438
Cabeçudas	2142	35,9056	1965	0,767552
Canhanduba	12801	35,0990	12801	0,812315
Centro	3008	45,9922	2440	0,242083
Cidade Nova	4501	39,9799	4501	0,477088
Cordeiros	10588	40,0841	9899	0,512848
Dom Bosco	1460	42,7451	1459	0,367874
Espinheiros	14935	34,8495	14929	0,817831
Fazenda	6358	38,1855	5952	0,619808
Fora da Área Urbana	214563	34,6922	213631	0,808357
Itaipava	14692	36,4935	14663	0,737763
Praia Brava	8298	35,8783	8289	0,818732
Ressacada	6235	35,3553	6230	0,789519
Salseiros	9027	37,1600	8389	0,715967
São João	2688	46,8604	2639	0,254466
São Vicente	5108	43,3432	5048	0,312648
Vila Operária	1410	45,9649	1403	0,283809
Global	320084		316162	

Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, foi elaborada a análise de comparações múltiplas. Na Figura 22 está a comparação dos valores de temperatura da superfície por bairro e intervalos de confiança na cor vermelha, assim como a comparação dos valores de NDVI por bairro e intervalos de confiança na cor verde, em relação ao dia 18/01/1998.

Figura 22 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por bairro e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 18/01/1998.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados apresentados acima apontam que o bairro Praia Brava apresentou a maior mediana de NDVI, o que indica uma densidade de vegetação relativamente alta nesse bairro. O bairro São João obteve a maior mediana de temperatura da superfície em 18/01/1998 como em 11/06/1998. Logo abaixo, está o bairro Centro, com a segunda maior mediana de LST em 18/01/1998, mas com a menor mediana de NDVI na mesma data.

Ao comparar com o período mais frio de 1998, no dia 18/01/1998 pode-se observar uma maior diferença entre as medianas de LST, que variam entre 34 °C e 47 °C, enquanto no período mais frio de 1998 as medianas de LST entre os bairros estiveram entre 21 °C e 25 °C.

4.5.8. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 18/01/1998

As medianas da análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, bem como da análise por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* de NDVI para o dia 18/01/1998,

que consiste no período mais quente de 1998, constam na Tabela 26. O resultado do teste de Kruskal-Wallis, nas duas análises, resultou em valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, desta forma, rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, logo, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e o NDVI variou ao longo dos tipos de uso e cobertura da terra.

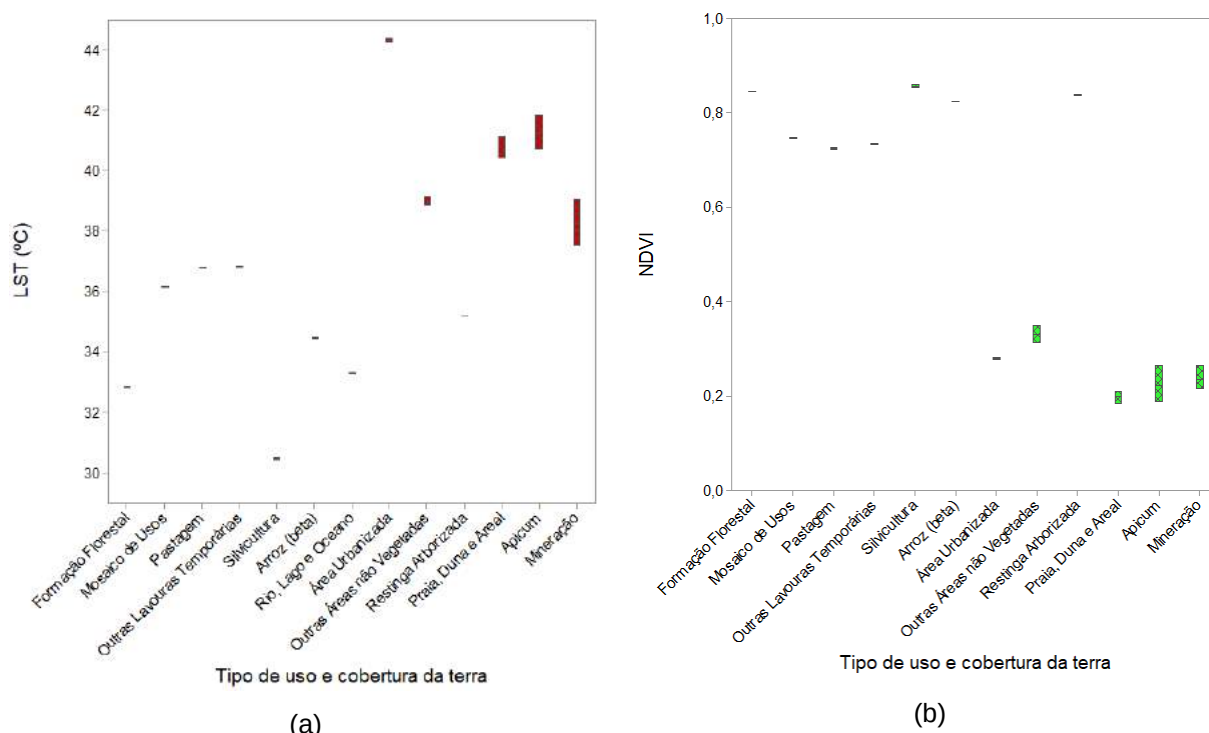
Tabela 26 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra presentes no município de Itajaí, para o dia 18/01/1998.

Tipo de uso e cobertura da terra	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Apicum	60	41,2531	60	0,221625
Área Urbanizada	29225	44,3105	29132	0,278131
Arroz (beta)	85743	34,4393	85742	0,823531
Formação Florestal	79982	32,8362	79979	0,843916
Mineração	316	38,2402	309	0,233781
Mosaico de Usos	58668	36,1483	58655	0,744940
Outras Áreas não Vegetadas	794	38,9767	783	0,328710
Outras Lavouras Temporárias	44724	36,8217	44709	0,732980
Pastagem	7604	36,7806	7604	0,723000
Praia, Duna e Areal	101	40,6567	101	0,197603
Restinga Arborizada	6126	35,1673	6126	0,836796
Rio, Lago e Oceano	6222	33,2909	-	-
Silvicultura	519	30,4471	519	0,855307
Global	320084		313719	

Fonte: Elaborado pela autora.

Quanto à análise de comparações múltiplas, na Figura 23 consta a comparação dos valores de temperatura da superfície por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em vermelho, bem como a comparação dos valores de NDVI por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em verde, referente ao dia 18/01/1998.

Figura 23 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 18/01/1998.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o período mais quente de 1998, as menores temperaturas da superfície, abaixo de 34 °C, foram observadas nos tipos de uso e cobertura da terra Formação Florestal, Silvicultura e Rio, Lago e Oceano. A Área Urbanizada foi o tipo de uso e cobertura da terra com a maior temperatura da superfície, com mediana acima de 44 °C, no dia 18/01/1998. Quanto ao NDVI, as maiores medianas, superior à 0,8, estiveram associadas no período mais quente de 1998 aos tipos de uso e cobertura do solo: Silvicultura, Formação Florestal, Restinga Arborizada, e Arroz (beta).

4.5.9. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros/localidades de Itajaí – 06/09/2018

As medianas da análise estatística por bairro/localidade com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, bem como da análise estatística por bairro/localidade e os valores por *pixel* de NDVI, para o dia 06/09/2018, que corresponde ao período mais frio do ano 2018, constam na Tabela 27. Em ambas as análises, o resultado do teste de Kruskal-Wallis apresentou valor-p de 0, inferior ao nível de significância de 0,05, logo rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma

mediana é diferente, desta forma, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e o NDVI variaram ao longo do terreno.

Tabela 27 - Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros/localidades do município de Itajaí, para o dia 06/09/2018.

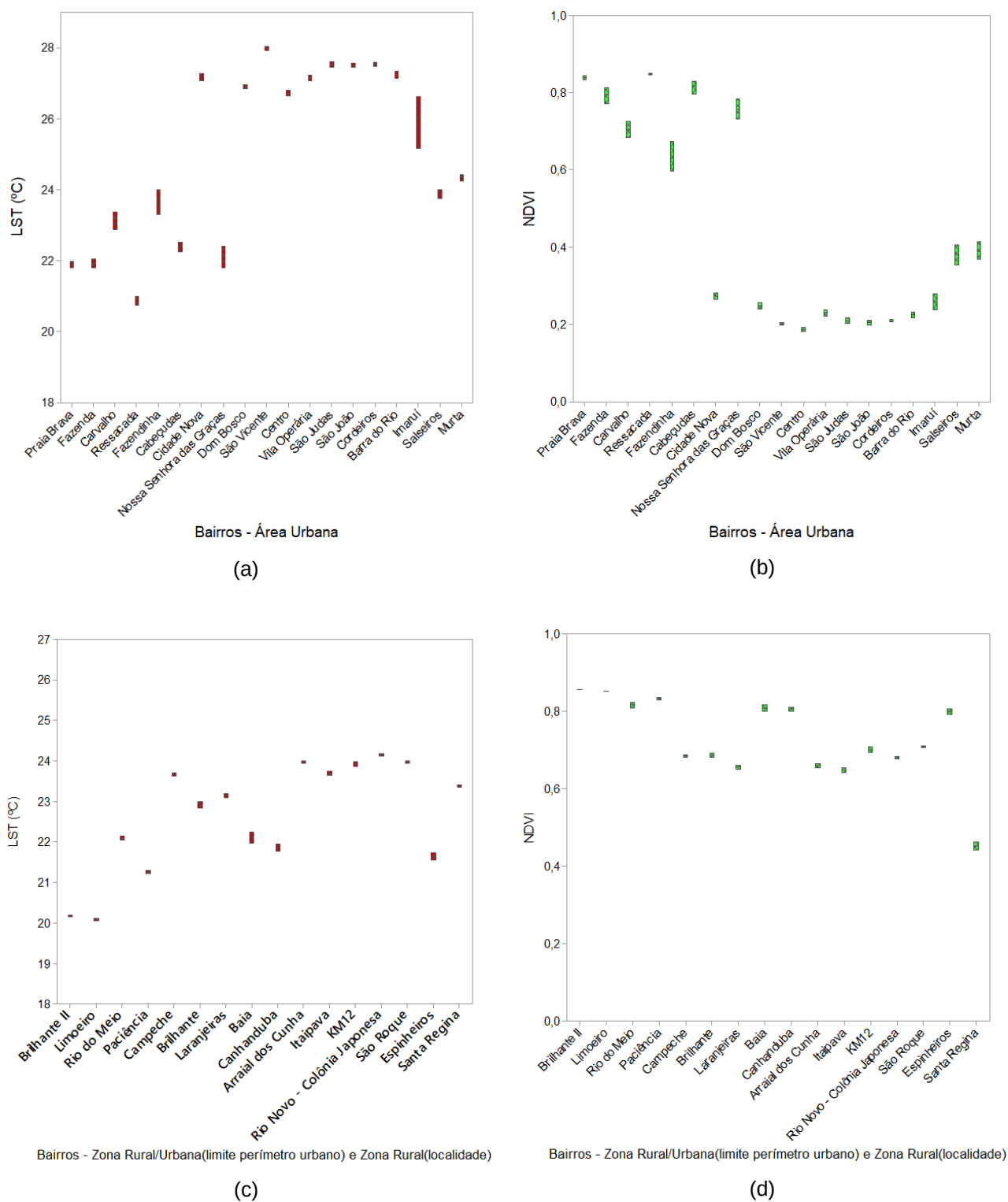
Bairro/Localidade	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Arraial dos Cunha	8454	23,9733	8332	0,658651
Baia	6960	22,1071	6958	0,806556
Barra do Rio	1694	27,2307	1418	0,225793
Brilhante	11240	22,9137	10996	0,686041
Brilhante II	43801	20,1862	43679	0,855355
Cabeçadas	1678	22,4044	1658	0,816209
Campeche	15618	23,6623	15449	0,683384
Canhanduba	16673	21,8644	16643	0,804559
Carvalho	2740	23,1530	2738	0,705364
Centro	2643	26,6975	2200	0,186549
Cidade Nova	4452	27,1777	4404	0,271830
Cordeiros	7825	27,5212	7440	0,209043
Dom Bosco	1458	26,8906	1453	0,247901
Espinheiros	11493	21,6354	11423	0,798673
Fazenda	5922	21,9123	5157	0,795569
Fazendinha	1480	23,6144	1480	0,632012
Imaruí	634	26,0138	481	0,259310
Itaipava	18362	23,6896	18263	0,646839
KM12	1987	23,9118	1978	0,699619
Laranjeiras	12053	23,1427	11448	0,655436
Limoeiro	21144	20,0939	21055	0,851104
Murta	2987	24,3425	2464	0,388759
Nossa Senhora das Graças	840	22,1002	840	0,757159
Paciência	24851	21,2526	24845	0,831271
Praia Brava	7795	21,8883	7779	0,838974
Ressacada	2782	20,8903	2782	0,847226
Rio do Meio	28512	22,0934	28395	0,815129
Rio Novo - Colônia Japonesa	8969	24,1476	8818	0,679001
Salseiros	4083	23,8571	3425	0,380077
Santa Regina	16411	23,3820	15099	0,450015
São João	2637	27,4973	2497	0,204780
São Judas	940	27,5178	932	0,208735
São Roque	15391	23,9665	15304	0,707788
São Vicente	5042	27,9758	4929	0,200922
Vila Operária	692	27,1418	691	0,228650
Global	320243		313453	

Fonte: Elaborado pela autora.

Por conseguinte, foi realizada a análise de comparações múltiplas. Na Figura 24 está a comparação dos valores de temperatura da superfície por bairro/localidade e intervalos de confiança na cor vermelha, assim como a comparação dos valores de NDVI por bairro/localidade e intervalos de confiança na cor verde, em relação ao

dia 06/09/2018.

Figura 24 – Comparação das medianas dos valores de LST (a, c) e NDVI (b, d) por bairro/localidade e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 06/09/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

Visualmente, percebe-se que na área fora da área urbana há a predominância

de valores de medianas de NDVI acima de 0,6, enquanto na área urbana há a predominância de valores de medianas de NDVI menores que 0,5. Outrossim, na data de 06/09/2018, para a área urbana, observa-se um grupo de medianas de LST acima de 26 °C e outro grupo de medianas de LST abaixo de 25 °C, semelhante ao que se observa no NDVI, onde tem-se a divisão de um grupo de bairros com NDVI acima de 0,5 e outro grupo de bairros com NDVI abaixo de 0,4.

Para a área urbana, a maior mediana de temperatura da superfície foi observada no bairro São Vicente e neste bairro foi observado o segundo menor valor de NDVI, estando atrás apenas do bairro Centro.

Isto pode ser explicado por existir nas áreas urbanas maior densidade de construções, pavimentação e menor cobertura vegetal, de modo que a temperatura da superfície tende a ser mais alta e o NDVI pode ser menor. Assim como na área fora da área urbana foram observadas menores medianas de temperatura da superfície e maiores valores de NDVI, em comparação com a área urbana.

4.5.10. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 06/09/2018

As medianas da análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, e a análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* de NDVI para o dia 06/09/2018, referente ao período mais frio de 2018, podem ser observados na Tabela 28. Nas duas análises, o resultado do teste de Kruskal-Wallis obteve valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, por conseguinte rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, ou seja, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e o NDVI variaram ao longo dos tipos de uso e cobertura da terra.

Tabela 28 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os

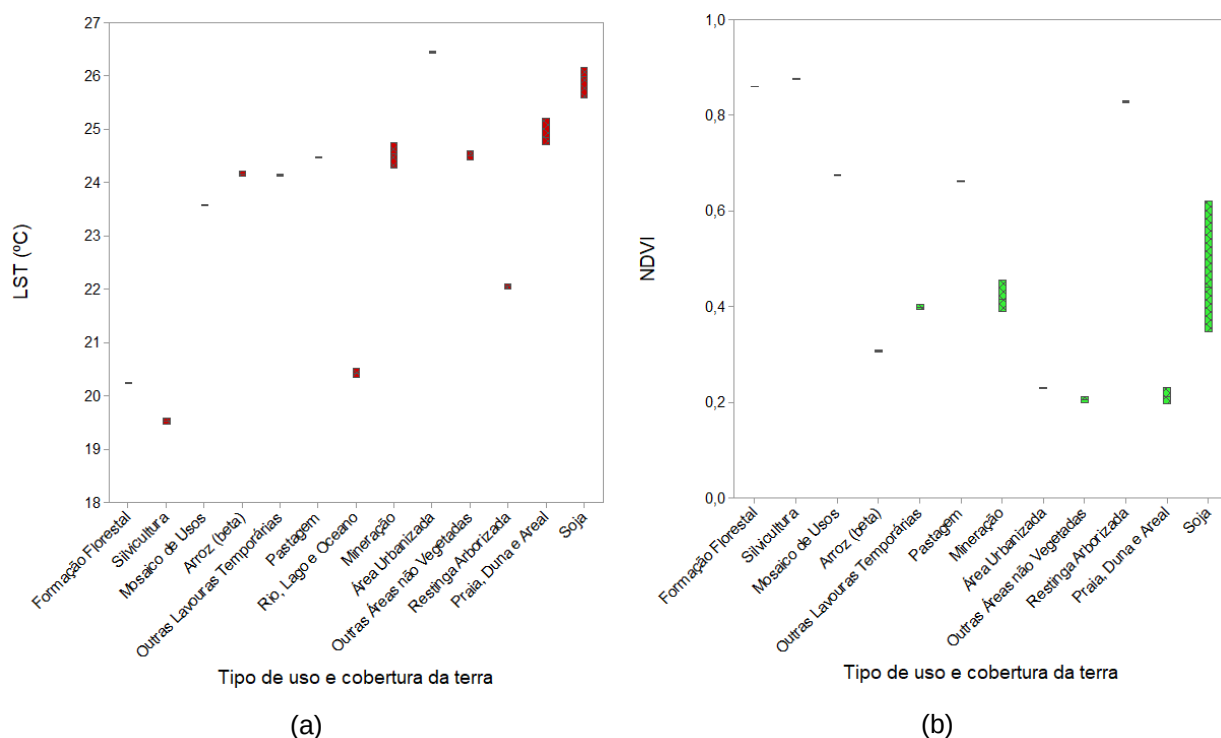
tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra presentes no município de Itajaí, para o dia 06/09/2018.

Tipo de uso e cobertura da terra	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Área Urbanizada	48437	26,4411	47696	0,228882
Arroz (beta)	8818	24,1511	8085	0,307002
Formação Florestal	117946	20,2374	117942	0,858410
Mineração	488	24,5253	488	0,414193
Mosaico de Usos	83582	23,5666	83424	0,674539
Outras Áreas não Vegetadas	2420	24,5014	2367	0,205027
Outras Lavouras Temporárias	18076	24,1254	17441	0,398058
Pastagem	24787	24,4655	24784	0,661566
Praia, Duna e Areal	152	24,8449	152	0,211734
Restinga Arborizada	3712	22,0456	3709	0,827349
Rio, Lago e Oceano	5789	20,4186	-	-
Silvicultura	6008	19,5196	6008	0,874551
Soja	28	25,9712	28	0,440238
Global	320243		312124	

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 25 consta a comparação dos valores de temperatura da superfície por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em vermelho, bem como a comparação dos valores de NDVI por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em verde, referente ao dia 06/09/2018.

Figura 25 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 06/09/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o período mais frio do ano de 2018, a análise da Figura 25 mostra que os tipos de uso e cobertura da terra com os menores valores de temperatura da superfície, abaixo de 23 °C, são Restinga Arborizada, Rio, Lago e Oceano, Formação Florestal e Silvicultura, sendo a Silvicultura, a Formação Florestal, e a Restinga Arborizada os tipos de uso e cobertura do solo com os maiores valores de NDVI, acima de 0,8.

4.5.11. Comparação estatística entre LST e NDVI e os bairros de Itajaí – 11/12/2018

As medianas da análise estatística por bairro/localidade com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, e as medianas da análise estatística por bairro/localidade com os valores por *pixel* de NDVI, para o dia 11/12/2018, que corresponde ao período mais quente de 2018, estão dispostas na Tabela 29. O resultado do teste de Kruskal-Wallis, em ambas as análises, resultou valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, logo rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, deste modo, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e o NDVI variaram ao longo do terreno.

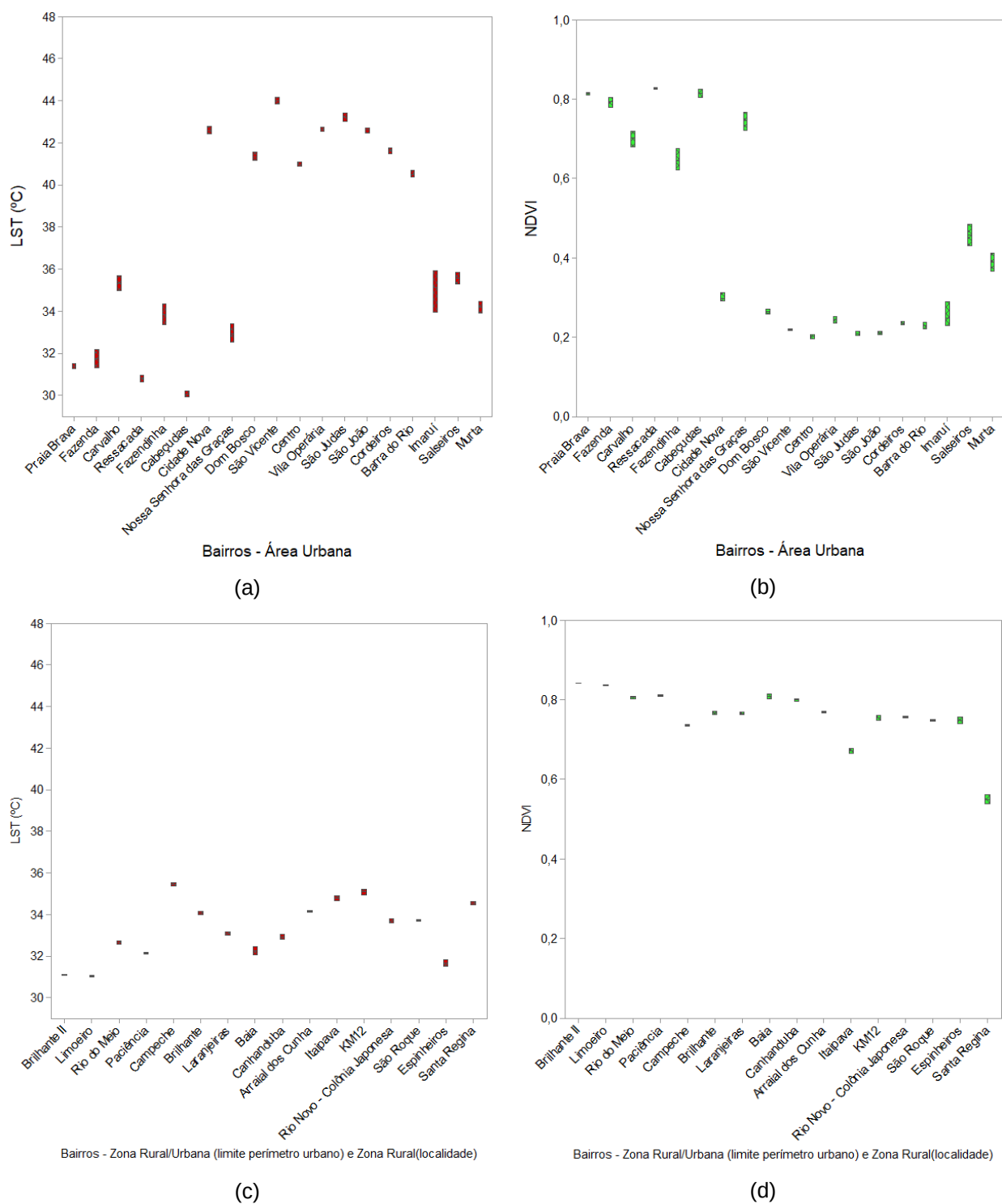
Tabela 29 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os bairros/localidades, e entre os valores de NDVI e os bairros/localidades do município de Itajaí, para o dia 11/12/2018.

Bairro/Localidade	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Arraial dos Cunha	8152	34,1385	8152	0,769400
Baia	6648	32,2501	6648	0,808031
Barra do Rio	1158	40,5097	1076	0,228646
Brilhante	11140	34,0684	11135	0,767137
Brilhante II	42544	31,0999	42534	0,841284
Cabeçudas	1575	30,0608	1562	0,815249
Campeche	15097	35,4442	15083	0,736030
Canhanduba	16671	32,9319	16670	0,799202
Carvalho	2740	35,3143	2740	0,701675
Centro	2616	40,9831	2236	0,202244
Cidade Nova	4122	42,5845	4120	0,298175
Cordeiros	5183	41,6035	5147	0,235328
Dom Bosco	1451	41,3164	1451	0,265033
Espinheiros	8927	31,6570	8920	0,748534
Fazenda	5301	31,7356	4982	0,793009
Fazendinha	1480	33,8241	1480	0,644109
Imaruí	304	35,1366	276	0,248168
Itaipava	15283	34,7879	15278	0,671705
KM12	1987	35,0716	1987	0,754409
Laranjeiras	10202	33,0704	10163	0,764795
Limoeiro	21025	31,0384	21001	0,836626
Murta	500	34,2017	457	0,389708
Nossa Senhora das Graças	840	32,9320	840	0,746713
Paciência	22412	32,1389	22407	0,809667
Praia Brava	7781	31,3733	7779	0,813621
Ressacada	2657	30,8196	2657	0,826549
Rio do Meio	27260	32,6483	27256	0,805447
Rio Novo - Colônia Japonesa	8100	33,6737	8093	0,755839
Salseiros	3101	35,5775	2792	0,457541
Santa Regina	9208	34,5350	8820	0,548563
São João	2308	42,6169	2247	0,210406
São Judas	693	43,2168	693	0,209442
São Roque	12224	33,7198	12215	0,747428
São Vicente	4380	44,0166	4374	0,219114
Vila Operária	692	42,6238	692	0,244358
Global	285762		283963	

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 26 consta a comparação dos valores de temperatura da superfície por bairro/localidade e intervalos de confiança sinalizados em vermelho, bem como a comparação dos valores de NDVI por bairro/localidade e intervalos de confiança sinalizados em verde, referente ao dia 11/12/2018.

Figura 26 – Comparação das medianas dos valores de LST (a, c) e NDVI (b, d), bairros/localidades e intervalos de confiança (em vermelho), para o dia 11/12/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

No dia 11/12/2018, que representa o período mais quente de 2018, a análise da área urbana trouxe que o bairro/localidade com a maior mediana de temperatura da superfície foi o bairro São Vicente, sendo observado que 9 (nove) de 19

(dezenove) bairros apresentaram mediana de LST acima de 40 °C na data em questão. Da área urbana, em 11/12/2018 o bairro com a menor mediana de LST foi Cabeçudas, que está junto com os bairros Praia Brava e Ressacada nos bairros com mediana de NDVI acima de 0,8.

A avaliação da área fora da área urbana, cujos bairros estão representados nos gráficos (c) e (d) da Figura 26, mostra que no dia 11/12/2018 nenhum bairro desta área apresentou mediana de LST acima de 36 °C e apenas o bairro Santa Regina obteve mediana de NDVI inferior à 0,6.

Logo, os dados sugerem que nas áreas urbanas, onde há menor cobertura vegetal e maior presença de superfícies impermeáveis, a temperatura da superfície tende a ser mais alta e o NDVI pode ser menor. Essa relação reforça a importância da vegetação na regulação do clima local e pode fornecer informações valiosas para o planejamento urbano sustentável e a conservação do meio ambiente.

4.5.12. Comparação estatística entre LST e NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra – 11/12/2018

As medianas da análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* da temperatura da superfície, assim como as medianas da análise estatística por tipo de uso e cobertura da terra com os valores por *pixel* de NDVI, para o dia 11/12/2018 que corresponde ao período mais quente de 2018, constam na Tabela 30. O resultado do teste de Kruskal-Wallis, para as duas análises estatísticas, resultou valor-p de 0 e inferior ao nível de significância de 0,05, deste modo rejeita-se a hipótese nula de que todas as medianas são iguais e aceita-se a hipótese alternativa de que no mínimo uma mediana é diferente, portanto, no município de Itajaí, para a data analisada, a temperatura da superfície e o NDVI variaram ao longo dos tipos de uso e cobertura da terra.

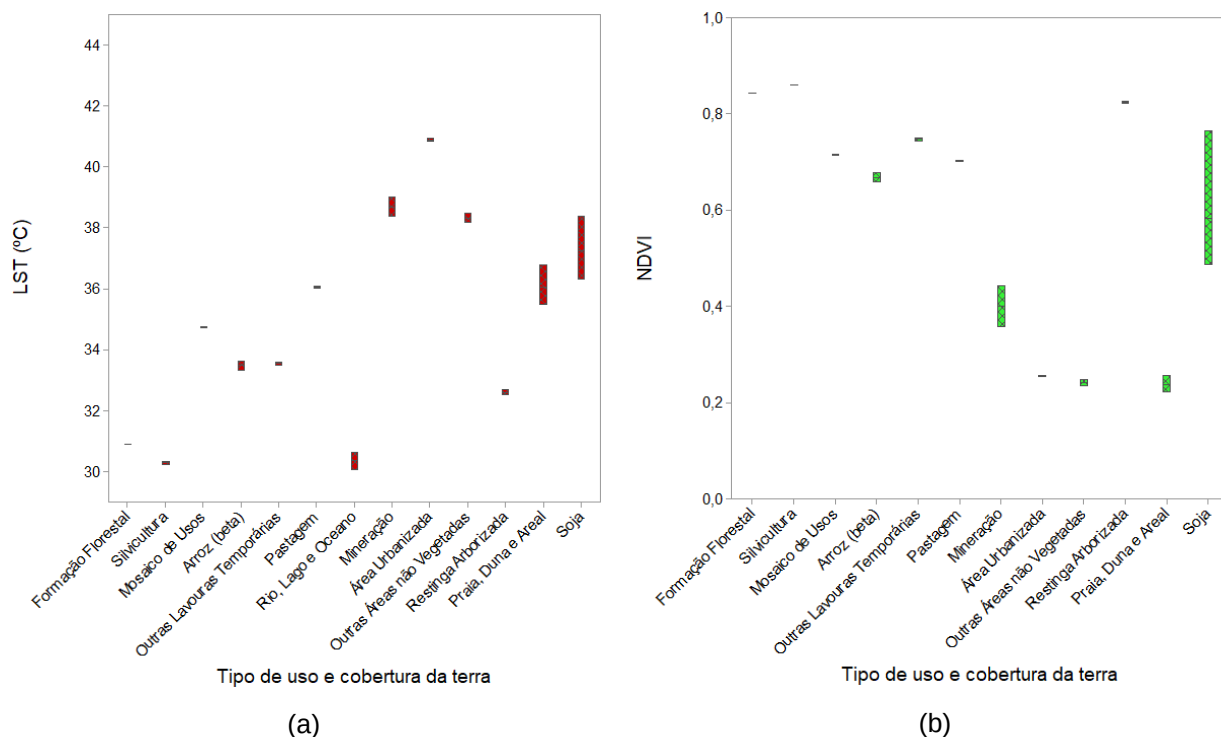
Tabela 30 – Medianas do teste de Kruskal-Wallis entre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, e entre os valores de NDVI e os tipos de uso e cobertura da terra do município de Itajaí, para o dia 11/12/2018.

Tipo de uso e cobertura da terra	N	Mediana LST (°C)	N	Mediana NDVI
Área Urbanizada	39286	40,8686	39269	0,253732
Arroz (beta)	7287	33,4789	7285	0,667237
Formação Florestal	112236	30,8743	112217	0,841263
Mineração	393	38,6708	393	0,399138
Mosaico de Usos	73574	34,7162	73551	0,713495
Outras Áreas não Vegetadas	2083	38,3051	2083	0,240738
Outras Lavouras Temporárias	16036	33,5301	16030	0,746263
Pastagem	22274	36,0252	22268	0,700456
Praia, Duna e Areal	147	36,0389	146	0,236955
Restinga Arborizada	3274	32,5901	3274	0,822465
Rio, Lago e Oceano	3189	30,3308	-	-
Silvicultura	5979	30,2659	5978	0,859084
Soja	4	37,2181	4	0,581202
Global	285762		282498	

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Figura 27 consta a comparação dos valores de temperatura da superfície por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em vermelho, bem como a comparação dos valores de NDVI por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança sinalizados em verde, referente ao dia 11/12/2018.

Figura 27 – Comparação das medianas dos valores de LST (a) e NDVI (b) por tipo de uso e cobertura da terra e intervalos de confiança (em vermelho e em verde), para o dia 11/12/2018.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar a Figura 27, percebe-se que a maior temperatura da superfície foi observada na Área Urbanizada, sendo esta um dos três tipos de uso e cobertura da terra com NDVI inferior à 0,3. Assim como Silvicultura, Formação Florestal e a Restinga Arborizada são os tipos de uso e cobertura da terra com os maiores NDVI (acima de 0,8) e apresentam os menores valores de temperatura da superfície, junto ao tipo de uso e cobertura da terra Rio, Lago e Oceano.

4.5.13. LST e os tipos de uso e cobertura da terra – 1998 e 2018

Os valores apresentados nos itens acima estão organizados na Tabela 31.

No ano de 1998, mais de 50% do território do município de Itajaí correspondeu aos tipos de uso e cobertura da terra: Arroz (beta), Formação Florestal, seguidos de Mosaico de Usos, Outras Lavouras Temporárias e a Área Urbanizada, esta última com 9,14%. Já no ano de 2018, os três tipos predominantes de uso e cobertura da terra foram: Formação Florestal, Mosaico de Usos e Área Urbanizada, esta última com 15,15%. Percentualmente, a Formação Florestal foi o tipo de uso e cobertura da terra com o maior aumento de 1998 para 2018, seguido do Mosaico de Usos e da Área Urbanizada. A maior redução foi observada no tipo de uso e cobertura da terra Arroz (beta), sendo de 23,95%.

Para o período mais frio do ano de 1998, as medianas com a maior temperatura foram dos tipos de uso e cobertura da terra Praia Duna e Areal, e Área Urbanizada, e as menores foram da Formação Florestal, Rio, Lago e Oceano e Silvicultura. O mesmo foi observado no ano de 2018, período mais frio, entretanto a Área Urbanizada apresentou a maior mediana de temperatura da superfície, seguido da Soja (mas que corresponde apenas à 0,01% do território), e da Praia, Duna e Areal. Ou seja, no período mais frio de 1998 e de 2018, os locais com as maiores medianas de temperatura da superfície foram os tipos Praia Duna e Areal, e Área Urbanizada, desconsiderando Soja no ano de 2018, já as menores medianas de LST foram encontradas nos tipos Rio, Lago e Oceano, Formação Florestal e Silvicultura.

No período mais quente de 1998, as medianas mais altas de temperatura ocorreram nos tipos de uso e cobertura da terra Área Urbanizada, Apicum e Praia, Duna e Areal. As medianas mais baixas, por outro lado, foram registradas, no período mais quente de 1998, nos mesmos tipos de uso e cobertura da terra para o período mais frio de 1998. No período mais quente do ano de 2018, a maior

mediana de temperatura da superfície foi observada no tipo de uso e cobertura da terra Área Urbanizada, seguido da Mineração, Outras Áreas não Vegetadas, Soja e Praia, Duna e Areal, já as menores medianas de LST estiveram presentes nos mesmos tipos de uso e cobertura da terra do período mais frio de 2018. Logo, no período mais quente de 1998 e de 2018 a Área Urbanizada e Praia, Duna e Areal estiveram entre os maiores valores de LST, enquanto as menores medianas de LST foram encontradas nos mesmos tipos de uso e cobertura da terra da análise dos períodos mais quente de 1998 e 2018.

Esta análise traz que, independentemente do período do ano, seja ele o mais quente ou o mais frio, a Área Urbanizada está dentre os tipos de uso e cobertura da terra com o maior LST, conforme também encontrado por Bezerra & Moraes & Soares (2018), podendo ser considerada uma Ilha de Calor, já os tipos Rio, Lago e Oceano, Formação Florestal e Silvicultura podem ser considerados as Ilhas de Frescor.

Tabela 31 - Percentual de uso e cobertura da terra, valores das medianas de LST por tipo de uso e cobertura da terra, para o município de Itajaí no ano de 1998 e 2018.

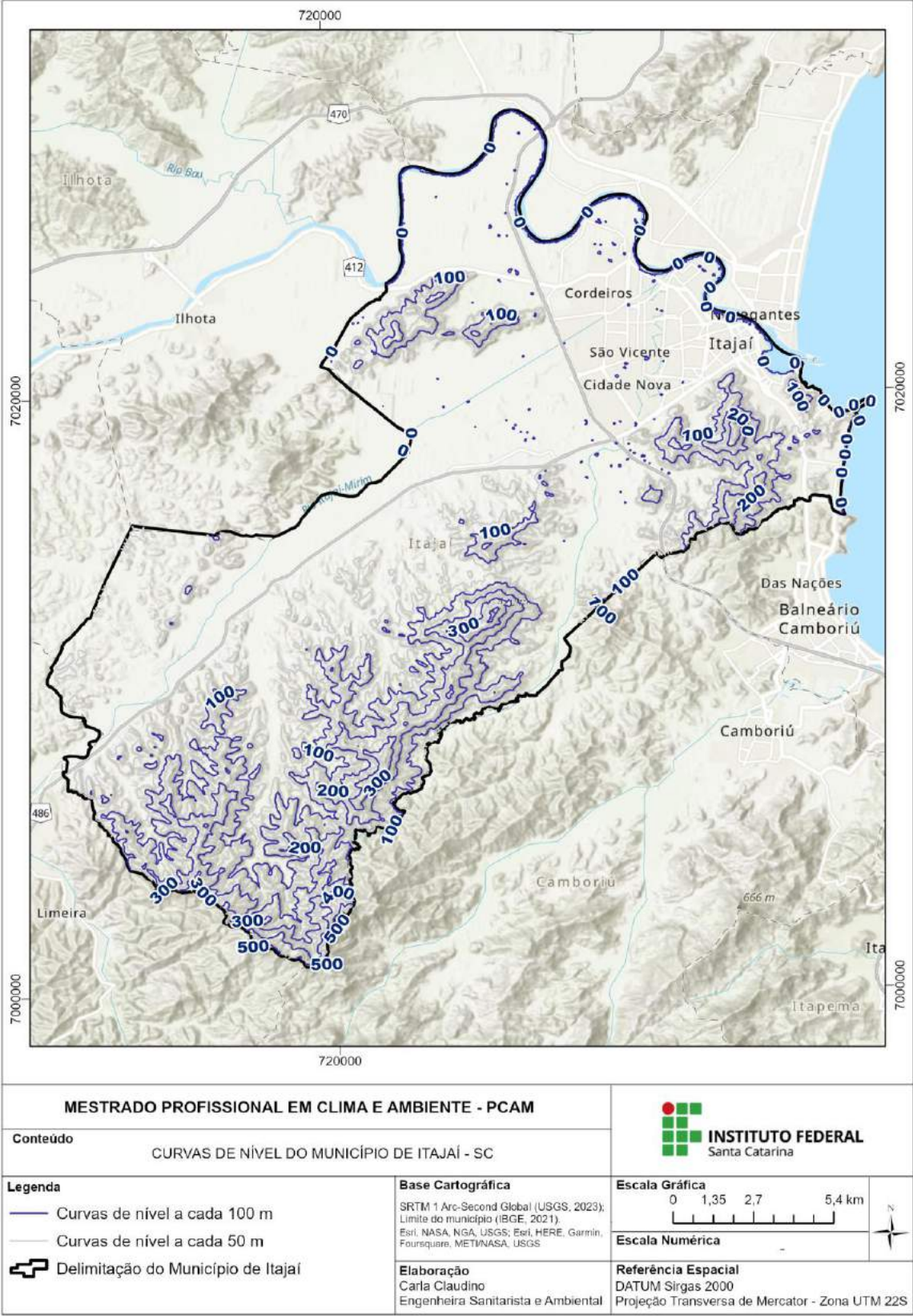
Tipo de uso e cobertura da terra	Ano de 1998			Ano de 2018		
	% de Cobertura	Mediana LST – p. mais frio (°C)	Mediana LST - p. mais quente (°C)	% de Cobertura	Mediana LST – p. mais frio (°C)	Mediana LST - p. mais quente (°C)
Apicum	0,02%	23,3426	41,2531		-	-
Área Urbanizada	9,14%	24,3698	44,3105	15,15%	26,4411	40,8686
Arroz (beta)	26,71%	22,2062	34,4393	2,76%	24,1511	33,4789
Formação Florestal	25,00%	20,9005	32,8362	36,90%	20,2374	30,8743
Mineração	0,10%	23,9425	38,2402	0,15%	24,5253	38,6708
Mosaico de Usos	18,32%	23,0846	36,1483	26,05%	23,5666	34,7162
Outras Áreas não Vegetadas	0,25%	23,7819	38,9767	0,75%	24,5014	38,3051
Outras Lavouras Temporárias	13,93%	23,4572	36,8217	5,61%	24,1254	33,5301
Pastagem	2,37%	23,8434	36,7806	7,70%	24,4655	36,0252
Praia, Duna e Areal	0,03%	24,6638	40,6567	0,05%	24,8449	36,0389
Restinga Arborizada	1,91%	21,9430	35,1673	1,15%	22,0456	32,5901
Rio, Lago e Oceano	2,07%	20,7706	33,2909	1,85%	20,4186	30,3308
Silvicultura	0,16%	20,1964	30,4471	1,87%	19,5196	30,2659
Soja	-	-	-	0,01%	25,9712	37,2181
Total	100%			100%		

Fonte: Elaborado pela autora com dados do Projeto Mapbiomas (2023).

4.5.14. Comparação estatística entre LST e altitude

Abaixo consta o mapa de altitude para o município de Itajaí (Figura 28).

Figura 28 – Curvas de nível para o município de Itajaí – SC.



Fonte: Elaborado pela autora.

O teste de Anderson-Darling, para as cotas resultou em p-valor inferior à 0,005, logo é rejeitada a hipótese nula de que os dados vêm de uma distribuição normal. O teste de correlação Rô de Spearman - ρ resultou nos valores apresentados na Tabela 32, sendo a análise realizada com os valores de temperatura da superfície terrestre, para as datas de 11/06/1998 e 06/09/2018, que correspondem aos períodos mais frios dos respectivos anos, e com os valores de temperatura da superfície terrestre para as datas 18/01/1998 e 11/12/2018, que correspondem aos períodos mais quentes dos respectivos anos.

Tabela 32 - Correlação entre a temperatura da superfície e a altitude no município de Itajaí – SC, para as datas analisadas.

Série	Data	Período	Rô de Spearman - ρ	p-valor
1998	11/06/1998	Mais frio	-0,679	0,000
	18/01/1998	Mais quente	-0,684	0,000
2018	06/09/2018	Mais frio	-0,731	0,000
	11/12/2018	Mais quente	-0,651	0,000

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar a Tabela 32, o resultado do teste indica que há uma correlação negativa moderada, e forte no caso do dia 06/09/2018, entre a temperatura da superfície e a altitude no município de Itajaí nas datas analisadas. Isso sugere que, à medida que a altitude aumenta, a temperatura tende a diminuir. A magnitude do coeficiente indica uma associação considerável entre as duas variáveis.

O valor-p, indicado na Tabela 32, foi de 0, o que indica uma significância estatística altamente relevante. Esse resultado leva a rejeitar a hipótese nula de que inexistente correlação entre a temperatura da superfície terrestre e a altitude na área de estudo. Portanto, pode-se afirmar com confiança que existe uma relação estaticamente significativa entre essas variáveis.

A relação entre a temperatura da superfície terrestre e a altitude é influenciada por vários fatores, como a radiação solar, a pressão atmosférica e a topografia local. O efeito combinado desses fatores resulta nas variações observadas na temperatura à medida que a altitude se altera.

4.5.15. Comparação estatística entre LST e os trechos de massas d'água, período mais frio: 11/06/1998 e 06/09/2018

Para o município de Itajaí, no período mais frio do ano de 1998 representado pela data 11/06/1998, o teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries de dados analisadas separadamente referentes à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, referentes à temperatura da superfície na área de borda de 30 m e referentes à temperatura da superfície na área de borda de 500 m, tanto para a área urbana quanto para fora da área urbana do município de Itajaí, resultou em valor-p menor que 0,005, o que indica que há evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição específica.

Os resultados no teste de Mann-Whitney para a análise referente à data 11/06/1998 estão presentes da Tabela 33 à Tabela 35, onde TAU corresponde à temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área urbana, TBU corresponde à temperatura da superfície na borda de 30 m e TCU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, sendo que TAFU consiste na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área fora da área urbana, TBFU corresponde à temperatura da superfície na borda de 30 m e TCFU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, estes dois últimos também fora da área urbana.

Tabela 33 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4114	20,7604	-2,0542	(-2,1294; -1,979)	95,00%
TBU	3333	23,0880			
TAFU	1906	21,7465	-1,603	(-1,6919; -1,5142)	95,00%
TBFU	3946	23,1735			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 34 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4114	20,7604	-2,5225	(-2,5567; -2,4883)	95,00%
TCU	42269	23,6623			
TAFU	1906	21,7465	-1,6202	(-1,6885; -1,5552)	95,00%
TCFU	57475	23,3068			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 35 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TBU	3333	23,0880	-0,5503	(-0,5879; -0,5127)	95,00%
TCU	42269	23,6623			
TBFU	3946	23,1735	-0,112800	(-0,150400; -0,0752000)	95,00%
TCFU	57475	23,3068			

Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as análises estatísticas constantes nas tabelas Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35 o valor-p foi de 0, o que indica que a diferença entre as amostras, conforme apresentado em cada tabela, é estatisticamente significativa. Independentemente da localização, ao observar as medianas é possível perceber que no dia 11/06/1998 a mediana mais baixa corresponde à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, sendo a mediana mais alta a que corresponde à temperatura da superfície na borda de 500 m. Ao comparar as medianas da temperatura da superfície da área urbana com as medianas da temperatura da superfície fora da área urbana, percebe-se que as maiores diferenças estão entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e a borda de 500 m, sendo a diferença maior na área urbana, o que pode ser explicado pelo fato de que na área urbana estão presentes mais fontes de emissão de calor, como automóveis e edificações com sistema de ar condicionado, além da maior capacidade de absorver e liberar calor das edificações em comparação com a vegetação.

Com relação ao teste t para duas amostras, os resultados são apresentados abaixo na Tabela 36, Tabela 37 e Tabela 38, sendo as amostras as mesmas utilizadas no teste de Mann-Whitney.

Tabela 36 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4114	21,24	1,44	-1,8545	(-1,9097; -1,7992)
TBU	3333	23,091	0,988		
TAFU	1906	21,65	1,79	-1,5498	(-1,6376; -1,4619)
TBFU	3946	23,20	1,13		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 37 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4114	21,24	1,44	-2,3818	(-2,4270; -2,3367)
TCU	42269	23,62	1,10		
TAFU	1906	21,65	1,79	-1,6071	(-1,6882; -1,5259)
TCFU	57475	23,26	1,30		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 38 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/06/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TBU	3333	23,091	0,988	-0,5273	(-0,5625; -0,4922)
TCU	42269	23,62	1,10		
TBFU	3946	23,20	1,13	-0,0573	(-0,0942; -0,0204)
TCFU	57475	23,26	1,30		

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados do teste t para duas amostras, em todas as comparações constantes nas tabelas relacionadas acima, obtiveram valor-p menor do que 0,005, o que indica que a diferença entre as médias das duas amostras é estatisticamente significativa, de modo que há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de que as médias das duas amostras são iguais. Ao observar as médias, percebe-se a mesma situação encontrada na avaliação das medianas, que no dia 11/06/1998 a temperatura média mais baixa consiste na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área de estudo, sendo a média mais alta a que corresponde à temperatura da superfície na borda de 500 m, todavia as diferenças são menores em relação ao teste Mann-Whitney.

Para o município de Itajaí, no período mais frio do ano de 2018 representado pela data 06/09/2018, o teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries de dados analisadas separadamente referentes à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, à temperatura da superfície na área de borda de 30 m e à temperatura da superfície na área de borda de 500 m, tanto para a área urbana quanto para fora da área urbana do município de Itajaí, resultou em valor-p menor que 0,005, o que indica que há evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição específica.

Os resultados do teste de Mann-Whitney para a análise referente à data 06/09/2018 estão presentes da Tabela 38 à Tabela 40, onde TAU é referente à temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área urbana, TBU

consiste na temperatura da superfície na borda de 30 m e TCU corresponde à temperatura da superfície na borda de 500 m, sendo que TAFU consiste na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área fora da área urbana, TBFU corresponde à temperatura da superfície na borda de 30 m e TCFU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, estes dois últimos também fora da área urbana.

Tabela 39 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4007	20,5314	-3,5855	(-3,6846; -3,4898)	95,00%
TBU	2187	24,5578			
TAFU	2321	21,7003	-1,9175	(-2,0303; -1,8047)	95,00%
TBFU	5098	23,4059			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 40 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4007	20,5314	-5,0997	(-5,1783; -5,0211)	95,00%
TCU	26492	26,2429			
TAFU	2321	21,7003	-2,1055	(-2,1978; -2,0166)	95,00%
TCFU	73176	23,7477			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 41 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TBU	2187	24,5578	-1,6338	(-1,7226; -1,5449)	95,00%
TCU	26492	26,2429			
TBFU	5098	23,4059	-0,3076	(-0,3487; -0,2632)	95,00%
TCFU	73176	23,7477			

Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as análises estatísticas constantes nas tabelas Tabela 39, Tabela 40 e Tabela 41 o valor-p foi de 0, o que indica que a diferença entre as amostras, conforme apresentado em cada tabela, é estatisticamente significativa. Assim como encontrado no ano de 1998, ao analisar as medianas percebe-se que no dia 06/09/2018 a mediana mais baixa corresponde à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, sendo a mediana mais alta a que corresponde à

temperatura da superfície na borda de 500 m, independentemente da localização. Tal qual observado no período mais frio de 1998, a comparação entre as medianas da temperatura da superfície da área urbana com as medianas da temperatura da superfície fora da área urbana, indica que as maiores diferenças estão entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e a borda de 500 m, principalmente na área urbana, o que pode ser atribuído pela questão de que na área urbana há o calor armazenado e liberado pelas estruturas urbanas (RIZWAN; DENNIS; CHUNHO, 2008), por exemplo.

Sobre o teste t para duas amostras, os resultados são apresentados abaixo na Tabela 42, Tabela 43 e Tabela 44. As amostras listadas são as mesmas utilizadas no teste de Mann-Whitney.

Tabela 42 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4007	21,18	2,06	-3,3121	(-3,4058; -3,2185)
TBU	2187	24,49	1,63		
TAFU	2321	21,45	2,02	-1,9138	(-2,0035; -1,8241)
TBFU	5098	23,37	1,29		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 43 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4007	21,18	2,06	-4,7997	(-4,8689; -4,7304)
TCU	26492	25,98	2,22		
TAFU	2321	21,45	2,02	-2,1346	(-2,2180; -2,0512)
TCFU	73176	23,59	1,80		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 44 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 06/09/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TBU	2187	24,49	1,63	-1,4875	(-1,5611; -1,4140)
TCU	26492	25,98	2,22		
TBFU	5098	23,37	1,29	-0,2208	(-0,2586; -0,1830)
TCFU	73176	23,59	1,80		

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados do teste t para duas amostras, em todas as comparações constantes nas tabelas apresentadas acima, obtiveram valor-p menor do que 0,005, o que indica que a diferença entre as médias das duas amostras é estatisticamente

significativa, logo há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de que as médias das duas amostras são iguais. Ao observar as médias, percebe-se a mesma situação encontrada na avaliação das medianas, que no dia 06/09/2018 a temperatura média mais alta foi constatada na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área de estudo, sendo a média mais alta a relacionada à temperatura da superfície na borda de 500 m.

4.5.16. Comparação estatística entre LST e os trechos de massas d'água, período mais quente: 18/01/1998 e 11/12/2018

Para o município em estudo, no período mais quente do ano de 1998 representado pela data 18/01/1998, o teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries de dados analisadas separadamente referentes à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, à temperatura da superfície na área de borda de 30 m e à temperatura da superfície na área de borda de 500 m, tanto para a área urbana quanto para fora da área urbana do município de Itajaí, apresentou valor-p inferior à 0,005, o que indica que há evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição específica.

Os resultados no teste de Mann-Whitney para a análise referente à data 18/01/1998 constam na Tabela 45 a Tabela 47, onde TAU é referente à temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área urbana, TBU consiste na temperatura da superfície na borda de 30 m e TCU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, sendo que TAFU consiste na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área fora da área urbana, TBFU corresponde à temperatura da superfície na borda de 30 m e TCFU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, estes dois últimos também fora da área urbana.

Tabela 45 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4115	33,2943	-3,6299	(-3,7291; -3,4863)	95,00%
TBU	3337	37,1088			
TAFU	1906	33,2840	-1,8389	(-1,9414; -1,7295)	95,00%
TBFU	3946	35,0443			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 46 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	4115	33,2943	-4,8604	(-4,9493; -4,7886)	95,00%
TCU	42283	38,4691			
TAFU	1906	33,2840	-2,1192	(-2,2217; -2,0201)	95,00%
TCFU	57475	35,2528			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 47 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TBU	3337	37,1088	-1,3775	(-1,5176; -1,2441)	95,00%
TCU	42283	38,4691			
TBFU	3946	35,0443	-0,2803	(-0,3282; -0,229)	95,00%
TCFU	57475	35,2528			

Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as análises estatísticas constantes nas tabelas apresentadas acima (Tabela 45 à Tabela 47) o valor-p foi de 0, o que leva à rejeição da hipótese nula e à conclusão de que existe uma diferença significativa entre as amostras testadas. Tanto para a área urbana de Itajaí quanto para a área fora da área urbana do município em estudo, o estudo das medianas indica que no dia 18/01/1998 a mediana mais baixa correspondeu à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, sendo a mediana mais alta a que correspondeu à temperatura da superfície na borda de 500 m. Assim como observado nos períodos mais frios de 1998 e 2018, ao comparar as medianas da temperatura da superfície da área urbana com as medianas da temperatura da superfície fora da área urbana, percebe-se que as maiores diferenças estão entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e a borda de 500 m.

Sobre o teste t para duas amostras, os resultados são apresentados na Tabela 48, Tabela 49 e Tabela 50. As amostras listadas são as mesmas utilizadas no teste de Mann-Whitney relatado anteriormente.

Tabela 48 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4115	34,33	2,99	-3,4389	(-3,5713; -3,3064)
TBU	3337	37,77	2,82		
TAFU	1906	33,32	1,98	-1,7607	(-1,8598; -1,6615)
TBFU	3946	35,08	1,40		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 49 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	4115	34,33	2,99	-5,3683	(-5,4683; -5,2683)
TCU	42283	39,70	4,22		
TAFU	1906	33,32	1,98	-2,0930	(-2,1833; -2,0028)
TCFU	57475	35,41	1,77		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 50 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 18/01/1998.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TBU	3337	37,77	2,82	-1,9294	(-2,0333; -1,8256)
TCU	42283	39,70	4,22		
TBFU	3946	35,08	1,40	-0,3324	(-0,3784; -0,2864)
TCFU	57475	35,41	1,77		

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados do teste t para duas amostras, em todas as comparações constantes nas tabelas apresentadas acima, obtiveram valor-p menor do que 0,005, o que indica que a diferença entre as médias das duas amostras é estatisticamente significativa, logo há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de que as médias das duas amostras são iguais. Ao observar as médias, percebe-se situação análoga à encontrada na avaliação das medianas, que no dia 18/01/1998 a temperatura média mais alta foi verificada na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área de estudo, sendo a média mais alta a relacionada à temperatura da superfície na borda de 500 m.

Para o período mais quente do ano de 2018, representado pela data 11/12/2018, o teste de normalidade de Anderson-Darling para as séries de dados analisadas separadamente referentes à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, à temperatura da superfície na área de borda de 30 m e à temperatura da superfície na área de borda de 500 m, tanto para a área urbana quanto para fora da área urbana do município de Itajaí, apresentou valor-p inferior à

0,005, o que indica que há evidências estatísticas significativas para rejeitar a hipótese nula de que os dados seguem uma distribuição específica.

Os resultados no teste de Mann-Whitney para a análise dos dados do dia 11/12/2018 constam na Tabela 51 à Tabela 53, onde TAU é referente à temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área urbana, TBU consiste na temperatura da superfície na borda de 30 m e TCU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, sendo que TAFU consiste na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área fora da área urbana, TBFU corresponde à temperatura da superfície na borda de 30 m e TCFU é referente à temperatura da superfície na borda de 500 m, estes dois últimos também fora da área urbana.

Tabela 51 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	2143	30,1155	-5,1783	(-5,4108; -4,9424)	95,00%
TBU	1482	35,8817			
TAFU	1586	32,3646	-1,8355	(-2,0132; -1,6646)	95,00%
TBFU	4570	33,7198			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 52 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TAU	2143	30,1155	-8,063	(-8,2546; -7,8649)	95,00%
TCU	19623	39,3612			
TAFU	1586	32,3646	-2,4712	(-2,6319; -2,3072)	95,00%
TCFU	64871	34,2787			

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 53 - Resultados do teste de Mann-Whitney entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Mediana (°C)	Diferença	Intervalo de confiança para a diferença	Confiança atingida (%)
TBU	1482	35,8817	-3,206	(-3,4146; -2,9942)	95,00%
TCU	19623	39,3612			
TBFU	4570	33,7198	-0,4204	(-0,499; -0,3452)	95,00%
TCFU	64871	34,2787			

Fonte: Elaborado pela autora.

Em todas as análises estatísticas constantes nas tabelas apresentadas acima

(Tabela 51 à Tabela 53) o valor-p foi de 0, o que leva à rejeição da hipótese nula e à conclusão de que existe uma diferença significativa entre as amostras testadas. Tanto para a área urbana de Itajaí quanto para a área fora da área urbana do município em estudo, o estudo das medianas mostra que no dia 11/12/2018 a mediana mais baixa correspondeu à temperatura da superfície do trecho de massa d'água, sendo a mediana mais alta a que correspondeu à temperatura da superfície na borda de 500 m.

Assim como observado no período mais quente de 1998, ao comparar as medianas da temperatura da superfície da área urbana com as medianas da temperatura da superfície fora da área urbana, percebe-se que as maiores diferenças estão entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e a borda de 500 m, entretanto a diferença em 11/12/2018 entre TAU e TCU é aproximadamente o dobro da diferença entre TAU e TCU em 18/01/1998, o que pode ser explicado pelo desenvolvimento da parte urbanizada de Itajaí de 1998 à 2018.

Sobre o teste t para duas amostras, os resultados são apresentados na Tabela 54, Tabela 55 e Tabela 56. As amostras listadas são as mesmas utilizadas no teste de Mann-Whitney descrito anteriormente.

Tabela 54 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 30 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	2143	31,22	3,68	-4,751	(-4,970; -4,533)
TBU	1482	35,97	3,00		
TAFU	1586	31,92	3,08	-2,0862	(-2,2519; -1,9205)
TBFU	4570	34,00	2,29		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 55 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície do trecho de massa d'água e da área de borda de 500 m, para a área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TAU	2143	31,22	3,68	-7,7053	(-7,8731; -7,5375)
TCU	19623	38,92	4,40		
TAFU	1586	31,92	3,08	-2,6645	(-2,8180; -2,5110)
TCFU	64871	34,58	2,97		

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 56 - Resultados do teste t para duas amostras entre a temperatura da superfície da borda de 30 m e da borda de 500 m na área urbana e fora da área urbana do município de Itajaí, dia 11/12/2018.

Amostra	N	Média (°C)	Desvio Padrão	Diferença	Intervalo de 95% para a diferença
TBU	1482	35,97	3,00	-2,9541	(-3,1190; -2,7893)
TCU	19623	38,92	4,40		
TBFU	4570	34,00	2,29	-0,5783	(-0,6487; -0,5080)
TCFU	64871	34,58	2,97		

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados do teste t para duas amostras, em todas as comparações constantes nas tabelas apresentadas acima, obtiveram valor-p menor do que 0,005, o que indica que a diferença entre as médias das duas amostras é estatisticamente significativa, por conseguinte há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de que as médias das duas amostras são iguais. Ao estudar as médias, percebe-se situação similar à encontrada na avaliação das medianas, que no dia 11/12/2018 a temperatura média mais alta foi verificada na temperatura da superfície do trecho de massa d'água presente na área de estudo, sendo a média mais alta a relacionada à temperatura da superfície na borda de 500 m.

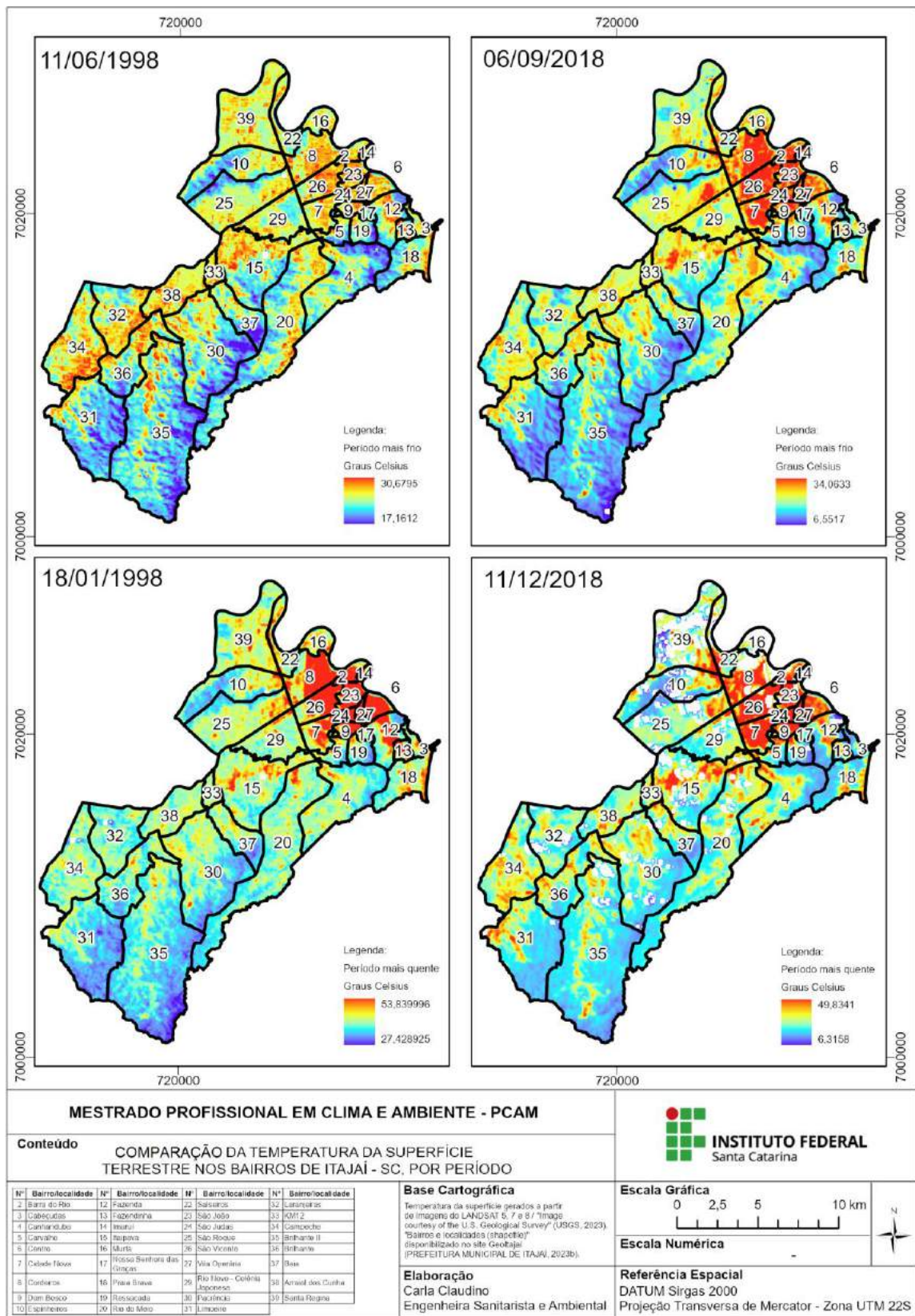
4.6. Indicadores e a espacialização das Ilhas de Calor

Os locais com as maiores temperaturas da superfície da terra podem ser considerados como as Ilhas de Calor, já os locais com as menores temperaturas podem ser considerados como as Ilhas de Frescor (CASTRO, 2009).

Na Figura 29 é possível observar a comparação da temperatura da superfície entre o ano de 1998 e o ano de 2018, bem como a distribuição da mesma pelos bairros/localidades que compõem o município de Itajaí, considerando a divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site GeolItajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

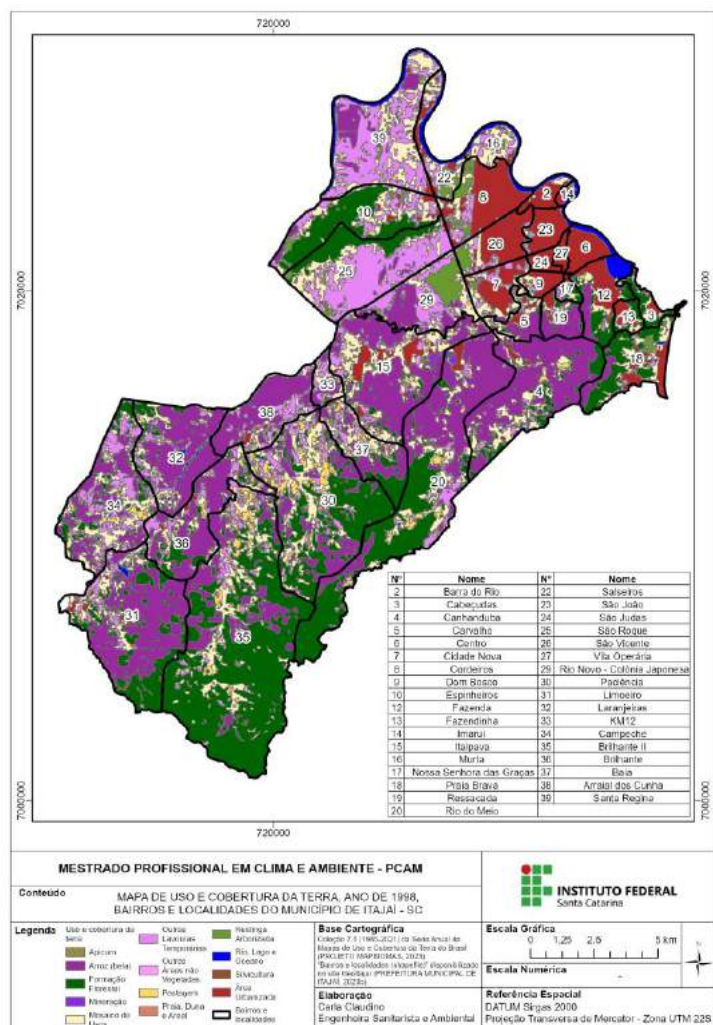
Na Figura 30 consta o uso e cobertura da terra no município de Itajaí do ano de 1998 e do ano de 2018, bem como a distribuição da mesma pelos bairros/localidades que formam o município em estudo, conforme divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site GeolItajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

Figura 29 – Comparação da temperatura da superfície entre 1998 e 2018, por bairros/localidades, no município de Itajaí – SC.

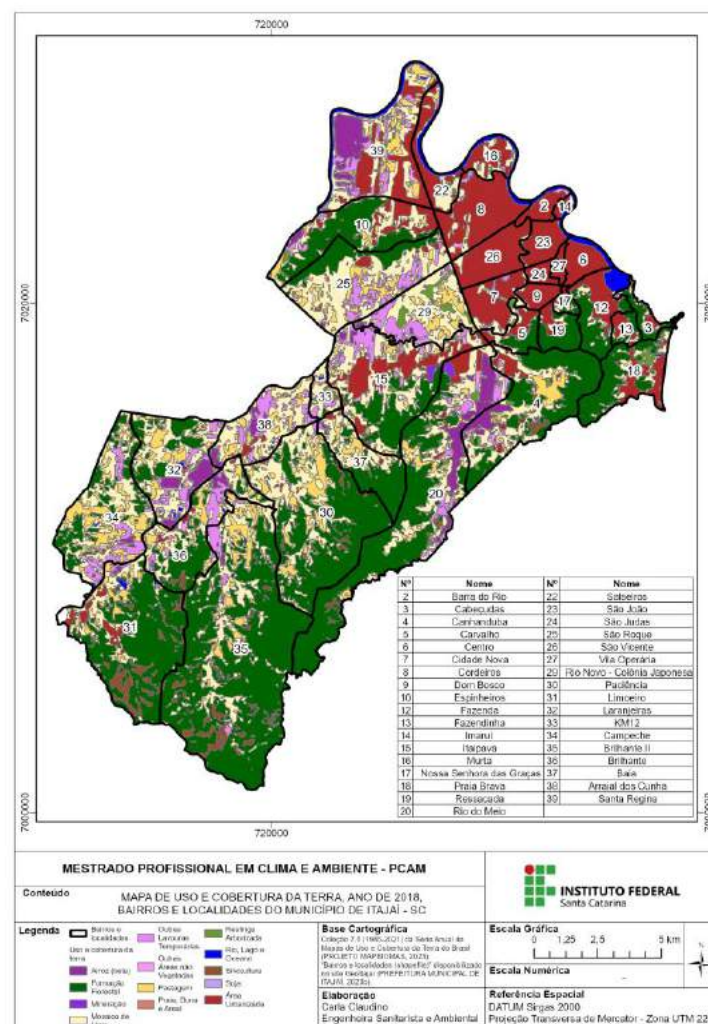


Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 30 - Evolução do uso e cobertura da terra de 1998 (a) a 2018 (b), por bairros/localidades, no município de Itajaí – SC.



(a)



(b)

Fonte: Elaborado pela autora.

Na Tabela 57 constam os valores das medianas de temperatura da superfície por bairro/localidade para os anos de 1998 e 2018, considerando a divisão dos bairros e localidades utilizada nas análises para o ano de 2018 também para o ano de 1998, referente ao período mais frio de cada ano.

Tabela 57 – Comparação da mediana de temperatura da superfície no município de Itajaí do período mais frio de 1998 com a do período mais frio de 2018, por bairro/local, considerando a divisão de bairros e localidades utilizada nas análises do ano de 2018.

Bairro ou localidade	Mediana de LST - 11/06/1998 (°C)	Mediana de LST - 06/09/2018 (°C)	Diferença mediana (2018- 1998) (°C)
Arraial dos Cunha	23,5	24,0	0,5
Baia	21,8	22,1	0,3
Barra do Rio	23,8	27,2	3,5
Brilhante	22,6	22,9	0,3
Brilhante II	21,1	20,2	-0,9
Cabeçudas	23,1	22,4	-0,7
Campeche	23,7	23,7	0,0
Canhanduba	21,7	21,9	0,2
Carvalho	22,5	23,2	0,6
Centro	24,1	26,7	2,6
Cidade Nova	23,7	27,2	3,5
Cordeiros	24,1	27,5	3,4
Dom Bosco	23,9	26,9	3,0
Espinheiros	22,3	21,6	-0,7
Fazenda	22,4	21,9	-0,5
Fazendinha	23,5	23,6	0,1
Imaruí	23,4	26,0	2,6
Itaipava	23,0	23,7	0,7
KM12	23,5	23,9	0,4
Laranjeiras	23,4	23,1	-0,2
Limoeiro	20,9	20,1	-0,8
Murta	23,1	24,3	1,3
Nossa Senhora das Graças	22,1	22,1	0,0
Paciência	21,7	21,3	-0,4
Praia Brava	22,3	21,9	-0,4
Ressacada	21,9	20,9	-1,0
Rio do Meio	22,3	22,1	-0,2
Rio Novo - Colônia Japonesa	23,1	24,1	1,0
Salseiros	22,7	23,9	1,2
Santa Regina	23,2	23,4	0,2
São João	24,6	27,5	2,9
São Judas	24,0	27,5	3,5
São Roque	23,1	24,0	0,9
São Vicente	24,2	28,0	3,7
Vila Operária	24,2	27,1	3,0

Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nas informações apresentadas acima, pode-se observar que a maioria das localidades experimentou um aumento na temperatura da superfície entre 1998 e 2018, indicado por valores positivos na coluna “Diferença mediana

(2018-1998) (°C)". Os bairros/localidades com o maior aumento na mediana de LST, acima de 3,0 °C, foram São Vicente, Barra do Rio, Cidade Nova, São Judas e Cordeiros. Já os bairros/localidades com as maiores reduções na mediana de LST, acima de 0,5 °C, foram Cabeçudas, Espinheiros, Limoeiro, Brilhante II e Ressacada. Diferentes fatores geográficos, urbanização, proximidade ao mar e outros aspectos locais podem ter contribuído para as mudanças térmicas observadas em cada região.

Ao comparar os resultados da Tabela 57 com as informações presentes na Figura 30, obteve-se que nos bairros/localidades São Vicente, Barra do Rio, Cidade Nova, São Judas e Cordeiros, no ano de 1998 a Área Urbanizada correspondia, em todos estes bairros/localidades à valores acima de 47%, enquanto que no ano de 2018 foi verificada que a Área Urbanizada aumentou para valores superiores à 70% em todos estes bairros/localidades. O tipo de uso e cobertura da terra intitulado Formação Florestal esteve ausente nestes bairros tanto na análise de 1998 quanto na análise de 2018.

A análise supracitada, trouxe também que nos bairros/localidades Cabeçudas, Espinheiros, Limoeiro, Brilhante II e Ressacada no ano de 1998 a Área Urbanizada correspondia, em todos estes bairros/localidades à valores abaixo de 14%, estando ausente no bairro/localidade Brilhante II, enquanto que no ano de 2018 foi verificada que a Área Urbanizada apresentou valores inferiores à 20% em todos estes bairros/localidades. Quanto ao tipo de uso e cobertura da terra Formação Florestal, nestes bairros/localidades, em 1998 foram encontrados valores superiores à 11,90% e em 2018 a Formação Florestal esteve presente em área acima de 48% dos bairros/localidades Cabeçudas, Espinheiros, Limoeiro, Brilhante II e Ressacada.

Na Tabela 58 estão os valores das medianas de temperatura da superfície por bairro/localidade para os anos de 1998 e 2018, considerando a divisão dos bairros e localidades utilizada nas análises para o ano de 2018 também para o ano de 1998, referente ao período mais quente de cada ano.

Tabela 58 – Comparação da mediana de temperatura da superfície no município de Itajaí do período mais quente de 1998 com a do período mais quente de 2018, por bairro/local, considerando a divisão de bairros e localidades utilizada nas análises do ano de 2018.

Bairro ou localidade	Mediana de LST – 18/01/1998(°C)	Mediana de LST – 11/12/2018(°C)	Diferença mediana (2018- 1998) (°C)
Arraial dos Cunha	35,7	34,1	-1,6
Baia	34,9	32,3	-2,6
Barra do Rio	43,2	40,5	-2,7
Brilhante	34,6	34,1	-0,5
Brilhante II	32,8	31,1	-1,7
Cabeçudas	36,1	30,1	-6,0
Campeche	35,3	35,4	0,1
Canhanduba	35,1	32,9	-2,2
Carvalho	36,0	35,3	-0,7
Centro	46,0	41,0	-5,1
Cidade Nova	39,7	42,6	2,8
Cordeiros	42,8	41,6	-1,2
Dom Bosco	43,1	41,3	-1,8
Espinheiros	34,7	31,7	-3,0
Fazenda	36,0	31,7	-4,2
Fazendinha	38,9	33,8	-5,1
Imaruí	38,7	35,1	-3,6
Itaipava	36,0	34,8	-1,2
KM12	35,9	35,1	-0,9
Laranjeiras	34,8	33,1	-1,7
Limoeiro	32,2	31,0	-1,2
Murta	37,2	34,2	-3,0
Nossa Senhora das Graças	36,1	32,9	-3,2
Paciência	34,7	32,1	-2,5
Praia Brava	36,1	31,4	-4,7
Ressacada	34,2	30,8	-3,3
Rio do Meio	34,9	32,6	-2,3
Rio Novo - Colônia Japonesa	36,0	33,7	-2,4
Salseiros	37,1	35,6	-1,5
Santa Regina	36,8	34,5	-2,3
São João	46,9	42,6	-4,3
São Judas	46,0	43,2	-2,8
São Roque	36,1	33,7	-2,4
São Vicente	43,4	44,0	0,7
Vila Operária	46,0	42,6	-3,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar as diferenças nas temperaturas da superfície entre os bairros/localidades entre os anos de 1998 e 2018, apresentadas na Tabela 58, pode-se observar uma variabilidade nos padrões de mudanças climáticas em diferentes regiões. Enquanto alguns bairros experimentaram um declínio substancial na temperatura, outros apresentaram um aumento leve ou até mesmo uma ligeira estabilidade térmica ao longo do período de duas décadas.

Uma observação geral é que a maioria dos bairros registrou uma diminuição nas temperaturas medianas entre as duas datas, para o período mais quente dos

anos 1998 e 2018, conforme indicado pelas diferenças mediana negativas. Esse resfriamento pode estar relacionado a diversos fatores, incluindo mudanças climáticas globais, alterações no uso da terra e características geográficas específicas.

A análise dos dados apresentados na Tabela 58 traz que os bairros/localidades que apresentaram aumento da mediana de LST entre 1998 e 2018 foram Cidade Nova, São Vicente e Campeche. Os bairros/localidades que apresentaram redução acima de 3 °C na sua mediana de LST, no período mais quente de 1998 a 2018, foram Nossa Senhora das Graças, Ressacada, Vila Operária, Imaruí, Fazenda, São João, Praia Brava, Centro, Fazendinha, Cabeçudas, sendo que o bairro/localidade Cabeçudas teve redução na sua mediana de LST de 6 °C. Isso pode ser explicado por fatores locais, como o crescimento urbano, alterações na cobertura do solo e a interação com sistemas climáticos regionais.

O estudo dos dados presentes na Figura 30, junto com os dados da Tabela 58, trazem que no ano de 1998, a Área Urbanizada presente no São Vicente e no Cidade Nova era superior à 47%, estando ausente no bairro/localidade Campeche. Já em 2018, a Área Urbanizada existente nestes bairros era superior à 72%, exceto no caso do bairro/localidade Campeche, onde passou a ser de 0,26%. Tanto em 1998 quanto em 2018, nos bairros/localidades Cidade Nova e São Vicente, estiveram ausentes o tipo de uso e cobertura do solo Formação Florestal e Silvicultura. O bairro/localidade Campeche apresentou aumento no seu LST, entretanto no período mais quente de 1998, a sua mediana de LST foi a 25º maior e em 2018 a sua mediana de LST foi a 11º maior.

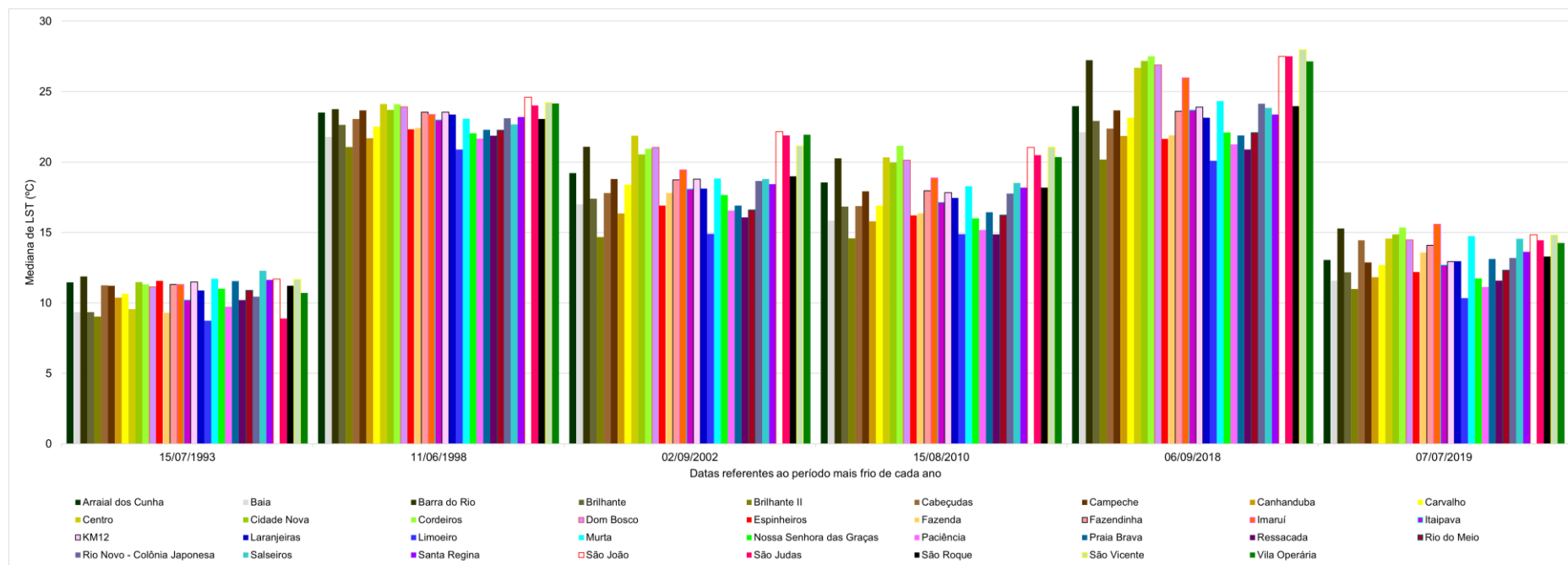
Quanto aos bairros/localidades com a redução da mediana de LST acima de 5,0 °C, quanto ao período mais quente de 1998 e 2018, tem-se os bairros Centro, Fazendinha e Cabeçudas. Em 1998, o bairro/localidade Centro era formado 83,25% de Área Urbanizada e o restante Rio, Lago e Oceano, já em 2018 este número passou para 83,39% (Área Urbanizada), 0,09 % para Outras Áreas não Vegetadas e o restante Rio, Lago e Oceano, entretanto, a sua mediana de LST continua acima de 40 °C em 2018, diferente dos bairros/localidades Fazendinha e Cabeçudas. Em 1998, o bairro/localidade Fazendinha tinha em seu território, quanto às maiores porcentagens, 42,08% Área Urbanizada, 33,73% Formação Florestal e 21,66% Mosaico de Usos, passando em 2018 para 47,11% de Área Urbanizada, 37,66% de Formação Florestal e 15,22% de Mosaico de Usos. No ano de 1998, o

bairro/localidade Cabeçadas, quanto às maiores porcentagens, era 13,14% Área Urbanizada, 43,29% Formação Florestal e 26,90% Mosaico de Usos, passando para 16,80% de Área Urbanizada, 50,22% de Formação Florestal e 22,70% de Mosaico de Usos, ou seja, o aumento da Formação Florestal foi superior ao aumento da Área Urbanizada.

Em resumo, a Tabela 57 e a Tabela 58 revelam um panorama variado nas tendências de LST dos bairros/localidades em 1998 e em 2018. Enquanto muitos bairros experimentaram um resfriamento, alguns apresentaram aumentos leves nas temperaturas. Essas diferenças podem ser explicadas por uma combinação complexa de fatores climáticos locais e globais, bem como pela influência do desenvolvimento urbano. Essa análise reforça a necessidade de estudar as mudanças climáticas em escalas regionais e considerar as particularidades de cada localidade para compreender melhor os padrões climáticos e seus impactos no longo prazo.

Com relação à evolução das medianas da temperatura da superfície por bairros/localidades, a mesma está ilustrada na Figura 31, considerando o período mais frio de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019. A divisão dos bairros/localidades corresponde à divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

Figura 31 - Evolução da mediana da temperatura da superfície para os anos apresentados, por bairros/localidades conforme base utilizada para as análises referentes ao ano de 2018, período mais frio de cada ano apresentado.



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao observar a Figura 31, percebe-se que as medidas de temperatura da superfície no período mais frio de cada ano estudado, esteve em geral entre 10 °C e 30 °C, sendo observadas medianas de LST com valores inferiores à 10 °C na data 15/07/1993, entretanto acima de 8 °C.

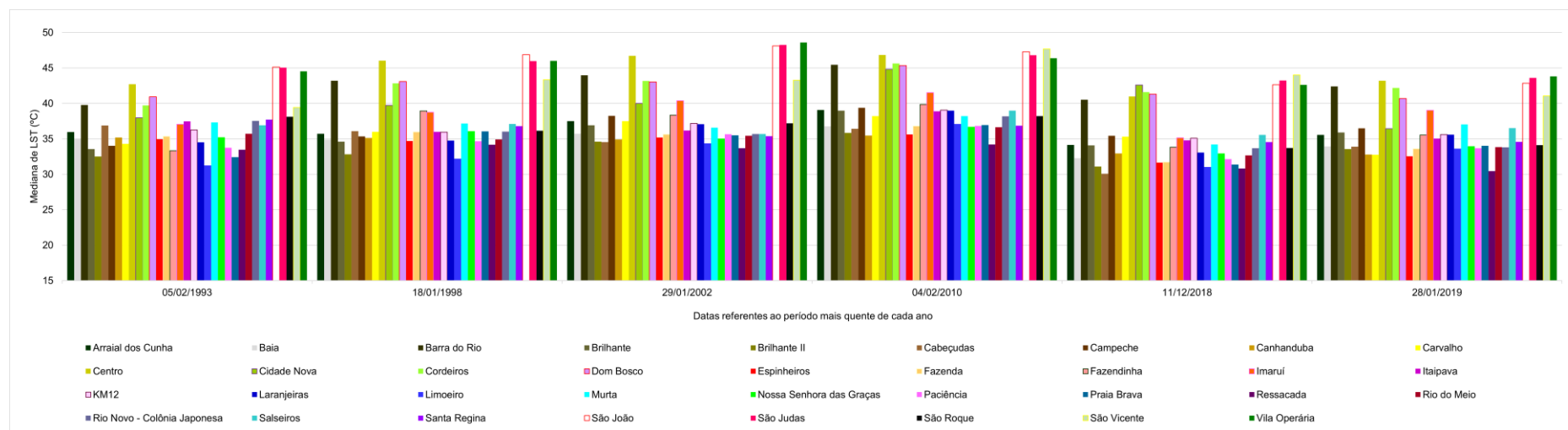
Entre os bairros/localidades apresentados na Figura 31, com uma tendência de aumento gradual na mediana da temperatura da superfície, destacam-se São Vicente e São João. Ambos apresentaram um crescimento consistente ao longo dos anos, sugerindo possíveis influências de fatores climáticos globais ou mudanças locais, como urbanização. São João registrou um

grande aumento, partindo de 11,7 °C em 15/07/1993 e atingindo 27,5 °C em 06/09/2018. De forma similar, São Vicente apresentou um incremento considerável, saindo de 11,7 °C em 15/07/1993 e chegando a 28,0 °C em 06/09/2018. Ambos os bairros/localidades tiveram diminuição da mediana de LST em 07/07/2019.

Em geral, observa-se uma flutuação entre as medianas de temperatura da superfície terrestre, sendo difícil identificar um padrão de crescimento, redução ou estabilização da variável LST para os períodos mais frios dos anos apresentados na Figura 31.

Com relação à evolução das medianas da temperatura da superfície por bairros/localidades considerando o período mais quente de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, a mesma está ilustrada na Figura 32. A divisão dos bairros/localidades corresponde à divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

Figura 32 – Evolução da mediana da temperatura da superfície para os anos apresentados, por bairros/localidades conforme base utilizada para as análises referentes ao ano de 2018, período mais quente de cada ano apresentado.



Fonte: Elaborado pela autora.

O gráfico presente na Figura 32 traz informações sobre a mediana de temperatura da superfície em diferentes datas para diversos bairros de Itajaí, e revela uma variedade de comportamentos climáticos ao longo do tempo. Percebe-se que, em geral, as medianas de temperatura da superfície no município de Itajaí aumentaram da data referente ao período mais quente do ano de 1993 à data referente ao período mais quente do ano de 2002, permanecendo, em geral, entre 30 °C e 50 °C.

A seguir está a análise da Figura 32, para os bairros/localidades Cidade Nova, São Vicente, Campeche, Cabeçudas, Canhanduba e Imaruí.

Uma tendência de aumento gradual na mediana da temperatura da superfície, foi observada nos bairros/localidades Cidade Nova, São Vicente e Campeche, por exemplo, sugerindo possíveis influências de fatores climáticos globais ou alterações locais, como urbanização. São Vicente se destacou com um aumento significativo, partindo de 39,4 °C em 05/02/1993 e atingindo 41,1 °C em 28/01/2019. Cidade Nova também registrou um incremento notável, saindo de 38,0 °C em 05/02/1993 e chegando a 42,6 °C em 11/12/2018, mas reduziu em 28/01/2019.

Imaruí apresentou flutuações na mediana da temperatura da superfície em diferentes datas. Em 05/02/1993, a mediana da temperatura da superfície em Imaruí foi registrada como 37,1 °C. Em 29/01/2002, houve um aumento para 40,4 °C. No entanto, em 11/12/2018, a mediana da temperatura da superfície caiu para 35,1 °C. Por fim, em 28/01/2019, a mediana da temperatura da superfície voltou a subir para 39,0 °C. Essa variação na mediana da temperatura da superfície indica que Imaruí não apresentou um crescimento linear e contínuo ao longo dos anos, mas sim flutuações.

Ao analisar os dados referentes à Cabeçudas e Canhanduba por exemplo, esses bairros/localidades também experimentaram flutuações, mas com uma tendência geral de redução na mediana da temperatura da superfície.

Essa análise da evolução das medianas de temperatura da superfície pode fornecer *insights* importantes para o entendimento das mudanças climáticas e suas consequências nos bairros e demais localidades do município de Itajaí.

A presente seção de Resultados e Discussão destaca a análise dos indicadores socioambientais nos diversos bairros da região em estudo. Abaixo pode-se observar a comparação entre a mediana do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI e a mediana da Temperatura da Superfície Terrestre – LST

referentes ao período mais quente do ano de 2018, bem como o valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes (com e sem rendimento), sendo este a média ponderada por bairro/localidade, e o número de pessoas alfabetizadas com 5 ou mais anos de idade, referentes ao Censo de 2010 (Tabela 59). Cada um desses indicadores forneceu *insights* importantes para compreender a dinâmica socioeconômica e ambiental de cada bairro/localidade analisado.

Tabela 59 – Dados socioambientais para o município de Itajaí, sendo NDVI e LST do período mais quente de 2018 e demais dados do Censo de 2010.

Bairro/localidade	Média - LST (°C)	Média - NDVI	Mediana - LST (°C)	Mediana - NDVI	Nº Domicílios - V001	Nº Pessoas - V002	Rendimento nominal médio mensal (R\$) – V005	Pessoas Alfabetizadas com 5 anos ou mais – V001	% Alfabetização
Arraial dos Cunha	34,5	0,7	34,1	0,8	137	432	1353,38	382	0,88
Baia	33,1	0,8	32,3	0,8	92	292	1463,98	255	0,87
Barra do Rio	39,2	0,3	40,5	0,2	1103	3601	1327,96	3237	0,90
Brilhante	34,1	0,7	34,1	0,8	180	545	1360,21	471	0,86
Brilhante II	31,8	0,8	31,1	0,8	392	1296	1177,47	1107	0,85
Cabeçudas	30,7	0,7	30,1	0,8	302	864	6400,77	830	0,96
Campeche	35,4	0,7	35,4	0,7	96	309	1151,05	261	0,84
Canhanduba	33,4	0,7	32,9	0,8	284	994	1089,95	811	0,82
Carvalho	35,8	0,6	35,3	0,7	450	1483	2226,24	1351	0,91
Centro	39,4	0,2	41,0	0,2	3604	9754	2897,37	9303	0,95
Cidade Nova	41,8	0,4	42,6	0,3	5774	20051	1011,73	17231	0,86
Cordeiros	41,1	0,3	41,6	0,2	9841	31935	1307,94	28318	0,89
Dom Bosco	41,1	0,3	41,3	0,3	2207	6681	2019,24	6081	0,91
Espinheiros	33,1	0,7	31,7	0,7	1255	4169	1255,86	3613	0,87
Fazenda	33,5	0,6	31,7	0,8	4512	12962	2349,60	11876	0,92
Fazendinha	33,9	0,6	33,8	0,6	919	2795	2127,41	2528	0,90
Imaruí	35,3	0,4	35,1	0,2	672	2471	823,16	2034	0,82
Itaipava	35,3	0,6	34,8	0,7	1012	3345	1350,26	3034	0,91
KM12	35,4	0,7	35,1	0,8	36	116	1387,77	103	0,89
Laranjeiras	33,2	0,7	33,1	0,8	94	299	1216,02	257	0,86
Limoeiro	32,3	0,8	31,0	0,8	760	2577	1314,89	2177	0,84
Murta	33,8	0,4	34,2	0,4	1532	5288	1158,89	4466	0,84
Nossa Senhora das Graças	34,6	0,6	32,9	0,7	614	2138	1203,90	1980	0,93
Paciência	32,9	0,8	32,1	0,8	216	695	1186,69	610	0,88
Praia Brava	33,1	0,7	31,4	0,8	1412	4259	2191,83	3795	0,89
Ressacada	32,5	0,7	30,8	0,8	528	1569	3112,21	1416	0,90
Rio do Meio	33,5	0,7	32,6	0,8	713	2423	1143,82	2102	0,87
Rio Novo - Colônia Japonesa	33,9	0,7	33,7	0,8	94	331	874,63	301	0,91
Salseiros	41,0	0,5	35,6	0,5	433	1380	1249,72	1236	0,90
Santa Regina	41,0	0,5	34,5	0,5	1082	3525	1210,03	3046	0,86
São João	41,7	0,2	42,6	0,2	3968	11793	1707,26	10878	0,92
São Judas	42,5	0,2	43,2	0,2	1949	5855	1718,04	5442	0,93

São Roque	33,7	0,7	33,7	0,7	425	1354	1398,43	1190	0,88
São Vicente	43,1	0,3	44,0	0,2	9651	31174	1182,75	27510	0,88
Vila Operária	42,5	0,3	42,6	0,2	1235	3404	2309,44	3204	0,94

Fonte: Elaborado pela autora com dados do IBGE (2023b).

A análise das medianas do NDVI revelou padrões interessantes em relação à cobertura vegetal e à saúde da vegetação nos diferentes bairros/localidades. Bairros/localidades com valores mais altos de mediana do NDVI, como Brilhante II e Limoeiro, indicam uma presença significativa de vegetação saudável e possivelmente áreas verdes bem conservadas. Por outro lado, bairros/localidades com mediana do NDVI mais baixa, como Centro e São Judas, refletem menor cobertura vegetal e possíveis impactos ambientais relacionados à urbanização.

As medianas de LST ofereceram uma perspectiva complementar. Bairros/localidades com maiores valores de mediana de LST, como São Judas e São Vicente, apresentaram temperaturas mais elevadas na superfície terrestre na data 11/12/2018 provavelmente associado à urbanização e à menor presença de vegetação. Em contraste, bairros/localidades com mediana de LST mais baixa na data 11/12/2018, como Cabeçudas e Ressacada, indicam ambientes mais frescos, possivelmente influenciados pela maior cobertura vegetal ou proximidade de corpos d'água.

A análise do rendimento nominal médio mensal trouxe à tona considerações importantes sobre o cenário socioeconômico dos bairros/localidades. Bairros como Cabeçudas, Ressacada e Centro, com rendimento nominal médio mensal relativamente alto, evidenciam um ambiente socioeconômico favorável, com provável melhor acesso a serviços e infraestrutura. Em contrapartida, bairros/localidades como Rio Novo – Colônia Japonesa e Imaruí, com rendimento nominal médio mensal mais baixo, podem enfrentar desafios socioeconômicos, como desigualdades de renda e acesso limitado a serviços.

A quantidade de pessoas alfabetizadas com 5 anos ou mais emerge como um indicador importante para avaliar o desenvolvimento educacional de cada bairro. Bairros/localidades com altas taxas de alfabetização, como Cabeçudas e Centro, demonstram um ambiente propício ao desenvolvimento intelectual, com provável maior acesso a oportunidades educacionais. Por

outro lado, bairros com taxas de alfabetização mais baixas, como Canhanduba e Imaruí, podem enfrentar desafios educacionais, refletindo a necessidade de investimentos em educação e alfabetização.

A integração dos resultados dos indicadores NDVI, LST, rendimento nominal médio mensal e alfabetização revelou uma relação complexa e multidimensional entre fatores socioeconômicos e ambientais. Bairros com maior cobertura vegetal (maior mediana de NDVI) parecem estar associados a temperaturas mais baixas (menor mediana de LST), assim como observado nas análises separadas por ano, destacando a importância de estratégias de planejamento urbano sustentável para reduzir o efeito das prováveis Ilhas de Calor.

Além disso, observou-se uma tendência de bairros com maior rendimento nominal médio mensal também apresentarem maiores taxas de alfabetização. Esse achado sugere uma interdependência entre desenvolvimento socioeconômico e educacional. Assim, políticas que incentivem o crescimento econômico e a melhoria das oportunidades educacionais podem impulsionar o desenvolvimento integral das comunidades estudadas.

Por fim, essas análises detalhadas são fundamentais para orientar a formulação de políticas públicas mais eficientes e específicas para cada bairro. Estratégias que promovam o equilíbrio entre desenvolvimento socioeconômico e conservação ambiental, bem como a inclusão educacional, podem contribuir para a criação de comunidades mais resilientes, sustentáveis e igualitárias. No entanto, é importante ressaltar que estudos adicionais e análises mais aprofundadas podem aprimorar ainda mais a compreensão desses resultados e suas implicações para a região estudada.

4.7. Evolução da temperatura da superfície e classificação das Ilhas de Calor e de Frescor com base nos Padrões de Classificação Termal, para o período mais quente dos anos 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019

Na Figura 32 foi possível observar a evolução das medianas da temperatura da superfície por bairros/localidades considerando o período mais quente de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, com a divisão dos bairros/localidades correspondente à divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b).

A seguir são estabelecidas as Ilhas de Calor Forte, Ilhas de Calor Moderado e Ilhas de Frescor para o período mais quente dos anos de 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, de acordo com as medianas da temperatura da superfície por bairros/localidades nos bairros/localidades correspondentes à divisão presente no arquivo “Bairros e localidades (shapefile)” disponibilizado no site Geoltajai (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ, 2023b), e com base nos Padrões da Classificação Termal estabelecidos por Barros & Lombardo (2016).

No ano de 1993, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Centro, Dom Bosco, São João, São Judas, e Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: São Vicente, São Roque, Cidade Nova, Santa Regina, Rio Novo - Colônia Japonesa.
- Ilha Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Campeche, Canhanduba, Carvalho, Espinheiros, Fazenda, Fazendinha, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio.

No ano de 1998, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Barra do Rio, Centro, Cordeiros, Dom Bosco, São João, São Judas, São Vicente, Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: Cidade Nova, Fazendinha, Imaruí.
- Ilha de Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Cabeçudas, Campeche, Canhanduba, Carvalho, Espinheiros, Fazenda, Itaipava, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio Rio Novo - Colônia Japonesa, Santa Regina, São Roque.

No ano de 2002, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Barra do Rio, Centro, Cordeiros, Dom Bosco, São João, São Judas, São Vicente, Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: Cidade Nova, Imaruí.
- Ilha de Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia,

Brilhante, Brilhante II, Cabeçudas, Campeche, Canhanduba, Carvalho, Espinheiros, Fazenda, Fazendinha, Itaipava, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Murta, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio, Rio Novo - Colônia Japonesa, Salseiros, Santa Regina, São Roque.

No ano de 2010, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Barra do Rio, Centro, Cidade Nova, Cordeiros, Dom Bosco, São João, São Judas, São Vicente, Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: Imaruí.
- Ilha de Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Cabeçudas, Campeche, Canhanduba, Carvalho, Espinheiros, Fazenda, Itaipava, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Murta, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio, Rio Novo - Colônia Japonesa, Salseiros, Santa Regina, São Roque.

No ano de 2018, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Barra do Rio, Centro, Cidade Nova, Cordeiros, Dom Bosco, São João, São Judas, São Vicente, Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: Nenhum.
- Ilha de Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Cabeçudas, Canhanduba, Espinheiros, Fazenda, Fazendinha, Itaipava, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Murta, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio, Rio Novo - Colônia Japonesa, Santa Regina, São Roque.

No ano de 2019, foram classificados como

- Ilha de Calor Forte os bairros/localidades: Barra do Rio, Centro, Cordeiros, São João, São Judas, Vila Operária.
- Ilha de Calor Moderada os bairros/localidades: Imaruí.
- Ilha de Frescor os bairros/localidades: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Cabeçudas, Campeche, Canhanduba, Carvalho, Cidade Nova, Espinheiros, Fazenda, Fazendinha, Itaipava, KM12,

Laranjeiras, Limoeiro, Murta, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, Rio do Meio, Rio Novo - Colônia Japonesa, Salseiros, Santa Regina, São Roque.

Os bairros/localidades que estiveram sempre classificados como Ilha de Calor Forte, no período mais quente dos anos 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, foram: Centro, São João, São Judas, e Vila Operária; o que demonstra a constância destes bairros/localidades como locais classificados como Ilha de Calor Forte e reforça a necessidade da adoção de medidas para reduzir a temperatura da superfície destas áreas.

Já os bairros/localidades que estiveram sempre classificados como Ilha de Frescor, no período mais quente dos anos 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019, foram: Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Canhanduba, Espinheiros, Fazenda, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, e Rio do Meio.

Ao comparar com a Tabela 59, é possível perceber que o bairro/localidade que apresenta o maior rendimento nominal médio mensal, Cabeçudas, também é um dos bairros/localidades classificado como Ilha de Frescor no período mais quente dos anos 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019. Ainda sobre o rendimento nominal médio mensal, dos bairros/localidades com rendimento nominal médio mensal acima de R\$ 2.000,00, conforme Tabela 59, Ressacada, Fazenda, e Praia Brava permaneceram em todos os anos e períodos analisados neste item como Ilha de Frescor e os bairros/localidades Centro e Vila Operária permaneceram em todos os anos e períodos investigados neste item como Ilha de Calor Forte. Isso traz uma possível indicação de que nos bairros/localidades com Ilha de Frescor exista rendimento maior rendimento nominal médio mensal.

5. PRODUTO TÉCNICO E TECNOLÓGICO

5.1. PRODUTOS

- Ementa da disciplina de Geoprocessamento para análise de Ilhas de Calor, a ser ministrada como “Tópico Especial” no Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Instituto Federal de Santa Catarina IFSC. Consta no Apêndice D desta dissertação.

- Aulas da disciplina Geoprocessamento para análise de Ilhas de Calor, a ser ministrada como “Tópico Especial” no Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Instituto Federal de Santa Catarina IFSC. Declaração consta no Apêndice E desta dissertação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou, através do sensoriamento remoto e geoprocessamento, analisar dados de temperatura da superfície e NDVI para o município de Itajaí, com avaliação da relação destas variáveis com os bairros e localidades, bem como tipos de uso e cobertura da terra presentes na área de estudo, conforme anos analisados. Para os dados de LST, também foi verificada a relação com as diferentes cotas presentes no município de Itajaí e os trechos de massa d'água.

A análise dos resultados dos indicadores NDVI, LST, rendimento nominal médio mensal e alfabetização, trouxe uma relação complexa e multidimensional entre fatores socioeconômicos e ambientais. Bairros/localidades como Cabeçudas e Ressacada, com os maiores valores de rendimento nominal médio mensal, também apresentaram as menores medianas de LST, bem como estão entre os bairros com os maiores valores de NDVI (0,8), conforme análise considerando o período mais quente de 2018 e os dados do Censo de 2010, o que sugere uma possível relação entre bairros/localidades frescos e rendimentos mais elevados. O bairro/localidade Cabeçudas também apresentou o maior percentual de pessoas alfabetizadas, com base na análise feita com os dados do Censo de 2010. Cabe salientar que os bairros/localidades Cabeçudas de Ressacada apresentam morrarias, o que pode influenciar na temperatura da superfície.

Já o bairro/localidade Imaruí, apresentou no Censo de 2010 o menor valor de rendimento nominal médio mensal, está entre os bairros/localidades com o menor valor de NDVI (0,2) e apresentou a 14ª maior mediana de LST, considerando a análise do período mais quente de 2018. Logo, sugere-se enfoque neste bairro/localidade nas ações do poder público, com o intuito de melhorar estes indicadores.

Quanto aos dados de reanálise, a questão da correlação entre os dados observados e o produto da reanálise ser tão alta, aliado à associação estatisticamente significativa entre a variável resposta (produto da reanálise) e o termo (dados observados), embasa a decisão de utilizar o produto da reanálise MERRA-2 para preencher lacunas quando se analisa a temperatura de municípios semelhantes à Itajaí-SC, especialmente quando se almeja estudar um horizonte temporal superior à data de início da coleta de dados observados na localidade.

No que diz respeito à busca de imagens, a dificuldade maior esteve em

encontrar imagens sem nuvens na área de estudo, o que pode estar relacionado com o fato de o município de Itajaí ser litorâneo, bem como à procura de imagens em datas próximas ao verão.

Ao analisar os valores de temperatura da superfície e de NDVI, para todos os anos e em todos os períodos analisados foi constatada correlação significativa negativa, com valor de R^2 de Spearman - ρ em módulo superior à 0,6. Quando considerado apenas os valores que estão dentro do intervalo de 0 a 1 de NDVI, foram obtidas correlações significativas fortes negativas em relação aos valores de temperatura da superfície, o que fornece indícios de que há relação entre a cobertura da vegetação e as condições dela quando comparada com a temperatura da superfície, sendo esta uma relação inversa, ressaltando a importância de estratégias de planejamento urbano sustentável para reduzir o efeito das prováveis Ilhas de Calor.

Sobre os valores de temperatura da superfície e os tipos de uso e cobertura da terra, a análise dos anos 1998 e 2018 trouxe que, independentemente do período do ano, seja ele o mais quente ou o mais frio, a Área Urbanizada esteve dentre os tipos de uso e cobertura da terra com o maior LST, podendo ser considerada uma Ilha de Calor, já os tipos Rio, Lago e Oceano, Formação Florestal e Silvicultura podem ser considerados as Ilhas de Frescor.

Nos resultados apresentados, foi indicada uma correlação negativa moderada, e forte no dia 06/09/2018, entre a temperatura da superfície terrestre e a altitude. A análise revelou uma associação estatisticamente significativa, destacando a importância da altitude no estudo das variações de temperatura.

Sobre a influência dos trechos de massa d'água, a temperatura da superfície diferiu da temperatura da superfície da água em todas as análises realizadas para os anos e períodos analisados, 1998 e 2018. Em todas as situações, considerando a temperatura da superfície da água e da superfície do solo em uma borda de 30 m e de 500 m, verificou-se que a temperatura da superfície da água foi a menor, enquanto a temperatura da superfície do solo na borda de 500 foi a maior.

Por fim, com base nos Padrões da Classificação Termal, os bairros persistentemente classificados como Ilha de Calor Forte no período mais quente dos anos 1993, 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019 incluem Centro, São João, São Judas, e Vila Operária. Esta constância destaca a necessidade de implementar medidas para mitigar a temperatura superficial nessas áreas. Em contraste, bairros/localidades

como Arraial dos Cunha, Baia, Brilhante, Brilhante II, Canhanduba, Espinheiros, Fazenda, KM12, Laranjeiras, Limoeiro, Nossa Senhora das Graças, Paciência, Praia Brava, Ressacada, e Rio do Meio estiveram nos mesmos anos, período mais quente, consistentemente categorizados como Ilha de Frescor. Intrigantemente, Cabeçudas, o bairro com o maior rendimento nominal médio mensal, também se destaca como uma Ilha de Frescor no período mais quente dos anos 1998, 2002, 2010, 2018 e 2019.

Como recomendação de trabalhos futuros, quanto à avaliação em relação aos indicadores sociais, ressalta-se a necessidade da realização de estudos mais aprofundados com dados mais recentes do Censo, uma vez que neste estudo foram utilizados dados referentes ao ano de 2010. Recomenda-se também: a realização deste estudo nos municípios vizinhos, para analisar se apresentam o mesmo comportamento observado em Itajaí; realizar a comparação dos valores da temperatura da superfície com os valores da temperatura do ar provenientes da reanálise do MERRA-2, para mais pontos na área de estudo; bem como analisar os critérios de absorção pelos diferentes tipos de cobertura e interação com o microclima, para o município de Itajaí.

7. CONCLUSÃO

Por conseguinte, este trabalho empregou técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, com abordagem multidimensional que apresentou relações entre as variáveis analisadas. Foram encontradas Ilhas de Calor e Ilhas de Frescor no município estudado, bem como foi validada a hipótese de que a existência de cobertura vegetal atenua a elevação da temperatura das cidades e promove o bem-estar da população.

A alta correlação entre os dados observados e o produto da reanálise MERRA-2, juntamente com a associação estatisticamente significativa, justifica o uso do produto da reanálise MERRA-2 para preencher lacunas de dados em estudos semelhantes a este, especialmente em análises de longo prazo. A questão das imagens com nuvens representou um desafio na elaboração dos mapas e análise dos dados, o que pode ser atribuído à localização litorânea de Itajaí.

Os resultados enfatizam a influência da cobertura vegetal na temperatura da superfície, destacando a importância de estratégias de planejamento urbano sustentável para mitigar ilhas de calor. A associação negativa entre a temperatura e

a altitude, bem como as diferenças entre a temperatura da superfície terrestre e da água, evidenciam a complexidade das variáveis ambientais analisadas.

Este estudo oferece *insights* valiosos para a compreensão das interações entre ambiente, sociedade e clima em Itajaí, fornecendo uma base para futuras intervenções e políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável e a adaptação às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

AKPINAR, Abdullah; BARBOSA-LEIKER, Celestina; BROOKS, Kerry R. Does green space matter? Exploring relationships between green space type and health indicators. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 20, p. 407-418, 2016.

ALCOFORADO, Maria João. Aplicação da climatologia ao planeamento urbanístico. Alguns apontamentos. **Finisterra**, v. 34, n. 67/68, 1999.

ALVES, Maikon Passos A; VANZ, Argeu; CRUZ, Gilsânia Souza; MARTARELLO, Kellen de Cássia B.K.; MONTEIRO, Anderson Nascimento; MISZINSKI, Joelma. Caracterização da forte onda de calor de 2014 em Santa Catarina. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 309-325, 2016.

ARNBERGER, Arne; ALLEX, Brigitte; EDER, Renate Eder, Martin Ebenberger, Anna Wanka, Franz Kolland, Peter Wallner, Hans-Peter Hutter. Elderly resident's uses of and preferences for urban green spaces during heat periods. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 21, p. 102-115, 2017.

ASSIS, Wilma de; BARROS, Felipe Pinto. O meio biofísico, o desenvolvimento e o bem-estar. REDE – **Revista Eletrônica do PRODEMA**.v. 2, 50-63. 2014.

AVDAN, Ugur; JOVANOVSKA, Gordana. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. **Journal of Sensors**, v. 2016, 2016.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo**(Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, mês. 2016. ISSN 2179-0892.

BEZERRA, P. E. S.; DE MORAES, E. T. I.; SOARES, I. R. da C. Análise da Temperatura de Superfície e do índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 70, n. 3, p. 803–818, 2018. DOI: 10.14393/rbcv70n3-45701. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/45701>. Acesso em 4 de jul. 2023.

BOSILOVICH, M. G.; LUCCHESI, R.; SUAREZ, M. **MERRA-2: File Specification**. GMAO Office Note No. 9 (Version 1.1), 73 pp. 2016. Disponível em: <http://gmao.gsfc.nasa.gov/pubs/office_notes>. Acesso em 29 de dez. 2023.

BRASIL. **Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC e dá outras providências. Publicado no DOU - Edição Extra de 29/12/2009 (p. 109, col. 2).

CAO, X.; ONISHI, A.; CHEN, J.; IMURA, H. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. **Landscape and urban planning**, v. 96, n. 4, p. 224-231, 2010.

CASTRO, Allison Reynaldo da Costa. **Aplicação de sensoriamento remoto na análise espaço-temporal das ilhas de calor e ilhas de frescor urbanas no município de Belém - Pará, nos anos de 1997 e 2008**. 2009. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Belém, 2009. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

CASTRO, B. de O. S.; SARTORI, A. A. da C.; SOUZA, F. L. P. de; BENITES, L. A. Capítulo 9: Correlação espacial dos índices de vegetação (NDVI, NDWI e EVI) de imagem LANDSAT-8 com atributos do solo. p. 105-116. *In*: PIMENTEL, A. dos S. *et al.* **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2** [recurso eletrônico]. v.2. Organizador Leonardo Tullio. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Disponível em: <<https://sistema.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/aplicacoes-e-principios-do-sensoriamento-remoto-2>>. Acesso em 25 de jan. 2023.

CENTER FOR EARTH SYSTEM RESEARCH AND SUSTAINABILITY [CEN]. **Atmosphere Reanalyses**. Universität Hamburg. Last update: 31 May 2021. Disponível em: <<https://www.cen.uni-hamburg.de/en/icdc/data/atmosphere/reanalysis-atmosphere.html>>. Acesso em 26 de abril. 2022.

CLIMATE PREDICTION CENTER. **Cold & Warm Episodes by Season**. 2023. Disponível em: <https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php>. Acesso em 17 de ago. 2023.

COELHO, T. V. N.; MORAES, L.; CAMPOS, R. F.; JR.-CARMO, L. C.; SILVEIRA, D. D.; MARCATO, A. L. M.; SANTOS, A. B. dos. Capítulo 10: Desenvolvimento de um vant do tipo quadrotor totalmente autônomo de alta precisão para sensoriamento remoto de áreas de vegetação por câmera multiespectral georreferenciada. p. 117-133. *In*: PIMENTEL, A. dos S. *et al.* **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2** [recurso eletrônico]. v.2. Organizador Leonardo Tullio. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Disponível em: <<https://sistema.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/aplicacoes-e-principios-do-sensoriamento-remoto-2>>. Acesso em 25 de jan. 2023.

COSTA, Iago Turba. **Clima e Crises Cardíacas nas Regiões de Saúde Entre Rios e Verdes Campos/RS**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, RS, 2020. 142 p.

CRUZ, Gilson Campos Ferreira da. Clima urbano e vegetação: o papel de uma área de mata na formação de uma ilha fria. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 12870-12888, 2021.

DE ABREU, Rafael C. *et al.* Contribution of anthropogenic climate change to April-May 2017 heavy precipitation over the Uruguay River Basin. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 2019.

DE BORTOLI, Letícia S.; STAPAIT, Camila C.; MARINOSKI, Deivis L.; FREDEL, Márcio C.; SCHABBACH, Luciana M. Determinação do Índice de Reflectância Solar

de Telhas Comercializadas na Região do Médio Vale do Itajaí–SC. **Cerâmica Industrial**, vol. 21, n. 4, p. 0, 2016.

DIVISÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS [DSR/INPE]. **LIDAR**. 2023. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/DSR/areas-de-atuacao/sensores-plataformas/lidar>>. Acesso em 5 de dez. 2023.

FAJERSZTAJN, Laís; VERAS, Mariana; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. Como as cidades podem favorecer ou dificultar a promoção da saúde de seus moradores?. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 07-27, 2016

FEIZIZADEH, Bakhtiar; BLASCHKE, Thomas. Examining urban heat island relations to land use and air pollution: Multiple endmember spectral mixture analysis for thermal remote sensing. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, v. 6, n. 3, p. 1749-1756, 2013.

GELARO, Ronald et al. The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). **Journal of Climate**, v. 30, n. 14, p. 5419-5454, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Agregados por Setores Censitários** – Downloads. 2023b. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em 23 de jul. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Itajaí – Panorama**. 2023c. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/itajai/panorama>>. Acesso em 11 de dez. 2023

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Malha de Setores Censitários** – Downloads. 2023a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html?=&t=downloads>>. Acesso em 28 de jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **SC Municípios 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>> . Acesso em 19 de abr. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA [INMET]. **Mapa das Estações**. 2021. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 10 de mai. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS [INPE]. **LANDSAT**. 2022. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat>>. Acesso em: 02 de set. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC]. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth**

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/longer-report/> >. Acesso em 22 de dez. 2023.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE [IPCC]. **IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate** [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press. 2019. Disponível em: < https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/12/SROCC_FullReport_FINAL.pdf >. Acesso em 10 de mai. 2021.

ITAJAÍ. **Lei Nº 5445, de 22 de dezembro de 2009**. Institui A Política Municipal De Abrandamento - Ecoitajaí/Créditos De Carbono - Contra Aquecimento Global E Dá Outras Providências.

JENSEN, J. R. **1949 – Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução José Carlos Neves Epiphany (coordenador).... [et al.]. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JIANG, Zhangyan *et al.* Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. **Remote sensing of environment**, v. 101, n. 3, p. 366-378, 2006.

KIM, Hongsuk H. Urban heat island. **International Journal of Remote Sensing**, v. 13, n. 12, p. 2319-2336, 1992.

LI, Z. L.; TANG, B. H.; WU, H.; REN, H.; YAN, G.; WAN, Z.; TRIGO, I. F. ; SOBRINO, J. A. Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. **Remote sensing of environment**, v. 131, p. 14-37, 2013.

LOMPAR, M; LALIĆ, B.; DEKIĆ, L.; PETRIĆ, M. Filling gaps in hourly air temperature data using debiased ERA5 data. **Atmosphere**, v. 10, n. 1, p. 13, 2019.

MEDEIROS, Jéssica Israele de; CAMPOS, Cláudia Guimarães Camargo; JESUS, Rodrigo Morche de. Aplicação de Sensoriamento Remoto para a Identificação das Ilhas de Calor Urbana de Superfície e do Índice de Desconforto de Kawamura nas Capitais dos Estados do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 07, p. 3518-3553, 2020.

MENDES, Juliana Vilardo; ARMOND, Nubia Beray; DA SILVA, Leonardo Caçadini Bizerra. Ilhas de calor urbanas de superfície, ondas de calor e de frio no município do Rio de Janeiro–RJ (2015-2019). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 133-155, 2022.

MILLS, Gerald. **The Climate of London by Luke Howard**. International Association for Urban Climate: 2006. Disponível em: < https://www.urban-climate.org/documents/LukeHoward_Climate-of-London-V1.pdf >. Acesso em 10 de mai. 2021.

MIOT, H. A. Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 17, p. 275-279, 2018.

MORAES, Adão de Souza; MARENZI, Rosemeri Carvalho; LONGARETE, Camila. Percepção de atores sociais de Itajaí (SC) a respeito das variações climáticas, com foco nas Inundações. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 35, 2015.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil**: elementos para uma Geografia do litoral brasileiro. São Paulo: Annablume, 2007.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation in medical research. **Malawi Med J**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

MYINT, S.W.; WENTZ, E.A.; BRAZEL, A.J.; QUATTROCHI, D.A. The impact of distinct anthropogenic and vegetation features on urban warming. **Landscape ecology**, v. 28, p. 959-978, 2013.

NAÇÕES UNIDAS. **11 Cidades e Comunidades Sustentáveis**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods11/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION [NASA]. **LANDSAT 7**. 2023a. Disponível em: < <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-7/>>. Acesso em: 21 de jul. 2023.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION [NASA]. **LANDSAT 9**. **National Aeronautics and Space Administration**, Greenbelt. 2022. Disponível em: <<https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/>>. Acesso em: 02 de set. 2022.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION [NASA]. **POWER Single Point Data Access**. 2023b. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acesso em: 09 de jul. 2023.

NOVA, Raquel Arcoverde Vila; GONÇALVES, Rodrigo Mikosz; LIMA, Fábio Vinícius Marley Santos. Análise Temporal de Ilhas de Calor Através da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação em Recife-PE, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 598-614, 2021.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes; PONZONI, Flávio Jorge. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos: DPI INPE, 2001. 68 p.

OLIVEIRA, Diego Alves de; ROSA, Roberto. Temperatura de superfície obtida com técnicas de geoprocessamento. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JR, V. P. da; MASSIGNAM, A. M., PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F.V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PIRES, E. G.; FERREIRA JÚNIOR, Laerte Guimarães. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, XVII, p. 7421-7428, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ. **Após nova revisão, Município de Itajaí entrega Plano Diretor à Câmara de Vereadores**. 2023d. Disponível em: <<https://itajai.sc.gov.br/noticia/31277/apos-nova-revisao-municipio-de-itajai-entrega-plano-diretor-a-camara-de-veredores>>. Acesso em 26 de dez. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ. **Bairros e localidades (shapefile)**. 2023b. Disponível em: <<https://arcgis.itajai.sc.gov.br/geoitajai/plantacadastral/arquivos.html>>. Acesso em 7 de jul. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ. **Dados do Censo 2000 por Setor Censitário**. 2023a. Disponível em: <<https://www.itajai.sc.gov.br/d/156>>. Acesso em 6 de jun. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ. **História**. 2023c. Disponível em: <<https://itajai.sc.gov.br/c/historia>>. Acesso em 11 de dez. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 7.1 (1985-2021) da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil**, acessado em 8 de mai. 2023 através do link: <https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR>.

QIN, Zhihao; KARNIELI, Arnon; BERLINER, Pedro. A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from LANDSAT TM data and its application to the Israel-Egypt border region. **International journal of remote sensing**, v. 22, n. 18, p. 3719-3746, 2001.

QUADRO, Mario Francisco Leal de; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; HERDIES, Dirceu Luis; GONÇALVES, Luis Gustavo Gonçalves de. Análise climatológica da precipitação e do transporte de umidade na região da ZCAS através da nova geração de reanálises. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 152-162, 2012.

RIZWAN, Ahmed Memon; DENNIS, Leung YC; CHUNHO, L. I. U. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. **Journal of Environmental Sciences**, v. 20, n. 1, p. 120-128, 2008.

ROSA, M., SHIMBO, J.Z. & AZEVEDO, T. MapBiomass - Mapeando as transformações do território brasileiro nas últimas três décadas. p. 95-100. In: INSTITUTO DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO. Desafios do processo frente à crise ambiental: **VIII Simpósio de Restauração Ecológica**. Luiz Mauro Barbosa, Coord. São Paulo: Instituto de Botânica, 2019. 278p.

SANTA CATARINA. **Lei Nº 14.829, de 11 de agosto de 2009**. Institui a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina, e adota outras providências. Publicado no DO: 18.666 de 11/08/09.

SANTOS, Caio Floriano dos; TORNQUIST, Carmen Susana; MARIMON, Maria Paula Casagrande. Indústria das enchentes: impasses e desafios dos desastres socioambientais no Vale do Itajaí. **Geosul**, v. 29, n. 57, p. 197-216, 2014.

SANTOS, E. P. V. dos; MELO-JUNIOR, D. R. de; FAGUNDES-NETO, O. R.; BARRETO, T. W. G.; TAKAMATSU, P. H. T.; BELÉM, F. L. Capítulo 1: Análise da paisagem através de um sistema de informação geográfica um estudo de caso da cidade de Serra do Navio – AP. p. 1-13. *In*: PIMENTEL, A. dos S. *et al.* **Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2** [recurso eletrônico]. v.2. Organizador Leonardo Tullio. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. Disponível em: <<https://sistema.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/aplicacoes-e-principios-do-sensoriamento-remoto-2>>. Acesso em 25 de jan. 2023.

SEBRAE/SC. **Caderno de Desenvolvimento de Santa Catarina** – Itajaí. 2019. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/municipios/sc/m/Itajai%20-%20Cadernos%20de%20Desenvolvimento.pdf>>. Acesso em: 04 de jun. 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL [SDE]. **SIGSC Downloads**. 2023. Disponível em: <<http://sigsc.sc.gov.br/download/>>. Acesso em: 16 de jul. 2023.

SHEN, L.; LU, L.; HU, T.; LIN, R.; WANG, J.; XU, C. Homogeneity test and correction of daily temperature and precipitation data (1978–2015) in North China. **Advances in Meteorology**, v. 2018, p. 1-17, 2018.

SIEBERT, Claudia. Mudanças climáticas e resiliência urbana. **Anais do XV ENANPUR**. Recife: UFPE, 2013.

SILVA, Dayana Karina Correa da; MUZA, Michel Nobre. RELAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DIANTE DO CLIMA REGIONAL PRESENTE E FUTURO COM ENFOQUE NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE PARCELAMENTO DO SOLO NOS MUNICÍPIOS COSTEIROS DO CENTRO NORTE DE SANTA CATARINA. **Geosciences= Geociências**, v. 41, n. 04, p. 869-885, 2022.

SOBRINO, J. A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, J. C.; SÒRIA, G.; ROMAGUERA, M.; GUANTER, L.; MORENO, J.; PLAZA, A.; MARTÍNEZ, P. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. **IEEE transactions on geoscience and remote sensing**, v. 46, n. 2, p. 316-327, 2008.

SOUZA *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with LANDSAT Archive and Earth Engine - **Remote Sensing**, Volume 12, Issue 17, 10.3390/rs12172735. 2020.

STEWART, Iain Douglas. **Redefining the urban heat island**. 2011. Tese de Doutorado. University of British Columbia.

STOTT, Peter A. *et al.* Attribution of extreme weather and climate - related events. Wiley Interdisciplinary Reviews: **WIREs Climate Change**, v. 7, n. 1, p. 23-41, 2016.

STREUTKER, David R. Satellite-measured growth of the urban heat island of

Houston, Texas. **Remote Sensing of Environment**, v. 85, n. 3, p. 282-289, 2003.

SUN, Ying *et al.* Rapid increase in the risk of extreme summer heat in Eastern China. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 12, p. 1082-1085, 2014.

TOLEDO, J. A. M.; PEREIRA, B. C. V.; MATTIUZ, C. F. M.; AMBROSANO, M. N.; CÁSAIRES, M. C.; SILVA, A. G. T.; FERRAZ, M. V. History, landscape, and botanical report of a centenary square in Brazil. **Ornam. Hortic.**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 162-172, June 2021. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2447-536X2021000200162&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 9 de mai. 2021. Epub Apr 07, 2021. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v27i2.2266>.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [EPA]. **Reducing urban heat islands: Compendium of strategies**. 2008. Disponível em: <<https://www.epa.gov/heatlands/heat-island-compendium>>. Acesso em 10 de mai. 2021.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2019: Highlights**. 2019.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **EarthExplorer**. 2023b. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 5 de mai. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **Gap Phase Statistic Calculator**. 2023e. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/gap-phase-statistic-calculator>>. Acesso em 30 de mai. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **Landsat 4-7 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide**. 2021. Disponível em: <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/LSDS-1618_Landsat-4-7_C2-L2-ScienceProductGuide-v4.pdf>. Acesso em 08 de mai. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **Landsat 8-9 Collection 2 (C2) Level 2 Science Product (L2SP) Guide**. 2023c. Disponível em: <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/LSDS-1619_Landsat8-9-Collection2-Level2-Science-Product-Guide-v5.pdf>. Acesso em 08 de mai. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **Landsat Collection 2 Surface Temperature** - By Landsat Missions. 2023a. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-collection-2-surface-temperature>>. Acesso em 08 de mai. 2023.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY [USGS]. **Landsat Normalized Difference Vegetation Index** - By Landsat Missions. 2023d. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index>>. Acesso em 06 de jul. 2023.

VOOGT, James A.; OKE, Tim R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION [WMO]. **Technical Regulations. Basic Documents No. 2. Volume I – General Meteorological Standards and Recommended Practices**. 2019. 71 p. Disponível em: <https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10113>. Acesso em 10 de mai. 2021.

YANG, C.; HE, X.; WANG, R.; YAN, F.; YU, L.; BU, K.; YANG, J.; CHANG, L.; ZHANG, S. The effect of urban green spaces on the urban thermal environment and its seasonal variations. **Forests**, v. 8, n. 5, p. 153, 2017.

YANG, Zhiyuan *et al.* Using Landsat 8 data to compare percent impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of urban heat island effects in Connecticut, USA. **Environmental Earth Sciences**, v. 79, p. 1-13, 2020.

APÊNDICE A - ARTIGO(S) SUBMETIDO(S)

Artigo

CLAUDINO, Carla; HERDIES, Dirceu Luis; QUADRO, Mário Francisco Leal de; SALES-FILHO, Pedro Cardoso de. Validação da reanálise do MERRA-2 com dados observados: Estudo de caso de Itajaí-Santa Catarina. **Metodologias e Aprendizado**, v. 4, p. 106-111, 2021.

Estudos apresentados em eventos

CLAUDINO, Carla; SALES-FILHO, Pedro Cardoso de; HERDIES, Dirceu Luis; QUADRO, Mário Francisco Leal de. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E EVENTOS EXTREMOS: ESTUDO DE CASO DA REGIÃO DO VALE DO ITAJAÍ – SC. In: **III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**. 2020. Caxias do Sul: UCS. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/eventos/esbea-iii-encontro-sul-brasileiro-de-engenharia-ambiental-e-sanitaria/>>. Acesso em 18 de nov. 2021.

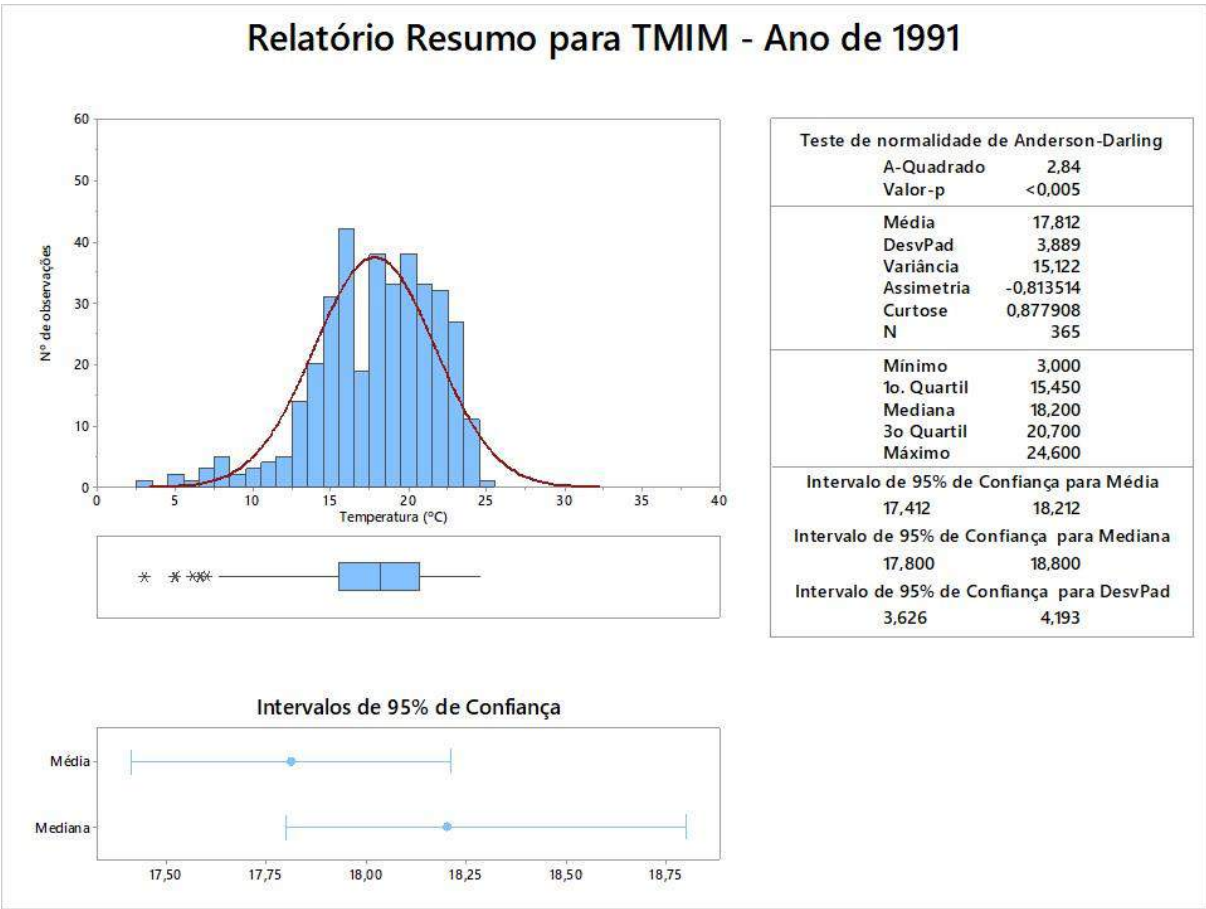
CLAUDINO, Carla; HERDIES, Dirceu Luis; QUADRO, Mário Francisco Leal de; SALES-FILHO, Pedro Cardoso de. CLIMATE CHANGES AND URBAN PLANNING: A CASE STUDY ON THE SOUTHERN COAST OF BRAZIL. In: **101ST AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY ANNUAL MEETING**. 2021. New Orleans: AMS. Disponível em: <<https://ams.confex.com/ams/101ANNUAL/meetingapp.cgi/Paper/383340>>. Acesso em 18 de nov. 2021.

CLAUDINO, Carla; SALES-FILHO, Pedro Cardoso de; HERDIES, Dirceu Luis; QUADRO, Mario Francisco Leal de Quadro. AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DE BALNEÁRIO CAMBORIÚ – SC UTILIZANDO MAPBIOMAS. In: ANAIS DO SIMPÓSIO EM CLIMA, ÁGUA, ENERGIA E ALIMENTOS - 2021, 2021, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <<https://proceedings.science/simclea-2021/papers/avaliacao-do-uso-e-ocupacao-do-solo-de-balneario-camboriu-----sc-utilizando-mapbiomas>> Acesso em 18 nov. 2021.

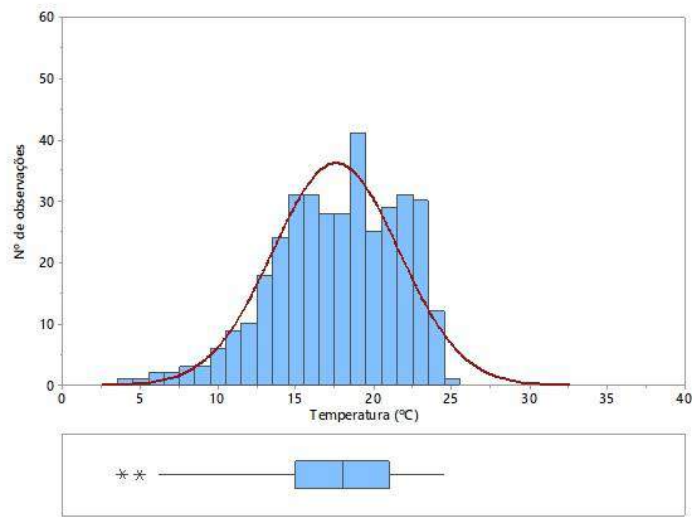
CLAUDINO, Carla; SALES-FILHO, Pedro Cardoso de; HERDIES, Dirceu Luis; QUADRO, Mario Francisco Leal de Quadro. Disponibilidade de Imagens LANDSAT para a região do município de Itajaí, SC, para análise de Ilhas de Calor. In: **XXI**

Encontro dos Alunos de Pós-Graduação em Meteorologia. 2022. Cachoeira Paulista: INPE. Disponível em: <<http://eventos.cptec.inpe.br/epgmet/programacao-2/>>. Acesso em: 30 de jan. 2023.

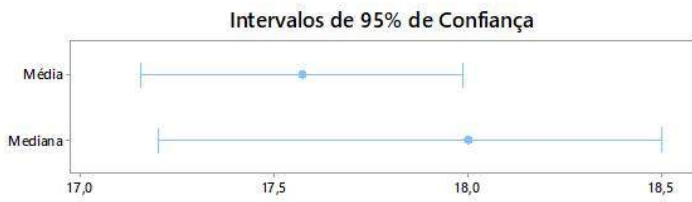
**APÊNDICE B – RESUMOS GRÁFICOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS
TEMPERATURAS MÍNIMAS DIÁRIAS, POR ANO, EM ITAJAÍ-SC**



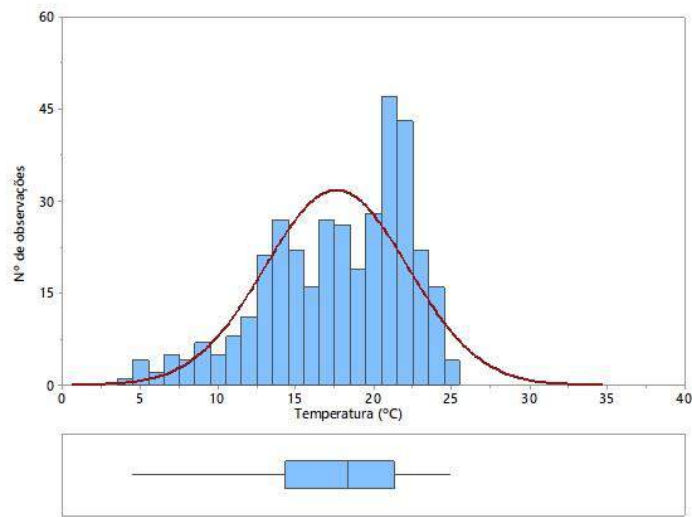
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1992



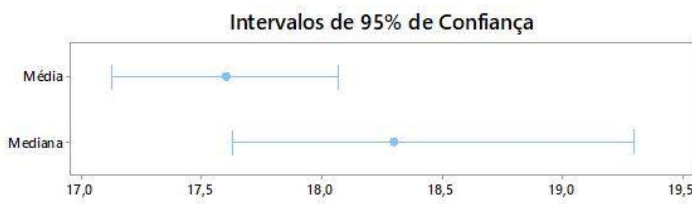
Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	2,22
Valor-p	<0,005
Média	17,570
DesvPad	4,040
Variância	16,318
Assimetria	-0,529492
Curtose	-0,060456
N	366
Mínimo	3,800
1o. Quartil	14,975
Mediana	18,000
3o Quartil	21,000
Máximo	24,500
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
17,154	17,985
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
17,200	18,500
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,767	4,355



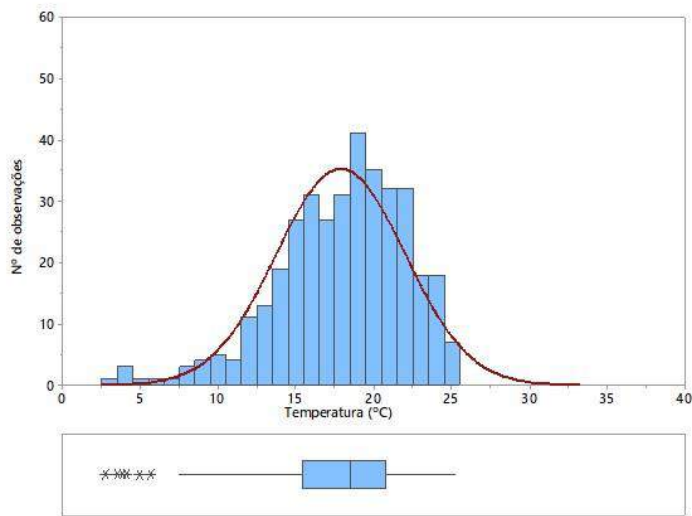
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1993



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	5,73
Valor-p	<0,005
Média	17,599
DesvPad	4,582
Variância	20,994
Assimetria	-0,701713
Curtose	-0,138936
N	365
Mínimo	4,400
1o. Quartil	14,300
Mediana	18,300
3o Quartil	21,300
Máximo	25,000
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
17,128	18,071
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
17,630	19,300
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
4,272	4,941



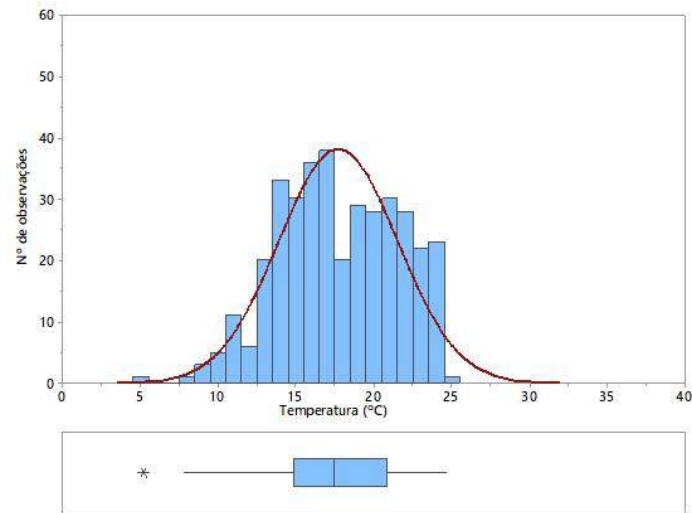
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1994



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	2,34
Valor-p	<0,005
Média	17,870
DesvPad	4,134
Variância	17,093
Assimetria	-0,795082
Curtose	0,895332
N	365
Mínimo	2,700
1o. Quartil	15,400
Mediana	18,500
3o Quartil	20,800
Máximo	25,300
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
17,445	18,296
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
17,830	18,900
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,855	4,458



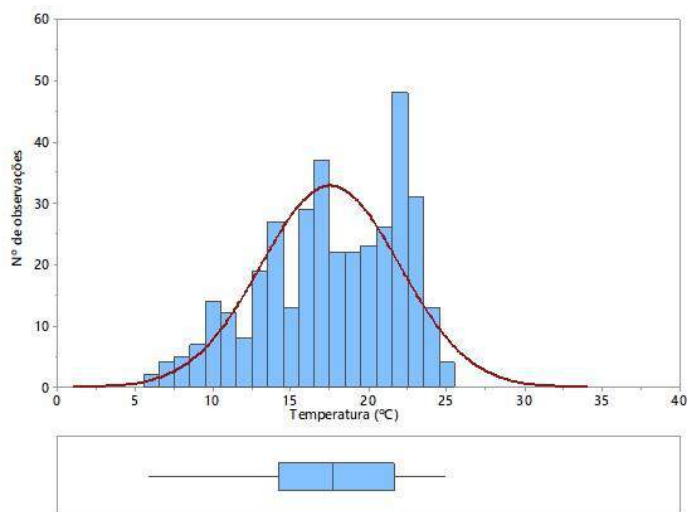
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1995



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	1,77
Valor-p	<0,005
Média	17,713
DesvPad	3,824
Variância	14,624
Assimetria	-0,165217
Curtose	-0,598948
N	365
Mínimo	5,200
1o. Quartil	14,850
Mediana	17,400
3o Quartil	20,850
Máximo	24,700
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
17,319	18,106
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
17,000	18,200
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,565	4,124



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1996



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,16
Valor-p < 0,005

Média 17,522
DesvPad 4,450
Variância 19,799
Assimetria -0,451234
Curtose -0,671407
N 366

Mínimo 5,800
1o. Quartil 14,200
Mediana 17,700
3o Quartil 21,600
Máximo 25,000

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,065 17,980

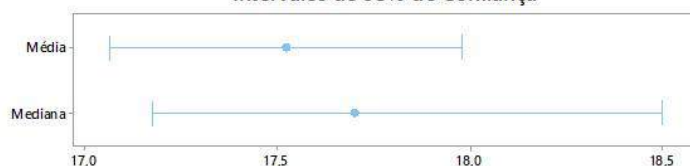
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,177 18,500

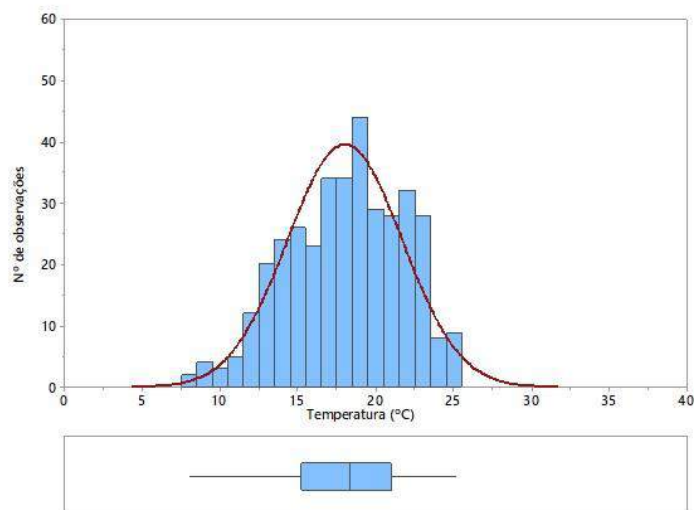
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,149 4,798

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1997



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,62
Valor-p < 0,005

Média 18,008
DesvPad 3,683
Variância 13,563
Assimetria -0,290133
Curtose -0,573888
N 365

Mínimo 8,000
1o. Quartil 15,250
Mediana 18,300
3o Quartil 21,000
Máximo 25,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,629 18,387

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,730 18,700

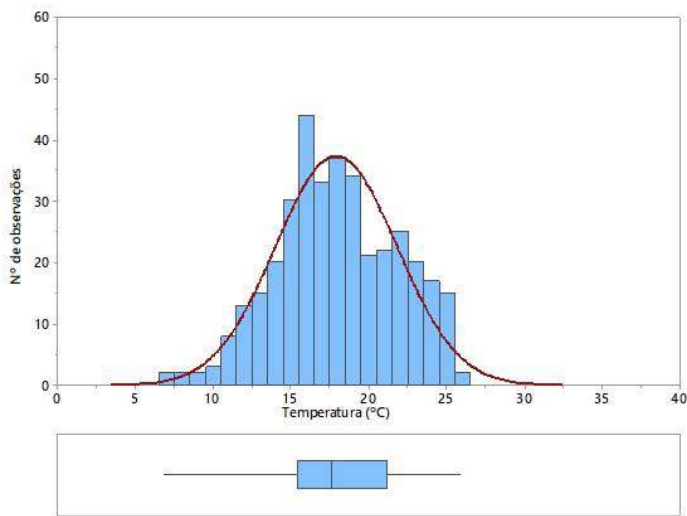
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,434 3,971

Intervalos de 95% de Confiança



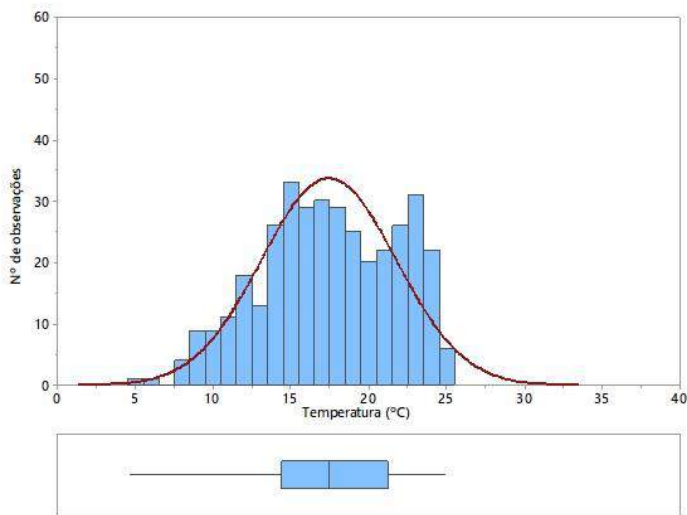
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1998



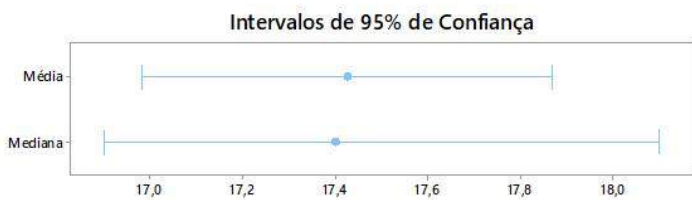
Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,97
Valor-p	0,015
Média	17,904
DesvPad	3,899
Variância	15,199
Assimetria	-0,085795
Curtose	-0,426760
N	365
Mínimo	6,800
1o. Quartil	15,400
Mediana	17,600
3o Quartil	21,150
Máximo	25,900
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
17,503	18,306
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
17,200	18,300
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,635	4,204



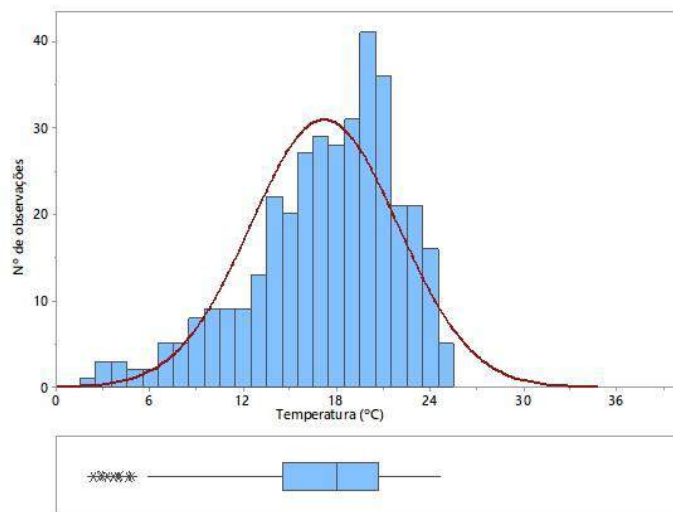
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 1999



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	2,02
Valor-p	< 0,005
Média	17,425
DesvPad	4,323
Variância	18,685
Assimetria	-0,249560
Curtose	-0,690260
N	365
Mínimo	4,600
1o. Quartil	14,350
Mediana	17,400
3o Quartil	21,250
Máximo	24,900
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
16,980	17,870
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
16,900	18,100
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
4,030	4,661



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2000



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,72
Valor-p <0,005

Média 17,201
DesvPad 4,730
Variância 22,374
Assimetria -0,843012
Curtose 0,419181
N 366

Mínimo 2,300
1o. Quartil 14,475
Mediana 18,000
3o Quartil 20,700
Máximo 24,700

Intervalo de 95% de Confiança para Média

16,714 17,687

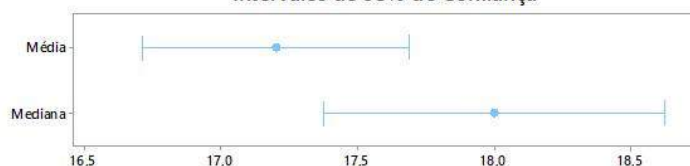
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,377 18,623

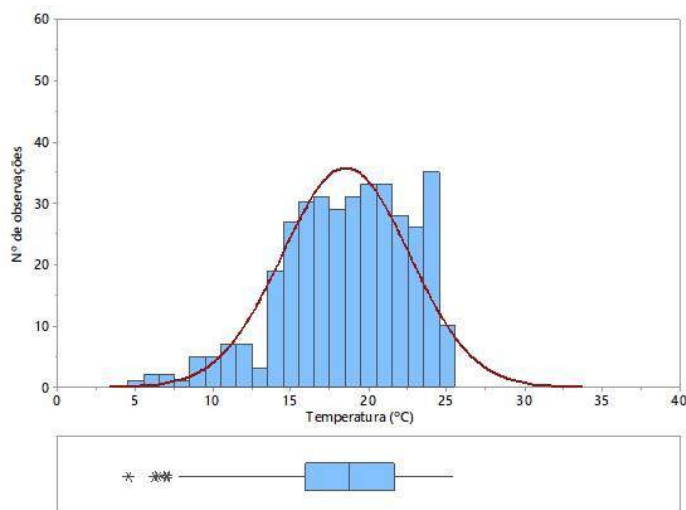
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,410 5,100

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2001



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,31
Valor-p <0,005

Média 18,524
DesvPad 4,078
Variância 16,627
Assimetria -0,615136
Curtose 0,154620
N 365

Mínimo 4,500
1o. Quartil 15,900
Mediana 18,800
3o Quartil 21,600
Máximo 25,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

18,104 18,944

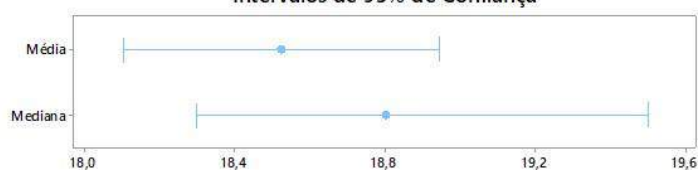
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,300 19,500

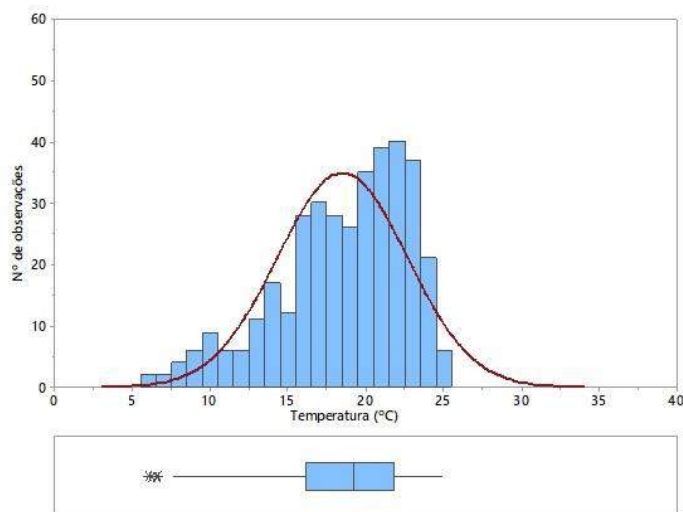
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,802 4,397

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2002



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	5,20
Valor-p	< 0,005

Média	18,489
DesvPad	4,172
Variância	17,406
Assimetria	-0,773593
Curtose	0,050218
N	365

Mínimo	6,000
1o. Quartil	16,100
Mediana	19,200
3o Quartil	21,800
Máximo	24,900

Intervalo de 95% de Confiança para Média

18,060	18,919
--------	--------

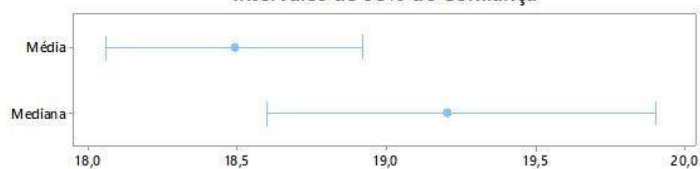
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,600	19,900
--------	--------

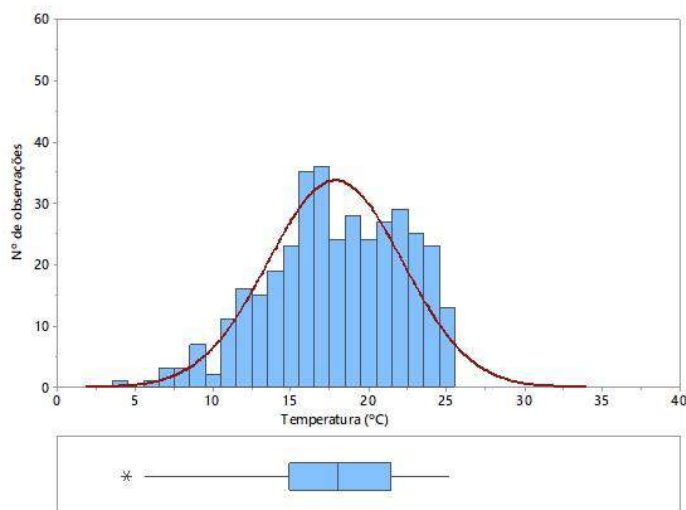
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,890	4,499
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2003



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	1,87
Valor-p	< 0,005

Média	17,852
DesvPad	4,324
Variância	18,698
Assimetria	-0,405553
Curtose	-0,361850
N	365

Mínimo	4,400
1o. Quartil	14,900
Mediana	18,000
3o Quartil	21,400
Máximo	25,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,407	18,297
--------	--------

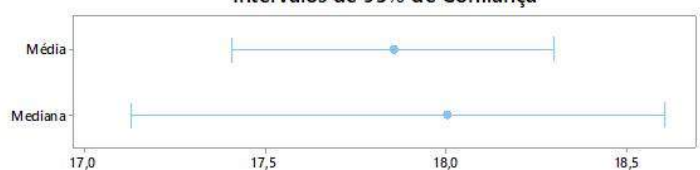
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,130	18,600
--------	--------

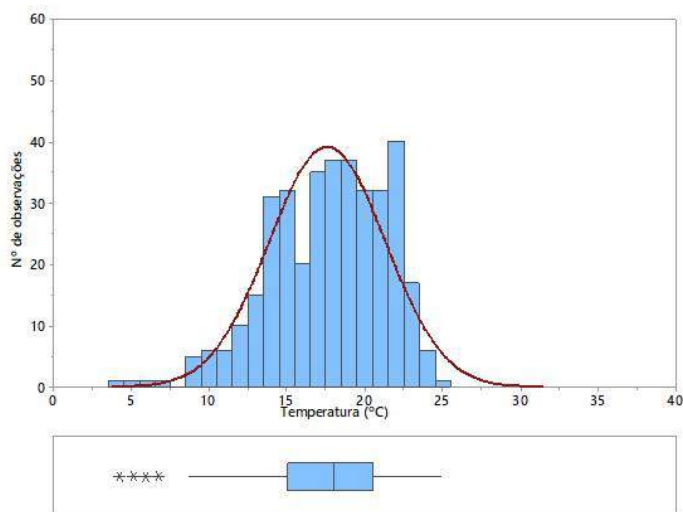
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,031	4,663
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2004



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,38
Valor-p <0,005

Média 17,586
DesvPad 3,727
Variância 13,893
Assimetria -0,598953
Curtose 0,160045
N 366

Mínimo 4,200
1o. Quartil 15,000
Mediana 18,000
3o Quartil 20,500
Máximo 25,000

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,203 17,969

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,477 18,500

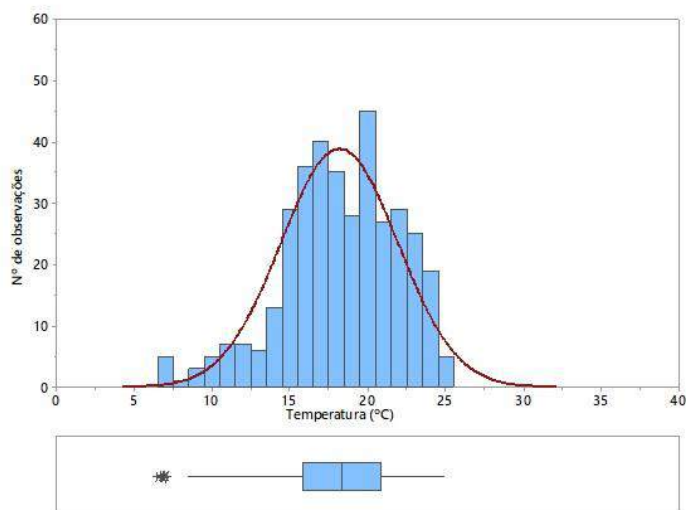
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,475 4,019

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2005



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,65
Valor-p <0,005

Média 18,177
DesvPad 3,747
Variância 14,043
Assimetria -0,577139
Curtose 0,257567
N 365

Mínimo 6,500
1o. Quartil 15,800
Mediana 18,300
3o Quartil 20,850
Máximo 25,000

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,792 18,563

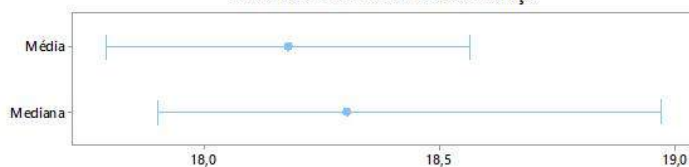
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,900 18,970

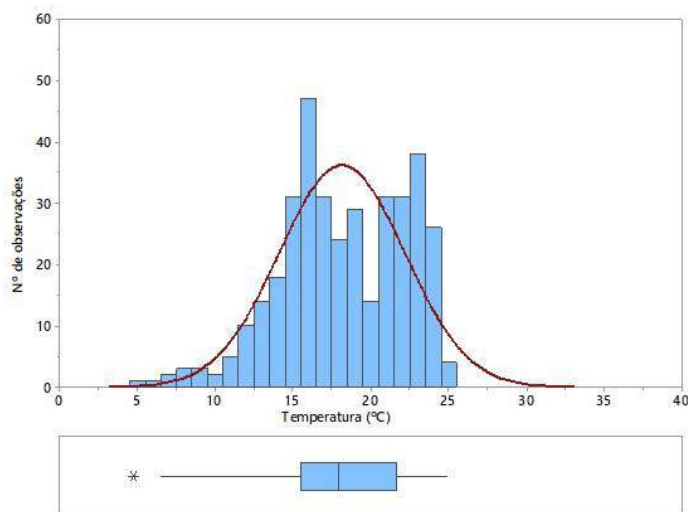
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,494 4,041

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2006



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 3,33
Valor-p < 0,005

Média 18,147
DesvPad 4,031
Variância 16,249
Assimetria -0,401127
Curtose -0,255362
N 365

Mínimo 4,700
1o. Quartil 15,500
Mediana 17,900
3o Quartil 21,700
Máximo 24,900

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,732 18,561

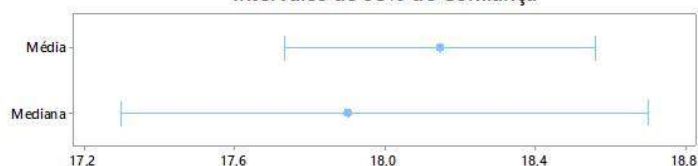
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,300 18,700

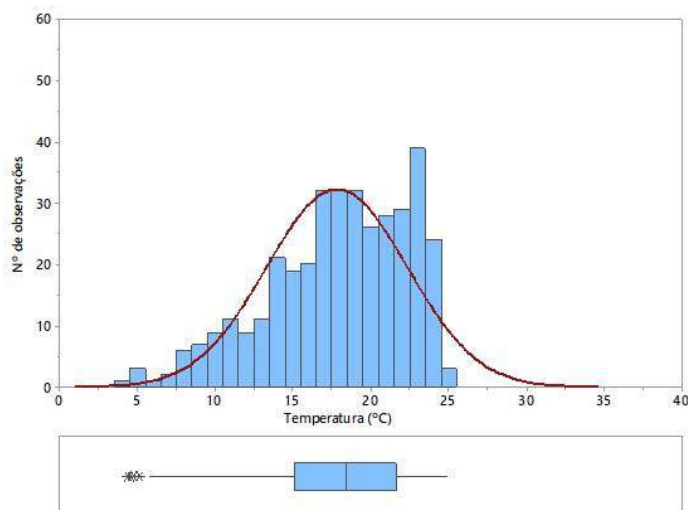
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,758 4,347

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2007



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,19
Valor-p < 0,005

Média 17,823
DesvPad 4,520
Variância 20,427
Assimetria -0,683704
Curtose -0,101766
N 365

Mínimo 4,300
1o. Quartil 15,100
Mediana 18,400
3o Quartil 21,600
Máximo 25,000

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,358 18,288

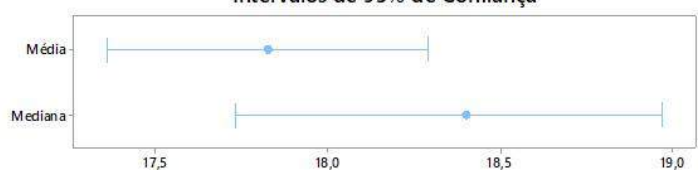
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,730 18,970

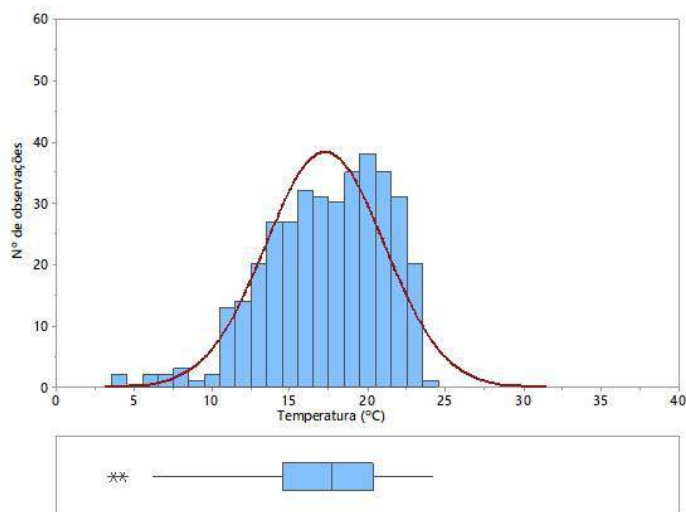
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,214 4,874

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2008



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,87
Valor-p <0,005

Média 17,255
DesvPad 3,810
Variância 14,513
Assimetria -0,628873
Curtose 0,167273
N 366

Mínimo 3,600
1o. Quartil 14,500
Mediana 17,700
3o Quartil 20,300
Máximo 24,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

16,864 17,647

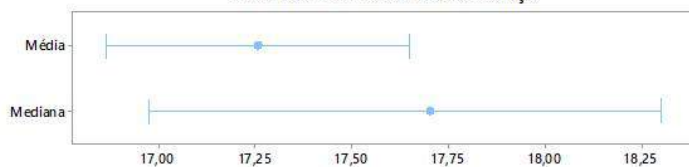
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

16,977 18,300

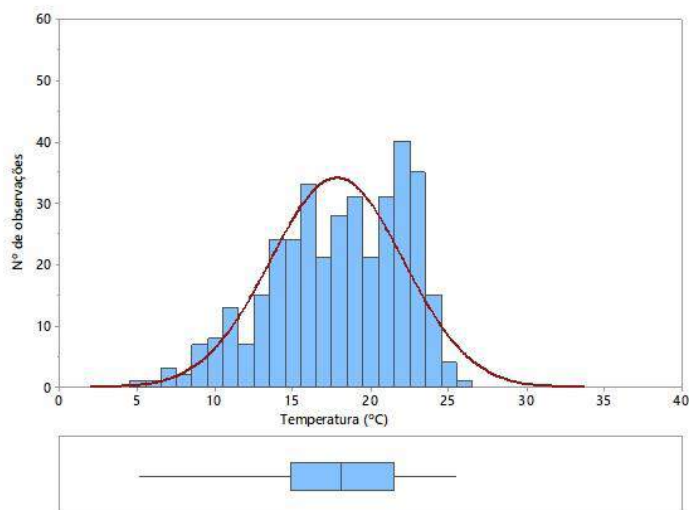
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,552 4,108

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2009



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 3,58
Valor-p <0,005

Média 17,819
DesvPad 4,268
Variância 18,214
Assimetria -0,506620
Curtose -0,456148
N 365

Mínimo 5,100
1o. Quartil 14,800
Mediana 18,100
3o Quartil 21,500
Máximo 25,500

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,380 18,258

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,600 18,900

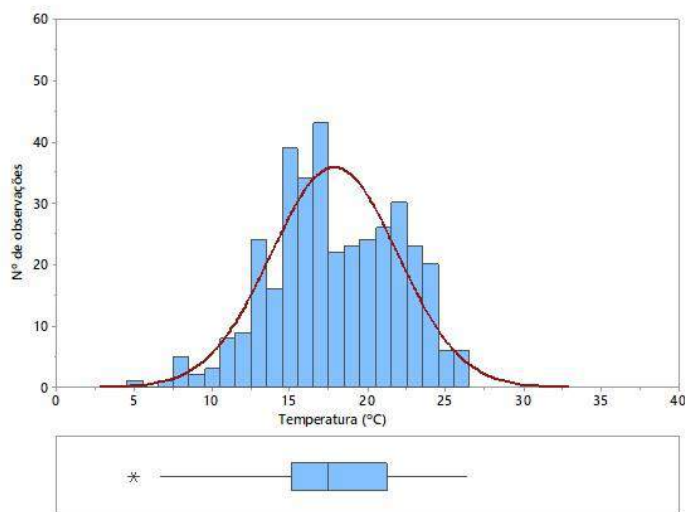
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,979 4,602

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2010



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,53
Valor-p < 0,005

Média 17,852
DesvPad 4,061
Variância 16,495
Assimetria -0,191646
Curtose -0,350033
N 365

Mínimo 4,900
1o. Quartil 15,100
Mediana 17,400
3o Quartil 21,250
Máximo 26,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,434 18,270

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

16,830 18,100

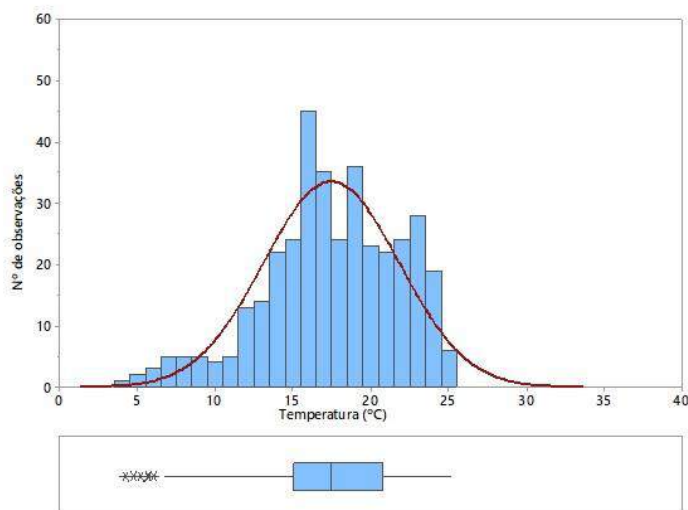
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,787 4,380

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2011



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,82
Valor-p < 0,005

Média 17,459
DesvPad 4,346
Variância 18,884
Assimetria -0,541790
Curtose 0,126546
N 365

Mínimo 4,200
1o. Quartil 15,000
Mediana 17,400
3o Quartil 20,800
Máximo 25,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,012 17,906

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

16,930 18,170

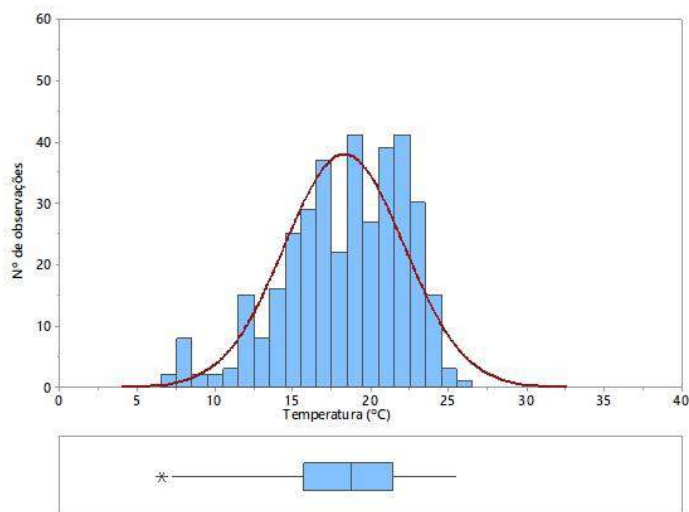
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,052 4,686

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2012



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 3,23
Valor-p < 0,005

Média 18,298
DesvPad 3,849
Variância 14,818
Assimetria -0,651050
Curtose 0,085525
N 366

Mínimo 6,500
1o. Quartil 15,700
Mediana 18,800
3o Quartil 21,400
Máximo 25,500

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,903 18,694

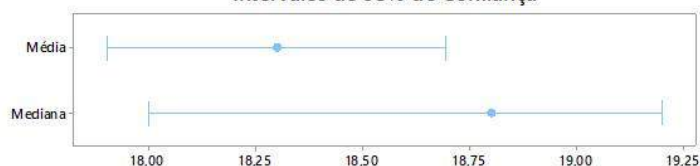
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,000 19,200

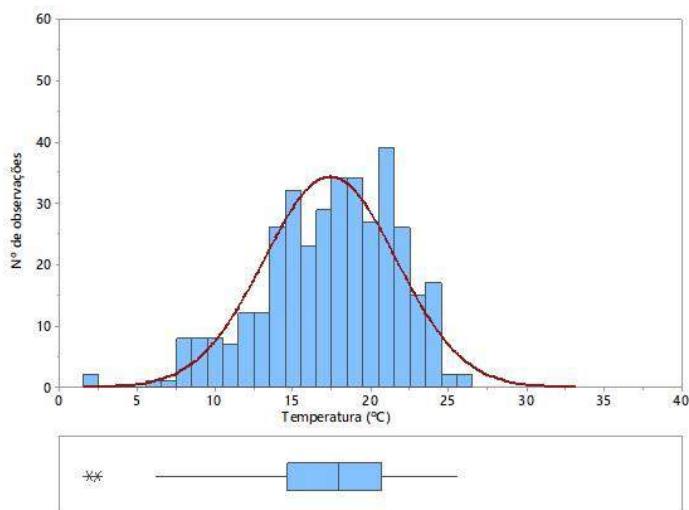
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,589 4,150

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2013



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,95
Valor-p < 0,005

Média 17,390
DesvPad 4,249
Variância 18,057
Assimetria -0,575661
Curtose 0,162952
N 365

Mínimo 1,900
1o. Quartil 14,650
Mediana 17,900
3o Quartil 20,700
Máximo 25,600

Intervalo de 95% de Confiança para Média

16,953 17,828

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

17,200 18,370

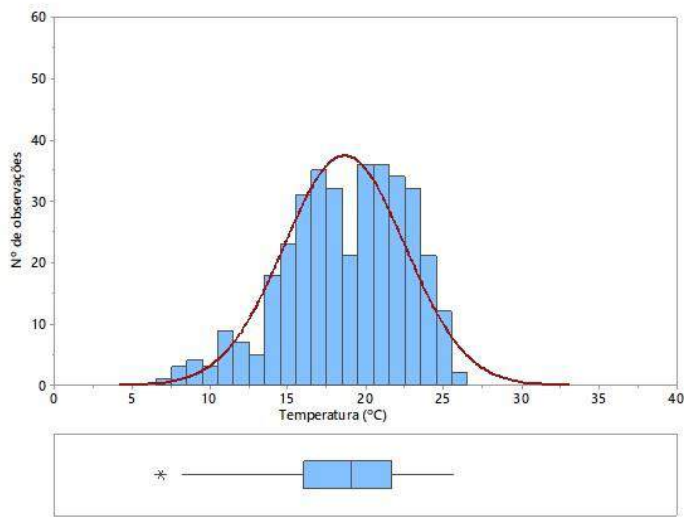
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,962 4,582

Intervalos de 95% de Confiança



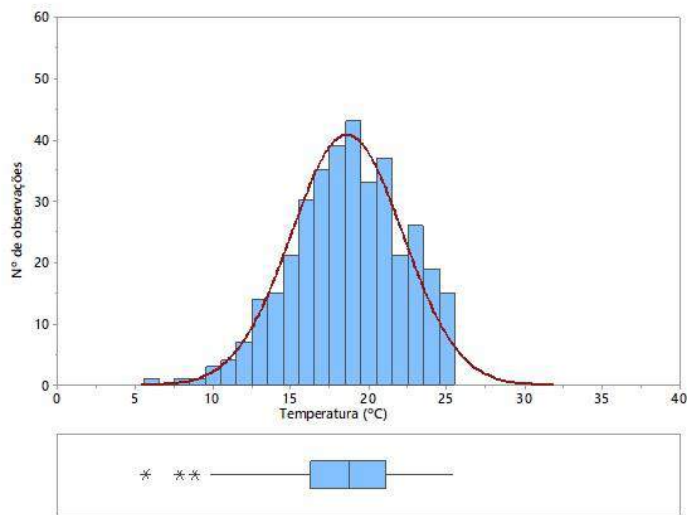
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2014



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	2,03
Valor-p	< 0,005
Média	18,632
DesvPad	3,893
Variância	15,156
Assimetria	-0,474877
Curtose	-0,209792
N	365
Mínimo	6,800
1o. Quartil	16,000
Mediana	19,000
3o Quartil	21,700
Máximo	25,700
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
18,232	19,033
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
18,100	19,800
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,630	4,198



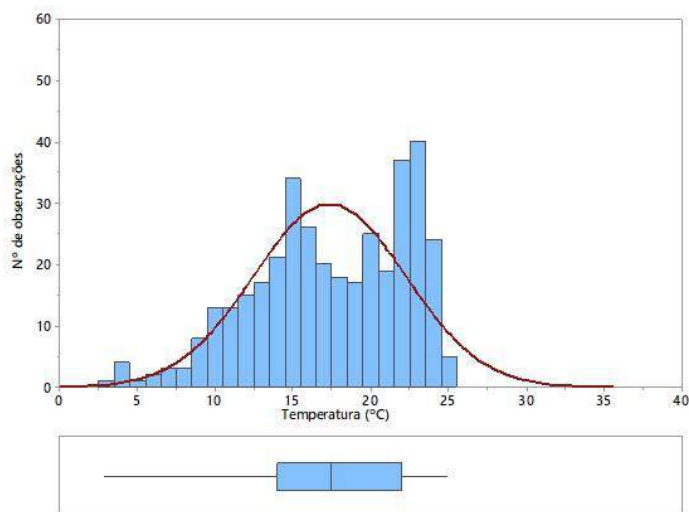
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2015



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,60
Valor-p	0,119
Média	18,600
DesvPad	3,568
Variância	12,729
Assimetria	-0,340604
Curtose	-0,028470
N	365
Mínimo	5,600
1o. Quartil	16,250
Mediana	18,700
3o Quartil	21,100
Máximo	25,400
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
18,232	18,967
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
18,200	19,100
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,326	3,847



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2016



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,54
Valor-p <0,005

Média 17,351
DesvPad 4,899
Variância 24,003
Assimetria -0,468054
Curtose -0,508730
N 366

Mínimo 2,800
1o. Quartil 13,975
Mediana 17,500
3o Quartil 22,000
Máximo 25,000

Intervalo de 95% de Confiança para Média

16,848 17,855

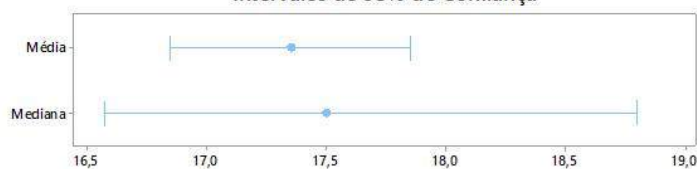
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

16,577 18,800

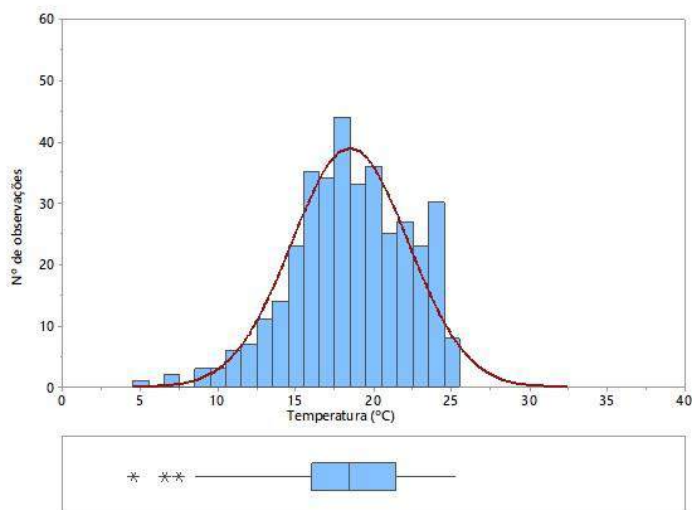
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,568 5,282

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2017



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,10
Valor-p 0,007

Média 18,473
DesvPad 3,745
Variância 14,023
Assimetria -0,457353
Curtose 0,190141
N 365

Mínimo 4,500
1o. Quartil 16,000
Mediana 18,400
3o Quartil 21,400
Máximo 25,300

Intervalo de 95% de Confiança para Média

18,087 18,858

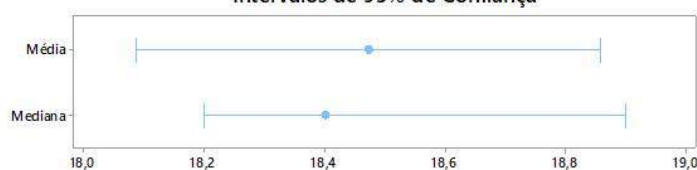
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,200 18,900

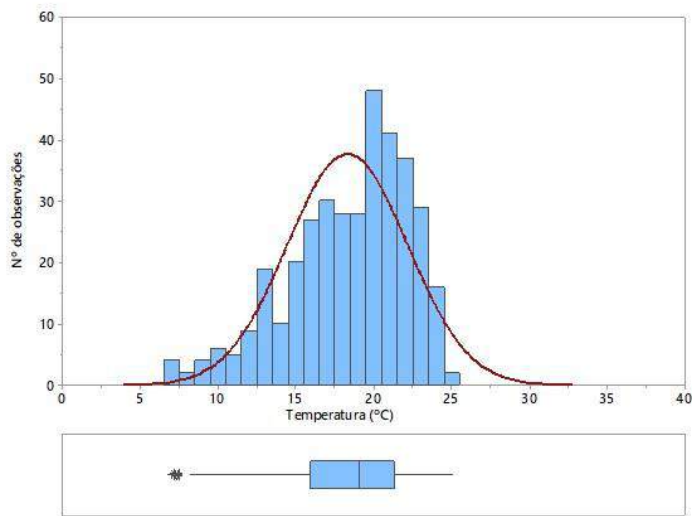
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,491 4,038

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2018



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,24
Valor-p < 0,005

Média 18,307
DesvPad 3,872
Variância 14,993
Assimetria -0,703381
Curtose -0,029033
N 365

Mínimo 7,100
1o. Quartil 15,900
Mediana 19,100
3o Quartil 21,300
Máximo 25,100

Intervalo de 95% de Confiança para Média

17,908 18,705

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,430 19,600

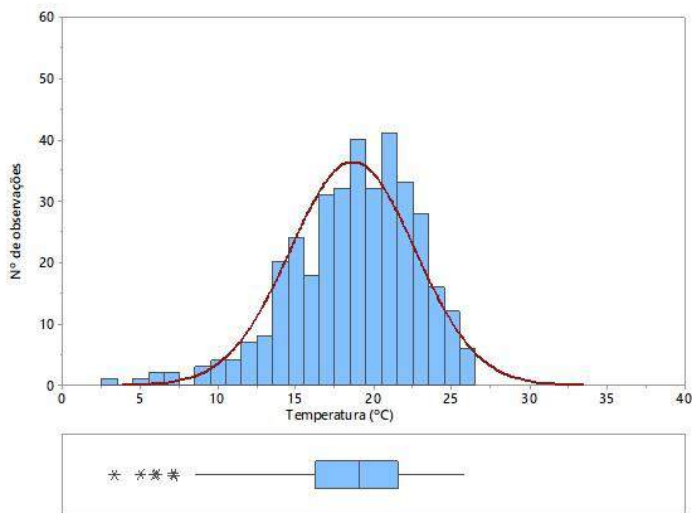
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,610 4,175

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2019



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,10
Valor-p < 0,005

Média 18,644
DesvPad 4,002
Variância 16,020
Assimetria -0,724634
Curtose 0,705593
N 365

Mínimo 3,300
1o. Quartil 16,250
Mediana 19,000
3o Quartil 21,550
Máximo 25,800

Intervalo de 95% de Confiança para Média

18,232 19,056

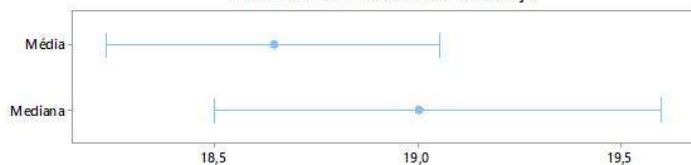
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

18,500 19,600

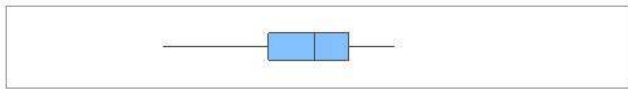
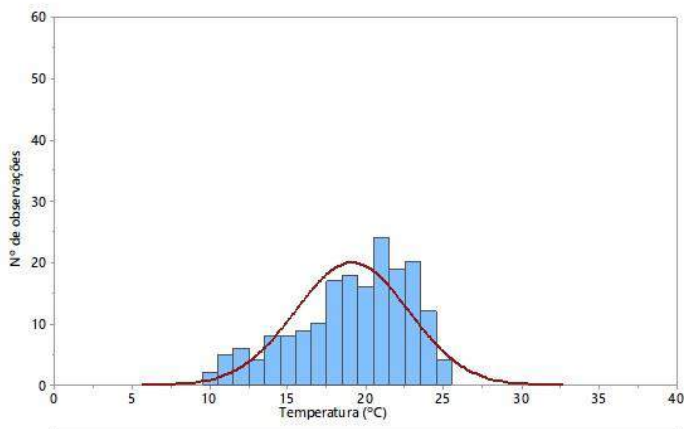
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,732 4,316

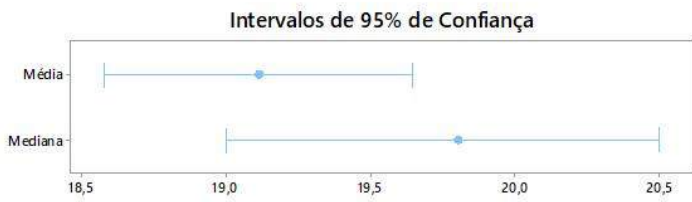
Intervalos de 95% de Confiança



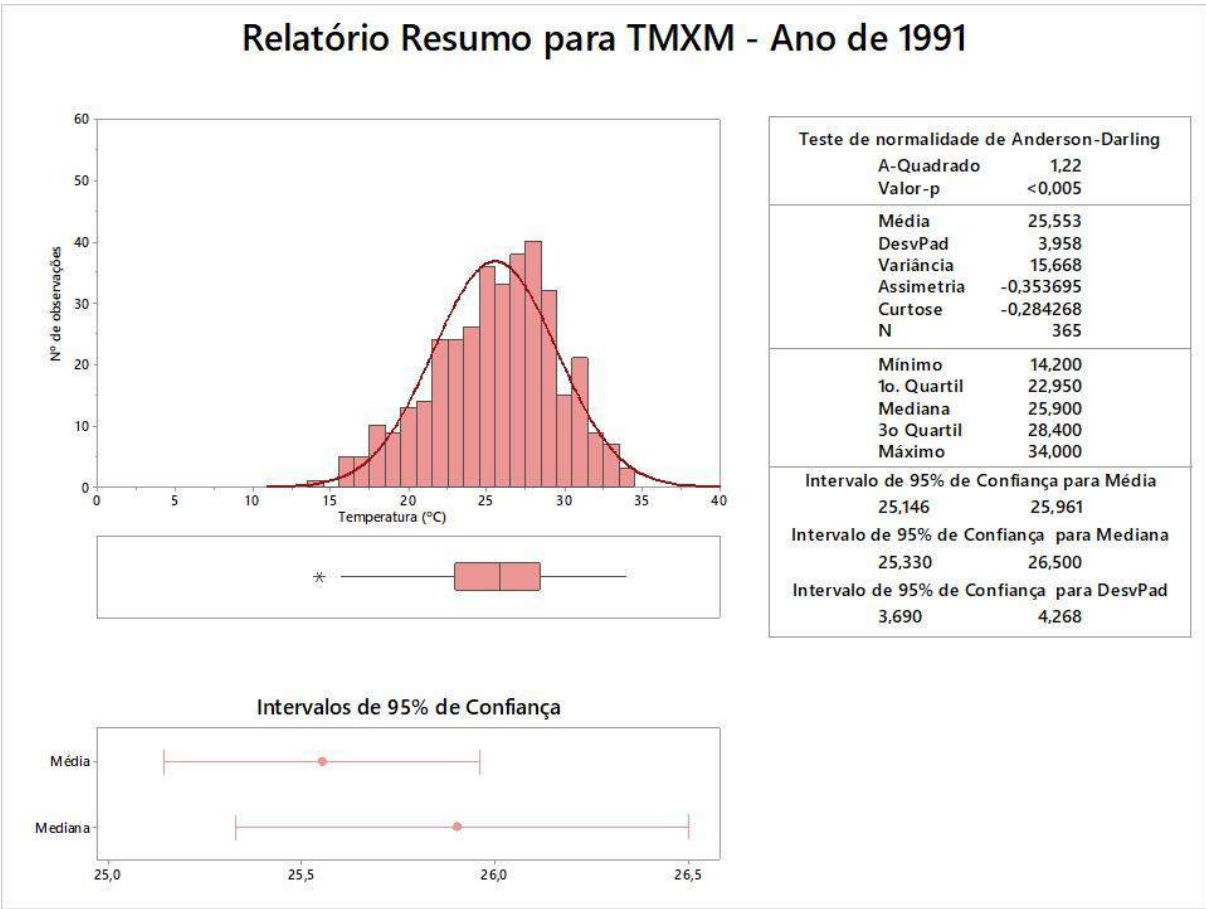
Relatório Resumo para TMIM - Ano de 2020



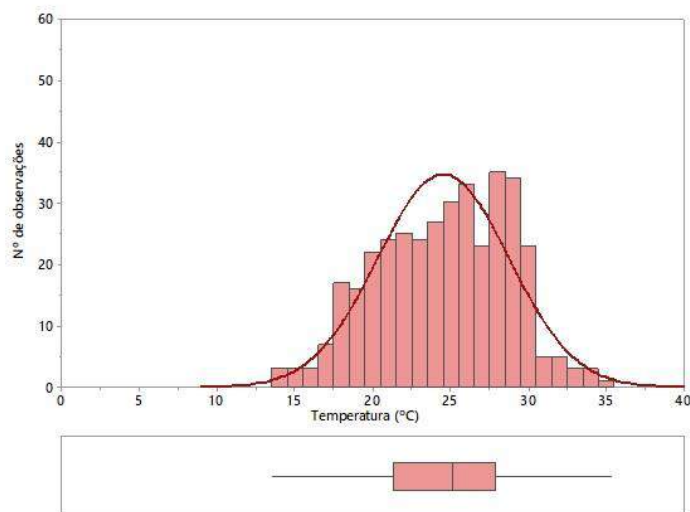
Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	2,26
Valor-p	<0,005
Média	19,111
DesvPad	3,644
Variância	13,281
Assimetria	-0,573585
Curtose	-0,488971
N	182
Mínimo	10,000
1o. Quartil	16,850
Mediana	19,800
3o Quartil	22,025
Máximo	25,000
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
	18,578 19,644
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
	19,000 20,500
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
	3,304 4,063



**APÊNDICE C – RESUMOS GRÁFICOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS DAS
TEMPERATURAS MÁXIMAS DIÁRIAS, POR ANO, EM ITAJAÍ-SC**



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1992



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,87
Valor-p <0,005

Média 24,533
DesvPad 4,211
Variância 17,729
Assimetria -0,197862
Curtose -0,604678
N 366

Mínimo 13,500
1o. Quartil 21,275
Mediana 25,100
3o Quartil 27,900
Máximo 35,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,100 24,965

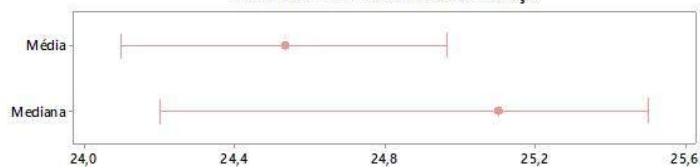
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,200 25,500

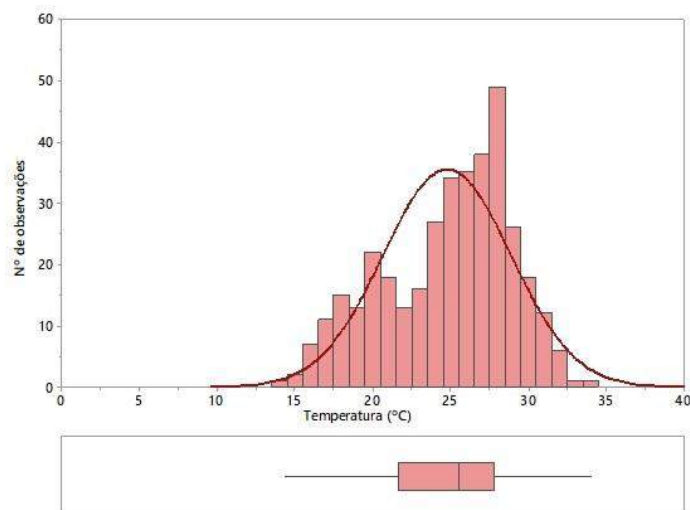
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,926 4,540

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1993



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 4,94
Valor-p <0,005

Média 24,770
DesvPad 4,105
Variância 16,854
Assimetria -0,463108
Curtose -0,592809
N 365

Mínimo 14,300
1o. Quartil 21,600
Mediana 25,500
3o Quartil 27,800
Máximo 34,100

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,347 25,192

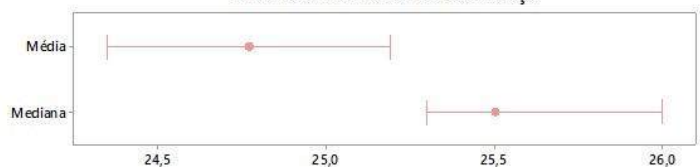
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,300 26,000

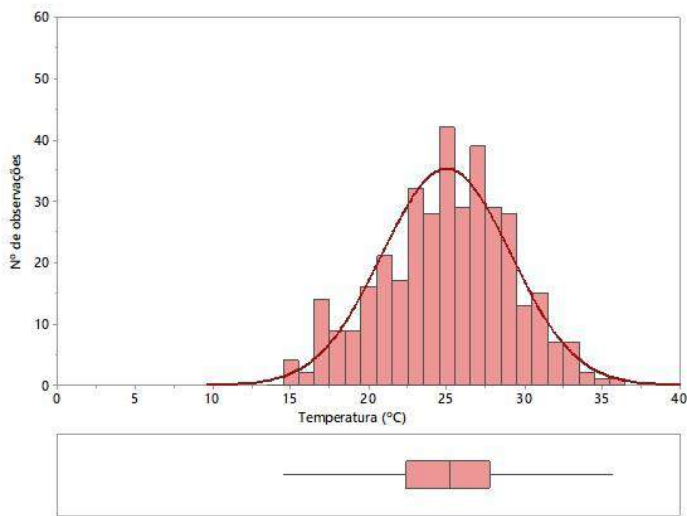
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,828 4,427

Intervalos de 95% de Confiança



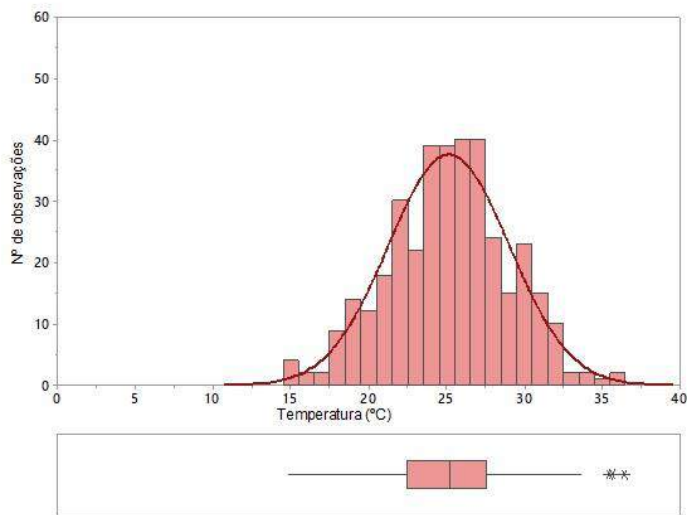
Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1994



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,88
Valor-p	0,025
Média	24,989
DesvPad	4,132
Variância	17,076
Assimetria	-0,220501
Curtose	-0,321501
N	365
Minimo	14,500
1o. Quartil	22,400
Mediana	25,200
3o Quartil	27,750
Máximo	35,700
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
24,564	25,415
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
24,700	25,800
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,853	4,456



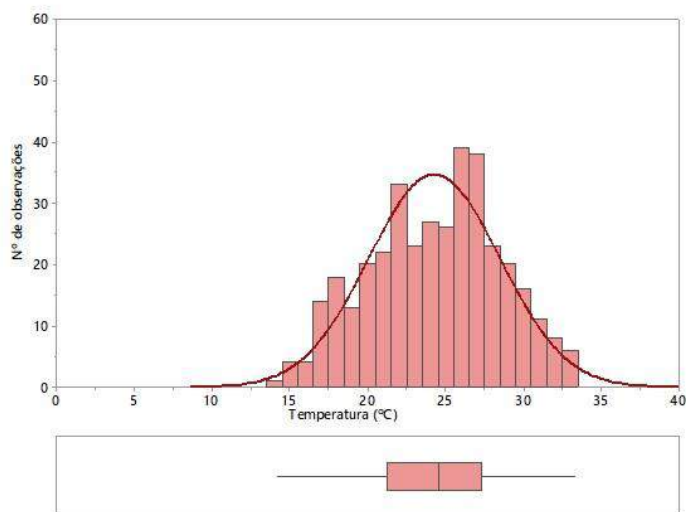
Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1995



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,33
Valor-p	0,510
Média	25,138
DesvPad	3,877
Variância	15,030
Assimetria	-0,0635056
Curtose	-0,0721323
N	365
Minimo	14,800
1o. Quartil	22,450
Mediana	25,200
3o Quartil	27,550
Máximo	36,400
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
24,739	25,537
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
24,760	25,700
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,615	4,181



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1996



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,18
Valor-p < 0,005

Média 24,274
DesvPad 4,215
Variância 17,765
Assimetria -0,125401
Curtose -0,680318
N 366

Mínimo 14,200
1o. Quartil 21,200
Mediana 24,550
3o Quartil 27,300
Máximo 33,300

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,841 24,707

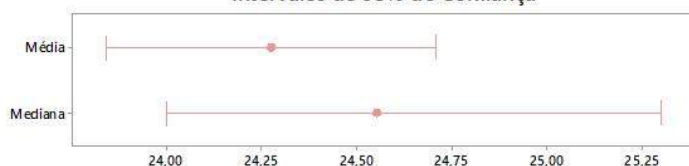
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,000 25,300

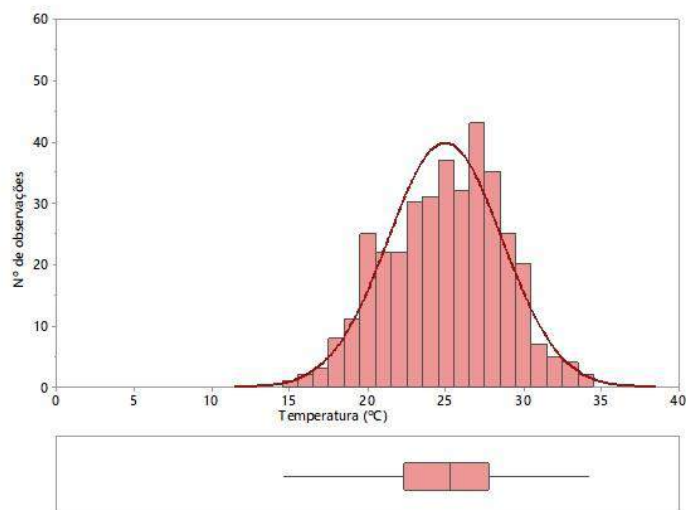
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,930 4,545

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1997



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,13
Valor-p 0,006

Média 24,970
DesvPad 3,656
Variância 13,364
Assimetria -0,153872
Curtose -0,480205
N 365

Mínimo 14,600
1o. Quartil 22,300
Mediana 25,300
3o Quartil 27,750
Máximo 34,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,594 25,346

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,600 25,700

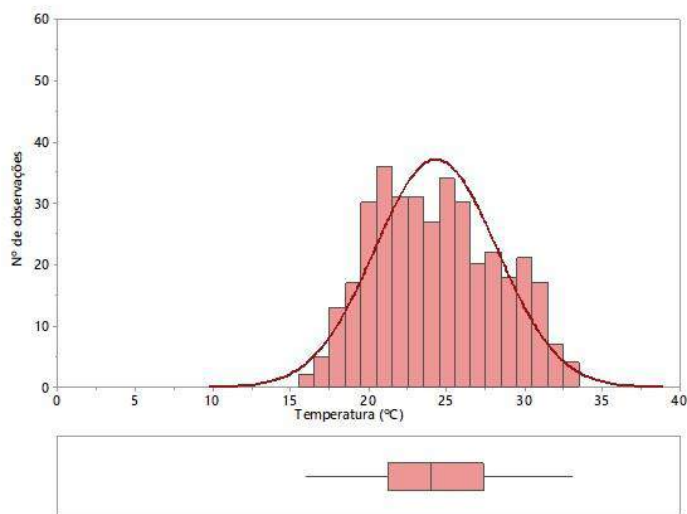
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,408 3,942

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1998



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,96
Valor-p <0,005

Média 24,314
DesvPad 3,929
Variância 15,436
Assimetria 0,172332
Curtose -0,833992
N 365

Mínimo 15,900
1o. Quartil 21,200
Mediana 24,000
3o Quartil 27,350
Máximo 33,100

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,910 24,719

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

23,400 24,600

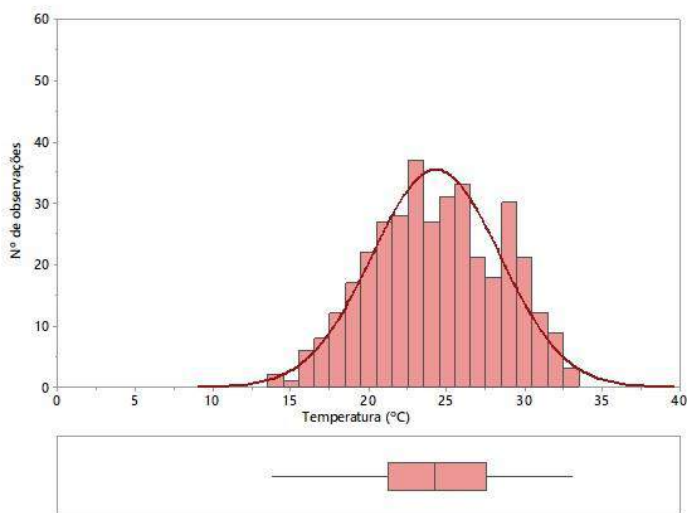
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,663 4,237

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 1999



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 0,91
Valor-p 0,020

Média 24,319
DesvPad 4,113
Variância 16,918
Assimetria -0,064795
Curtose -0,679897
N 365

Mínimo 13,700
1o. Quartil 21,200
Mediana 24,200
3o Quartil 27,550
Máximo 33,100

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,896 24,743

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

23,530 24,870

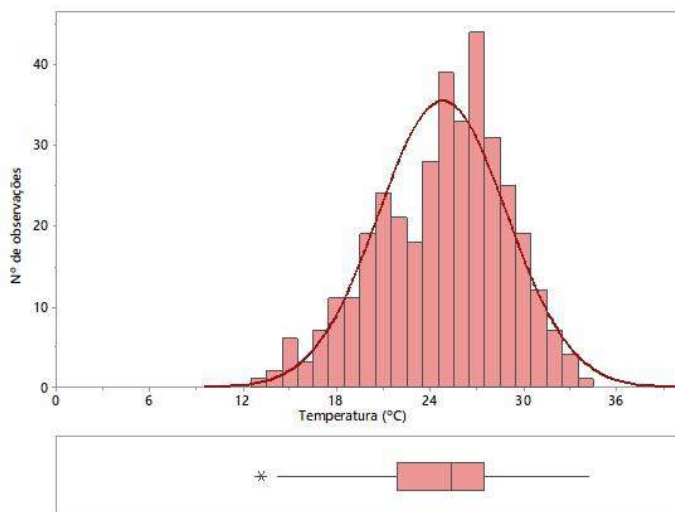
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,835 4,435

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2000



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,03
Valor-p < 0,005

Média 24,807
DesvPad 4,117
Variância 16,952
Assimetria -0,416764
Curtose -0,264959
N 366

Mínimo 13,100
1o. Quartil 21,875
Mediana 25,350
3o Quartil 27,525
Máximo 34,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,384 25,231

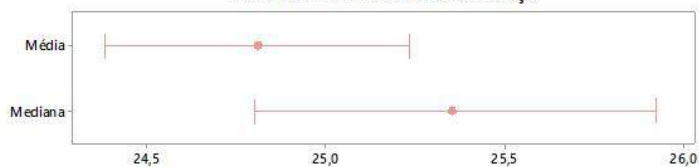
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,800 25,923

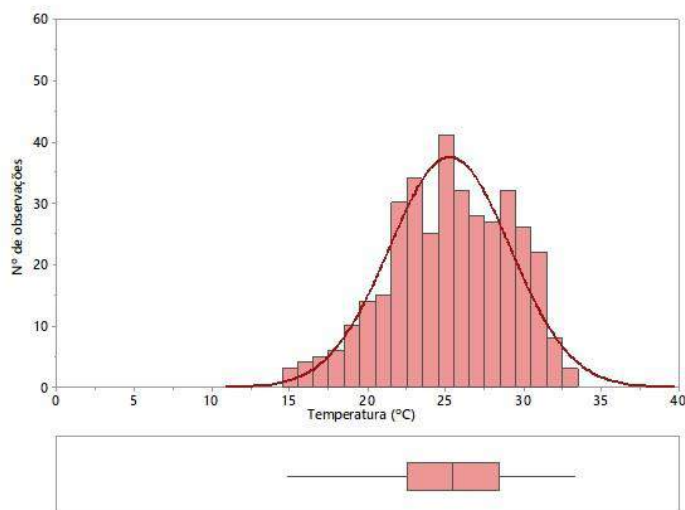
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,839 4,439

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2001



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,21
Valor-p < 0,005

Média 25,268
DesvPad 3,886
Variância 15,104
Assimetria -0,295551
Curtose -0,459923
N 365

Mínimo 14,800
1o. Quartil 22,500
Mediana 25,400
3o Quartil 28,450
Máximo 33,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,868 25,668

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,900 26,000

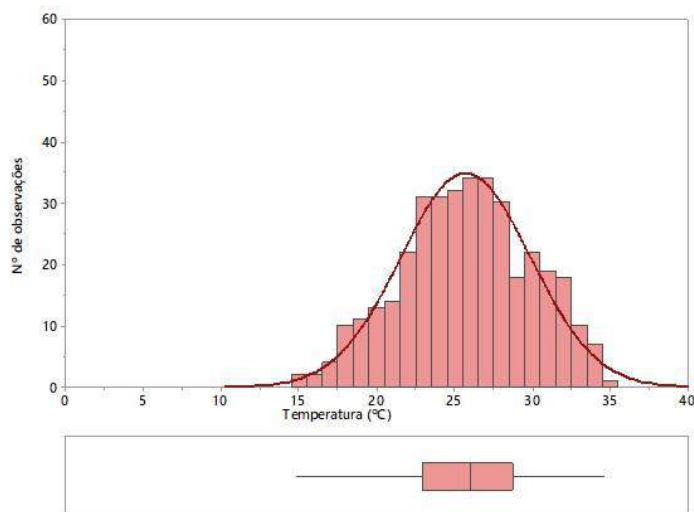
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,623 4,191

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2002



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,57
Valor-p	0,141

Média	25,707
DesvPad	4,179
Variância	17,465
Assimetria	-0,129453
Curtose	-0,504132
N	365

Mínimo	14,800
1o. Quartil	22,900
Mediana	26,000
3o Quartil	28,700
Máximo	34,700

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,276	26,137
--------	--------

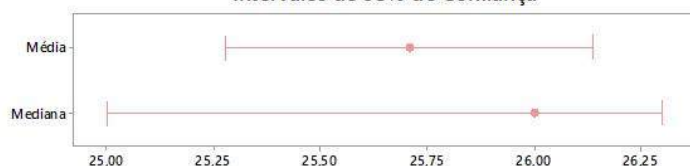
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,000	26,300
--------	--------

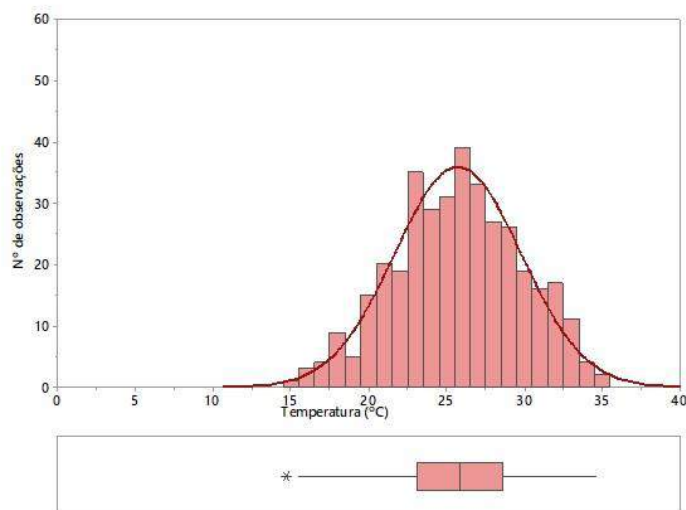
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,896	4,506
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2003



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,34
Valor-p	0,491

Média	25,719
DesvPad	4,060
Variância	16,485
Assimetria	-0,125232
Curtose	-0,400639
N	365

Mínimo	14,700
1o. Quartil	23,100
Mediana	25,800
3o Quartil	28,600
Máximo	34,600

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,302	26,137
--------	--------

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,300	26,300
--------	--------

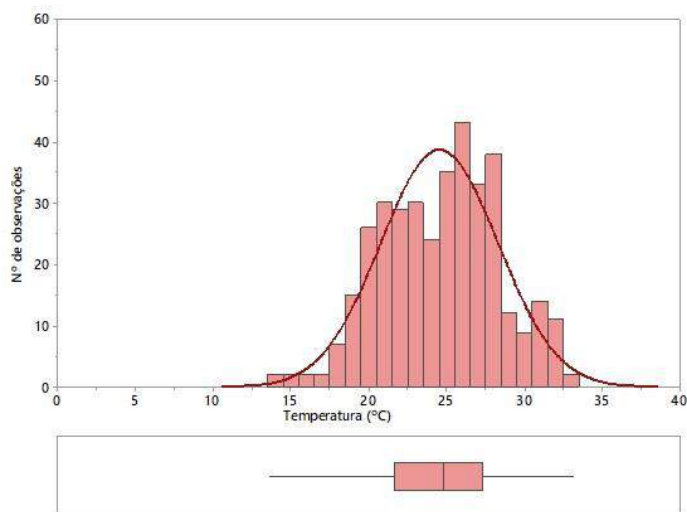
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,785	4,378
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2004



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,89
Valor-p	0,023

Média	24,536
DesvPad	3,780
Variância	14,291
Assimetria	-0,113591
Curtose	-0,359813
N	366

Mínimo	13,600
1o. Quartil	21,600
Mediana	24,750
3o Quartil	27,300
Máximo	33,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,147	24,925
--------	--------

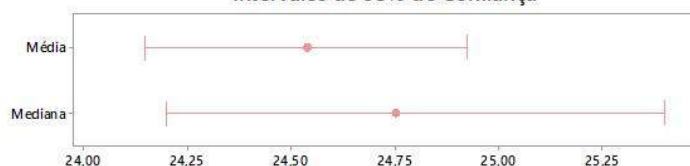
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,200	25,400
--------	--------

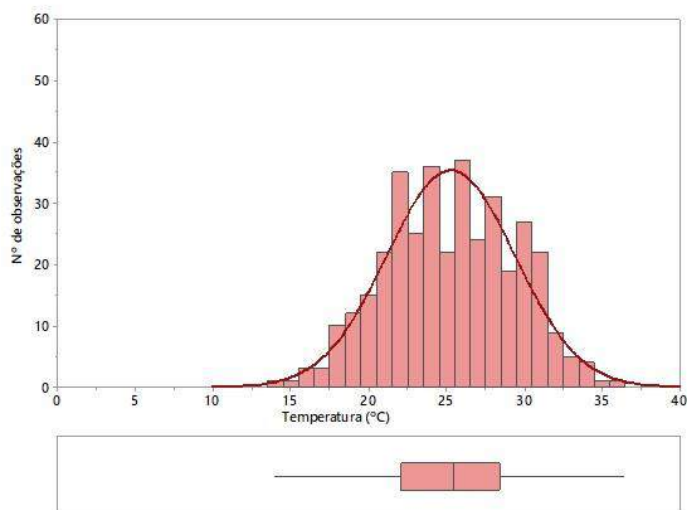
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,525	4,076
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2005



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,85
Valor-p	0,029

Média	25,271
DesvPad	4,125
Variância	17,018
Assimetria	-0,048965
Curtose	-0,519244
N	365

Mínimo	13,900
1o. Quartil	22,100
Mediana	25,400
3o Quartil	28,400
Máximo	36,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,847	25,696
--------	--------

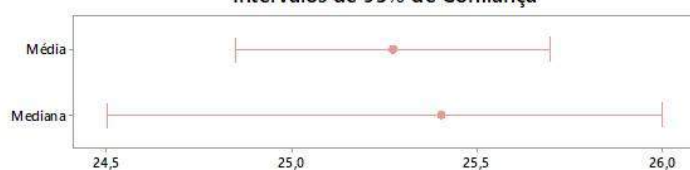
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,500	26,000
--------	--------

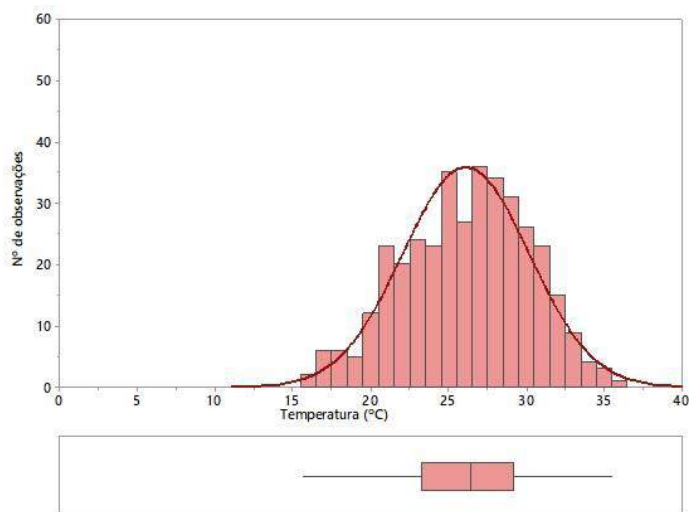
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,846	4,448
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2006



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,72
Valor-p	0,060

Média	26,109
DesvPad	4,065
Variância	16,523
Assimetria	-0,190525
Curtose	-0,492274
N	365

Mínimo	15,600
1o. Quartil	23,250
Mediana	26,400
3o Quartil	29,200
Máximo	35,500

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,691	26,527
--------	--------

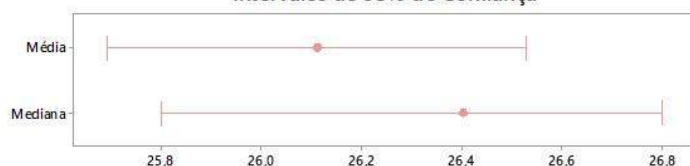
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,800	26,800
--------	--------

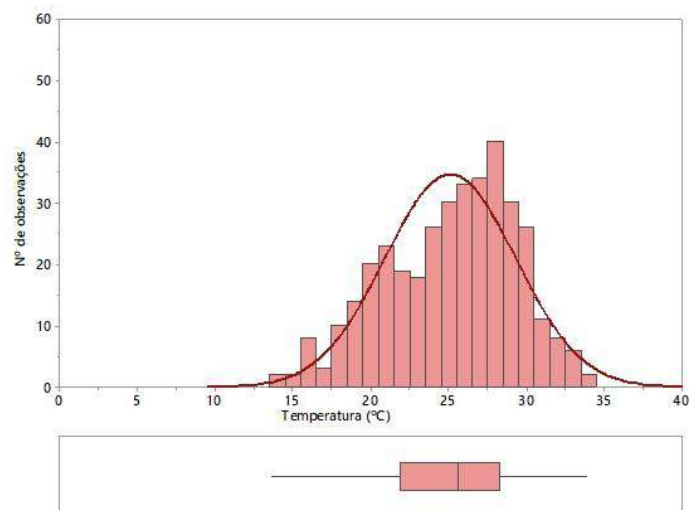
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,790	4,383
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2007



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	2,33
Valor-p	< 0,005

Média	25,105
DesvPad	4,201
Variância	17,652
Assimetria	-0,380145
Curtose	-0,470309
N	365

Mínimo	13,600
1o. Quartil	21,900
Mediana	25,600
3o Quartil	28,300
Máximo	33,900

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,673	25,538
--------	--------

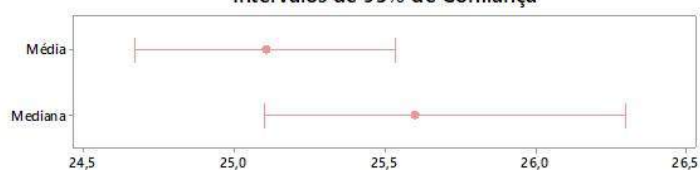
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,100	26,300
--------	--------

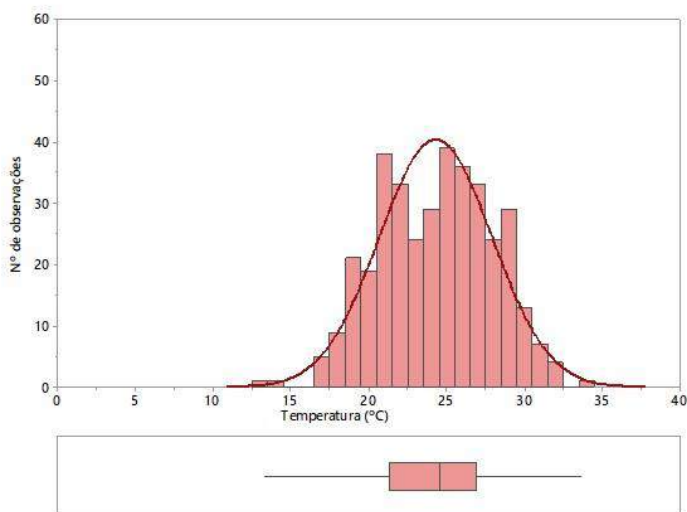
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,917	4,531
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2008



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,29
Valor-p < 0,005

Média 24,297
DesvPad 3,622
Variância 13,116
Assimetria -0,084716
Curtose -0,560900
N 366

Mínimo 13,300
1o. Quartil 21,300
Mediana 24,500
3o Quartil 26,925
Máximo 33,700

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,925 24,669

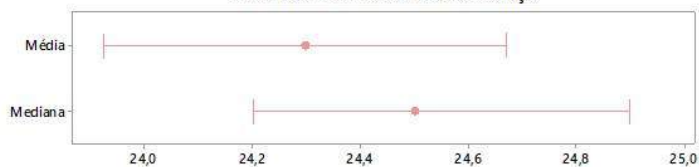
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,200 24,900

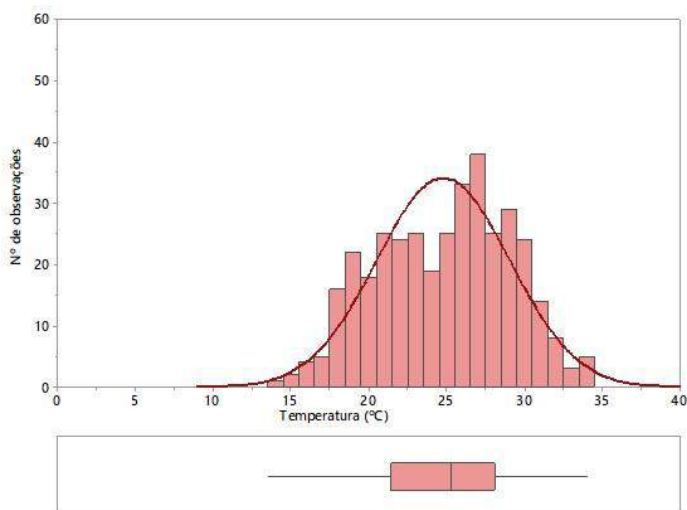
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,377 3,905

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2009



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 1,80
Valor-p < 0,005

Média 24,784
DesvPad 4,274
Variância 18,266
Assimetria -0,151304
Curtose -0,747929
N 365

Mínimo 13,500
1o. Quartil 21,400
Mediana 25,300
3o Quartil 28,100
Máximo 34,100

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,344 25,223

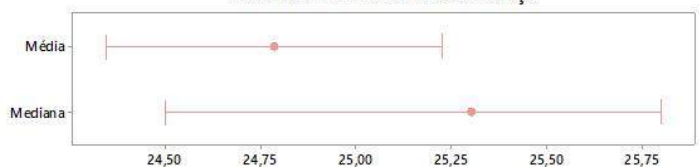
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,500 25,800

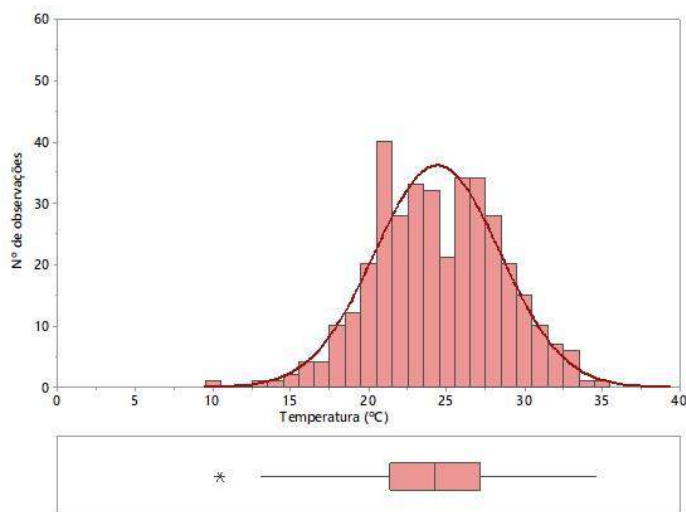
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,985 4,609

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2010



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,61
Valor-p	0,111

Média	24,407
DesvPad	4,034
Variância	16,273
Assimetria	-0,100292
Curtose	-0,151904
N	365

Mínimo	10,400
1o. Quartil	21,350
Mediana	24,200
3o Quartil	27,200
Máximo	34,700

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,992	24,822
--------	--------

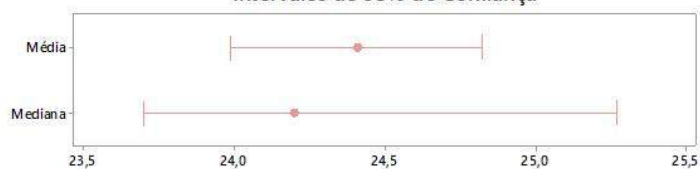
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

23,700	25,270
--------	--------

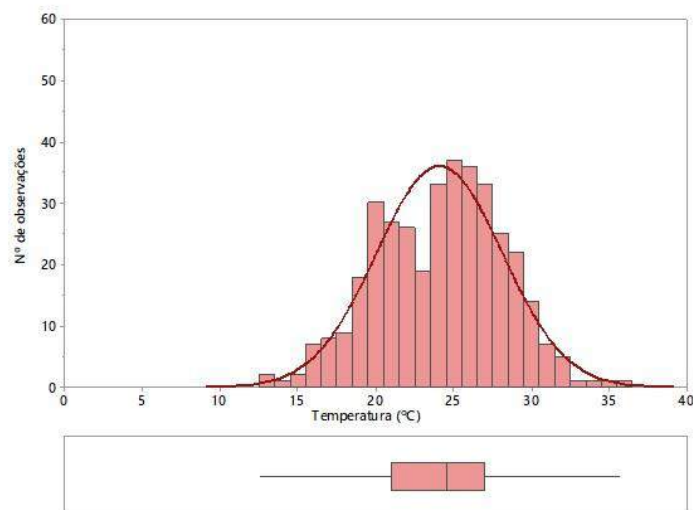
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,761	4,350
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2011



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,79
Valor-p	0,041

Média	24,088
DesvPad	4,044
Variância	16,358
Assimetria	-0,126194
Curtose	-0,286341
N	365

Mínimo	12,600
1o. Quartil	21,000
Mediana	24,500
3o Quartil	27,000
Máximo	35,700

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,672	24,505
--------	--------

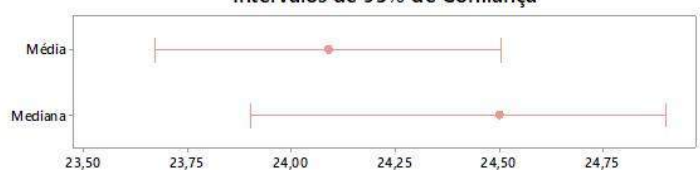
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

23,900	24,900
--------	--------

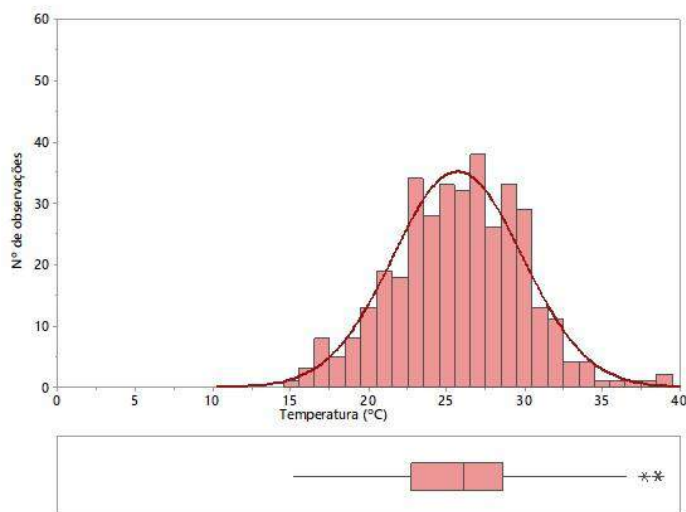
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,771	4,361
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2012



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,36
Valor-p	0,439

Média	25,711
DesvPad	4,159
Variância	17,297
Assimetria	0,0266289
Curtose	0,0431668
N	366

Mínimo	15,100
1o. Quartil	22,700
Mediana	26,050
3o Quartil	28,625
Máximo	38,600

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,283	26,138
--------	--------

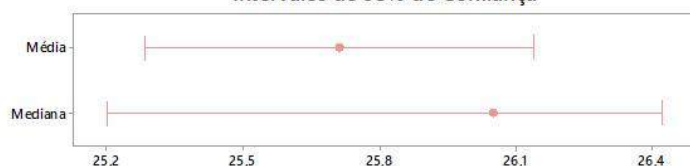
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,200	26,423
--------	--------

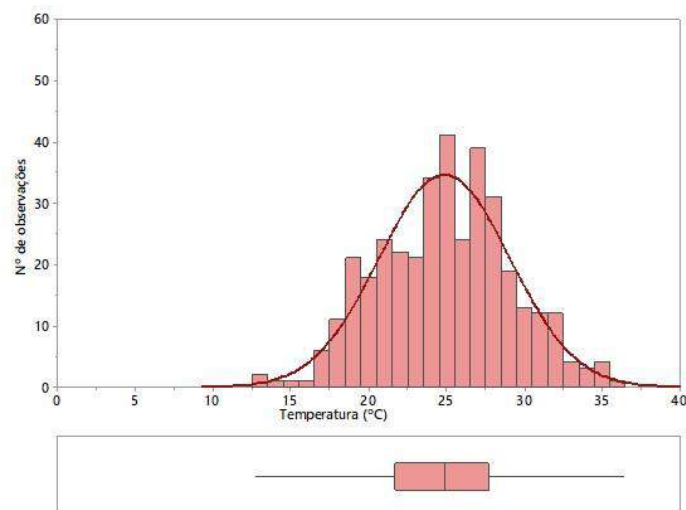
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,878	4,484
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2013



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,46
Valor-p	0,262

Média	24,857
DesvPad	4,212
Variância	17,738
Assimetria	0,005656
Curtose	-0,194514
N	365

Mínimo	12,700
1o. Quartil	21,700
Mediana	24,900
3o Quartil	27,700
Máximo	36,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,423	25,291
--------	--------

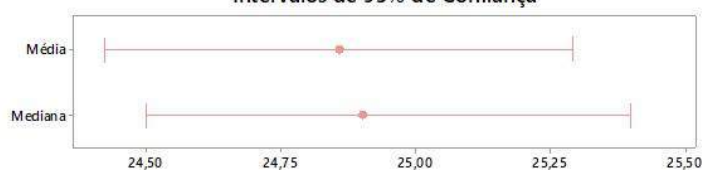
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,500	25,400
--------	--------

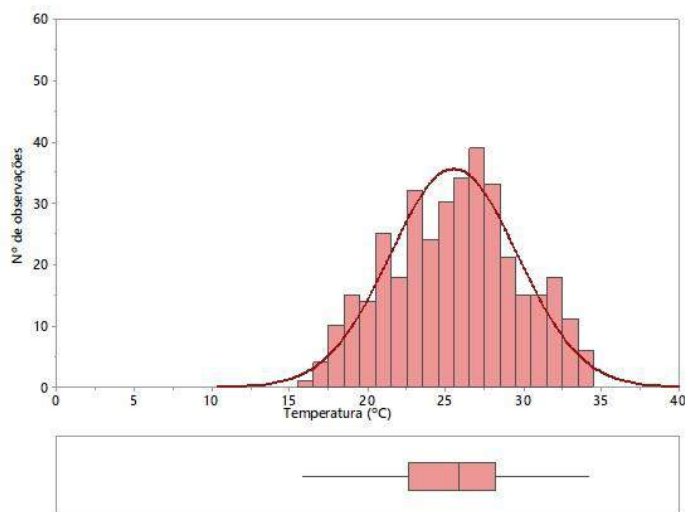
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,927	4,542
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2014



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,90
Valor-p	0,022

Média	25,524
DesvPad	4,092
Variância	16,748
Assimetria	-0,045180
Curtose	-0,675309
N	365

Mínimo	15,800
1o. Quartil	22,600
Mediana	25,800
3o Quartil	28,200
Máximo	34,200

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,103	25,945
--------	--------

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

25,130	26,300
--------	--------

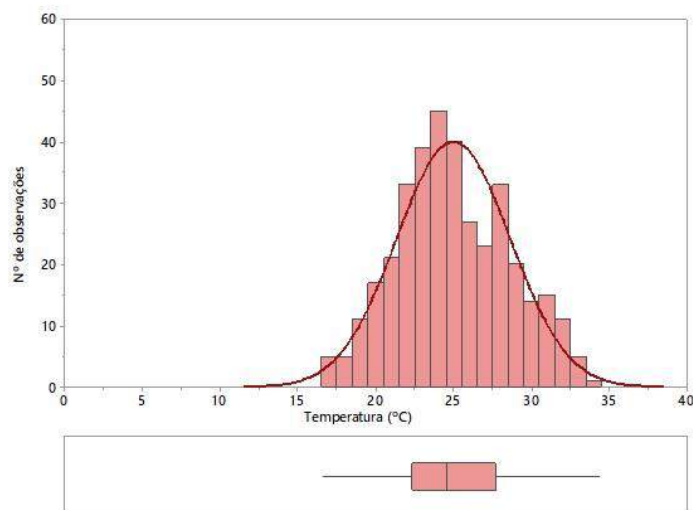
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,816	4,413
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2015



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado	0,90
Valor-p	0,022

Média	24,984
DesvPad	3,641
Variância	13,260
Assimetria	0,147256
Curtose	-0,523579
N	365

Mínimo	16,600
1o. Quartil	22,350
Mediana	24,600
3o Quartil	27,700
Máximo	34,400

Intervalo de 95% de Confiança para Média

24,610	25,359
--------	--------

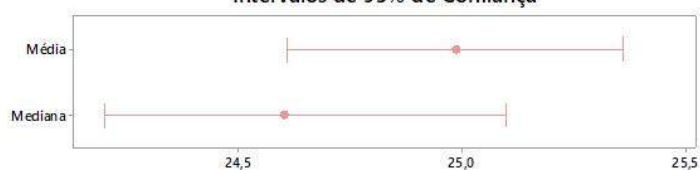
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,200	25,100
--------	--------

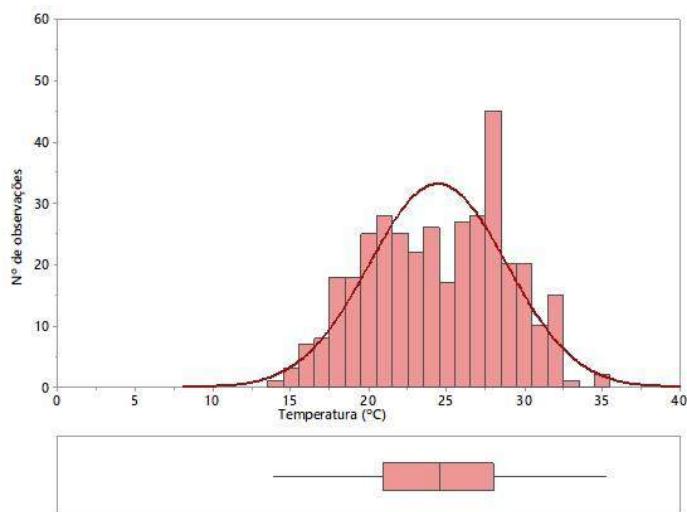
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,395	3,927
-------	-------

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2016



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 2,10
Valor-p < 0,005

Média 24,446
DesvPad 4,402
Variância 19,378
Assimetria -0,086148
Curtose -0,820954
N 366

Mínimo 13,800
1o. Quartil 20,900
Mediana 24,500
3o Quartil 28,000
Máximo 35,300

Intervalo de 95% de Confiança para Média

23,993 24,898

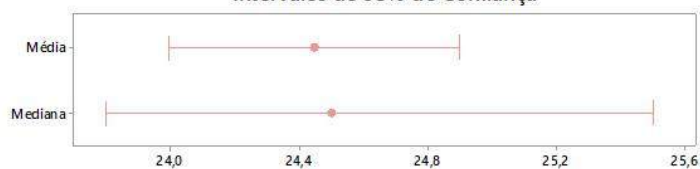
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

23,800 25,500

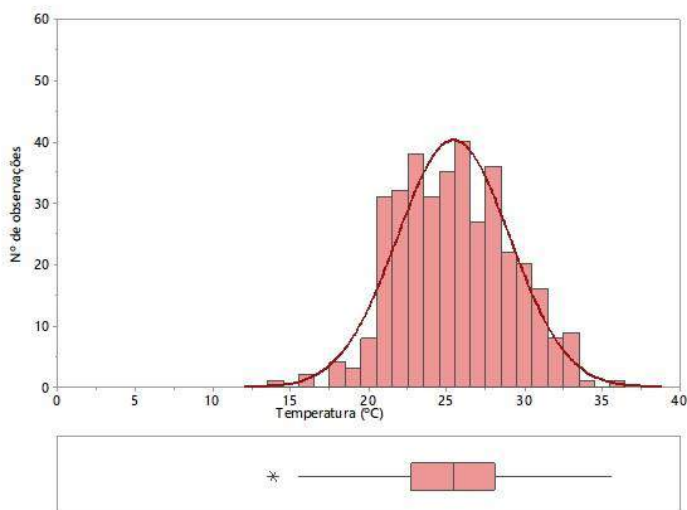
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

4,105 4,746

Intervalos de 95% de Confiança



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2017



Teste de normalidade de Anderson-Darling

A-Quadrado 0,97
Valor-p 0,015

Média 25,442
DesvPad 3,618
Variância 13,088
Assimetria 0,069195
Curtose -0,295098
N 365

Mínimo 13,800
1o. Quartil 22,700
Mediana 25,400
3o Quartil 28,100
Máximo 35,600

Intervalo de 95% de Confiança para Média

25,070 25,815

Intervalo de 95% de Confiança para Mediana

24,800 25,870

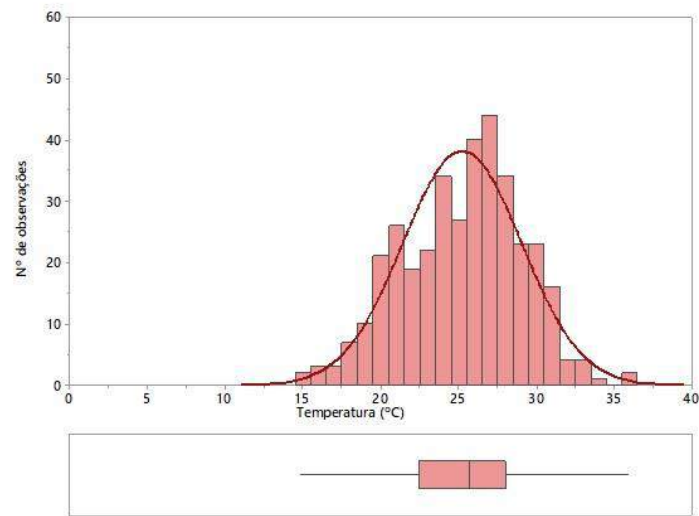
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad

3,373 3,901

Intervalos de 95% de Confiança



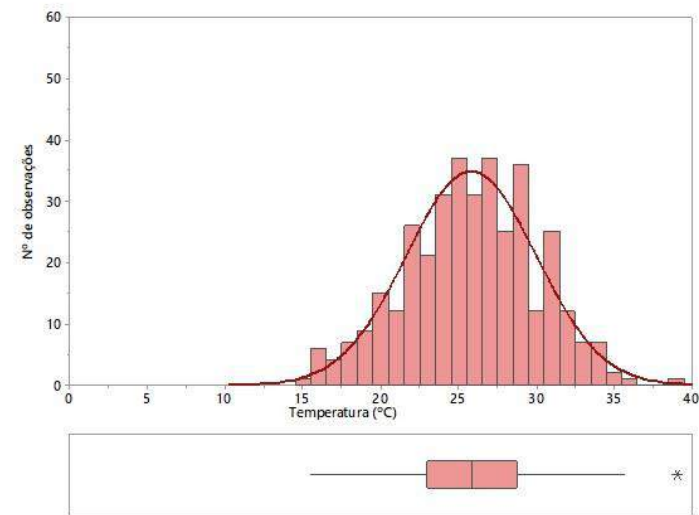
Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2018



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	1,22
Valor-p	<0,005
Média	25,230
DesvPad	3,820
Variância	14,593
Assimetria	-0,200455
Curtose	-0,368400
N	365
Mínimo	14,800
1o. Quartil	22,450
Mediana	25,700
3o Quartil	28,000
Máximo	35,900
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
24,837	25,623
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
25,100	26,100
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,562	4,119



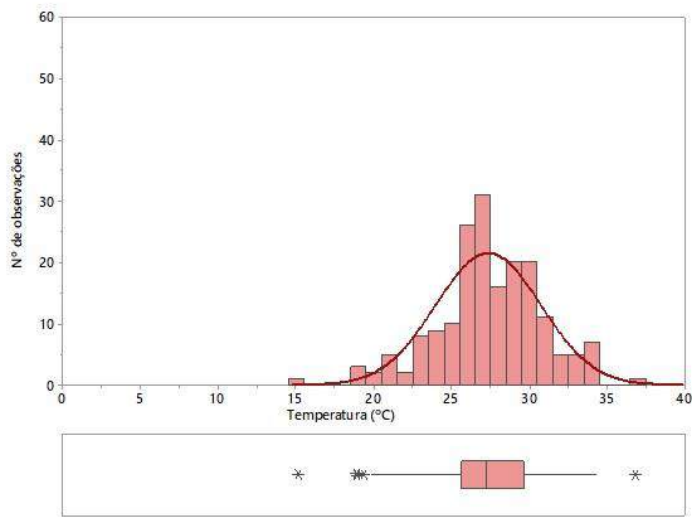
Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2019



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,29
Valor-p	0,604
Média	25,804
DesvPad	4,179
Variância	17,467
Assimetria	-0,094253
Curtose	-0,218078
N	365
Mínimo	15,400
1o. Quartil	22,950
Mediana	25,800
3o Quartil	28,700
Máximo	39,000
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
25,374	26,234
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
25,300	26,500
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,897	4,507



Relatório Resumo para TMXM - Ano de 2020



Teste de normalidade de Anderson-Darling	
A-Quadrado	0,62
Valor-p	0,108
Média	27,353
DesvPad	3,382
Variância	11,437
Assimetria	-0,332539
Curtose	0,739828
N	182
Mínimo	15,100
1o. Quartil	25,600
Mediana	27,250
3o Quartil	29,600
Máximo	36,800
Intervalo de 95% de Confiança para Média	
26,859	27,848
Intervalo de 95% de Confiança para Mediana	
26,800	28,000
Intervalo de 95% de Confiança para DesvPad	
3,066	3,770



APÊNDICE D – EMENTA DA DISCIPLINA DE GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR

Ministrante: Carla Claudino (Engenheira Sanitarista e Ambiental, aluna do Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do IFSC)

Início: A definir.

Duração: 4 aulas de 3 horas e 45 minutos cada, totalizando 15h.

Local: Presencial e/ou Remoto.

Objetivos Gerais:

- Compreender os conceitos de geoprocessamento e sua aplicação na análise de ilhas de calor e NDVI.
- Familiarizar-se com o software QGIS e suas funcionalidades para análises ambientais.
- Desenvolver habilidades práticas no processamento e análise de dados relacionados a ilhas de calor e NDVI.

Aula 1: Introdução ao Geoprocessamento e Conceitos Básicos de Ilhas de Calor e NDVI

- Explicação da disciplina (ementa e método de avaliação – o que deverá ser apresentado).
- Nivelamento da turma com base nos conhecimentos de geoprocessamento.
- Apresentação do geoprocessamento e sua importância em análises ambientais.
- Conceitos básicos de ilhas de calor urbanas, incluindo definição, causas e impactos.
- Discussão sobre a relação entre uso do solo, cobertura vegetal e formação de ilhas de calor.
- Introdução ao NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada).
- Exemplos de estudos e aplicações de geoprocessamento em relação a ilhas de calor e NDVI.

Aula 2: Obtenção e Processamento de Dados para Análise de Ilhas de Calor e NDVI

- Fontes de dados relevantes para análise de ilhas de calor e NDVI, como imagens de satélite e dados de estações meteorológicas.
- Métodos de aquisição e processamento de dados no QGIS.
- Discussão sobre correção atmosférica de imagens de satélite e os diferentes produtos disponíveis.
- Exploração de métodos para calcular o NDVI a partir de imagens de satélite.
- Atividade prática: Obter as imagens de satélite, preparar os dados e elaborar o NDVI no QGIS.

Aula 3: Análise de Ilhas de Calor e NDVI no QGIS

- Utilização do QGIS para realizar análises de ilhas de calor, incluindo a criação de mapas de temperatura e a identificação de padrões espaciais.
- Análise do NDVI (elaborado na aula anterior) e sua relação com a vegetação, incluindo a criação de mapas de vegetação e a identificação de áreas com cobertura vegetal saudável.
- Atividade prática: Análise de ilhas de calor e NDVI em um estudo de caso utilizando o QGIS.

Aula 4: Apresentação dos Estudos de Caso e Discussão (Avaliação Final)

- Apresentação dos projetos desenvolvidos pelos alunos.
- Discussão e *feedback* sobre os estudos de caso apresentados, destacando os pontos fortes, limitações e potenciais aplicações.
- Reflexão sobre as principais descobertas e lições aprendidas durante o curso.
- Discussão sobre tendências e desafios futuros no campo do geoprocessamento e análise de ilhas de calor e NDVI.

Método de avaliação: Apresentação de estudo de caso, sendo a nota máxima atribuída aos alunos que demonstrarem clareza na sua explanação e os mapas executados.

Observações:

- É recomendado que os participantes tenham conhecimentos básicos em geoprocessamento e familiaridade com o software QGIS.
- É importante que haja acesso a dados relevantes para a realização das atividades práticas. Caso contrário, podem ser utilizados dados de exemplo disponíveis publicamente.

APÊNDICE E – DECLARAÇÃO REFERENTE À DISCIPLINA DE GEOPROCESSAMENTO PARA ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR



INSTITUTO FEDERAL
Santa Catarina

Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

Declaração

Declaro para os devidos fins, que CARLA CLAUDINO, aluna de mestrado do Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente, realizou estágio docência no segundo semestre letivo de 2023, totalizando a carga horária de 45 h, sob orientação do Prof. Dr. Mário Francisco Leal de Quadro.

No período do estágio docência, a aluna ministrou a disciplina Geoprocessamento para análise de Ilhas de Calor, realizando as atividades de elaboração de material didático e aulas teórico-práticas no laboratório de informática. Adicionalmente, auxiliou os alunos em trabalhos extraclasse e monitoria do conteúdo teórico durante o período da referida disciplina.

Florianópolis, 18 de dezembro de 2023.



Documento assinado digitalmente
THIAGO PEREIRA ALVES
Data: 18/12/2023 11:12:39-0300
CPF: 031.525.469-63
Verifique as assinaturas em <https://v.ifsc.edu.br>

Thiago Pereira Alves
Coordenador do Curso de Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do IFSC
Portaria do(a) Reitor(a) Nº 773 de 2 de março de 2023