

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

BEATRIZ QUAST

A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE NO
PERÍMETRO URBANO DA SEDE MUNICIPAL DE CASTRO (PR) E SEU
ENTORNO ENTRE 2014 E 2023

PONTA GROSSA

2024

BEATRIZ QUAST

A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE NO
PERÍMETRO URBANO DA SEDE MUNICIPAL DE CASTRO (PR) E SEU
ENTORNO ENTRE 2014 E 2023

Trabalho de conclusão de curso apresentado
para obtenção do título de Bacharela em
Geografia na Universidade Estadual de Ponta
Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Almir Nabozny.

PONTA GROSSA

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE BACHARELADO EM GEOGRAFIA

DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO ÉTICO

Eu, Beatriz Quast, RA: 17077603, RG: 138835472, asseguro que o Trabalho de Conclusão de Curso foi por mim elaborado e, portanto, responsabilizo-me pelo texto escrito que apresenta os resultados de minha pesquisa científica.

Atesto que todo e qualquer texto, que não seja de minha autoria, transcrito em sua íntegra ou parafraseado de outros documentos, estejam eles publicados ou não, estão devidamente referenciados conforme reza a boa conduta ética, o respeito aos direitos autorais e à propriedade intelectual.

Tenho conhecimento de que os textos transcritos na íntegra de outras fontes devem apontar a autoria, o ano da obra, a página de onde foi extraído e ainda apresentar a marcação de tal transcrição, conforme as regras da ABNT. No caso de paráfrase, o trecho deve vir com a referência de autoria e ano da obra utilizada.

Além disso, declaro conhecer as leis que regulam os direitos autorais e das penalidades a serem aplicadas em caso de infração, conforme constam na Lei 10.695 de julho de 2003.

Sendo assim, declaro que estou ciente de que, caso infrinja as disposições que constam na Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998, serei responsabilizado juridicamente pelos meus atos e terei que arcar com qualquer prejuízo moral e financeiro deles decorrentes.



Ponta Grossa, 08 de novembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Francisca e Inaldo, que, como Artur Alcântara já escreveu, “sob muito sol, fizeram-me chegar até aqui, na sombra”. Obrigada por tudo e por tanto! Sem o apoio e amor de vocês nada disso seria possível... Aos irmãos com quem cresci e cresço todos os dias: André, Luiz e Tiago.

Aos familiares, Opas, Omas, tias, tios, primos e primas que tornam tudo sempre mais feliz e divertido. Em especial à Karin, por todo o apoio e incentivo, muitíssimo obrigada.

Aos professores que, com todo empenho e capricho, se dedicam à arte de ensinar no curso de Bacharelado em Geografia. Sobretudo ao Prof. orientador Dr. Almir Nabozny por suas palavras sempre gentis e motivadoras, ao Prof. Dr. Gilson Cruz, por todos os ricos ensinamentos e conselhos que levarei comigo e à Profa. Maria Ligia Cassol Pinto, por todas as contribuições e encorajamentos queridos.

À banca examinadora, Dra. Juliana Przybysz e Dra. Rosângela de França Bail, pelo aceite e tempo dedicado à leitura e avaliação deste trabalho, bem como todas as excelentes sugestões realizadas.

Aos amigos que me amparam há anos e em todos os momentos, mas aqui especialmente fica a lembrança dos que fiz neste curso: Saras, Jessica, Diego, Aline, Kauan, Fernanda, Bárbara, Stella e Murilo – foi uma grande dádiva poder dividir momentos da graduação com vocês.

Ao meu companheiro, Hever, por todas as alegrias compartilhadas, por estar ao meu lado em todos os momentos e por ser repetidamente amor e compreensão, mesmo nos períodos mais difíceis.

À Júlia, por ser uma psicóloga tão comprometida e amável, seu trabalho é incrível.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela oportunidade e por ser uma instituição que transforma vidas.

QUAST, B. **A variação da temperatura de superfície terrestre no perímetro urbano da sede municipal de Castro (PR) e seu entorno entre 2014 e 2023.** 77f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2024.

RESUMO

Este trabalho objetivou analisar a variação da temperatura de superfície terrestre no perímetro urbano da sede municipal de Castro (PR) e seu entorno entre 2014 e 2023. A partir da amostragem de 20 pontos em uma área de estudo que compreendeu o perímetro urbano da sede do município e mil metros de seu entorno rural foram realizadas as análises – através de estimativas de Temperatura de Superfície Terrestre (TST), índice de vegetação e classificação de Uso e Cobertura da Terra. Os dados foram obtidos por meio do imageamento dos sensores *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) do *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat) 8. Datadas entre 2014 e 2023 as imagens utilizadas tiveram dados de NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*, ou seja, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e TST derivados. Foi realizada classificação da Cobertura e Uso da Terra na área de estudo, através de dados do projeto MapBiomas Brasil. Os dados quantitativos foram extraídos de mapas e organizados em tabelas, além de correlacionados às classes de cobertura e uso em cada um dos pontos amostrados. Os pontos apresentaram diversos comportamentos de variação termal: com temperaturas elevadas e reduzidas relacionadas aos diferentes valores de NDVI e à variações de classe de uso da terra. Foram identificadas localidades com alteração de temperatura associada ao processo de urbanização, como Jardim Alvorada e Jardim Novo Horizonte. As mudanças climáticas e o cuidado referente a pautas ambientais tem motivado estudos de diversos cientistas nas últimas décadas. O presente trabalho traz dados e análises que podem ser utilizados na gestão urbana em busca da mitigação de questões como desconforto térmico, a fim de promover o bem-estar da população castrense.

Palavras-chave: Clima Urbano. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Cobertura e Uso da Terra.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.	13
Figura 2 - Localização dos 20 pontos analisados.....	39
Figura 3 - Localização do município de Castro.	41
Figura 4 - Pontos analisados dentro do Zoneamento de Castro.	50
Figura 5 - Classificação de Cobertura e Uso da Terra na Área de Estudo.....	52
Figura 6 - Localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada.....	62
Figura 7 - Imagens do Jardim Alvorada nos dias 29 de junho de 2014 e 5 de novembro de 2023 no Google Earth Pro.....	63
Figura 8 - Imagens de loteamentos na Vila Santa Cruz nos dias 29 de junho de 2014 e 29 de agosto de 2023 no Google Earth Pro.	64
Figura 9 - TST de verão na Área de Estudo e localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População estimada entre 2014 e 2021 no município de Castro.	47
Tabela 2 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de verão para pontos que tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.	54
Tabela 3 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de verão para pontos que não tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.	56
Tabela 4 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de inverno para pontos que tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.	57
Tabela 5 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de inverno para pontos que não tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos sensores do Landsat 8 e suas bandas.	24
Quadro 2 - Datas e estações do ano das imagens Landsat utilizadas.	35
Quadro 3 - Classificação por cores das classes definidas para Cobertura e Uso da Terra.....	38
Quadro 4 - Subunidades morfoesculturais abrangidas pelo município de Castro.	45
Quadro 5 - Classificação dos pontos analisados de acordo com Cobertura e Uso da Terra.....	53

LISTA DE SIGLAS

AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICU	Ilha de Calor Urbana
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IG	Informação Geoespacial
IIG	Infraestrutura de Informação Geoespacial
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
LSE	Land Surface Emissivity
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NESDIS	National Environmental Satellite and Information Service
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NIR	Near-Infrared
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OLI	Operational Land Imager
ONU	Organização das Nações Unidas
QGIS	Quantum Geographic Information System
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SWIR	Short-wave Infrared
TIRS	Thermal Infra-red Sensor
TST	Temperatura de Superfície Terrestre
USGS	United States Geological Survey
VNIR	Visible and Near-Infrared
WRS-2	Worldwide Reference System 2

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	A GEOGRAFIA, A NATUREZA E A PAISAGEM	15
2.2	CLIMA.....	17
2.2.1	Clima Urbano	18
2.2.2	Clima dos Campos Gerais	19
2.3	ILHA DE CALOR.....	19
2.4	GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO	21
2.4.1	Uso de Imagens Landsat 8	24
2.5	TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE (TST)	25
2.6	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI).....	30
3	METODOLOGIA.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E ÁREA DE ESTUDO	40
4.1.1	Castro	40
4.1.1.1	Aspectos Físico-Naturais	41
4.1.1.1.1	<i>Clima de Castro</i>	42
4.1.1.1.2	<i>Geomorfologia e Geologia</i>	43
4.1.1.1.3	<i>Pedologia</i>	45
4.1.1.1.4	<i>Hidrografia</i>	46
4.1.1.2	Aspectos Sociais	46
4.1.1.2.1	<i>População</i>	47
4.1.1.2.2	<i>Área Urbana</i>	47
4.1.1.2.3	<i>Uso da Terra</i>	47
4.1.2	ÁREA DE ESTUDO	48
4.2	ANÁLISE DOS PONTOS	53
4.3	ANÁLISE DAS LOCALIDADES.....	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS		70

1 INTRODUÇÃO

A temperatura é um dos principais elementos responsáveis pela dinâmica da vida no planeta. Sua variação pode afetar toda a biodiversidade na Terra, proporcionando a extinção ou sobrevivência das espécies. Grandes extinções em massa que ocorreram no planeta estão associadas a oscilações climáticas das quais a temperatura é um dos itens principais. Assim, compreender como se dão estas variações de temperatura é fundamental para a preservação da vida e resiliência da sociedade.

Os dados da temperatura de superfície terrestre permitem vislumbrar a variabilidade da temperatura nos diferentes usos do solo (Voogt e Oke, 2003). Isso possibilita identificar padrões, comportamentos e compreender as variações termais da superfície em dado período temporal. Permite, ainda, investigar as potencialidades e riscos que cada uso comporta em relação à temperatura. Esses dados podem contribuir com a verificação a respeito das oscilações e mudanças climáticas (Weng, 2009) em centros urbanos.

A Temperatura de Superfície Terrestre (TST) pode ser gerada “a partir da detecção da radiação de ondas longas, emitida na faixa do infravermelho por sensores orbitais” (Gusso, 2003, p.2). É a partir das banda termais que se pode efetuar o cálculo de TST, cujo uso, segundo Aeroengenharia (2023) “teve início na década de 60, com o lançamento dos primeiros satélites meteorológicos equipados com sensores térmicos”. Nesta pesquisa os dados utilizados foram obtidos a partir de registros dos sensores OLI e TIRS, do Landsat 8.

Em 2015 foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e o Objetivo Sustentável Número 13 é justamente a ação contra a mudança global do clima. O uso das TSTs auxilia na compreensão das mudanças, pois permite quantificar alterações em graus da temperatura – neste trabalho o período analisado é de uma década (2014-2023).

Para coletar dados da temperatura de superfície terrestre em Castro foram utilizadas imagens de satélite e através do uso do *plugin* SPT no *software* QGIS (*Quantum Geographic Information System*) 3.10.10 foi realizada estimativa das TSTs – a partir das bandas do vermelho, infravermelho próximo, e das bandas do

infravermelho termal. Este *plugin* também fornece dados como o índice de vegetação NDVI, através dos quais foram realizadas análises comparativas.

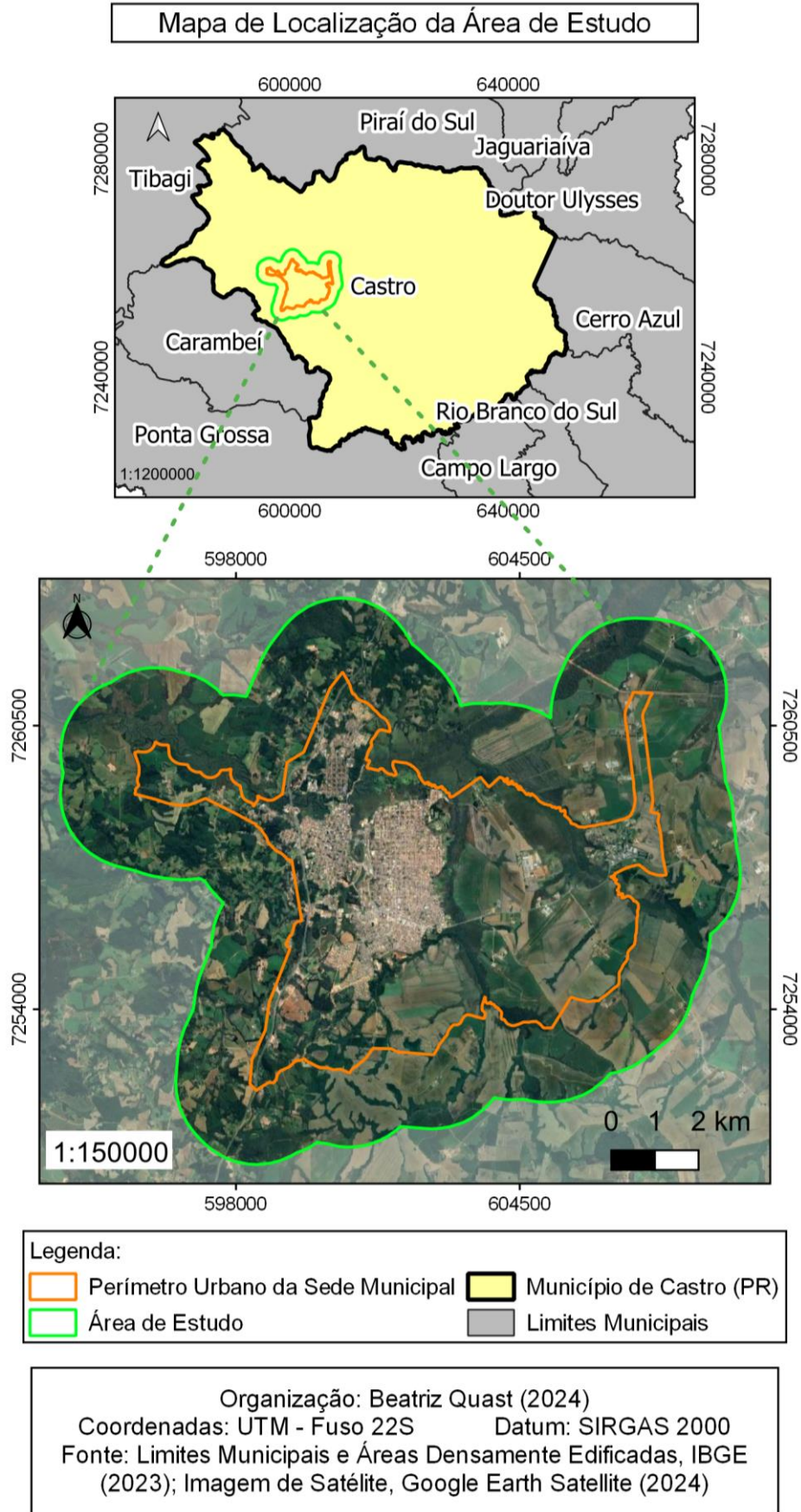
Em diferentes anos existem diferentes temperaturas e, conforme Nascimento, Souza e Oliveira (2009, p. 95) “é esperado que diferentes usos e coberturas do solo apresentem distintos valores de temperatura de determinada superfície, considerando a diferença de absorção, emissividade e irradiação existente entre eles”. No caso da área urbana de Castro, novos loteamentos e construções têm surgido nos últimos anos, alterando não só a paisagem, bem como a temperatura. O fenômeno da impermeabilização do solo nos centros urbanos também altera não apenas o meio ambiente, como pode estar proporcionando aumento de temperatura. Buscando compreender as modificações, foram gerados mapas de Cobertura e Uso da Terra para verificar sua relação com os dados de TST e NDVI.

Neste sentido, o presente trabalho teve como Objetivo Geral analisar a variação da temperatura de superfície terrestre no perímetro urbano da sede municipal de Castro (PR) e seu entorno – particularizando modificações de uso e ocupação nas localidades Jardim Alvorada e Jardim Novo Horizonte – entre 2014 e 2023. Os Objetivos Específicos foram realizar, na área de estudo: mapeamento de Cobertura e Uso da Terra; estimativa de Temperaturas de Superfície Terrestre; e cálculo de valores de NDVI. O detalhamento das TSTs foi realizado em graus Celsius (°C).

O trabalho traz, após esta introdução, a fundamentação teórica – dividida em seções (e respectivas subseções) que abordam a Geografia, a Natureza e a Paisagem, Clima, Ilha de Calor, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Temperatura de Superfície Terrestre e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada – seguida pela metodologia aplicada, resultados e discussão, além das considerações finais.

A área de pesquisa definida se configurou pela delimitação de um *buffer* de 1000 metros a partir do perímetro urbano da sede do município de Castro no ano de 2023 (IBGE), conforme Figura 1. Este *buffer* compreendeu áreas urbanizadas e áreas rurais do município.

Figura 1 - Localização da Área de Estudo.



Fonte: a autora.

Os dados obtidos permitiram evidenciar as variações da temperatura entre 20 pontos analisados, bem como em localidades como os loteamentos do Jardim Alvorada e Jardim Novo Horizonte – que, com o processo de urbanização, apresentaram alteração de temperatura.

Estas informações podem ser utilizadas pelo poder público para o planejamento e organização de estratégias que levem em consideração estes dados, a fim de minimizar impactos causados pelas grandes oscilações de temperatura que podem afetar a saúde e a qualidade ambiental da população.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para realização do trabalho foram consultadas referências acerca de conceitos e pontos importantes ao tema de pesquisa, os quais são discutidos a seguir.

2.1 A GEOGRAFIA, A NATUREZA E A PAISAGEM

Rogalski (2011, p. 17) afirma que “analisando a evolução da construção da ciência geográfica percebe-se que, de forma periférica ou não, as questões relacionadas à natureza sempre estiveram presentes.” A visão naturalista já teve períodos de ascensão e declínio, e, mesmo que no decorrer do avanço da ciência determinados parâmetros tenham sido reformulados, a importância da natureza prevalece até a atualidade, por conta de seu vínculo com a sociedade.

A inserção da sociedade na compreensão do espaço geográfico aponta novas abordagens e respostas frente à crise ambiental e para as ciências, em especial as que integram análise de cunho social com o ambiental, conseguem compreender a relação sociedade-natureza (Rogalski, 2011, p. 28).

Conforme a humanidade se utiliza de bens e recursos naturais, passa-se a discutir acerca da exploração da natureza e como é esta relação. Os processos de industrialização foram avançando e a utilização da natureza se encontrou cada vez mais atrelada às questões econômicas. Por muito tempo a maneira com que a exploração acontecia não foi discutida: a sustentabilidade e harmonia não eram pautadas. Foram décadas até que começou-se a pensar sobre o uso desenfreado dos recursos naturais e como eles poderiam um dia se esgotar. A possibilidade de um colapso ilumina discursos sobre os abusos do meio natural. A autora Miyazaki (2014) afirma que, hoje, “há uma certa preocupação por parte da sociedade em promover intervenções cada vez menos impactantes, para que a dinâmica dos processos naturais sejam menos atingidas” (p. 84).

O enfoque locacional permitiu o desenvolvimento da investigação espacial e também da organização do espaço. Já os estudos regionais tentavam compreender a realidade (com suas combinações, relações e conexões) e assim contribuir para os estudos da organização do espaço. “Assim, o estudo locacional consolida-se na Geografia como seu principal objeto de preocupação” (Moro, 1992, p. 11).

Costa e Rocha (2010) traçam um panorama histórico para os conceitos e paradigmas geográficos, discutindo desde os gregos, que já na Antiguidade Clássica, buscavam descrições de características do espaço e suas possibilidades de uso, passando por La Blache, que pensava uma geografia dos lugares, visando estudar a materialização da ação humana sobre o espaço, até a importância como um dos conceitos chave na geografia humanística, junto ao lugar. Os autores trazem também a perspectiva da geografia global na realidade tecnológica do século XXI, com a discussão do ciberespaço – que seria “uma matriz eletrônica de interconexão entre bases de dados digitais através dos sistemas computacionais conectados em rede. É um novo espaço que se sobrepõe ao espaço real” (Costa e Rocha, 2010, p. 16).

Conceito chave da geografia, o espaço é palco de relações e uma das principais é a relação sociedade-natureza, a qual é muito preciosa à ciência geográfica – e é responsável por diferenciá-la das demais ciências ao não limitar seus estudos apenas à natureza ou ao ser humano. Uma das perspectivas para análise da sociedade e sua relação com o ambiente natural é a que considera a natureza como recurso: “a natureza passa a ser vista como recurso à produção, o que aponta para uma limitação quanto à possibilidade analítica em relação às dinâmicas da natureza” (Verdum, 2005, p. 91). Mais do que algo a que o homem recorre objetivando extração, a natureza também é a base para manutenção da vida humana.

A Geografia é uma ciência abrangente. Com campos que estudam desde particularidades muito específicas tanto da geografia humana, quanto da geografia física, não se pode esquecer que ela é um conjunto. Conti (2014) afirma que

Pertencendo, ao mesmo tempo, ao domínio das ciências da terra e das ciências humanas, a geografia tem por objeto próprio a compreensão dos processos interativos entre a natureza e a sociedade, produzindo, como resultado, um sistema de relações e de arranjos espaciais que se expressam por unidades paisagísticas identificáveis em todas as escalas de grandeza. Faz uma interpretação dinâmica da realidade e se fundamenta sobre três princípios: os da localização, descrição e comparação (p. 240).

Dentro das discussões geográficas, a paisagem é campo e conceito importante da ciência geográfica. Troll (1997) traz discussões acerca da origem da paisagem e lembra o modo como a palavra *Landschaft* (“paisagem”, em alemão) tem uma história de mais de mil anos. O autor salienta que, apesar de este conceito também marcar presença na ciência e na arte, “somente a geografia deu ao seu uso

um valor científico, transformando-o em eixo de toda teoria da investigação” (Troll, 1997, p.2). A partir das alterações do meio e da paisagem e com caráter investigativo, o presente trabalho busca contribuir, de alguma forma, para a construção da ciência geográfica.

Na breve abordagem desta seção não poderia ficar de fora a concepção do geógrafo brasileiro Milton Santos, em que “tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança, é a paisagem” (p. 61). Ao trazer este sentido humano à discussão, menciona também o olfato, a audição quando a declara como constituída “não apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons etc” (Santos, 1997, p. 61).

Bertrand (2004) destaca a existência não apenas da “paisagem ‘natural’ mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica” (p. 141). Neste sentido vale lembrar a maneira com que temos a paisagem antrópica no meio urbano, fruto da ação humana que, alterando o meio, altera também a paisagem natural.

Como uma introdução para a próxima seção das referências, ao discutir a geografia e a paisagem, Conti (2014) evidencia

Assim como o clima, a paisagem é produto de uma convergência de processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos. O clima, abstrato enquanto categoria, não pode ser expresso em imagem mas aparece subjacente em qualquer paisagem da superfície terrestre, desempenhando papel relevante por meio da atuação de seus elementos tais como temperatura, umidade, ventos, etc. em diversas escalas de grandeza. Há uma forte sintonia entre clima e paisagem” (p. 241).

A seguir são abordadas questões e conceitos pertinentes às pesquisas climatológicas, visto que a temperatura de superfície é uma variável importante nos estudos da climatologia.

2.2 CLIMA

A Climatologia se dedica ao estudo do clima e foi a partir do século XIX que, com a sistematização, puderam ser realizadas generalizações climáticas (Barry e Chorley, 2009). Esta seção é dedicada a uma breve discussão de alguns pontos importantes desta ciência.

É necessário reforçar que termos como “tempo” e “clima” possuem diferenças consagradas nas discussões geográficas. Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 14-15) definem a conceituação de Julius Hann como “conceito clássico de clima, considerando-o ‘o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra’”.

De acordo com Ayoade (1996, p.2), tempo se entende como o “estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo e em determinado lugar”, enquanto clima “é a síntese do tempo num determinado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos”. Ainda segundo o autor, o clima, logo, diz respeito a características da atmosfera compreendidas a partir de extenso intervalo temporal e tem, por sua maior quantidade de dados, a capacidade de apresentar generalização.

Ao discutir o caminhar da Climatologia, Neto (2001, p.52) aponta que as conceituações definidas por Hann no século XIX foram criticadas por Max Sorre, que questionava o caráter “estático, separativo e descritivo da climatologia praticada até então”. Em 1951, Sorre define clima enquanto uma “série dos estados do tempo em sua sucessão habitual” (*apud* Neto), trazendo dinâmica ao espaço e sociedade.

Sobre os estudos em território brasileiro, Neto (2001) indica que:

Parece apropriado supor que com a criação do Observatório Astronômico Imperial do Rio de Janeiro, em 1827, iniciaram-se os procedimentos científicos que algumas décadas mais tarde propiciariam o nascimento da climatologia no Brasil (p. 3).

Neste sentido, as próximas seções trazem várias referências nacionais – frutos da construção da climatologia brasileira – a fim de discutir o clima urbano e também o clima dos Campos Gerais.

2.2.1 Clima Urbano

Ganho (1999) aponta que o primeiro estudo exclusivo ao clima urbano aconteceu em 1818, em Londres. A partir de então, vários estudos em muitas cidades passaram a ser realizados. O autor aponta que aglomerados urbanos interferem no clima local – principalmente na temperatura – e que o clima urbano é resultado de uma “substituição da cobertura natural do solo da geometria urbana característica e das alterações na composição da baixa atmosfera inerentes a concentração das atividades humanas” (p.100).

Monteiro (1990, p. 80) fala sobre como é importante evidenciar que o clima urbano é um sistema aberto que “pressupõe uma mobilidade tanto espacial quanto temporal” e que, na cidade, o comportamento da atmosfera “configura a condição local da observação meteorológica e definição climática”. O autor reforça que as alterações humanas atingem significativamente o ambiente natural, e geram repercussões atmosféricas.

Conforme Mendonça (2003) no Brasil tivemos uma população predominantemente urbana em detrimento da rural na década de 60, com migração para núcleos urbanos e êxodo de áreas rurais. As modificações do meio ambiente foram visíveis, bem como “a queda da qualidade da atmosfera urbana e os problemas humanos a ela correlatos” (p. 175).

2.2.2 Clima dos Campos Gerais

Cruz (2007) define que, levando em conta a classificação climática de Köppen, pode-se identificar climas de dois tipos nos Campos Gerais “clima Cfb na maior parte e clima Cfa na menor parte da região” (p.59) e varia em relação à “temperatura e índices de precipitação, horas de insolação e umidade relativa do ar e direção dos ventos”, dependendo da localização. O autor lembra que, da mesma maneira que o estado do Paraná, o clima nos Campos Gerais possui a presença de massas de ar frio (sobretudo durante o inverno), ação de ventos marítimos úmidos e “variações na posição do Equador Térmico e do Anticiclone do Atlântico Sul” (p.60).

Após discussão acerca do Clima, Clima Urbano e Clima dos Campos Gerais, a próxima seção aborda um importante tema correlato ao Clima Urbano: as Ilhas de Calor.

2.3 ILHA DE CALOR

Revisando estudos de duas décadas referentes ao clima urbano Arnfield (2003) cita a Ilha de Calor Urbana (ICU) – do original no inglês *Urban Heat Island (UHI)* – salientando que ela “é frequentemente considerada o exemplo mais bem documentado de modificação climática antropogênica” (p.2, tradução própria). O termo tem sido amplamente discutido nas últimas décadas, envolvendo também nossa ação (ou até “paralisia”) frente ao fenômeno de aquecimento no qual influímos

e que dificulta a vida nos centros urbanos. O autor ainda ressalta a variedade das ilhas de calor, que divergem “com base no meio detectado (ar, superfície, até mesmo subsolo) e no sistema de detecção empregado” (p. 6). Com novos recursos, lembra a maneira com que “o sensoriamento remoto térmico terrestre (...) permite a definição de mais uma ICU, ou seja, aquela para a superfície do solo” (p.4): imagens térmicas têm permitido cada vez mais a detecção deste tipo de Ilha de Calor.

Ao estudar ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte, Amorim (2019) indica os principais tipos de ilhas de calor – amplamente estudadas por Oke -, de acordo com as camadas em que se encontram, sendo

1 – a ilha de calor superficial diagnosticada por meio do sensoriamento remoto, que permite o cálculo da temperatura dos alvos (Oke *et al.*, 2017); 2 – a ilha de calor atmosférica inferior, que Oke (1978) denominou urban canopy layer, cuja temperatura é registrada entre o nível do solo e o nível médio dos telhados. Neste caso, as temperaturas são medidas abaixo do nível do topo dos edifícios, por meio de diferentes procedimentos, tais como, transectos móveis (medidas itinerantes com veículos) e pontos fixos por meio de uma rede de sensores de temperatura inseridos na malha urbana e no ambiente rural; 3 - a ilha de calor da atmosfera urbana superior, denominada por Oke (1978) urban boundary layer. Esta se sobrepõe à anterior e se estende por vezes até à atmosfera livre (p. 25).

Discutindo ilhas de calor em cidades de porte médio Dubreuil *et al.* (2014) destacam a maneira como as cidades vêm crescendo sem que características climáticas tenham a devida importância considerada – impermeabilizando o solo e diminuindo áreas vegetadas, por exemplo – e, assim, “as condições radiativas específicas da superfície urbana (edifícios e cobertura do solo) favorecem o estabelecimento da Ilha de Calor Urbana (ICU)” (p.68). Estudando as Ilhas de Calor Urbanas em Presidente Prudente (SP), os autores observaram quedas de temperatura no sentido das áreas rurais, relacionadas à diminuição da densidade de construções. Ao mencionar a ação humana e seu papel na mudança climática, os autores evidenciam:

Em um contexto de aquecimento global, o clima urbano levanta a questão de impactos concretos e sensíveis de um fenômeno global, em nível local. Portanto, é necessário compreender os mecanismos do clima local, a fim de avaliar os efeitos futuros do aquecimento global na cidade e iniciar processos de adaptação. A colaboração entre os gestores e os geógrafos do clima é muito importante para as escolhas de desenvolvimento e ferramentas de implementação de suporte de decisão compartilhada (p. 80-81).

Questionando o conceito, Fialho (2012) afirma que a orientação das vertentes também tem papel importante na análise dos ambientes, e declara compreender “núcleo de calor” como um termo melhor, visto que:

A princípio, o conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior, ainda assim, não está claro, na literatura, em que momento ou qual diferença de temperatura do ar se pode atestar a existência do fenômeno em questão (p. 62)

Sendo “ilha” ou “núcleo”, é notável que o fenômeno da urbanização e a ação antrópica tendem a gerar aquecimento nas cidades. Para amenizar o desconforto térmico várias propostas são feitas no intuito de construir cidades “mais verdes”, arborizadas e frescas, visto que a vegetação auxilia no aumento da umidade do ar e diminuição da temperatura. Neste sentido, surge também a discussão sobre “ilha de frescor”. Alves (2010) afirma que as ilhas de frescor “são caracterizadas por apresentarem temperaturas mais amenas em relação aos outros locais citadinos” (p. 127). As consequências de amenização termal deste tipo de ilha são notados nos espaços urbanos arborizados.

2.4 GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com Fitz (2008), o Geoprocessamento pode ser compreendido como “um conjunto de tecnologias que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados” (p. 20), que, com o avanço da computação, acaba se tornando cada vez mais rápido – além de possuir instrumentos cada vez mais precisos.

Câmara e Davis (2001) afirmam que o termo Geoprocessamento apresenta-se como “a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica” (p.1). Conhecimento este que tem permitido muitos estudos integrando dados e, conforme destacam os autores, “se onde é importante para seu negócio, então Geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho” (Câmara e Davis, 2001, p.1). O “onde” que importa muito ao presente trabalho diz respeito ao perímetro urbano da sede de Castro (PR) e seu entorno rural.

A potencialidade do Geoprocessamento é imensa, nos mais diversos tipos de planejamentos e propostas. Ao traçar um histórico os autores apontam o início dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na década de 60, no Canadá, salientando a dificuldade de uso destes primeiros sistemas – devido a velocidade com que se podiam ser realizados os processamentos, além da capacidade de armazenamento quase insuficiente. No decorrer da década de 70 o cenário começou a mudar e os recursos eram melhores. Nos anos 80 o ritmo de desenvolvimento da tecnologia aumentou e perdura até hoje - os autores destacam a criação de centros de pesquisas nos EUA, além do aumento de acesso pelo mundo todo. No Brasil, o Geoprocessamento inicia nos anos 80.

Conforme Câmara e Monteiro (2001), o Geoprocessamento é interdisciplinar e permite análises em diversas áreas. Ao discutí-lo, os autores destacam também a importância dos SIGs:

Quando falamos que o espaço é uma linguagem comum no uso de SIG, estamos nos referindo ao espaço computacionalmente representado e não aos conceitos abstratos de espaço geográfico (...)
Trabalhar com geoinformação significa, antes de mais nada, utilizar computadores como instrumentos de representação de dados espacialmente referenciados. Deste modo, o problema fundamental da Ciência da Geoinformação é o estudo e a implementação de diferentes formas de representação computacional do espaço geográfico (p.2).

Ao debater os sistemas de medida e de referência espaço-temporal, os autores lembram a importância da escala de medida para poder representar a realidade no computador, destacando quatro escalas de mensuração: nominal, ordinal, intervalo e razão. No presente trabalho a medida nominal foi utilizada, por exemplo, nos mapas de uso da Terra, com classes como corpo d'água, pastagem, área urbanizada, lavoura temporária, etc. Quando a medida é ordinal, há valores que são atribuídos e permitem que se ordenem as classes. Já quando números reais estão envolvidos, de acordo com Câmara e Monteiro (2001), os níveis de medida podem ser por intervalo (com valores positivos e/ou negativos) ou por razão (com o número zero sendo ponto de referência sem arbitrariedade).

Ainda de acordo com Câmara e Monteiro (2001, p. 10): “as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial”. Há objetos geográficos nas imagens e a fotointerpretação e classificação são necessárias para

que eles se tornem individuais. Nas imagens de satélite as resoluções espectral, espacial, radiométrica e temporal são importantes.

Conforme Fu *et al.* (2020, p. 56) o Sensoriamento Remoto é entendido como a pesquisa e observação do meio ambiente através de dispositivos “fotoeletrônicos transportados por satélites, naves espaciais (incluindo ônibus espaciais), aeronaves, veículos quase espaciais e diversas plataformas terrestres”. São muitos os tipos de sensores e plataformas que permitem a exploração humana da superfície terrestre. Ainda segundo os autores:

Satélites de observação terrestre foram desenvolvidos para investigação de recursos terrestres, pesquisa ambiental terrestre, previsão das condições das colheitas e monitoramento de desastres naturais. As variáveis terrestres possuem um “espectro de objetos terrestres” específico e espalhamento de radiação; variáveis terrestres podem ser recuperadas considerando a direção, escala e sensibilidade para estabelecer a relação entre ondas eletromagnéticas e variáveis da superfície terrestre para observação espacial (p. 59).

Schade *et al.* (2020) discorrem sobre a Informação Geospacial (IG) e como ela permite que se façam réplicas digitais daquilo que observamos na realidade de nosso planeta. Os autores reforçam que existem usos dos termos geográfico e espacial acompanhando a informação, mas que, pelo contexto, optaram pelo uso de geoespacial como termo de discussão. Conforme afirmam, a Infraestrutura de Informação Geoespacial (IIG, ou *GII*, do inglês *Geospatial Information Infrastructure*) é “a espinha dorsal da Terra Digital” – expressão desenvolvida por Al Gore (*apud* Schade *et al.*, 2020, p. 170). A Infraestrutura de Informação Geoespacial (IIG) se relaciona aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) contribuindo tecnologicamente. Os autores lembram que anos atrás as Informações Geoespaciais precisavam de longos períodos e robustas máquinas para que ocorresse seu acesso e também para que os dados fossem transformados. Surge, então, o investimento infraestrutural e as tecnologias avançam cada vez mais. O uso de dados abertos também merece destaque no processo de desenvolvimento, visto que permitiu aumento considerável de público usuário.

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) a série Landsat é um projeto da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (sigla NASA, do inglês *National Aeronautics and Space Administration*) que começou nos anos 60. Inicialmente o programa possuía a sigla ERTS (*Earth Resources Technology*

Satellite) e foi em 1975 que passou para o nome que é utilizado até hoje. Já foram 8 os satélites lançados.

2.4.1 Uso de Imagens Landsat 8

Segundo o Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey – USGS*), o Landsat 8 foi lançado em 11/02/2013, desenvolvido e construído pela Ball Aerospace & Technologies Corporation e possui dois sensores, o *Operational Land Imager (OLI)* e o *Thermal Infrared Sensor (TIRS)*. Ainda de acordo com a USGS:

O OLI mede nas porções visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas (VNIR, NIR e SWIR) do espectro. O TIRS mede a temperatura da superfície terrestre em duas bandas térmicas com uma nova tecnologia que aplica a física quântica para detectar o calor. As imagens do Landsat 8 têm resoluções espaciais pancromáticas de 15 metros e multiespectrais de 30 metros ao longo de uma faixa de 185 km (disponível em: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>, acesso em 18 ago. 2024)

As características de seus sensores são apresentadas no Quadro 1, trazendo as resoluções espacial, temporal e radiométrica do Landsat 8.

Quadro 1 - Características dos sensores do Landsat 8 e suas bandas.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
OLI	B1 – Costal	0.433 - 0.453 μm	30 m	16 dias	185 km	12 bits
	B2 – Azul	0.450 - 0.515 μm				
	B3 – Verde	0.525 - 0.600 μm				
	B4 – Vermelho	0.630 - 0.680 μm				
	B5 – Infravermelho Próximo	0.845 - 0.885 μm				
	B6 – Infravermelho Médio	1.560 - 1.660 μm				
	B7 – Infravermelho Médio	2.100 - 2.300 μm				
	B8 - Pancromático	0.500 - 0.680 μm	15 m			

	B9 – Cirrus	1.360 - 1.390 μm	30 m			
TIRS	B10 – LWIR - 1	10.30 - 11.30 μm	100 m			
	B11 – LWIR - 2	11.50 - 12.50 μm				

Fonte: adaptado de Embrapa. Land Remote Sensing Satellite. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/landsat>. Acesso em: 15 mai. 2024.

Conforme descrição da USGS, alguns fatos da órbita do satélite são que sua órbita é sincronizada com o Sol e quase polar (inclinação de 98,2 graus), a órbita é completa a cada 99 minutos, sua repetição é cíclica a cada 16 dias e ele captura cerca de 740 cenas por dia em sistema de caminho/linha do *Worldwide Reference System-2* (WRS-2).

2.5 TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE (TST)

A Climatologia, como subcampo da Geografia Física, vem apresentando a Temperatura de Superfície Terrestre (TST) como objeto de estudos já há algumas décadas. O sensoriamento remoto é ferramenta para que se compreenda o espaço geográfico e, com o avanço da tecnologia, os trabalhos relacionados a TST se multiplicaram nos últimos anos (Li *et al.*, 2023) e tende-se que esta quantidade continue crescendo. A pesquisa realizada neste trabalho trouxe dados e discussões acerca de TSTs estimadas em Castro (PR). Se debate a seguir sobre o tema, abordando trabalhos realizados no Brasil e também fora dele.

Iniciando discussões sobre a definição em si, Norman e Becker (1995) ao tratarem de terminologias ligadas ao sensoriamento remoto e infravermelho térmico apontaram a temperatura de superfície (do inglês *surface temperature*) como “um termo geral e inespecífico que se refere à temperatura agregada de todos os objetos que compõem a superfície” (p. 165, tradução própria), além de indicarem que a temperatura pode ser infravermelha, cinética ou aerodinâmica, direcional ou hemisférica.

Realizando revisões de geofísica, Li *et al.* (2023, p. 3, tradução própria) definem a temperatura de superfície terrestre TST como sendo:

A temperatura termodinâmica de uma fina camada na interface entre o solo, a vegetação ou outros componentes da superfície e da atmosfera. Ela reflete o quão quente ou fria seria a superfície da Terra ao toque. No contexto do

sensoriamento remoto, esta camada fina (isto é, superfície terrestre) é uma superfície projetada contínua compreendendo todos os componentes visíveis dentro do campo de visão instantâneo do sensor, e sua espessura é da ordem da profundidade de penetração.

Discutindo sobre o clima urbano e a variação de temperatura das ilhas de calor, Murara (2020) afirma que “o uso de sensoriamento remoto nas investigações de temperatura da superfície tem auxiliado na compreensão da distribuição das fontes de calor das áreas urbanas” (p. 63). Apesar de não ser a única maneira de obter a TST, o imageamento a distância tem sido muito utilizado para sua determinação. Prina e Trentin (2016) analisaram a correlação entre temperatura da superfície e uso da terra no município de Jaguari (RS) e destacam a importância do Geoprocessamento, com o Sistema de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto.

Estudando a estimativa da temperatura de superfície em Planaltina - DF, Steinke *et al.* (2010) lembram que, apesar de temperaturas provenientes de sensores não serem exatamente iguais ao que se mede na temperatura do ar, isso não impede que análises apontem as diferenças de TST calculadas a partir de imagens de satélite de diferentes anos – além de correções e ajustes sempre serem uma opção para diminuir possíveis disparidades (entre o real e o estimado com geoprocessamento). Além de possíveis limitações, os autores também lembram a influência de alguns fatores na determinação de temperaturas de superfície, como “a natureza dos diferentes alvos, emissividade, efeitos atmosféricos, entre outros” (p. 54). Tratando de um aspecto mais histórico, os autores também afirmam (p.41):

Estudos relacionados com a extração da temperatura de superfície por meio de satélite foram iniciados com a utilização de dados provenientes dos sensores AVHRR (*Advanced Very-High Resolution Radiometer*) a bordo dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) administrados pelo *National Environmental Satellite and Information Service* (NESDIS).

Os satélites NOAA são do tipo meteorológico e vêm sendo lançados desde a década de 70. Apesar de a série Landsat ser composta por satélites de observação - não classificados diretamente como meteorológicos - o fato de possuírem sensores termais permite que suas imagens sejam utilizadas para análises envolvendo TST.

Neste trabalho foi utilizado o *plugin*¹ SPT, desenvolvido por Muhammad Rahmahalim em 2020, no *software* QGIS para cálculo da temperatura de superfície a partir do uso de imagens Landsat 8. Este *plugin* utiliza o algoritmo de divisão fina (SWA) *Qin* para estimar a temperatura superficial e isso permite que os usuários obtenham temperaturas precisas e confiáveis para análise e tomada de decisões.

Weckmüller, Slovinski e Vicens (2013) ao analisarem a trajetória evolutiva do uso e cobertura da terra em Muriqui - RJ demonstraram que a partir da análise orientada a objetos é possível evidenciar diferenças entre anos: no estudo os anos avaliados compreendiam o período entre 1984 e 2011. Entre as mudanças percebidas, o desmatamento e a urbanização - importantes para o presente trabalho - foram duas das cinco trajetórias evolutivas apontadas pelos autores (as outras três se trataram do acréscimo de agricultura, o reflorestamento e a regeneração).

Ao trabalhar com a Temperatura de Superfície Terrestre em Campina Grande - PB, Cunha, Rufino e Ideião (2009) utilizaram imagens Landsat 5 e afirmam: “é fato que a camada de ar mais próxima ao solo é mais aquecida nas cidades do que nas áreas rurais” (p. 5717) - áreas com cobertura vegetal tendem a apresentar temperaturas menos elevadas e mais amenas do que as obtidas em áreas urbanizadas. Rosa e Filho (2023) inclusive o comprovaram, estudando a influência da vegetação na temperatura de superfície na área urbana de Rio Paranaíba - MG, onde “observou-se que em áreas que possuem vegetação a temperatura é menor cerca de 0,71°C” (p.15).

O fato inclusive já foi discutido há 20 anos, quando Weng, Lu e Schubring (2004) estudaram a relação entre a temperatura de superfície e a vegetação em Indianápolis (IN) e concluíram que:

A abundância da vegetação é um dos fatores mais influentes no controle das medidas TST (...) Embora muitos fatores tenham contribuído para as variações da radiação espectral e da textura na TST e, portanto, para os padrões espaciais de ilhas de calor urbanas, o arranjo espacial e a extensão da área dos diferentes tipos de cobertura do solo são fundamentais. Sendo fontes e sumidouros da maior parte dos movimentos de materiais e energia e das interações entre a geosfera e a biosfera, as alterações na cobertura do

¹ “Os *Plugins*, também chamados de ‘Complementos’, podem ser adicionados ao QGIS com o objetivo de potencializar suas funcionalidades, através de novas ferramentas, botões, painéis, expressões, etc.”, “plug-ins”, disponível em <https://geoone.com.br/o-que-e-o-qgis/#:~:text=Os%20Plugins%2C%20tamb%C3%A9m%20chamados%20de,%20pain%C3%A9is%20express%C3%B5es%20etc>

solo não só causarão alterações nas quantidades físicas, como a abundância vegetativa e a biomassa, mas também nas propriedades térmicas (p. 480, tradução própria).

Estudando a termografia de superfície e temperatura do ar da Região Metropolitana de Curitiba, Mendonça e Dubreuil (2005) observaram a formação de ilhas de calor e frescor na área urbanizada e destacaram a maneira que na aglomeração urbana existe uma “mancha contínua mais quente que o entorno rural” (p. 35).

Dispondo da temperatura de superfície em associação ao uso da terra e da cobertura vegetal, Pereira (2012) *et al.* realizaram análise na bacia Barra dos Coqueiros (GO) destacando-a como meio auxiliador na gestão e planejamento ambiental. Discutindo os resultados, os autores afirmam:

Observa-se que a ocorrência de temperaturas mais amenas se apresentaram em áreas cobertas por vegetação, principalmente próximas às matas ciliares, APPs e o lago. Em contrapartida tem-se as temperaturas mais elevadas nas áreas ocupadas pela agricultura, principalmente quando o solo está desnudo. Isso indica que a cobertura do solo apresenta padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia, produção de calor e reflectância (p. 1253).

Correlacionando a temperatura de superfície com os usos e cobertura da Terra nas áreas urbanas dos municípios de Francisco Beltrão e Pato Branco, Hendges, Andres e Marion (2018) declaram em sua conclusão que “a presente pesquisa pode confirmar que a vegetação é um fator determinante no elemento climático temperatura” (p. 173), demonstrando mais uma vez o que foi supracitado.

Fialho e Santos (2023) investigaram a expansão da cidade de Viçosa - MG através da termografia de superfície no período entre 2000 e 2019 e demonstraram como a transformação dos usos da superfície resultou em “um impacto sentido no aumento dos registros da temperatura de superfície” (p. 399). Mudanças e diferentes usos estão intrinsecamente ligados à TST.

Ao realizarem cálculo da temperatura de superfície utilizando dados de Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8 Matias, Estanqueiro e Tenedório (2018) afirmam que é possível “fazer um mapeamento para validação com cruzamento com outras variáveis como por exemplo as transições da ocupação do solo ocorridas” (p. 888), demonstrando como os elementos que podem influenciar as TSTs.

Buscando compreender, através de sensoriamento remoto, a dinâmica da temperatura da superfície frente mudanças da cobertura e uso do solo, Gomes (2011) sustenta que

As causas para a formação das ilhas de calor são facilmente identificadas, quando é feito não só a coleta de temperatura da superfície, mas quando se associa à superfície e sua composição na cobertura da área analisada. Entre os materiais que se destacam por sua reflectividade, estão o asfalto e o concreto (p.16).

Ao trabalhar sobre o uso de *software* livre relacionado à análise de temperatura, Santos (2017) reforça que a separação dos efeitos atmosféricos e emissividades na TST pode ser um árduo trabalho e evidencia TST como

Um elemento de grande valor nos processos físicos a superfície terrestre, em escala regional e global, relacionados ao balanço de energia, evaporação, transpiração vegetal, desertificação e pode ser utilizada como indicador de degradação terrestre e de mudança climática (p. 21).

Li *et al.* (2023) descrevem os métodos para que a temperatura de superfície seja estimada, além de reforçarem que “a TST tem sido frequentemente usada para monitorar secas agrícolas, ambiente térmico, anomalias térmicas e mudanças climáticas” (p. 38). Além de estarem sendo utilizadas nestas questões consideráveis, os autores destacam a maneira como o uso de TSTs em escalas espaciais e temporais diferentes pode ser “crucial para a compreensão dos balanços hídricos e energéticos da superfície da Terra, como evapotranspiração, seca, anomalias térmicas e mudanças climáticas, em vários estudos” (p.59). Compreender a temperatura de superfície terrestre na cidade de Castro (PR) durante uma década pode ser essencial, portanto, na indicação de fenômenos anômalos e/ou de grande alteração que afetam não só as mudanças climáticas em escala global, mas que precisam de atenção também na escala local.

Abordando estimativas de temperatura e emissividade da superfície terrestre, Dash *et al.* (2002) destacam que “a superfície é comumente ainda mais heterogênea em observações espaciais de satélite de baixa resolução” (p.2, tradução própria) o que implica em distorções, e conseqüentemente, os algoritmos devem levar os efeitos atmosféricos, angulares e de emissividade em consideração. Os autores discorrem sobre a emissividade pois muitas vezes a fim de aprimorar a estimativa das TSTs se utiliza a Emissividade Superficial Terrestre (do inglês *Land Surface Emissivity* - LSE).

Ainda abordando a estimativa de TST os autores salientam que tanto ela como a “LSE a partir de dados de sensores passivos são um importante e contínuo campo de pesquisa” (p. 36, tradução própria), como já foi evidenciado mencionando o aumento de trabalhos abordando o assunto nos últimos anos.

Käfer (2019) ao escrever sua dissertação intitulada “Recuperação de temperatura de superfície terrestre da radiância termal coletada pelo sensor TIRS/Landsat 8: aplicações de medidas de campo e laboratório” realça que a partir do sensoriamento remoto é possível trabalhar a temperatura de superfície terrestre “nas escalas regional e global, uma vez que a maior parte da energia detectada pelo sensor nesta região espectral é emitida diretamente pela superfície terrestre” (p. 25), além de reforçar a os avanços da última década, com novos métodos sendo desenvolvidos no intuito de recuperar TSTs.

Em seu estudo comparativo entre imagens termais dos Landsats 7 e 8, Pires e Ferreira Jr. (2015) apontam como uma vantagem do sensoriamento remoto termal a possibilidade de “proporcionar em tempo-sincronizado uma densa rede de dados de temperatura de áreas sobre a superfície terrestre, além de permitir o monitoramento e o estudo multitemporal das mesmas” (p. 7421), o que se apresenta neste trabalho: a partir das imagens de satélite - que englobam Castro - de vários anos pode-se traçar um quadro comparativo entre como eram as temperaturas de 2014 até como se comportaram em 2023.

2.6 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

Orhan, Ekercin e Dadaser-Celik (2014) definem o NDVI como um indicador numérico simples, que é usado em análises de sensoriamento remoto e calculado como a razão entre a refletividade do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético. Os autores ressaltam a maneira com que desde a década de 70 dados de satélite são cada vez mais utilizados para gerar índices de vegetação, obter temperatura de superfície terrestre, determinar mudanças temporais, além de monitorar a seca.

Cherlinka (2020) afirma que os índices de vegetação buscam, através de combinações matemáticas, aumentar o contraste entre a reflectância da vegetação comparada a outros alvos, além de permitir quantificar características dessa

vegetação. O NDVI (sigla para *Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada em português) é um destes índices e ele varia entre -1 e 1. Apesar de variações relacionadas aos diferentes tipos de plantas, as estações do ano e especificidades regionais, pode-se ter como regra geral que:

Os valores negativos do NDVI correspondem a áreas com superfícies de água, estruturas construídas pelo homem, rochas, nuvens e neve; o solo descoberto cai normalmente dentro do intervalo 0,1 – 0,2; e as plantas terão sempre valores positivos entre 0,2 e 1. A vegetação saudável e densa deve estar acima de 0,5, e a vegetação escassa cairá muito provavelmente dentro do intervalo 0,2 – 0,5. (Cherlinka, 2020, disponível em <https://eos.com/pt/blog/ndvi-faq/>)

Neves *et al.* (2023) analisaram bibliografias acerca dos diferentes métodos e técnicas usados em análises de Ilha de Calor Urbana, notando que, entre os trabalhos analisados, muitos correlacionaram TST com o NDVI. Em suas considerações finais, as autoras destacaram que “a maioria dos métodos de estimativa da TST utilizam o NDVI, pois a ausência de vegetação e o registro de temperaturas de superfície mais altas apresentam uma relação positiva” (p.7). O uso deste índice de vegetação relacionado a temperatura de superfície é, portanto, frequentemente utilizado.

Ao correlacionar a vegetação e a temperatura de superfície terrestre em Ponta Grossa, Cruz (2019) atesta que “a relação entre o índice de vegetação NDVI e a TST é inversamente proporcional, pois quando aumenta o NDVI a TST diminui e quando o NDVI diminui a TST aumenta” (p. 4).

A partir destas referências o estudo se organizou buscando compreender a Temperatura de Superfície Terrestre analisando não apenas os valores da temperatura em si, mas também alterações de valores de NDVI condicionados ao uso da terra.

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos do trabalho primeiramente buscou-se referenciais teóricos a respeito da geografia, seus estudos e a natureza, com Rogalski (2011), Miyazaki (2014), Moro (1992), Costa e Rocha (2010), Verdum (2005) e Conti (2014). Após, foram abordados Conti (2014), Troll (1997) e Santos (1997) para o conceito de paisagem.

A partir disso discutiu-se o conceito de clima, com autores como Barry e Chorley (2009), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Neto (2001), Sorre (1951 *apud* Neto, 2001) e Ayoade (1996); clima urbano, através de Ganho (1999), Monteiro (1990) e Mendonça (2003); clima dos Campos Gerais discutido por Cruz (2007); e clima de Castro onde os autores Maack (1981), Fasolo *et al.* (2002) e Mendonça e Oliveira (2002) foram os norteadores da fundamentação na seção de caracterização do município.

Posteriormente iniciou-se a discussão sobre Ilhas de Calor Urbanas através dos trabalhos de Arnfield (2003), Amorim (2019), Dubreuil *et al.* (2014), Fialho (2012) e ilhas de frescor, a partir de Alves (2010) para discussão a respeito da relação da temperatura com o clima urbano.

Para poder compreender o surgimento das técnicas de geoprocessamento aplicada à análise das imagens de temperatura de superfície, foram utilizados Fitz (2008), Câmara e Davis (2001) e Câmara e Monteiro (2001); e Sensoriamento Remoto a partir de Fu *et al.* (2020). De posse dessas informações, Schade *et al.* (2020) foram referência para discutir sobre a Infraestrutura de Informação Geoespacial (IIG). Após foi debatido sobre a série de satélites Landsat de acordo com a Embrapa e em maior detalhe acerca do satélite Landsat 8 e seus sensores com informações da USGS.

A Temperatura de Superfície Terrestre, que foi o objeto desta pesquisa teve sua conceituação descrita a partir de Norman e Becker (1995) e Li *et al.* (2023), além de ser destacada por autores em estudos em outros locais, como por Murara, Agnolin e Prina (2020) em Erechim (RS); Prina e Trentin (2016) em Jaguari (RS), Steinke *et al.* (2010) em Planaltina (DF); Cunha, Rufino e Ideião (2009) em Campina Grande (PB), bem como outros autores destacados no referencial teórico.

Matias, Estanqueiro e Tenedório (2018) realizaram cálculos de TST utilizando dados de Landsats 5, 7 e 8. Gomes (2011) buscou compreender a dinâmica da TST relacionadas às mudanças da cobertura e uso do solo e Santos (2017) foi citado ao trazer a análise de temperatura a partir do uso de *software* livre. Li *et al.* (2023) descrevem métodos de estimação de TST e relacionam seu uso a investigações acerca de mudanças climáticas. Para discorrer sobre a emissividade terrestre abordada junto às estimativas de temperatura foram utilizados autores como Dash *et al.* (2002) e Käfer (2019), ambos os autores trazem discussões a respeito da recuperação de TST a partir do Landsat 8; e Pires e Ferreira Jr. (2015) fazem comparação entre imagens Landsat 7 e Landsat 8.

Para abordar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) Orhan, Ekercin e Dadaser-Celik (2014), e Neves *et al.* (2023) foram referências para demonstração da utilização do índice relacionado à temperatura de superfície. Cherlinka (2020) foi considerado para compreensão dos valores do índice.

Considerando estudo ocorrido no Paraná, Borges e Batista (2020) exemplificam a utilização do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada e a Temperatura de Superfície Terrestre, comparando a formação de ilhas de calor a partir dos perímetros urbanos de Londrina e Maringá e destacando como o NDVI e a TST servem como indicadores de qualidade de vida – através do conforto térmico – nas cidades.

A pesquisa se caracteriza por ser mista, quantitativa e qualitativa, uma vez que busca quantificar e qualificar as variações da temperatura de superfície terrestre e alterações de cobertura e uso da terra na área de estudo – compreendendo a sede do perímetro urbano do município de Castro e seu entorno. Rangel, Rodrigues e Mocarzel (2018), ao discutirem fundamentos e princípios das opções metodológicas, buscaram gerar a “compreensão de metodologias quantitativas e de comparações com metodologias qualitativas, percebendo, não antagonismos, mas complementaridade” (p.6). Neste trabalho os dados quantitativos, como por exemplo a temperatura em graus Celsius e os valores de NDVI, foram comparados e analisados. A observação foi fundamental nos procedimentos visuais comparativos das imagens, mas sempre apoiada em valores numéricos dos mapas gerados.

O programa *Google Earth Pro* permite o processamento de imagens aéreas e de satélite a partir de computação em nuvem, além de contar com a ferramenta “Imagens Históricas”, que permitiu resgatar o histórico de variação da cobertura e uso da terra. Este recurso foi utilizado para definir o recorte temporal do estudo, visto que a partir dele se evidencia a variação de usos e coberturas, além facilitar a percepção das áreas castrenses com modificações mais significativas.

Para o recorte espacial do trabalho foi gerado – no *software* QGIS 3.10.10 (instrumento desta pesquisa) – um *buffer* de 1000 metros a partir da sede do perímetro urbano do município no ano de 2023 (IBGE), que definiu as delimitações da área de pesquisa. Este *buffer* da área de estudo foi utilizado como camada de máscara no QGIS para os recortes de diversos mapas gerados durante a pesquisa. Para melhor localizar a área de estudo e o município no qual ela se encontra também utilizou-se do QGIS para criação de mapas de localização. Para o mapa de localização de Castro foram utilizados arquivos de limites territoriais do país, das unidades federativas e dos municípios disponibilizados pelo IBGE (2023). O mapa de localização da área de estudo utilizou, além de arquivos de limites municipais, dados de áreas densamente edificadas disponibilizados pelo IBGE (2023) e imagem de satélite do *Google Earth Satellite* (2024).

Após a delimitação da área de estudo, foi necessária a utilização de imagens de satélite Landsat 8, que foram obtidas através de cadastro no site da USGS (*United States Geological Survey*), na aba do *Earth Explorer*, de maneira gratuita. A área de Castro está contida na órbita de caminho 221 e linha 077, critérios que foram preenchidos na busca para que as imagens fossem baixadas. As imagens escolhidas tiveram a delimitação do *buffer* da área de estudo aplicada e compreenderam o período entre os anos de 2014 e 2023, configurando uma década.

As imagens utilizadas foram selecionadas levando em consideração a menor presença de nuvens, o que é importante pois a presença delas pode atrapalhar a obtenção de dados da superfície terrestre, visto que formam uma barreira entre a superfície e o satélite (Rudorff, 2008). Buscando analisar temperaturas de verão e inverno, considerando o período entre 2014 e 2023 e comparando as imagens Landsat 8 disponíveis com menor presença de nuvens nestes anos, as datas das primeiras imagens escolhidas foram 6 de fevereiro de 2014, 19 de março de 2023, 1 de agosto de 2014 e 11 de setembro de 2023. Apesar destas datas pertencerem às

mesmas estações do ano, como as imagens de mesmos meses nestes anos apresentaram muita nebulosidade, foram buscadas imagens de anos próximos ao final do período de análise para poder ser observada a relação entre meses iguais. As imagens de 12 de fevereiro de 2022 e 20 de agosto de 2021 apresentaram menor cobertura de nuvens e foram adicionadas na análise. Configuraram, portanto, assim, as datas das imagens conforme o Quadro 2 mostra.

Quadro 2 - Datas e estações do ano das imagens Landsat utilizadas.

Estação do ano analisada	Data da imagem Landsat 8
Verão	06/02/2014
	12/02/2022
	19/03/2023
Inverno	01/08/2014
	20/08/2021
	11/09/2023

Fonte: a autora.

Para a verificação da temperatura superficial foi utilizado o *plugin* SPT no *software* QGIS 3.10.10. *Plugin* este que é uma ferramenta para cálculo da Temperatura de Superfície Terrestre (TST), desenvolvida por Muhammad Rahmahalim (2020) e a qual permite, através do algoritmo *split-window* (SWA) – ou “de janela dividida”, em português – método Qin, que sejam geradas TSTs a partir das imagens do satélite Landsat 8 (Plugin QGIS SPT, 2024). A motivação da utilização deste método se deve a raridade de estações urbanas para verificação da temperatura.

Em 1972, Rao (*apud* Tsou *et al.* 2017) propôs a utilização do sensoriamento remoto para estudar a temperatura utilizando das ilhas de calor e produzir dados a respeito da distribuição térmica da superfície terrestre utilizando os dados infravermelhos térmicos de imagens de satélite (Tsou *et al.* 2017). Tsou *et al.* aplicaram quatro métodos² para estimar TST a partir de dados Landsat 8 em

² Os quatro métodos utilizados se tratam do Algoritmo de Janela Única (*Mono-Window Algorithm* - MWA), Método de Canal Único (*Single-Channel Method* - SCM), Algoritmo de Janela Dividida Método Qin (*Qin's Split-Window Algorithm* - SWA-Q) e Algoritmo de Janela Dividida Método Sobrino (*Sobrino's Split-Window Algorithm* - SWA-S).

Shenzhen e Hong Kong (China) e em seus resultados apontaram que as melhores recuperações ocorreram com o algoritmo de janela dividida Método Qin.

Kupach e Demianenko (2022) ao estudarem a temperatura de superfície de diferentes coberturas de terra em Kiev (Ucrânia) utilizando a ferramenta *plugin* QGIS SPT verificaram, a partir das superfícies *raster* criadas, diferenças de temperaturas significativas. As autoras observaram melhora do microclima urbano em áreas com vegetação, florestas naturais e corpos d'água, bem como elevação dos indicadores de temperatura em zonas conectadas por construção contínua, uso industrial e junções de transporte.

Desta forma considerando que a metodologia proposta já foi aplicada em outros trabalhos e permitiu a interpretação de dados a respeito do comportamento térmico da superfícies, procedeu-se ao processamento de dados. A temperatura de saída escolhida no *plugin* levou em consideração a escala Celsius como escolhida em todos os anos. A faixa de temperatura variava de acordo com as temperaturas encontradas nas imagens - em casos em que se ultrapassavam 30°C a faixa escolhida era de 0-40, nas demais, de 0-30. Ocorreu um caso, em fevereiro de 2014, em que houveram temperaturas superiores a 40°C e a faixa selecionada foi de 10-50.

Conforme as instruções de execução do *plugin* QGIS SPT, o campo de Vapor Total de Água foi preenchido levando em consideração os tipos climáticos e as estações do ano: como a área de estudo se encontra em região subtropical, os valores definidos variavam entre 0.6819 para imagens do verão e 0.6593 para imagens obtidas no inverno. Por fim são selecionadas as bandas 4 no campo Red, 5 no campo NIR, 10 no campo TIR-1 e 11 no campo TIR-2, para então ser realizado o processamento.

Além da TST, outro produto do processamento do *plugin* QGIS SPT é o NDVI, a partir das bandas 4 (Red) e 5 (NIR), através da fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Onde: NDVI = Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; NIR = banda espectral do infravermelho próximo (banda 5 das imagens Landsat 8); R = banda espectral do vermelho (banda 4 das imagens Landsat 8).

Como a proposta teve a intenção de verificação da variação térmica, foi necessária a construção de mapas que permitissem a identificação da cobertura e usos da terra, a fim de comparar áreas destes diferentes usos e observar também as diferentes temperaturas relacionadas. A construção de mapas de uso foi realizada no *software* QGIS, a partir de dados da plataforma MapBiomias Brasil, que disponibiliza informações como Cobertura e Uso da Terra. A partir de mosaicos de imagens *Landsat* as equipes de analistas de cada bioma do MapBiomias utilizam o classificador automático *Random Forest* em processamentos na nuvem do *Google*. O *Random Forest* é um classificador supervisionado e que:

Se baseia em um conjunto de árvores de decisões geradas aleatoriamente a partir dos dados de treinamento coletados sobre as classes informacionais - alvos da análise quantitativa, assim chegando a uma rotulação das imagens temáticas (Oliveira, 2021, p. 30).

São duas as abordagens na classificação de imagens multiespectrais no sensoriamento remoto, conforme Crósta (1992): a classificação supervisionada e a classificação não supervisionada. A classificação utilizada foi a supervisionada. O autor ainda destaca que:

A classificação automática de imagens multiespectrais de sensoriamento remoto diz respeito à associar cada pixel da imagem a um "rótulo" descrevendo um objeto real (vegetação, solo, etc.). Dessa forma, os valores numéricos (DNs) associados à cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada (água, tipo de vegetação, de solo, de rocha, etc.), chamadas então de temas (Crósta, 1992, p. 107).

As amostras coletadas correspondem ao estágio de treinamento, onde o analista identifica áreas representativas de treinamento e associa descrições às assinaturas espectrais dos tipos de cobertura da terra que lhe interessam (Reddy, 2008). Para a área de estudo deste trabalho foram encontradas 10 classes – entre 62 das subdivisões que cobrem todo o território nacional – nomeadas de acordo com os códigos das classes da legenda da Coleção 9 MapBiomias Brasil. Os mapas de Cobertura e Uso da Terra gerados correspondem aos anos de 2014 e 2023. As classes contempladas na área estão listadas no quadro 3. As cores dos mapas foram inseridas através do código hexadecimal na simbologia do QGIS.

No estágio de classificação cada pixel do conjunto de dados de imagem é categorizado na classe de Cobertura da Terra com a qual mais se assemelha. Após

este estágio, se chega ao estágio de saída, com produtos como arquivos de dados mapas e tabelas, permitindo análise espacial do terreno (Reddy, 2008). Os mapas de Cobertura e Uso da Terra permitem identificar como variações da cobertura e uso se relacionam também à variação da temperatura de superfície terrestre.

Quadro 3 - Classificação por cores das classes definidas para Cobertura e Uso da Terra.

ID do código	Classe	Código hexadecimal
3	Formação Florestal	#1f8d49
9	Silvicultura	#7a5900
11	Campo Alagado e Área Pantanosa	#519799
12	Formação Campestre	#d6bc74
15	Pastagem	#edde8e
21	Mosaico de Usos	#ffefc3
24	Área Urbanizada	#d4271e
25	Áreas não Vegetadas	#db4d4f
26	Corpo d'Água	#2532e4
19	Lavoura Temporária	#C27BA0

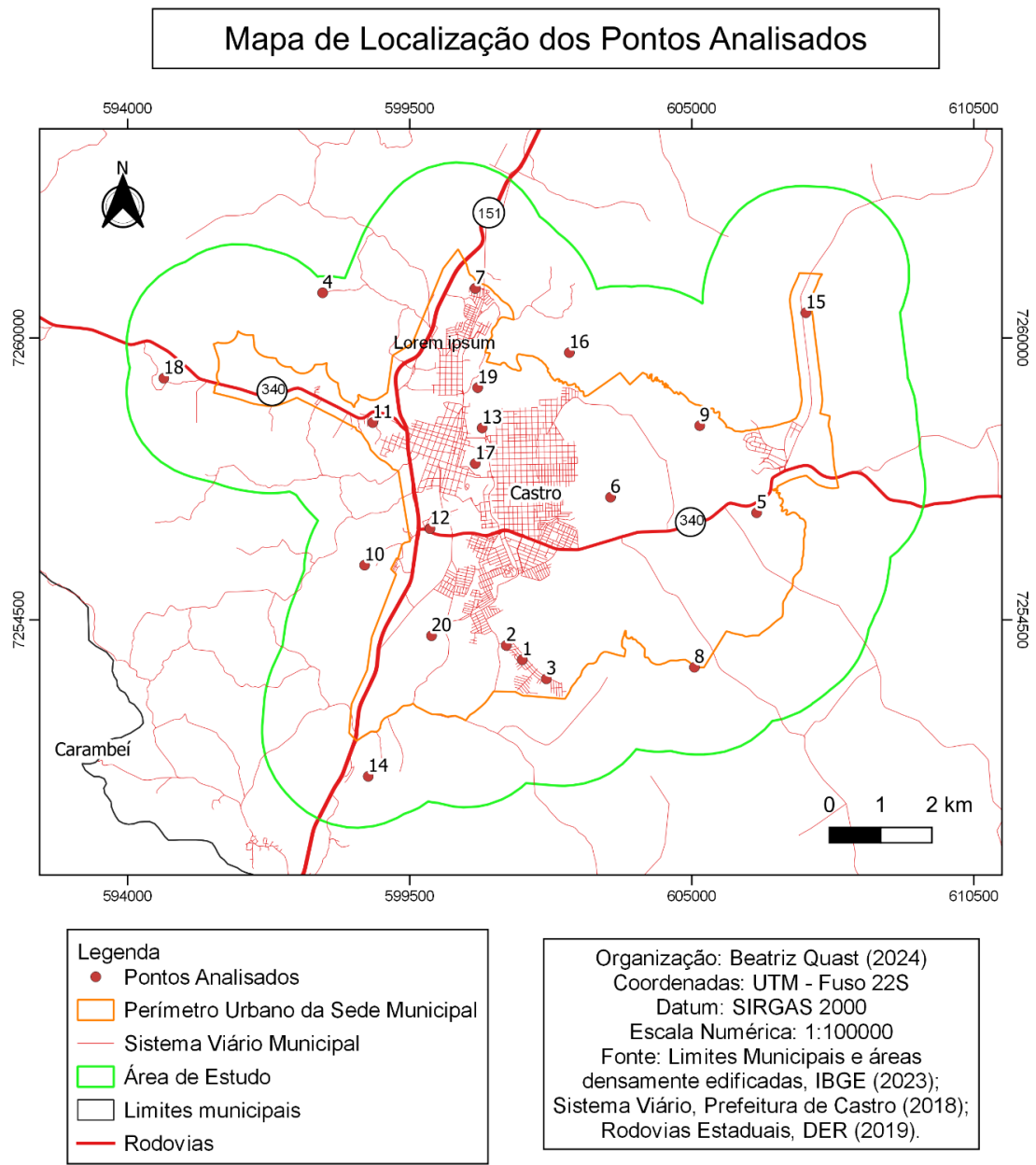
Fonte: MapBiomias Brasil, Códigos de Legenda. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/codigos-de-legenda>. Acesso em: 25 out. 2024.

Conforme a descrição das classes de legenda da Coleção 9 pelo MapBiomias Brasil (2024), a classe Mosaico de Usos corresponde “a áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura” (p.4) e a classe lavoura temporária diz respeito a “áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir” (p.3).

Assim, dentro do *buffer* proposto para a área de pesquisa do perímetro urbano de Castro e seu entorno foram selecionados 20 pontos de análise, que podem ser visualizados na Figura 2, e que permitiram comparar as classes de solo, as variações de temperatura terrestre e os valores de NDVI entre 2014 e 2023.

A partir de arquivos de 2018 disponibilizados pela prefeitura de Castro foi possível construir mapa contemplando a área de estudo dentro do zoneamento da sede urbana do município. Os pontos escolhidos para análise foram inseridos no mapa com a finalidade de identificação das zonas, eixos e setores a que pertencem. Suas descrições foram embasadas nas leis municipais que os definem.

Figura 2 - Localização dos 20 pontos analisados.



Fonte: a autora.

Após a realização de todos estes procedimentos foi possível construir o resultado desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a compreensão da variação da Temperatura de Superfície nos pontos analisados (Figura 2) a partir da área de estudo que compreende a sede do Perímetro Urbano de Castro e seu entorno – com destaque das localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada – foram descritas a seguir características históricas e geográficas a fim de contribuir para o entendimento da complexidade do uso do solo e do crescimento de seu perímetro urbano.

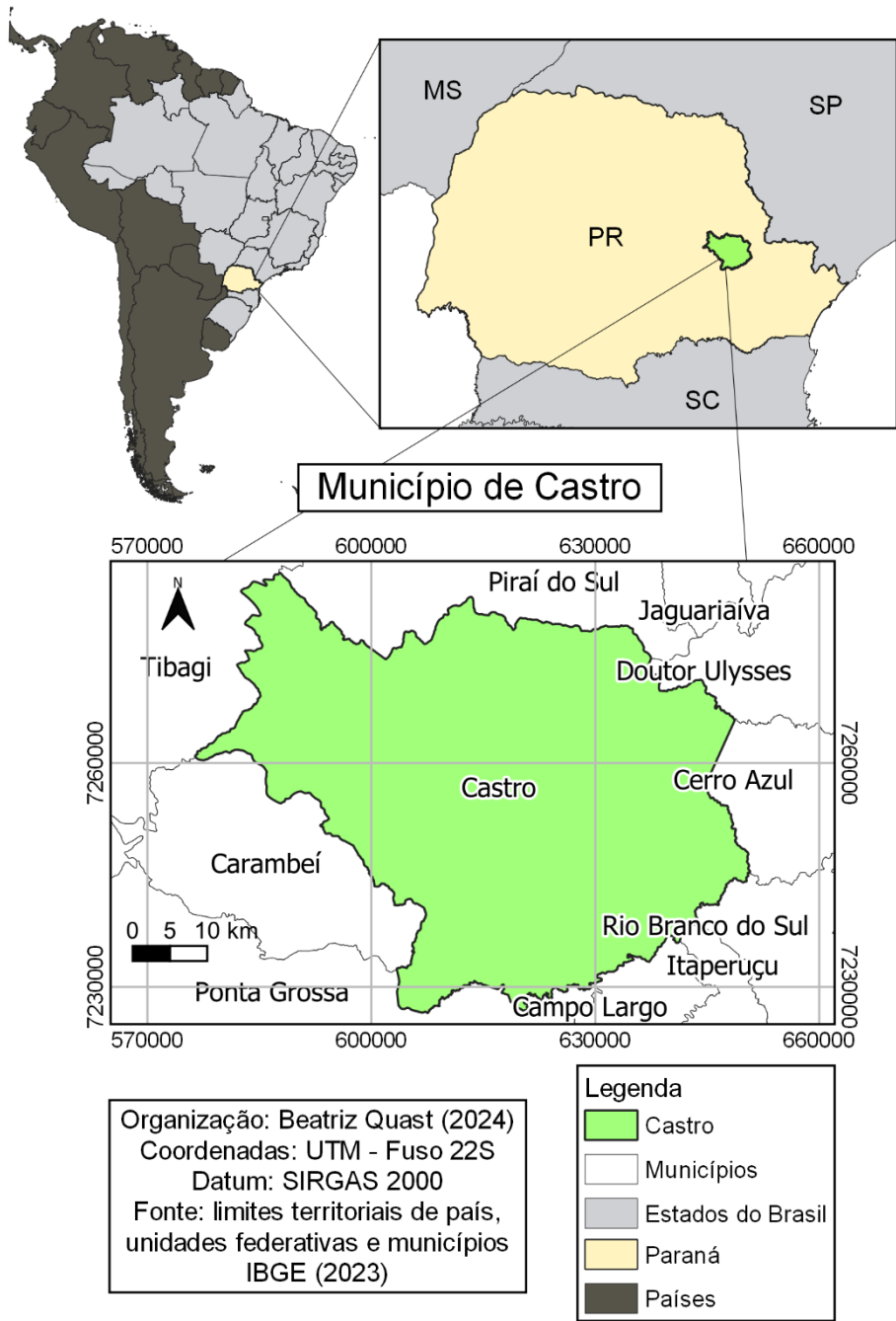
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO E ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 Castro

Segundo informa o Portal do Cidadão da prefeitura municipal, Castro foi elevado a município em 1857, o primeiro depois que o Paraná se emancipou da Província de São Paulo – e, por isso, há quem considere como “Cidade Mãe do Paraná”. O município é marcado pela presença de imigrantes, com a formação das colônias Santa Clara (de alemães) e Santa Leopoldina (de poloneses), no final do século XIX, Terra Nova e Maracanã (de imigração alemã em 1930), Castrolanda (de holandeses em 1951), além da vinda de italianos árabes e japoneses ao longo do século XX.

No último censo realizado pelo IBGE (em 2022) o município de Castro possuía 73.075 habitantes. Sua população estimada é de 75.291 pessoas (IBGE, 2024), sua área é de 2.531,503 km² e está localizado na Região Centro-Sul do Estado do Paraná (Região dos Campos Gerais), a 20 km de Carambeí, 45km de Ponta Grossa e 159 km de Curitiba. A Figura 3 apresenta mapa com sua localização.

Figura 3 - Localização do município de Castro.



Fonte: a autora.

4.1.1.1 Aspectos Físico-Naturais

Castro localiza-se no limite entre o campo limpo, com as extensas várzeas do rio Iapó, e a mata das vertentes da escarpa devoniana. Os Campos de Castro, ou o Planalto do Maracanã, são em média 100m mais elevados do que a região do Planalto de Curitiba, situado entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana. Estas regiões de campo (campo úmido de gramíneas baixas) são separadas pela mata da região montanhosa da série Açungui. (MAACK, 1981, p. 162).

Para discutir brevemente alguns dos aspectos físico-naturais do município, a seguir estão algumas das características de Castro- PR.

4.1.1.1.1 *Clima de Castro*

Maack (1981, p. 244) descreve, a partir de dados climáticos de 1923 a 1961, a classificação do clima de Castro como “IV-7: sempre úmido, quente no verão, clima subtropical quente-temperado”, conforme C. Troll, “II-Fb: sempre úmido, fresco no verão < 23°C, clima de savana úmida subtropical”, segundo H. v. Wissmann, e “Cfb: sempre úmido, clima quente-temperado, o mês mais quente < 22°C, onze meses > 10°C” para a classificação de W. Koeppen.

Segundo dados da Prefeitura de Castro (2022), o clima do município trata-se do subtropical úmido, com temperaturas entre 18° e 22°C. Fasolo *et al.* (2002, p. 5) reforça o clima como “do tipo Cfb, com precipitação da ordem de 1.400-1.600mm e com chuvas bem distribuídas durante o ano.”

Buscando compreender a dinâmica atmosférica e os tipos climáticos da Bacia do Tibagi, Mendonça e Oliveira (2002, p.66) seccionam em três a área da bacia e a Área III “localiza-se na porção meridional da bacia do rio Tibagi, sendo representada, climaticamente, pelas cidades de Teixeira Soares, Castro e Ponta Grossa.” Quando comparada às áreas I e II, “o inverno caracteriza-se como o mais frio e registra a ocorrência frequente de geadas.” Ainda de acordo com os autores:

Essa área é dominada pelos ventos de NE, que, orientados pelas feições topográficas da bacia do rio Ribeira, contígua à do Tibagi, favorecem a atuação das massas de ar Tropical Atlântica e Polar Atlântica, cujo embate predominante no decorrer do ano, manifestado pelas oscilações da Frente Polar Atlântica, é o maior responsável pelas chuvas que nela ocorrem. (MENDONÇA e OLIVEIRA, 2002, p.66)

Cruz (2007) defende a variabilidade de temperatura nos Campos Gerais como decorrida de diversos fatores – um deles é a presença de vales, pelo Rio Tibagi e seus afluentes – entretanto, “muito provavelmente, a latitude constitui o fator de maior influência, pois a região apresenta uma amplitude significativa, em decorrência de sua extensão no sentido norte-sul” (p. 60). Temperaturas médias entre 17° e 18°C ocorrem devido a influência do relevo, em áreas elevadas da Escarpa Devoniana, como é o caso de Castro. O autor cita a influência de fenômenos como o “El Niño” e “La Niña”

no clima do estado, o que se repete nos Campos Gerais, que “experimentam as mudanças nas condições climáticas que ocorrem em anos dos eventos citados” (p.60). Como itens que se relacionam também ao clima, a seguir se discutem aspectos geológicos e geomorfológicos do município.

4.1.1.1.2 Geomorfologia e Geologia

O município de Castro se encontra em duas unidades morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná. A maior parte do município está na que é denominada por Cinturão Orogênico do Atlântico, cuja gênese se relaciona aos “vários ciclos geotectônicos, acompanhados de sedimentação, metamorfismo regional, falhamentos, dobramentos e extensas intrusões” (Mineropar, 2006, p.14). Outra porção reduzida do território municipal se encontra na Bacia Sedimentar do Paraná, a qual:

Implantou-se no Eosiluriano sobre a crosta continental do recém formado Gondwana, ainda em processo de resfriamento. O embasamento da Bacia do Paraná é constituído principalmente de rochas cristalinas pré-Cambrianas e, subordinadamente, por rochas eo-paleozóicas afossilíferas (MINEROPAR, 2006, p.15).

De acordo com Guimarães *et al.* (2007, p.23), um dos principais grandes domínios geológicos paranaenses é constituído por heterogeneidade em rochas de idades proterozóicas “e que podem ser vistas no litoral, na Serra do Mar e no Primeiro Planalto (o Proterozóico é uma grande divisão do tempo geológico, iniciado em 2,5 bilhões e terminado há 542 milhões de anos atrás)”.

Quanto às unidades morfoesculturais, a parte que está sob domínio do Cinturão Orogênico do Atlântico é pertencente ao Primeiro Planalto Paranaense, e a menor porção, da Bacia Sedimentar do Paraná (a oeste da sede municipal), está no Segundo Planalto Paranaense. “O município de Castro, em sua quase totalidade, está situado no Primeiro Planalto Paranaense” (Fasolo *et al.* 2002, p. 9).

O Primeiro Planalto Paranaense constitui o Planalto Atlântico No Paraná – o qual tem modelado principalmente formado por topos convexos, densidade alta dos canais de drenagem e profundidade significativa nos vales – possui “altitudes médias entre 850-950 metros, com certa uniformidade, formando paisagem suavemente

ondulada, e tem sua sustentação em rochas metamórficas” (MINEROPAR, 2006, p.14).

Fasolo *et al* (2002) afirmam que nesta maior área do município contida no Primeiro Planalto o predomínio é de rochas graníticas porfiríticas e rochas do Grupo Açungui. A respeito do segundo grupo, “a subdivisão mais aceita e atual é aquela que coloca que o Grupo Açungui é constituído pelas formações Capirú, Votuverava, Itaiacoca e Antinha” (Fiori, 1991; Soares, 1987 *apud* Pinese 2002, p. 25).

Ainda de acordo com Fasolo *et al* (2002, p.10), as rochas graníticas porfiríticas são “de grande expressão geográfica, reunidos sob os nomes de Cunhaporanga e Três Córregos”, mas “ocorrem também na área granitos subalcalinos e alcalinos, granitos/sienito-granitos, granitos alaskitos e ainda migmatitos e granitos de anatexia”. Conforme Pinese (2002, p.27):

O Complexo Cunhaporanga é caracterizado por rochas graníticas porfiríticas associadas a gnaisses e migmatitos; está em contato com o Grupo Açungui a SE e com as rochas do Grupo Castro a NW, sendo encoberto pelos sedimentos da Bacia do Paraná a NE e a SW. No Complexo Três Córregos predominam rochas graníticas porfiríticas injetadas por riolitos. Seu contato com o Grupo Açungui ocorre a NW, enquanto que a SE o contato se dá com as rochas sedimentares da Formação Água Clara (Grupo Setuva). De forma análoga ao Cunhaporanga, o Três Córregos é encoberto pelos sedimentos paleozóicos da Bacia do Paraná (PINESE, 2002, p. 27).

No Primeiro Planalto há também a presença de rochas do Grupo Castro, que se distribui pelos municípios de Castro e Piraí do Sul, no Paraná. O grupo possui rochas sedimentares e também rochas vulcânicas (Pinese, 2002, p. 27). As rochas foram definidas por

Trein; Fuck (1967), a partir de mapeamentos geológicos sistemáticos efetuados na região pela Comissão da Carta Geológica do Paraná, denominaram as litologias da região de “Grupo Castro”, propondo a seguinte subdivisão da base para o topo em: (a) Sequência vulcânica ácida basal associada à outra Sequência sedimentar com arenitos arcoseanos, siltitos, argilitos e conglomerados; (b) Sequência vulcânica ácida com riolitos maciços e fluidais, tufos, aglomerados e brechas e; (c) Sequência vulcânica intermediária com andesitos no topo do conjunto (*apud* Matsumura, 2010, p. 26).

O Segundo Planalto Paranaense, na Zona de Denudação Periférica da Bacia Sedimentar do Paraná, é composto por rochas Paleozóicas e tem estruturas monoclinais e sub-horizontais em seu modelado (Mineropar, 2002, p. 13). Na área

do município pertencente ao Segundo Planalto, há a presença das formações Furnas e Ponta Grossa, do Grupo Paraná. A Formação Furnas, conforme Guimarães *et al.*, tem sua descrição normalmente produzida “como uma sucessão monótona de arenitos quartzosos portadores de estratificação cruzada, aos quais se intercalam delgados níveis de conglomerados, sobretudo na sua porção basal” (p. 27). De acordo com o autor a Formação Ponta Grossa tem constituição típica de granulação fina e origem em plataforma marinha, com deposição atrelada ao Devoniano.

Em relação às subunidades morfoesculturais, o município abrange o Planalto Dissecado do Alto Ribeira, o Planalto de Castro, o Planalto de São Luíz do Purunã e o Planalto de Jaguariaíva. O Quadro 4 traz informações a respeito das formas de relevo e altitudes destes planaltos.

Quadro 4 - Subunidades morfoesculturais abrangidas pelo município de Castro.

Subunidade morfoescultural	Formas de relevo				Altitudes		
	Dissecação	Topos	Vertentes	Vales	Min.	Máx.	Gradiente
Planalto Dissecado do Alto Ribeira	alta	alongados e em cristas	retilíneas e côncavas	V encaixado	320	1200	880
Planalto de Castro	média	alongados e aplainados	convexo-côncavas	Aberto de fundo chato	920	1320	400
Planalto de São Luíz do Purunã	baixa	aplainados	convexas	Em calha muito Encaixado	780	1300	520
Planalto de Jaguariaíva	alta	alongados	convexas	V	620	1280	660

Fonte: adaptado MINEROPAR, 2002, p. 16.

4.1.1.1.3 Pedologia

A partir das diferentes litologias da parte castrense contida no Primeiro Planalto,

Os solos são predominantemente argilosos, profundos, ácidos, com pequena variação de textura ao longo do perfil, de coloração avermelhada ou brunada e com horizonte superficial espesso e com altos teores de matéria orgânica. Deve-se mencionar a ocorrência de solos com alta concentração de cascalhos em todos os seus horizontes (Fasolo, *et al.* 2002, p. 10).

Na parte sudeste de Castro, onde se encontra o Grupo Açungui, o relevo é acidentado, “com interflúvios estreitos, razão pela qual os solos aí encontrados são

menos profundos em relação aos das área central e centro-oeste, argilosos e tendo como cobertura vegetal nativa a floresta subtropical” (Fasolo, *et al.* 2002, p. 10).

Nas várzeas dos rios Iapó e Pitangui podem ser encontrados depósitos sedimentares areno-siltico-argilosos de origem fluvial durante o Holoceno, sobre ou em associação aos quais acumulações orgânicas originam Organossolos e Gleissolos Hísticos ou Húmicos (Fasolo, *et al.* 2002).

Já na porção municipal pertencente ao Segundo Planalto, os solos apresentam “textura média no domínio das rochas da Formação Furnas”, onde “o cimento é escasso, conferindo ao arenito um caráter friável. Por conseguinte, os solos são mais argilosos, no domínio da Formação Ponta Grossa” (FASOLO, *et al.* 2002, p. 11). Os autores também afirmam que Castro possui em seu território as classes de solo de cambissolos, latossolos, neossolos e organossolos.

4.1.1.1.4 Hidrografia

Quanto às bacias hidrográficas que abrangem o município, grande parte de Castro pertence à Bacia do Rio Tibagi e uma porção menor à Bacia do Rio Ribeira. Melo *et al* (2007, p.50) destaca que a maioria dos rios dos Campos Gerais pertencem à bacia hidrográfica do Rio Paraná, com exceção dos rios Ribeira e Açungui, que nascem na parte sul de Ponta Grossa, leste de Palmeira e oeste de Campo Largo. Também afirma que:

O Rio Tibagi tem suas cabeceiras no reverso da Escarpa Devoniana, já no Segundo Planalto Paranaense, no Município de Palmeira; é um tributário da margem esquerda do Rio Paranapanema, este por sua vez afluente da margem esquerda do Paraná (Melo, 2007, p.50).

Merece destaque o rio Iapó, chamado pelos indígenas Igapó, que significa “rio que alaga” e que se relaciona à história do município, pois a qualidade “de transbordar com facilidade obrigava os tropeiros a pernoitarem nas margens, transformando o local num pouso costumeiro das tropas” (site IBGE, 2024).

4.1.1.2 Aspectos Sociais

A seguir foram abordados aspectos sociais do município de Castro, a partir de elementos como população, área urbana e uso da terra.

4.1.1.2.1 População

A população municipal de Castro segundo o último Censo do IBGE é de 73.075 habitantes em 2022, tendo uma densidade demográfica de 28,87 hab/km² (IPARDES). Na Tabela 1 pode-se observar a evolução da população estimada a partir de 2013 e até 2021 – ano anterior ao Censo mais recente. Em 2024 a população estimada no município é de 75.291 pessoas.

Tabela 1 - População estimada entre 2014 e 2021 no município de Castro.

População estimada - município de Castro - PR	
2014	70.454
2015	70.810
2016	71.159
2017	71.501
2018	71.151
2019	71.484
2020	71.809
2021	72.125

Fonte: IBGE Estimativas da população. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=17283&t=downloads>. Acesso em: 5 jun. 2024.

4.1.1.2.2 Área Urbana

Segundo a prefeitura, o perímetro urbano atual vigente no município é definido pela Lei Complementar n° 63/2017, com composição pelas áreas urbanas da Sede do Município, do Distrito Industrial 1 (Antônio Fioravante Di Napoli), do Distrito Industrial 2 (Tatsuo Yamamoto), da Sede do Distrito do Abapã, da Sede do Distrito de Socavão, da Sede do Tronco e da área urbana de Terra Nova.

4.1.1.2.3 Uso da Terra

Castro foi declarada oficialmente Capital Nacional Do Leite a partir de decreto sancionado em 26 de dezembro de 2017. Sua economia está relacionada principalmente à atividade agropecuária, com milho, soja, batata, trigo e aveia liderando na agricultura e criação de gado, suínos e aves para corte, na pecuária.

Devido à exploração mineral, Castro também carrega o título de maior produtor de calcário agrícola da América Latina (Prefeitura de Castro, 2024). É um município grande, com extensas áreas dedicadas à agropecuária. No âmbito nacional se destaca com a produção de 1,3% de todo o leite produzido no país (IBGE, 2023), contribuindo em tornar o Paraná o 2º estado com maior produção leiteira (atrás apenas de Minas Gerais).

4.1.2 ÁREA DE ESTUDO

A partir do perímetro urbano da sede do município foi traçado um *buffer* contemplando 1000 metros do entorno, configurando a Área de Estudo do trabalho. Castro é um município extenso e seu perímetro urbano contempla áreas urbanas também em localidades consideradas “mais rurais”. Como a área da sede do perímetro urbano foi a que teve mudanças mais visualmente significativas e o objetivo do presente trabalho é analisar a relação entre a temperatura de superfície terrestre da área urbana de Castro (PR) e seu entorno na última década, ela foi a escolhida para análise. A Figura 1 apresentou a localização da Área de Estudo.

Estudos abordados no referencial teórico demonstram como áreas podem afetar sua vizinhança. Características como frescor ao redor de locais arborizados ou aumento de calor na proximidade de setores com solo totalmente impermeabilizado são perceptíveis à população – além de se tornarem objetos de estudo nas últimas décadas, como as Ilhas de Calor e Frescor Urbanas.

Castro é um município extenso (o 3º maior do Paraná em área), mas não está nem entre as 20 cidades mais populosas do estado (IBGE, 2024), o que acarreta numa área urbana também reduzida, mas que está crescendo – bem como sua população (entre 2014 e 2024, por exemplo, segundo estimativas do IBGE, sua população aumentou de 70.454 para 75.291 perfazendo um total de 4.837 habitantes a mais).

A ocupação de Castro iniciou a partir da rota dos tropeiros. A área central do município figura-se como a mais antiga, portanto, seria a que possui maior tempo de consolidação. Seu perímetro urbano não possui intensa verticalização sendo extremamente raros prédios com mais de 10 andares e isso se deve principalmente ao seu centro histórico. A Lei Complementar Nº 64/2017 atualiza as Leis nº 32/2011 e

nº 34/2011, que estabelecem, respectivamente, sobre o uso e ocupação do solo e sistema viário do município de Castro (PR). Em seu art. 19, se estabelece que:

- I - Os usos dos imóveis integrantes do conjunto histórico deverão ser compatíveis com a necessidade de proteção do conjunto urbanístico e de suas edificações, bem como deverão garantir o bem-estar de seus habitantes e usuários;
- II - Não serão permitidas atividades que ponham em risco a integridade física dos elementos que compõe sua paisagem e de suas edificações, tais como:
 - a) depósitos de inflamáveis, explosivos ou fogos de artifício;
 - b) indústrias cujo padrão de emissão seja incompatível com esta área protegida;
 - c) atividades cuja natureza requeira transporte de cargas acima de 10 toneladas;
 - d) edifícios e pátios de estacionamento de grande porte (Castro, Lei Complementar Nº 64/2017, de 20 de dezembro de 2017).

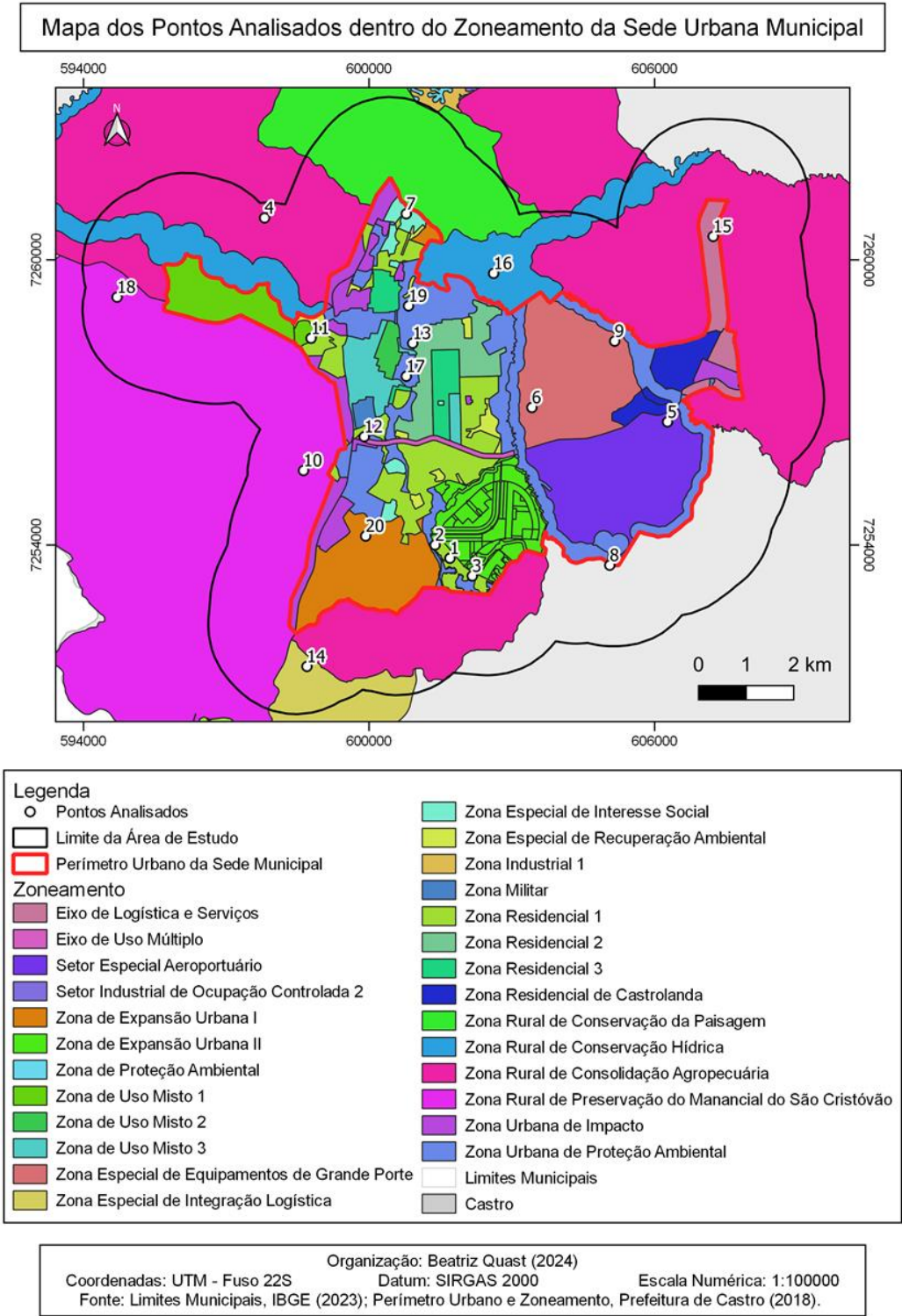
O plano diretor de Castro encontra-se em revisão, conforme informações da prefeitura municipal de Castro. A presente pesquisa abordou 20 pontos dentro da área de estudo, que contempla o perímetro urbano da sede do município de Castro. A Figura 4 (presente na próxima página) apresenta os pontos analisados dentro do zoneamento do perímetro urbano.

Conforme a Lei Complementar Nº 64/2017, as Zonas Residenciais são de uso predominante residencial, subclassificadas em Zonas Residenciais 1 (ZR-1), 2 (ZR-2), 3 (ZR-3) e Zona Residencial Castrolanda (ZRC). Entre os pontos escolhidos para análise, os pontos 1, 2 e 3 se encontram na Zona Residencial 1 – que é a de menor altura – com no máximo 3 pavimentos, “mas que permite taxa de ocupação mais alta, conferindo características de média densidade para a área” (Castro, Lei Complementar Nº 64/2017).

O ponto 4 se encontra na Zona Rural de Consolidação Agropecuária, que busca consolidar a atividade agropecuária no município. O ponto 5 está no Setor Especial Aeroportuário, que corresponde à área do aeroporto Major Neodo Pereira e suas adjacências.

Os pontos 6 e 9 estão dentro da Zona Especial de Equipamentos de Grande Porte, onde deve-se evitar ocupação e adensamento residencial, e que corresponde a porções próximas à Castrolanda e à rodovia estadual 340. O ponto 7 se encontra na Zona Especial de Interesse Social, que contempla terrenos vazios reservados à produção de habitações de interesse social.

Figura 4 - Pontos analisados dentro do Zoneamento de Castro.



Fonte: a autora.

Os pontos 8, 13, 17 e 19 estão concentrados na Zona Urbana de Proteção Ambiental, a qual é:

caracterizada pelas áreas de preservação permanente (APP) e pelos terrenos do entorno das várzeas dos rios Iapó, São Cristóvão e Maracanã, que possuem certa fragilidade ambiental, mas que permitem instalação de atividades de lazer de baixa densidade construtiva, excetuando-se as APP (Castro, Lei Complementar Nº 64/2017).

Os pontos 10 e 18 estão na Zona Rural de Preservação do Manancial do São Cristóvão, que abrange a bacia de manancial do São Cristóvão e terrenos adjacentes. Esta área possui altas declividades e também significativa vegetação em estágio médio e avançado de sucessão.

O ponto 11 está na Zona de Uso Misto 1, que contempla terrenos beirando a rodovia PR-340 até o limite da área de preservação permanente do Rio Iapó, com ocupação parcial de atividades urbanas.

O ponto 12 se encontra no Eixo de Uso Múltiplo, onde há preconização do adensamento e diversificação de usos. O ponto 14 está na Zona Especial de Integração Logística, que possui áreas de localização e relevo propícias para que se instalem equipamentos de transporte e haja integração logística regional, enquanto o ponto 15 está localizado no Eixo de Logística e Serviços, que possui áreas entre a PR-340 e a Rodovia de Contorno Norte – também de interesse à integração logística regional.

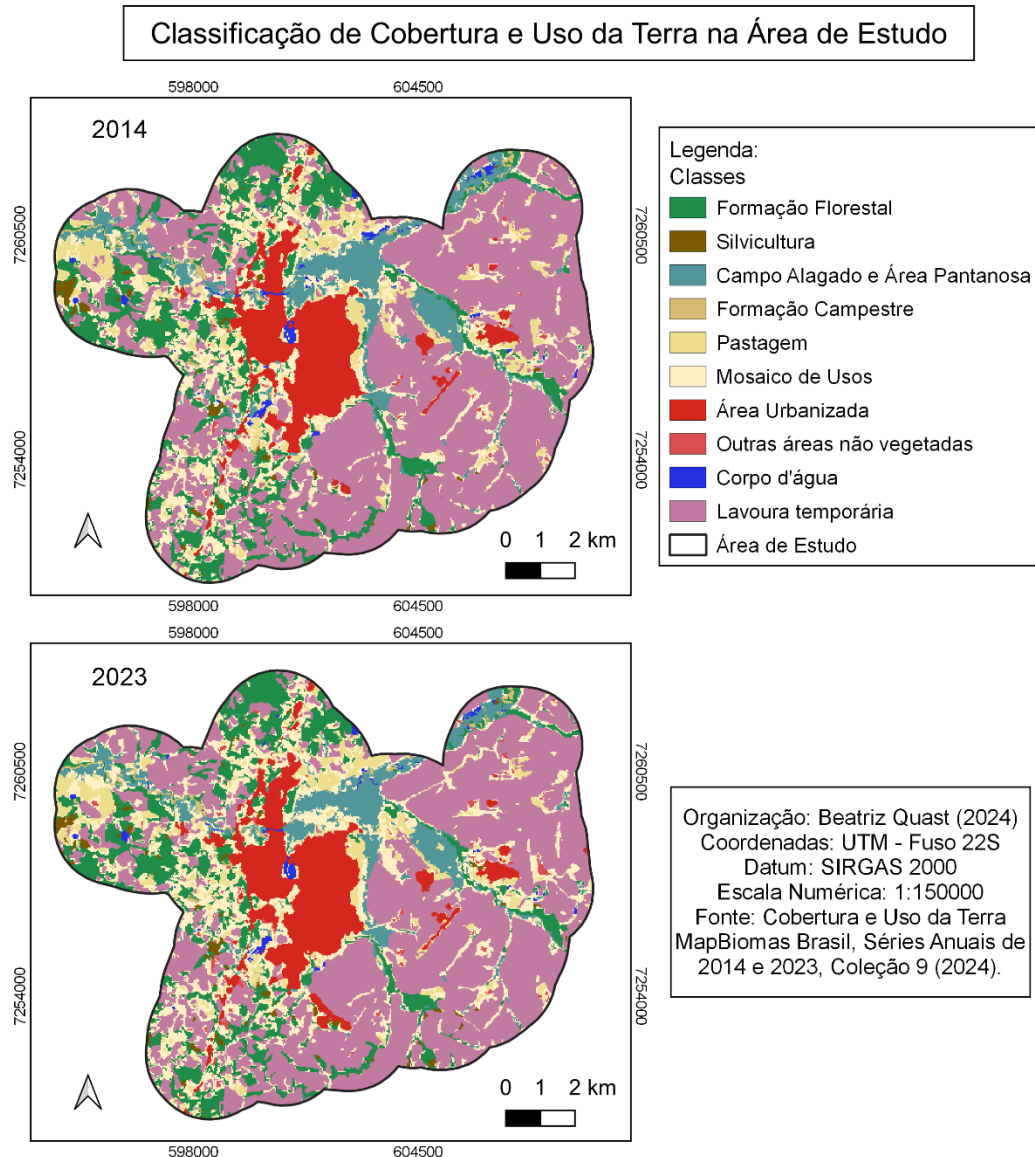
O ponto 16 está na Zona Rural de Conservação Hídrica, a qual é constituída pelas vegetações de várzea e aluvial dos Rios Iapó, Piraí e Maracanã e cujo objetivo é a recuperação da mata ciliar para melhora da qualidade de água.

O ponto 20 está na Zona de Expansão Urbana 1, a qual

compreende as áreas localizadas na porção sudoeste e norte do perímetro da Sede Urbana, onde coexistem usos urbanos, rurais e estruturas ambientais, que se destinam à futura expansão da sede, condicionada à continuidade do sistema viário e o Plano Municipal de Mobilidade, para garantir a fluidez de tráfego na região (Castro, Lei Complementar Nº 64/2017).

Com a finalidade de avaliar possíveis mudanças de temperatura relacionadas à cobertura e uso da terra, foram gerados mapas de Uso e Cobertura da Terra para a Área de Estudo, a partir da classificação do projeto MapBiomas Brasil. A partir destes mapas – apresentados na Figura 5 – se extraíram informações relativas às classes de cada um dos pontos escolhidos para a pesquisa.

Figura 5 - Classificação de Cobertura e Uso da Terra na Área de Estudo.



Fonte: a autora.

A partir do mapa de classificação (Figura 5) foram definidas as classes a que pertencem as áreas de cada um dos 20 pontos analisados, organizados no Quadro 5. Os pontos 3, 4, 5, 6, 16, 17, 18, 19 e 20 não tiveram alteração da classe de cobertura e uso da terra com o passar dos anos. Os pontos 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15, entretanto, tiveram variação na classificação entre os anos de 2014 e 2023. Assim, contabilizam 11 os pontos que apresentaram variação de uso, enquanto 9 pontos permaneceram na mesma classe. Esta distinção – entre pontos de áreas com mudança de uso ou sem alteração – permite comparações com possíveis variações de temperatura.

Quadro 5 - Classificação dos pontos analisados de acordo com Cobertura e Uso da Terra.

Ponto	Classificação	
	2014	2023
1	Lavoura Temporária	Área Urbanizada
2	Lavoura Temporária	Área Urbanizada
3	Área Urbanizada	Área Urbanizada
4	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária
5	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária
6	Lavoura Temporária	Lavoura Temporária
7	Lavoura Temporária	Área Urbanizada
8	Mosaico de Usos	Silvicultura
9	Campo Alagado e Área Pantanosa	Pastagem
10	Mosaico de Usos	Área Não Vegetada
11	Formação Florestal	Área Urbanizada
12	Mosaico de Usos	Área Urbanizada
13	Mosaico de Usos	Área Urbanizada
14	Mosaico de Usos	Área Não Vegetada
15	Mosaico de Usos	Área Não Vegetada
16	Campo Alagado e Área Pantanosa	Campo Alagado e Área Pantanosa
17	Corpo D'água	Corpo D'água
18	Pastagem	Pastagem
19	Formação Campestre	Formação Campestre
20	Formação Florestal	Formação Florestal

Fonte: a pesquisa.

4.2 ANÁLISE DOS PONTOS

Para realizar a análise, os dados de TST e NDVI foram extraídos nos 20 pontos e organizados em tabelas. Estas tabelas foram divididas de acordo com a manutenção de cobertura e uso do solo (Tabela 3 e Tabela 5) ou variação deste

(Tabela 2 e Tabela 4) entre os anos de 2014 e 2023, bem como estação do ano a que pertencem os dados: como verão (Tabela 2 e Tabela 3) e inverno (Tabela 4 e Tabela 5).

O ponto 1 estava em área de lavoura temporária como classe em 2014 e em 2023 a classe foi área urbanizada. Este ponto apresentou o comportamento comum de relação inversamente proporcional dos valores de TST e NDVI: durante o verão a diminuição do NDVI foi acompanhada do aumento de temperatura. No inverno houve variação de 1,37°C entre 2014 e 2023 (sendo a TST mais elevada em março de 2023, de 29,3°C), aumentando, portanto, a temperatura com a passagem de anos e com a urbanização. Durante o inverno, a TST mais elevada foi em agosto de 2021 (21,07°C), mesmo ano analisado com menor NDVI nessa estação do ano (0.15 mais baixo que em agosto de 2014).

Tabela 2 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de verão para pontos que tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.

(continua)

Ponto	Variável	Dados adquiridos a partir do processamento das imagens de verão				
		06/02/2014	Classe em 2014	12/02/2022	19/03/2023	Classe em 2023
1	TST	28,19°C	Lavoura Temporária	29,21°C	29,3°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.46		0.12	0.12	
2	TST	28,03°C	Lavoura Temporária	26,42°C	25,58°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.41		0.19	0.20	
7	TST	25,3°C	Lavoura Temporária	30,04°C	27,98°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.50		0.13	0.13	
8	TST	26,76°C	Mosaico de Usos	19,35°C	20,11°C	Silvicultura
	NDVI	0.47		0.51	0.48	
9	TST	27,75°C	Campo Alagado e Área Pantanosa	25,22°C	23,91°C	Pastagem
	NDVI	0.40		0.36	0.35	
10	TST	28,52°C	Mosaico de Usos	26,03°C	25°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.21		0.17	0.06	
11	TST	28,51°C	Formação Florestal	24,62°C	24,65°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.28		0.32	0.26	
12	TST	29,91°C	Mosaico de Usos	26,72°C	26,08°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.44		0.33	0.07	
13	TST	28,55°C	Mosaico de Usos	26,72°C	25,15°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.42		0.24	0.14	

Tabela 2 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de verão para pontos que tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.

(conclusão)

14	TST	32,09°C	Mosaico de Usos	23,96°C	29,68°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.33		0.30	0.14	
15	TST	34,17°C	Mosaico de Usos	28,11°C	27,85°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.23		0.19	0.20	

Fonte: a pesquisa.

O ponto 2 apresentou uma temperatura maior em fevereiro de 2014, apesar de apresentar NDVI maior também neste período – quando sua classe era lavoura temporária. Apesar do NDVI mais baixo nos anos de 2022 e 2023, relacionado à mudança de cobertura do solo – que se tornou área urbanizada – suas temperaturas foram menores do que a atingida em 2014. Comparando as TSTs de fevereiro, o ponto apresentou redução de 1,61°C. Já nas temperaturas das imagens de inverno o ponto 2 variou 0,66°C entre 2014 e 2023, além de 0.12 no índice de vegetação – aumentando levemente a temperatura em 2023, junto da diminuição do NDVI.

O ponto 3 não teve alteração na sua classificação de cobertura e uso, que era área urbanizada, mas apresentou uma temperatura maior em 2014. Entre os dados de fevereiro de 2022 e março de 2023 os dados de temperatura e NDVI não tiveram grandes mudanças. Entretanto, a diferença da TST entre estes anos e a TST obtida no ano de 2014 foi de mais de 5°C. No inverno o NDVI de 2014 e 2023 foi o mesmo, mas houve aumento de 4,39°C na temperatura de 2023 se comparada a 2014.

O ponto 4 também não teve mudança de classe, permanecendo lavoura temporária. A temperatura do verão de 2014 foi 26,37°C com NDVI de 0.28, enquanto o verão de 2022 com 0.52 de NDVI apresentou TST de 20,42°C – o que pode indicar que a plantação na área estava moderadamente saudável e, portanto, influenciando na diminuição de temperatura. Em março de 2023 o NDVI caiu muito – atingindo 0.17, o que indica possível solo descoberto – e a temperatura obtida também se elevou bastante: foi 6,87°C maior que em fevereiro de 2014. Entre os dados de inverno a relação entre TST e NDVI seguiu inversamente proporcional, com as temperaturas mais elevadas acompanhando os menores índices de vegetação.

Os pontos 5 e 6 também pertencem à classe lavoura temporária tanto em 2014 quanto em 2023 e seguiram o padrão inversamente proporcional clássico de

temperatura e NDVI: temperaturas mais elevadas relacionadas à diminuição do índice de vegetação e mais baixas quando o índice aumentou. No verão, o ponto 5 atingiu 32,36°C com NDVI 0.38 em 2014, 18,21°C com NDVI de 0.65 em 2022 e 37,55°C quando o índice caiu para 0.18 – que pode indicar solo exposto, talvez constituindo período em que a vegetação de cultivo foi recém semeada e ainda não cresceu significativamente. A temperatura foi 5,19°C mais alta em 2023 do que em 2014. Constituindo o período com maior NDVI entre os três anos, o verão de 2022 teve uma redução de temperatura de 14,15°C em relação a 2014 e de 19,34°C se comparado a 2023. Durante o inverno, entre agosto e setembro dos 3 anos analisados, o ponto 5 apresentou o NDVI mais alto e a TST mais baixa em 2023.

Tabela 3 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de verão para pontos que não tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.

Ponto	Variável	Dados adquiridos a partir do processamento das imagens de verão			
		06/02/2014	12/02/2022	19/03/2023	Classes
3	TST	32,64°C	27,12°C	27,6°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.29	0.16	0.15	
4	TST	26,37°C	20,42°C	33,24°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.28	0.52	0.17	
5	TST	32,36°C	18,21°C	37,55°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.38	0.65	0.18	
6	TST	24,53°C	39,02°C	21,54°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.49	0.18	0.50	
16	TST	25,63°C	22,22°C	21,59°C	Campo Alagado e Área Pantanosa
	NDVI	0.40	0.39	0.31	
17	TST	28,93°C	24,25°C	22,58°C	Corpo D'água
	NDVI	-0.03	-0.05	-0.01	
18	TST	25,32°C	22,6°C	23,63°C	Pastagem
	NDVI	0.47	0.46	0.40	
19	TST	25,97°C	22,4°C	21,71°C	Formação Campestre
	NDVI	0.35	0.42	0.34	
20	TST	24,84°C	19,81°C	20,04°C	Formação Florestal
	NDVI	0.43	0.41	0.38	

Fonte: a autora.

O ponto 6 atingiu 39,02°C em fevereiro de 2022, quando teve o NDVI de 0.18. Conforme os valores de NDVI foram mais altos (0.49 em 2014 e 0.50 em 2023), as

temperaturas também foram mais baixas. O mesmo ocorreu no inverno com os menores índices de vegetação acompanhando as TSTs mais elevadas.

Tabela 4 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de inverno para pontos que tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.

Ponto	Variável	Dados adquiridos a partir do processamento das imagens de inverno				
		01/08/2014	Classe em 2014	20/08/2021	11/09/2023	Classe em 2023
1	TST	19,37°C	Lavoura Temporária	21,07°C	20,71°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.26		0.11	0.16	
2	TST	18,17°C	Lavoura Temporária	20,82°C	18,83°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.22		0.13	0.10	
7	TST	20,38°C	Lavoura Temporária	24,59°C	23,26°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.31		0.09	0.14	
8	TST	15,78°C	Mosaico de Usos	16,84°C	18,02°C	Silvicultura
	NDVI	0.42		0.37	0.23	
9	TST	18,66°C	Campo Alagado e Área Pantanosa	23,31°C	20,91°C	Pastagem
	NDVI	0.38		0.19	0.21	
10	TST	18,49°C	Mosaico de Usos	21,35°C	20,52°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.18		0.18	0.19	
11	TST	16,69°C	Formação Florestal	19,89°C	20,65°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.23		0.12	0.19	
12	TST	18,17°C	Mosaico de Usos	20,39°C	21,17°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.23		0.19	0.28	
13	TST	18,8°C	Mosaico de Usos	21,45°C	22,1°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.27		0.13	0.19	
14	TST	20,24°C	Mosaico de Usos	21,48°C	23,14°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.25		0.25	0.14	
15	TST	20,13°C	Mosaico de Usos	23,05°C	22,42°C	Área Não Vegetada
	NDVI	0.18		0.19	0.27	

Fonte: a autora.

O ponto 7 teve alteração de classe de cobertura e uso, sendo em 2014 lavoura temporária e em 2023 área urbanizada. Quando era lavoura temporária o ponto apresentou, no verão, temperatura de 25,3°C, com índice de vegetação de 0.50. Quando seu NDVI reduziu para 0.18 em 2022 e 2023 – período em que a área estava urbanizada – os valores de temperatura também se elevaram: 30,04°C em 02/2022 e 27,98°C em 03/2023. O ponto 7 teve sua temperatura de inverno mais elevada no ano de 2021, quando seu índice de vegetação também foi o mais baixo entre os anos analisados.

O ponto 8 constituía mosaico de usos em 2014 e silvicultura em 2023. Durante o verão, os valores de NDVI não tiveram tanta alteração no período de análise – sendo apenas 0.01 maior em 2023 do que em 2014 – mas a alteração nos valores de TST foi significativa: os 26,76°C atingidos em fevereiro de 2014 foram reduzidos para 19,35°C no mesmo mês de 2022. Em março de 2023 a temperatura foi próxima do ano anterior: atingindo 20,11°C. Como o ponto estava em área de agricultura em 2014, que foi transformada em silvicultura, a diminuição de temperatura pode estar relacionada ao crescimento de espécies arbóreas. A temperatura mais alta obtida durante o inverno neste ponto foi em setembro de 2023, quando também ocorreu o menor NDVI dos 3 anos.

O ponto 9 foi classificado em 2014 como campo alagado e área pantanosa e em 2023 como pastagem. A maior temperatura de verão registrada no ponto foi em 2014, sendo 27,75°C. Sua menor TST nesta estação do ano foi de 23,91°C em 2023, apesar de este ser o ano em que também houve o menor NDVI, de 0.35 – o qual foi 0.01 menor que o de 2022 (ano com TST de 25,22°C). No inverno o comportamento das TSTs do ponto 9 seguiu a relação com NDVI: em agosto de 2021 foi obtida temperatura mais alta, bem como o menor índice de vegetação; a segunda TST mais elevada e o segundo menor NDVI aconteceram em setembro de 2023; e o índice de vegetação mais alto foi obtido em agosto de 2014 – quando a temperatura foi a mais baixa.

A classe a que pertencia o ponto 10 em 2014 era mosaico de usos e em 2023 foi área não vegetada. Entretanto, neste ponto os valores de NDVI mais baixos apresentaram temperaturas também menores. Com índice de 0.06 indicando solo exposto em março de 2023, a temperatura foi 25°C. No verão de 2014 o índice era 0.21 e a TST foi 28,52°C. Em 2022 o NDVI foi 0.04 menor que em 2014, mas a temperatura atingida foi 26,03°C. No inverno este ponto teve apenas 0.01 de alteração no NDVI e a TST mais alta foi atingida em agosto de 2021.

O ponto 11 em 2014 estava em área classificada como formação florestal e área urbanizada em 2023. Em relação aos 28,51°C de fevereiro de 2014, os valores de temperatura diminuíram (3,89°C mais baixa em 2022 e 3,86°C mais baixa em 2023). Em 2014 o NDVI foi 0.28, em 2022 foi 0.32 e em 2023 foi 0.26, sendo portanto 0.06 a maior variação do índice (entre 2023 e 2022). Entre o inverno de 2014 e o

inverno de 2023 o ponto 10 variou apenas 0.01 no índice de vegetação - nesta estação do ano a TST de 2023 foi 2,03°C mais alta que em 2014.

Em 2014 a classe do ponto 12 e 13 estavam em área da classe mosaico de usos e em 2023 área urbanizada. Durante o verão, apesar da redução do NDVI acompanhar a alteração de cobertura e uso – sendo, em março de 2023, de 0.07 no ponto 12 e 0.14 para o ponto 13 – a temperatura mais alta foi ainda em 2014: com 29,91°C no ponto 12 e 28,55°C no ponto 13. As temperaturas para o ponto 12 em 2022 e 2023 e para o ponto 13 foram da casa dos 26°C, sem ultrapassar a temperatura atingida quando o ponto ainda constituía área de uso agropecuário. No inverno o ponto 12 apresentou temperatura 3°C mais alta em 2023 do que em 2014, apesar de um NDVI 0.05 maior, enquanto o ponto 13 apresentou a TST mais baixa entre os 3 anos relacionada ao NDVI mais elevado – em 2014, com 18,8°C e índice de vegetação de 0.27.

Os pontos 14 e 15 em 2014 eram da classe mosaico de usos e, em 2023, da classe área não vegetada. As temperaturas de verão mais elevadas ocorreram em 2014 – com 32,09°C no ponto 14 e 34,17°C no ponto 15. Os índices de vegetação reduziram, acompanhando a tendência da nova classe de cobertura e uso da terra. As temperaturas, porém, na classe área não vegetada de 2023, foram de 29,68°C no ponto 14 e 27,85°C no ponto 15. No inverno o ponto 14 teve sua temperatura mais elevada em 2023, mesmo ano em que ocorreu o menor NDVI, enquanto no ponto 15 a temperatura máxima dos 3 anos aconteceu em 2021, ano com NDVI 0.01 maior que em 2014 e 0.08 menor que em 2023.

Os pontos 16, 17, 18, 19 e 20 estão em áreas sem alteração de classe entre os diferentes anos. A classe do ponto 16 é campo alagado ou área pantanosa. A temperatura mais alta neste ponto foi em fevereiro de 2014: 25,63°C. Apesar de a variação do NDVI entre 2014 e 2022 ser de apenas 0.01, a temperatura registrada no mesmo mês em 2022 foi 3,41°C menor que em 2014. A temperatura mais baixa do ponto 16 foi registrada em agosto de 2014, quando apresentou NDVI de 0.27.

Os pontos 17, 18, 19 e 20 tiveram a mesma relação de temperatura no verão que o ponto 16. Estando em áreas sem alteração da classe de cobertura e uso, todas as maiores temperaturas dos pontos também ocorreram em fevereiro de 2014. O ponto 17 está em área de corpo d'água e, portanto apresentou valores negativos de

NDVI. Sua TST nos meses de fevereiro foi 28,93°C em 2014 e 24,25°C em 2022 (4,68°C menor). No período de inverno a temperatura mais baixa também foi em 2014.

A classe do ponto 18 é área de pastagem e mesmo que a diferença do índice de vegetação no ponto tenha sido somente 0.01 entre 02/2014 e 02/2022, a temperatura do ponto foi 2,72°C menor em 2022. Durante o inverno a temperatura mais elevada entre os anos comparados ocorreu em agosto de 2021, quando o NDVI também foi mais baixo que 2014 e 2023.

Tabela 5 - Valores extraídos dos mapas de TST e NDVI no período de inverno para pontos que não tiveram alteração na classe de Cobertura e Uso da Terra.

Ponto	Variável	Dados adquiridos a partir do processamento das imagens de inverno			
		01/08/2014	20/08/2021	11/09/2023	Classes
3	TST	18,68°C	20,95°C	23,07°C	Área Urbanizada
	NDVI	0.13	0.11	0.13	
4	TST	18,47°C	16,71°C	25,41°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.35	0.47	0.16	
5	TST	18,89°C	19,34°C	16,22°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.40	0.34	0.61	
6	TST	16,2°C	24,48°C	26,43°C	Lavoura Temporária
	NDVI	0.52	0.11	0.12	
16	TST	18,04°C	19,34°C	18,3°C	Campo Alagado e Área Pantanosa
	NDVI	0.27	0.19	0.36	
17	TST	15,77°C	18,74°C	18,19°C	Corpo D'água
	NDVI	-0.09	-0.03	-0.05	
18	TST	18,28°C	22,62°C	21,23°C	Pastagem
	NDVI	0.36	0.22	0.41	
19	TST	16,69°C	21,22°C	16,45°C	Formação Campestre
	NDVI	0.30	0.12	0.18	
20	TST	16,02°C	19,31°C	16,68°C	Formação Florestal
	NDVI	0.26	0.23	0.32	

Fonte: a autora.

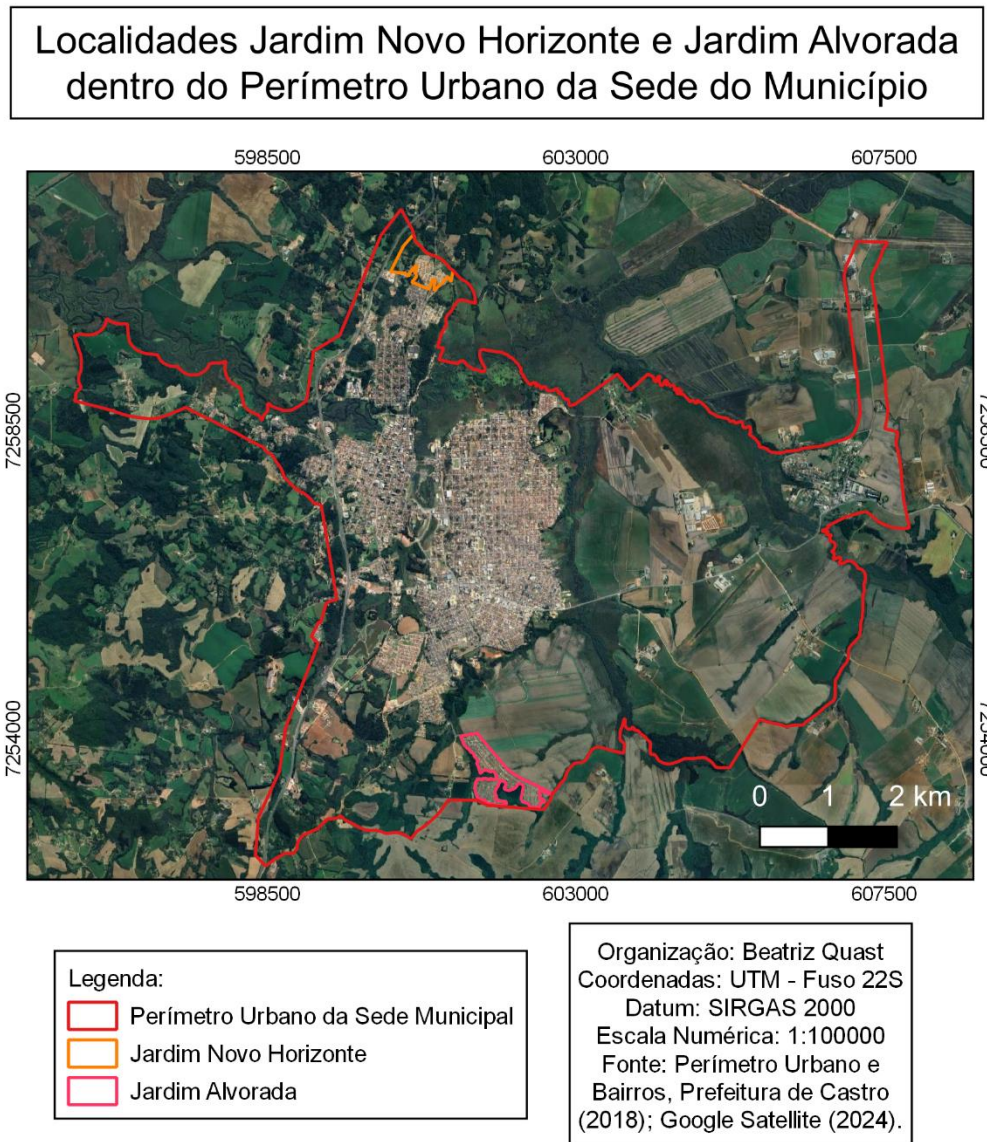
O ponto 19, que está na classe formação campestre, apresentou no verão a mesma diferença de NDVI (0.01 de alteração entre 2014 e 2023), mas grande diferença na TST: em 2023 a temperatura foi 4,26°C menor que em 2014. No inverno a segunda temperatura mais baixa ocorreu em 2014, ano com NDVI maior que em agosto de 2021 e setembro de 2023.

O ponto 20 é da classe formação florestal e apresentou a temperatura mais baixa durante o verão em fevereiro de 2022, sendo 19,81°C. Durante o inverno a temperatura mais baixa deste ponto ocorreu em agosto de 2014, ano com segundo maior NDVI.

4.3 ANÁLISE DAS LOCALIDADES

A partir de análises das imagens históricas disponibilizadas no programa Google Earth Pro foi possível verificar a diferença de cobertura e uso da terra no perímetro urbano do município. Ao observar ao norte e ao sul do perímetro urbano podem-se notar alterações significativas da paisagem. Ao norte da cidade, na Vila Santa Cruz o Loteamento Novo Horizonte atingiu o máximo da expansão do Perímetro Urbano estabelecida pelo Plano Diretor de Castro. Ao sul, onde estão os pontos 1, 2 e 3, se localiza o bairro Jardim Alvorada, que se desenvolveu muito nos últimos anos, hoje concentra, inclusive, a nova delegacia do município e onde podem-se notar diversas mudanças. Para melhor localização, a Figura 6 identifica o Jardim Novo Horizonte e o Jardim Alvorada dentro do perímetro urbano da sede municipal.

Figura 6 - Localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada.



Fonte: a autora.

O Decreto nº 780/2013, de 17 de outubro de 2013, aprovou o Loteamento Urbano Jardim Alvorada. Na Figura 7 pode-se observar como até 2014 as áreas consolidadas neste bairro se restringiam basicamente à Chácara Primavera. Em 7 de agosto de 2015 as 40 ruas do bairro Jardim Alvorada, que antes eram apenas numeradas, foram denominadas pela Lei nº3144/2015 publicada no Diário Oficial Eletrônico nº871. Em 4 de setembro do mesmo ano a Lei nº3168/2015, publicada no Diário Oficial Eletrônico nº889 denominou a rua de acesso ao Jardim Alvorada, chamada Rua Carlos Ernesto Kugler. Em 2023 o cenário é outro, contando com, além

dos conjuntos habitacionais, uma unidade policial fixa que presta atendimento ao público – Delegacia da Polícia Civil – e estruturas comerciais.

Figura 7 - Imagens do Jardim Alvorada nos dias 29 de junho de 2014 e 5 de novembro de 2023 no Google Earth Pro.



Fonte: Google Earth Pro. Org: a autora.

Em 2014 pode-se examinar que a área do Jardim Alvorada contava tanto com parte composta ainda por vegetação, como por setores com terra exposta iniciando o projeto do bairro. Em 2023 a pavimentação do loteamento é nítida, a cidade está se aproximando do campo e as relações entre urbano e rural são percebidas, com seus efeitos térmicos que ainda serão discutidos.

No Diário Oficial Eletrônico nº 771/2015, de 12 de março de 2015, estão as Leis sancionadas nominando 8 ruas do loteamento Colina das Palmeiras. O Termo de Conclusão da execução das obras e serviços do Loteamento Colina das Palmeiras nº 02/2017 atestou, após vistoria em novembro de 2016 que foram concluídas obras e serviços de infraestrutura do loteamento, além de informar que seu Decreto de Aprovação nº 869/2013, com data 27/11/2013 foi revogado em 20/06/2014 através do Decreto nº 342/2014 e alterado pelo Decreto nº 120/2017. A infraestrutura foi considerada concluída em novembro de 2016, sua data de aprovação em novembro 2013 permite deduzir que em praticamente 3 anos esta porção da cidade – que antes se tratava da Chácara Cruzeiro – teve transformações substanciais. De lá até 2023 a

área construída só foi se tornando cada vez mais consolidada. Ao analisar a Figura 8 é nítida a diferença entre os anos de 2014 e 2023. Por se tratar de um loteamento um pouco mais antigo, em 2014 já havia terra exposta na área da Colina das Palmeiras.

Figura 8 - Imagens de loteamentos na Vila Santa Cruz nos dias 29 de junho de 2014 e 29 de agosto de 2023 no Google Earth Pro.

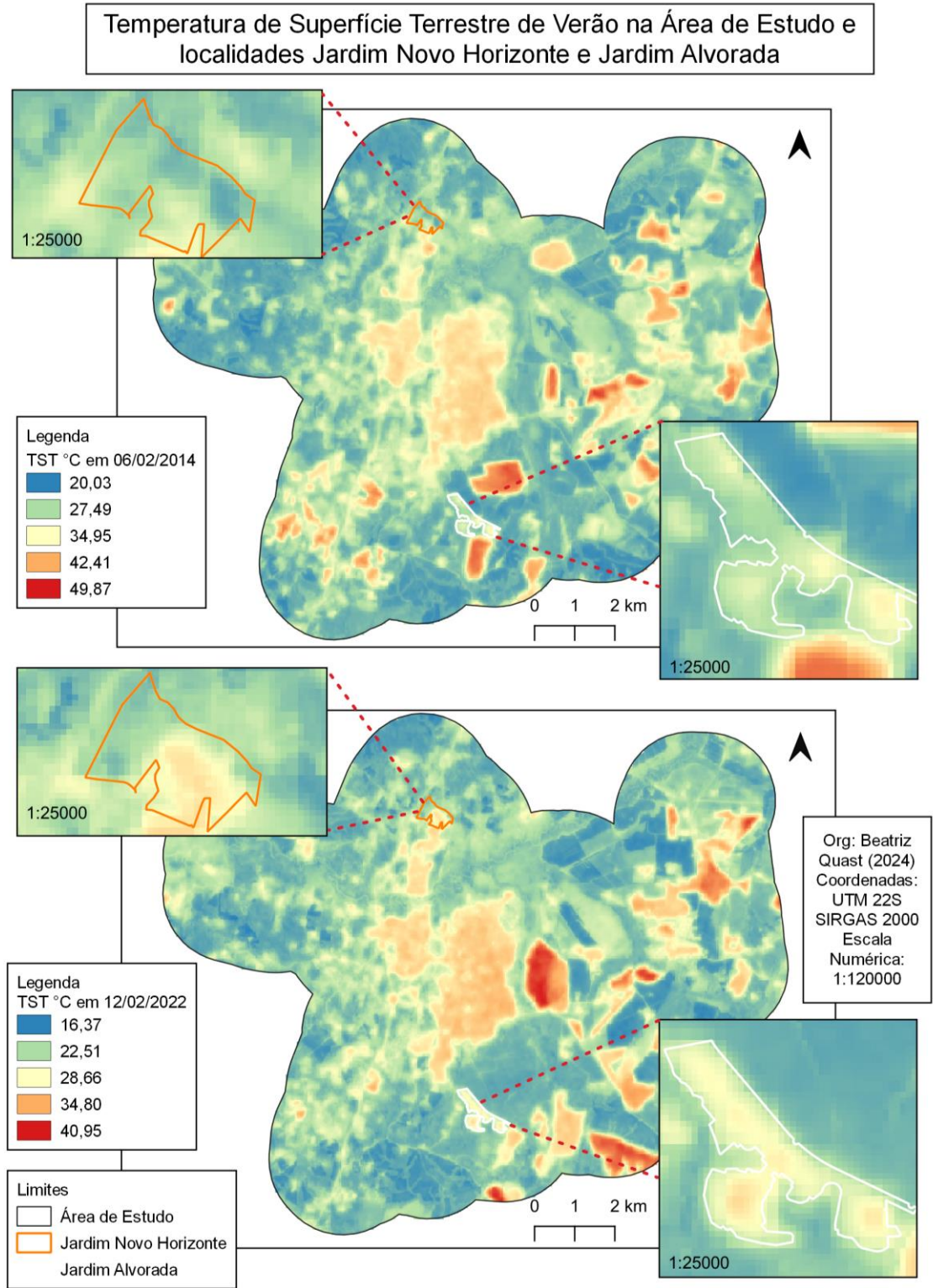


Fonte: Google Earth Pro. Org: a autora.

Áreas como o setor mais ao norte do Jardim Novo Horizonte tiveram a substituição de vegetação da localidade de Africanos e Lavrinha por impermeabilização do solo, com asfaltamento e edificações. O Termo de Recebimento da execução das obras e serviços do loteamento Jardim Novo Horizonte nº01/2021 informa que o Decreto de aprovação foi nº549/2019, datado de 26 de agosto de 2019, com exigência conforme Lei Complementar nº 75/2019 e Decreto do Executivo nº 549/2019, teve o término das obras de infraestrutura básica em 23 de março de 2021. Em um ano e sete meses o projeto foi executado e o adensamento e consolidação desta parte da cidade tendem a aumentar – em 2023 ainda podem ser encontrados alguns terrenos com solo exposto na área.

Para demonstrar os efeitos térmicos relacionados às localidades acima mencionadas, a Figura 9 mostra a comparação entre TSTs durante o verão.

Figura 9 - TST de verão na Área de Estudo e localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada.



Fonte: a autora.

Como pode ser verificado nas figuras de localização dos pontos analisados, o ponto 7 está posicionado dentro da localidade do loteamento Jardim Novo Horizonte

e, no Jardim Alvorada, estão os pontos 1, 2 e 3. O ponto 7 apresentou a relação de elevação de temperatura e diminuição nos valores de NDVI tanto no período de verão, quanto no período de inverno. Apesar de essa relação ser observada também no período de inverno nos pontos 1 e 2, no verão o comportamento do ponto 2 foi diferente, com a temperatura mais alta no mesmo ano que o valor de NDVI foi maior: em 2014. Salienta-se que o ponto 3 já era localizado em área urbanizada e apresentou o mesmo comportamento de temperatura e NDVI maiores em 2014.

A Figura 9 traz TST dos meses de fevereiro de 2014 e fevereiro de 2022 (ano com cobertura menor de nuvens que 2023 e, portanto, melhor para observar a nível comparativo). Pode-se observar a maneira que, com o passar dos anos, a temperatura aumentou dentro dos limites das áreas das localidades Jardim Novo Horizonte e Jardim Alvorada, se comparada aos arredores dos loteamentos. Apesar de não constituírem os pontos mais quentes do mapa todo (nota-se nos mapas que áreas de lavoura, com possível solo exposto, apresentaram as TSTs mais altas nestas datas), é nítido que, dentro destas localidades, as cores mais amareladas e alaranjadas ligadas às temperaturas maiores estão mais presentes no ano de 2022 do que em 2014. Os pontos mais azuis e esverdeados atribuídos às temperaturas mais baixas que ainda existiam em 2014 se tornaram escassos dentro das áreas em 2022. Como são locais que passaram por urbanização, as temperaturas maiores se distribuíram dentro dos limites destas áreas, com arredores mais frescos, que permaneceram sem grandes alterações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do objetivo de analisar variações de temperatura no perímetro urbano da sede do município de Castro e seu entorno rural, foram processadas Imagens Landsat-8 para estimar TST e valores de NDVI entre os anos de 2014 e 2023. Para complementar a análise, foram gerados mapas de classificação da Cobertura e Uso da Terra, com a finalidade de comparar possíveis variações de uso com variações de temperatura e índice de vegetação.

As temperaturas mais elevadas de verão aconteceram no ponto 5, em março de 2023, e no ponto 6 em fevereiro de 2022. Ambos os pontos não tiveram alteração de classe de Cobertura e Uso da Terra e eram áreas de lavoura temporária. Suas elevadas temperaturas se relacionam ao índice de vegetação baixo, de 0.18 em ambos os pontos. Nesta estação do ano houveram pontos com mudança de classe que aumentaram a temperatura junto ao processo de urbanização (pode –se citar como exemplo o ponto 1) e pontos que após este processo apresentaram temperaturas mais baixas (como por exemplo o ponto 13).

No inverno, os pontos de lavoura temporária também detiveram as temperaturas mais elevadas, junto do baixo NDVI (ponto 6 com TST de 26,43°C e NDVI de 0.12 e ponto 4 com TST de 25,41°C e NDVI de 0.16, ambos em setembro de 2023). A terceira maior temperatura nesta estação do ano aconteceu em agosto de 2021, em área que teve queda de NDVI (atingindo valor de 0.09) relacionada à mudança de cobertura e uso da terra, uma vez que a classe no local se tornou área urbanizada.

Ao verificar os pontos 2 e 3, por exemplo, pode-se perceber que ambos apresentaram as temperaturas mais elevadas em fevereiro de 2014: apesar de o uso do solo não ter se modificado no ponto 3 – como ocorreu no ponto 2 – o comportamento de TST mais elevada independeu dessa mudança. O ponto 17 também não teve mudança em sua classe de uso: está em área de corpo d'água e apresentou sua TST mais alta (entre todas as datas analisadas) em fevereiro de 2014. Isso pode demonstrar, por exemplo, como alguns dias são realmente mais quentes. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação de Castro revelam que as temperaturas médias mensais deste ano foram de 21,4°C em janeiro, 21,4°C em fevereiro e 19,9°C em março – a temperatura média mensal de março de 2014 foi

mais alta do que a atingida em fevereiro de 2018 (que é sempre um dos meses mais quentes do ano). Infelizmente o instituto não apresentou as médias mensais da estação de Castro para o período de fevereiro de 2021 a julho de 2023, apesar da requisição – possível problema nos registros.

O ano de 2023 foi considerado o mais quente dentro de medições meteorológicas dos últimos 174 anos (INMET, 2024), entretanto as condições de nebulosidade nos meses mais quentes do Paraná não permitiram que as imagens de satélite (que abrangem a área de estudo) de janeiro e fevereiro deste ano pudessem ser utilizadas. Por isso a data de imagem de verão analisada em 2023 foi de março: leva-se a questionar que, talvez, se a cobertura de nuvens nos momentos de imageamento, em fevereiro de 2023, fosse diferente, possivelmente teria-se, então, TSTs tão ou mais altas do que a de 2014 no período (como a série histórica demonstrou).

No contexto geral, entre todos os 20 pontos da pesquisa, o ponto que apresentou temperatura mais elevada foi o 6, em 12 de fevereiro de 2022. Este ponto não mudou de classe de uso – era e permaneceu sendo lavoura temporária entre o período observado – mas teve alteração no valor do índice de vegetação: seu NDVI com queda para 0.18 pode indicar, por exemplo, possibilidade de solo exposto no período da TST mais elevada. Como se trata de ponto em área de cultivo há variação da vegetação entre períodos de plantação, crescimento e colheita – que seguem também as condições do tempo para agricultura. Alguns pontos demonstraram alteração ligada às mudanças de uso, outros às variações dos valores de NDVI e alguns ainda tiveram comportamentos que necessitariam de mais variáveis levadas em consideração para compreender completamente.

A temperatura mais baixa estimada – entre todos os pontos, estações do ano – foi de 15,77°C, em agosto de 2014, no ponto 17, que se localiza da classe Corpo D'Água e, por isso, apresenta NDVI negativo.

A observação voltada às áreas pertencentes aos loteamentos Jardim Alvorada e Jardim Novo Horizonte permite notar que os processos de alteração da cobertura vegetal que acompanham a urbanização geram variação de temperatura terrestre.

Os dados utilizados puderam associar algumas das variáveis que afetam a temperatura, mas existem diversas outras que, se fossem todas relacionadas, poderiam explicar as alterações em sua totalidade. Para estudos futuros sugere-se uma análise que, além dos dados de TST, índices como NDVI e classificação de Cobertura e Uso da Terra, utilize-se também a declividade nas correlações, pois diferentes orientações de vertentes podem afetar o comportamento das variações de temperatura.

REFERÊNCIAS

- ALVES, E. D. L. **Ilha de calor ou ilha de energia térmica: um conceito aberto à discussão.** Revista Espaço Acadêmico, v. 2, n. 110, p. 124-129, 2010.
- ARNFIELD, A. J. **Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island.** International Journal of Climatology: a Journal of the Royal Meteorological Society, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.
- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise.** Revista Brasileira de Climatologia, Dourados-MS, Edição Especial do XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, p. 22-46, 2019. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14136>. Acesso em: 25 jul. 2024.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1996.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, Tempo e Clima.** Tradução Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Bookman, 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço metodológico. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 8, dez. 2004. ISSN 2177-2738. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3389>. Acesso em: 17 out. 2024.
- BORGES, J. C. A., BATISTA, L. F. A. **Índice de vegetação e temperatura de superfície terrestre: comparativo entre formação de ilhas de calor nos perímetros urbanos de Londrina e Maringá no PR.** Revista Brasileira de Geomática, 8, 2020, p.256-274.
- CÂMARA, G., DAVIS, C. 2001. Introdução. In: CÂMARA, G., Davis, C., & Monteiro, A. M. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.
- CÂMARA, G., Monteiro, A. M. (2001). Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação. . In: CÂMARA, G., Davis, C., & Monteiro, A. M. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001.
- COSTA, F. R.; ROCHA, M. M. **Geografia: conceitos e paradigmas – apontamentos preliminares.** Campo Mourão: Geomae, 2010.
- CRUZ, G. C. F. **Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais.** In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B.; Patrimônio Natural dos Campos Gerais. Ponta Grossa. Ed. UEPG, 2007. p. 59-72.
- CRUZ, G. C. F. **A correlação entre vegetação e temperatura de superfície terrestre em Ponta Grossa - PR.** In: 8º Anais Simpósio de Gestão Ambiental e

Biodiversidade, 2019. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Três Rios, 2019, p. 1-8.

CASTRO. Decreto nº 780/2013, de 17 de outubro de 2013. **Aprova o Loteamento Urbano “Jardim Alvorada”, dentro do Plano Piloto “Nova Castro” e dá outras providências.** Diário Oficial Eletrônico do Município, Castro, 2013.

CASTRO. **Diário Oficial Eletrônico nº 771**, Leis nº 3044, 3045, 3046, 3047, 3048, 3049, 3050 e 3051, de 10 de março de 2015. Nominam oito ruas localizadas no loteamento Colina das Palmeiras. Castro, 12 de mar. 2015. Disponível em <https://castro.atende.net/atende.php?rot=54002&aca=737&processo=visualizar¶ metro=%7B%22codigo%22%3A%22586%22%2C%22hash%22%3A%22E21022DA144C289A1EDB239E74F20FDF3C94C17E%22%7D&cidade=padrao>. Acesso em: 7 out. 2024.

CASTRO. Lei nº 3144/2015, de 7 de agosto de 2015. Denomina as ruas do Bairro Jardim Alvorada. **Diário Oficial Eletrônico nº 871**, Castro, 11 ago. 2015. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/castro/lei-ordinaria/2015/315/3144/lei-ordinaria-n-3144-2015-denomina-as-ruas-do-bairro-jardim-alvorada?q=jardim+alvorada>. Acesso em: 7 out. 2024.

CASTRO. Lei nº 3168/2015, de 4 de setembro de 2015. Denomina a rua de acesso ao Jardim Alvorada. **Diário Oficial Eletrônico nº 889**, Castro, 4 set. 2015. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a1/pr/c/castro/lei-ordinaria/2015/317/3168/lei-ordinaria-n-3168-2015-denomina-a-rua-de-acesso-ao-jardim-alvorada?q=jardim+alvorada>. Acesso em: 7 out. 2024.

CASTRO. **Lei nº 75/2019**, de 30 de dezembro de 2019. Altera disposições da Lei Complementar nº 41/2012, que dispõe sobre o Parcelamento do Solo no Município de Castro, e dá outras providências. Castro, 30 de dez. 2019. Disponível em <https://leismunicipais.com.br/a/pr/c/castro/lei-complementar/2019/8/75/lei-complementar-n-75-2019-altera-disposicoes-da-lei-complementar-n-41-2012-que-dispoe-sobre-o-parcelamento-do-solo-no-municipio-de-castro-e-da-outras-providencias?q=75%2F2019>. Acesso em: 7 out. 2024.

CHERLINKA, V. **NDVI FAQ: tudo o que você precisa saber sobre o índice.** EOS Data Analytics, 25 set. 2020. Disponível em: <https://eos.com/pt/blog/ndvifaq/#:~:text=Como%20%C3%89%20Calculado%20O%20NDVI,%C3%A9%20uma%20luz%20vermelha%20vis%C3%ADvel>. Acesso em: 2 nov. 2024.

CROSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto.** UNICAMP/Instituto de Geociências, 1992.

CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; IDEIÃO, S. M. A. **Determinação da temperatura de superfície na cidade de Campina Grande-PB a partir de**

imagens do satélite Landsat 5-TM. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5717-5724.

DASH, P.; GOTTSCHKE, F. M.; OLESEN, F. S.; FISCHER, H. **Land Surface Temperature and Emissivity Estimation from Passive Sensor Data: Theory and Practice Current Trends.** International Journal of Remote Sensing, Vol. 23, No. 13, p. 2563-2594, 2002.

DUBREUIL, V. *et al.* **Métodos e monitoramento da variabilidade espaçotemporal da ilha de calor em cidades de porte médio: Rennes/França e Presidente Prudente/Brasil.** Experimentos em climatologia Geografica, 2014. p. 67-84.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento.** Campinas, 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento> >. Acesso em: 9 ago. 2024

FASOLO, P. J. [et al.]. **Caracterização dos Solos do Município de Castro, PR.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 9)

FIALHO, E. S. **Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito.** Esp. Climatologia Geográfica, 2012, p. 61-76.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. **Clima, Cidade e Crescimento: Uma investigação da expansão norte da cidade de Viçosa-MG, por meio da termografia de superfície (2000-2019).** Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 32, n. 19, p. 383–414, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v32i19.15766.

FITZ, P. R. Geografia Tecnológica. In: FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 16-25.

FU, W., MA, J., CHEN, P., CHEN, F. (2020). **Remote Sensing Satellites for Digital Earth.** In: Guo, H., Goodchild, M.F., Annoni, A. (eds) Manual of Digital Earth. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_3. 55-123.

GANHO, N. **Clima urbano e a climatologia urbana: fundamentos e aplicação ao ordenamento urbano.** Cadernos de Geografia, Coimbra, 1999.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; MELEK, P. R. **Geologia dos Campos Gerais.** In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B.; Patrimônio Natural dos Campos Gerais. Ponta Grossa. Ed. UEPG, 2007. p. 23-32.

GOMES, L. C. F. **Dinâmica da temperatura da superfície em resposta às alterações na cobertura e uso do solo utilizando técnicas de sensoriamento remoto.** 2011. Dissertação. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2011.

GUSSO, A. **Monitoramento de temperaturas de superfície terrestre noturna no Estado do Rio Grande do Sul com uso do sensor orbital AVHRR/NOAA.**

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. 68p.

HENDGES, E. R.; ANDRES, J.; MARION, F. A. **Correlação espacial entre os usos e cobertura da terra e a temperatura de superfície nas áreas urbanas de Francisco Beltrão e Pato Branco/ PR.** Boletim Goiano de Geografia, Goiânia, v. 38, n. 1, p. 159–177, 2018

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **Estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2024.**

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, **População Estimada.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/EstimaPop/tabelas>. Acessado em: 25 de agosto de 2024.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Ano de 2023 é o mais quente da história.** Disponível em: [https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-confirma-relat%C3%B3rio-da-omm#:~:text=Foi%20o%20per%C3%ADodo%20de%20dez,Global%20do%20Clima%202023%20AQUI.&text=O%20INMET%20%C3%A9%20um%20%C3%B3rg%C3%A3o,Mundial%20\(OMM\)%20desde%201950](https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-confirma-relat%C3%B3rio-da-omm#:~:text=Foi%20o%20per%C3%ADodo%20de%20dez,Global%20do%20Clima%202023%20AQUI.&text=O%20INMET%20%C3%A9%20um%20%C3%B3rg%C3%A3o,Mundial%20(OMM)%20desde%201950). Acessado em 02 nov. 2024.

KÄFER, P. S. **Recuperação de Temperatura de Superfície Terrestre da radiância termal coletada pelo sensor TIRS/Landsat 8: Aplicações de medidas de campo e laboratório.** Orientador: Silvia Beatriz Alves Rolim. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

KUMAR, L., MUTANGA, O. **Google Earth Engine Applications Since Inception: Usage, Trends, and Potential.** In: KUMAR, L., MUTANGA, O. Google Earth Engine Applications. MDPI, 2019. p. 5-19

KUPACH, T., DEMIANENKO, S. **Application of GIS Methods and LANDSAT Satellite Data in Studies of Recreational Urban Space of Kyiv.** In: 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. p. 1-5.

LI, Z.-L., WU, H., DUAN, S.-B., ZHAO, W., REN, H., LIU, X., *et al.* (2023). **Satellite remote sensing of global land surface temperature: Definition, methods, products, and applications.** Reviews of Geophysics, 61, e2022RG000777. <https://doi.org/10.1029/2022RG000777>

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** Rio de Janeiro, José Olympio, Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981, 442p.

MATIAS, J. M. J.; ESTANQUEIRO, R.; TENEDÓRIO, J. A. ID 427: **Cálculo da temperatura de superfície a partir de dados Landsat 5 TM, Landsat 7 EMT+ e Landsat 8 TIRS**. Centro Estudos Geográficos (CEG), Lisboa, p. 883-889, 2018.

MATSUMURA, W. M. K. **Roteiro geológico nos municípios de Castro e Tibagi, PR – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia – Gestão do Território), Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2010.

MELO, M. S.; GUIMARÃES, G. B.; RAMOS, A. F.; PRIETO, C. C. **Relevo e Hidrografia dos Campos Gerais**. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B.; Patrimônio Natural dos Campos Gerais. Ponta Grossa. Ed. UEPG, 2007. p. 49-58.

MENDONÇA, F. **O Estudo do Clima Urbano no Brasil: Evolução, tendências e desafios**. In: MONTEIRO, C. A. F. & MENDONÇA, F. (Org.) Clima Urbano. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de Texto, São Paulo, 2007.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. **Termografia de Superfície e Temperatura do Ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR)**. RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 9, nov. 2005. ISSN 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3444>>. Acesso em: 21 set. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v9i0.3444>.

MENDONÇA F. A.; OLIVEIRA I. M. **Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. A bacia do rio Tibagi. Londrina, PR : M.E. Medri, 2002. p. 63-66.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná** Escala base 1:250.000 modelos reduzidos 1:500.00. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

MIYAZAKI, L. C. P. **Princípios teóricos sobre a morfogênese e a morfodinâmica**. In: Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: impactos e vulnerabilidades em ambientes urbanos. Presidente Prudente, 2014.

MONTEIRO, C. A. F. **A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano**. Geosul, Florianópolis, 1990.

MORO, D. A. **A organização do espaço como objeto da Geografia**. Boletim de Geografia. Maringá: UEM, 1992.

MURARA, P.; AGNOLIN, E.; PRINA, B. **Variação espacial da temperatura de superfície durante o verão em Erechim – RS**. Cadernos do CEOM, n. 52. Chapecó, 2020.

NASCIMENTO, D. T. F.; SOUZA, S. B.; OLIVEIRA, I. J. A relação entre os valores de temperatura superficial terrestre (TST), o uso e cobertura do solo e a topografia

no município de Minaçu-GO (2001). *Ateliê Geográfico, Goiânia*, v. 3, n. 2, p. 93-107, 2009.

NETO, J. L. S. **Por uma Geografia do Clima**. Terra Livre, São Paulo, n.17, p. 49-62, 2001.

NEVES, T. B. S.; ASSIS, E. S.; FERREIRA, D. G.; LOURA, R. M. **Ilhas de calor urbanas: Métodos e Técnicas de Análise**. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2023. p. 1–8. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4269>. Acesso em: 3 nov. 2024.

NORMAN, J. M., BECKER, F. (1995). **Terminology in thermal infrared remote sensing of natural surfaces**. *Remote Sensing Reviews*, 12(3–4), 159–173.

OLIVEIRA, E. C. D. **Mapeamento de uso e cobertura da terra utilizando a plataforma Google Earth Engine**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis, 2021, 92p.

ONU. **As mudanças climáticas prejudicam quase todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Acessado em 04 de abril de 2024. Disponível em <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/mudancas-climaticas-prejudicam-quase-todos-os#:~:text=As%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%20prejudicam%20quase%20todos%20os%20Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel,Pixabay&text=Genebra%2C%2014%20de%20setembro%20de,de%20cumprir%20suas%20metas%20clim%C3%A1ticas>.

O QUE É: **Banda Termal no Sensoriamento Remoto**. Aeroengenharia, 2023. Disponível em <https://aeroengenharia.com/glossario/o-que-e-banda-termal-no-sensoriamento-remoto/>. Acesso em 04 de abril de 2024.

ORHAN, O., EKERCIN, S., DADASER-CELIK, F. **Use of Landsat land surface temperature and vegetation indices for monitoring drought in the Salt Lake Basin Area, Turkey**. *TheScientificWorldJournal*, 2014.

PEREIRA, C. C., MARIANO, Z. F, WACHHOLZ, F., CABRAL, J. B. P. **Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia barra dos Coqueiros (Goiás)**. *Revista Geonorte*, p. 1243-1255, 2012.

PINESE, J. P. P. **Síntese geológica da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. A bacia do rio Tibagi. Londrina, PR : M.E. Medri, 2002. p. 21-38.

PIRES, E. G.; FERREIRA JR, L. G. **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.
PLUGIN QGIS SPT — QGIS Python Plugins Repository. Disponível em: https://plugins.qgis.org/plugins/qgis_spt/#plugin-about. Acesso em: 21 out. 2024.

PREFEITURA DE CASTRO. **História de Castro. Portal do Cidadão**. Acessado em: 25 de abr. 2024 Disponível em: <https://castro.atende.net/#!/tipo/pagina/valor/5>

PRINA, B. Z.; TRENTIN, R. **Análise da temperatura de superfície por meio de imagens Landsat – 8: estudo de caso para o município de Jaguari/RS/Brasil**. Revista Formação (Online), n.23, p. 264-285, 2016.

RANGEL, M.; RODRIGUES, J.N.; MOCARZEL, M. Fundamentos e princípios das opções metodológicas: Metodologias quantitativas e procedimentos qualitativos de pesquisa. **Omnia**. 2018; 8(2):05-11. Doi: <https://doi.org/10.23882/OM08-2-2018-A>. Acesso em: 25 nov. 2024.

REDDY, M. A. **Textbook of Remote Sensing and Geographical Information Systems** 3ª edição. BS Publications, Hyderabad, India, 2008.

ROGALSKI, S. R. **Índice de Degradação ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio de Olarias, em Ponta Grossa – PR, entre 1980 e 2005**. Dissertação (Mestrado em Geografia – Gestão do Território). Ponta Grossa, 2011.

ROSA, H. A.; FARIA FILHO, R. **Influência da vegetação na temperatura da superfície em áreas urbanas por meio de imagens do satélite Landsat 8**. E&S Engineering and Science, v. 12, n. 2, p. 1-18, 2023.

RUDORFF, B. F. T. **Características das Imagens de Sensores Remotos**. In: DI MAIO, A., RUDORFF, B. F. T., MORAES, E. C., PEREIRA, G., MOREIRA, M. A. Sensoriamento Remoto. Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Agência Espacial Brasileira (AEB), INPE, 2008, p. 33-40.

SANTOS, M. N. **Utilização de software livre na análise de temperatura e uso do solo, para região de Ribeirão Preto**. Orientador: Heliofábio Barros Gomes. 2017. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Meteorologia, Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

SANTOS, A. M. S.; ROMÃO, P. A. **Estudo multitemporal e alteração na paisagem na região do Distrito de Luiz Alves, município de São Miguel do Araguaia – GO, a partir de método indireto, sensoriamento remoto**. Geografia – v.16, n.2, jul/dez 2007 – Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Geociências.

SCHADE, S. *et al.* (2020). **Geospatial Information Infrastructures**. In: GUO, H., Goodchild, M.F., Annoni, A. (eds) Manual of Digital Earth. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_5. p. 161-190.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. **Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF**. Revista Brasileira de Climatologia, ano 6, p. 37-56, 2010.

TSOU, J.; ZHUANG, J.; Li, Y.; Zhang, Y. **Urban Heat Island Assessment Using the Landsat 8 Data: A Case Study in Shenzhen and Hong Kong**. Urban Sci. 2017 , 1 , 10. <https://doi.org/10.3390/urbansci1010010>. Acessado em: 22 out. 2024

VERDUM, R. **Os geógrafos frente às dinâmicas socioambientais no Brasil**. Revista do Departamento de Geografia, 2005.

USGS, United States Geological Survey, 2024, **Landsat Missions**. Acessado em 18 de ago. 2024. Disponível em <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>.

VOOGT, J. A., OKE, T. R. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. Remote Sensing of Environment, v. 86, ago. 2003, p. 370-384. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703000798>. Acesso em: 25 nov. 2024.

WECKMÜLLER, R.; SLOVINSKI, N.C.; VICENS, R.S. **Análise multitemporal como subsídio à identificação da trajetória evolutiva do uso e cobertura da Terra no corredor ecológico do Muriqui/RJ**. Revista Brasileira de Cartografia N0 65/3: 467-477, 2013.

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. **Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies**. Remote sensing of Environment, v. 89, n. 4, p. 467-483, 2004.

WENG, Q. H. Thermal Infrared Remote Sensing for Urban Climate and Environmental Studies: Methods, Applications, and Trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, juç. 2009, p. 335-344. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092427160900046X>. Acesso em: 25 nov. 2024.