



Instituto Federal Catarinense  
Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente  
*Campus Araquari*

**HELENA PURES ROLDÃO**

**UM ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE SÃO  
FRANCISCO DO SUL (SANTA CATARINA): PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE  
REFERÊNCIA AMBIENTAL**

**Araquari  
2022**

**HELENA PURES ROLDÃO**

**UM ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL (SANTA CATARINA): PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).  
Orientador: Prof. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro, Dr.

Araquari

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e  
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

R744e Roldão, Helena Pures  
UM ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO  
DE SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA: PROPOSIÇÃO  
DE UM TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL / Helena Pures  
Roldão; orientador Eduardo Augusto Werneck Ribeiro. --  
Araquari, 2022.  
63 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal  
Catarinense, campus Araquari, Mestrado Profissional  
em Tecnologia e Ambiente, Araquari, 2022.

Inclui referências.

1. termos de referência. 2. São Francisco do Sul.  
3. ilhas de calor. 4. licenciamento ambiental. 5.  
políticas públicas. I. Ribeiro, Eduardo Augusto  
Werneck. II. Instituto Federal Catarinense. Mestrado  
Profissional em Tecnologia e Ambiente. III. Título.

**HELENA PURES ROLDÃO**

**UM ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL (SANTA CATARINA): PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL**

Esta dissertação foi julgada aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari*.

Araquari, 18 de agosto de 2022.

---

Prof. Eduardo Ribeiro Werneck Ribeiro, Dr.  
Instituto Federal Catarinense – *Campus Araquari*

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Marcos Antônio Mattedi, Dr.  
Fundação Universidade Regional de Blumenau

---

Prof. Mário Francisco Leal de Quadro, Dr.  
Instituto Federal de Santa Catarina – *Campus Florianópolis*



*Emitido em 18/08/2022*

**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 15/2022 - CCPGTA (11.01.02.31)**  
**(Nº do Documento: 19)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 17/10/2022 16:22 )*  
EDUARDO AUGUSTO WERNECK RIBEIRO  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
EGRN/BRU (11.01.13.40)  
Matricula: ###090#0

*(Assinado digitalmente em 17/10/2022 14:05 )*  
FABRÍCIO MOREIRA SOBREIRA  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
CGES/ARA (11.01.02.39)  
Matricula: ###774#6

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **19**, ano: **2022**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **17/10/2022** e o código de verificação: **e2cdb77545**

“Dedico este trabalho a Deus e a minha família, que sempre estiveram comigo, me apoiando na busca pelos meus objetivos”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo dom da vida e por me permitir superar todas as dificuldades.

À minha família pela compreensão na ausência e por sempre me apoiar na busca pelos meus objetivos.

Ao meu orientador, Dr. Eduardo Augusto Werneck Ribeiro, pelo imensurável apoio, por transmitir conhecimento com maestria e, principalmente, por sempre acreditar em mim.

Ao meu terapeuta, Dorval Mira, sem seu apoio, sem sua paciência e dedicação, nada disso seria possível.

Ao Prof. Dr. Mário Francisco Leal de Quadro, por todo apoio, auxílio e incentivo durante a pesquisa.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo, meu muito obrigada.

“Não fui eu que ordenei a você? **Seja forte e corajoso!** Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar” (Josué 1:9)

## RESUMO

O uso inadequado do solo pode ocasionar problemas, tanto de origem social quanto ambiental, oriundos de processos erosivos, alteração da temperatura local, ameaça a fauna e flora, entre outros. Dessa forma, a dinâmica territorial faz-se necessária, uma vez que se torna inevitável o fomento por novas fontes de renda. Assim, é importante desenvolver ferramentas que amenizem os efeitos desses impactos, sem causar prejuízos ao desenvolvimento econômico. Estudos recentes demonstram que a formação de ilhas de calor nos centros urbanos, possui analogia com as características de uso do solo da região. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi identificar a formação de ilhas de calor no município de São Francisco do Sul/SC e propor alternativas que visem minimizar, compensar ou eliminar esses efeitos, em áreas passíveis de licenciamento ambiental. Assim, foram realizados estudos comparativos de uso do solo e temperatura da superfície terrestre, para os anos de 1985 e 2021, por meio de dados disponibilizados pelo MapBiomas e imagens termais obtidas a partir dos satélites Landsat-5 e 8. Os resultados, em geral, demonstraram que uma variação da temperatura de superfície superior à 10°C, indicaram a formação de ilhas de calor nas áreas antropizadas. Considerando que, atualmente, não há previsão de ferramentas específicas que visem minimizar as alterações climáticas em processos de licenciamento, foi elaborado um documento norteador (produto tecnológico) que poderá subsidiar processos de licenciamento ambiental de atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental com tal abordagem, tendendo assim, às necessidades locais.

**Palavras-chave:** termos de referência; São Francisco do Sul, ilhas de calor; licenciamento ambiental; políticas públicas.

## ABSTRACT

Inadequate use of the soil can cause problems, both of social and environmental origin, arising from erosive processes, changes in local temperature, threats to fauna and flora, among others. In this way, territorial dynamics are necessary, since the promotion of new sources of income becomes inevitable. Thus, it is important to develop tools that mitigate the effects of these impacts, without causing damage to economic development. Recent studies show that the formation of heat islands in urban centers has an analogy with the characteristics of land use in the region. In this sense, the objective of this work was to identify the formation of heat islands in the municipality of São Francisco do Sul/SC and to propose alternatives that aim to minimize, compensate or eliminate these effects, in areas subject to environmental licensing. Thus, comparative studies of land use and temperature of the terrestrial surface were carried out, for the years 1985 and 2021, using data provided by MapBiomas and thermal images obtained from the Landsat-5 and 8 satellites. , showed that a surface temperature variation greater than 10°C indicated the formation of heat islands in anthropized areas. Considering that, currently, there is no forecast of specific tools that aim to minimize climate change in licensing processes, a guiding document (technological product) was prepared that could subsidize environmental licensing processes for activities potentially causing environmental impact with such an approach, tending to thus, to local needs.

**Keywords:** terms of reference; São Francisco do Sul; heat islands; environmental licensing; public policies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo .....	23
Figura 2 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo – MapBiomas em São Francisco do Sul (1985-2020) .....	28
Figura 3 - Limites dos bairros e Distrito Industrial do Município de São Francisco do Sul .....	29
Figura 4 - Reclassificação aplicada para uso e ocupação do solo, a partir da classificação original do MAPBIOMAS .....	30
Figura 5 - Comparativo de Temperatura Superficial para os anos 1985 e 2021, no município de São Francisco do Sul (Inverno).....	31
Figura 6 - Comparativo de Temperatura Superficial para os anos 1986 e 2020, no município de São Francisco do Sul (Verão) .....	32
Figura 7 - Mapa das condições meteorológicas para os dias de análise de temperatura de superfície .....	33
Figura 8 - Comparativo uso e ocupação do solo e amplitude térmica no 1986-2020) e inverno (1985-2021) .....	34
Figura 9 - Pontos onde houveram maior amplitude térmica para o verão .....	36

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Reclassificação da cobertura do solo e cores usadas.....	26
Quadro 2 – Descrição da dinâmica do uso e ocupação do solo.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Emissividade para diversos uso do solo.....	25
Tabela 2 – O impacto da transformação dos usos e ocupação do uso e ocupação do solo na variação da amplitude térmica (°C) – verão.....	35
Tabela 3 – O impacto da transformação dos usos e ocupação do uso e ocupação do solo na variação da amplitude térmica (°C) – inverno .....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADA	Área Diretamente Afetada
AID	Área de Influência Direta
All	Área de Influência Indireta
ART	Anotações De Responsabilidade Técnica
EAS	Estudo Ambiental Simplificado
ECA	Estudo de Conformidade Ambiental
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
GEE	Gases de Efeito Estufa
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
PMSFS	Prefeitura Municipal de São Francisco do Sul
RAP	Relatório Ambiental Prévio
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SC	Santa Catarina
TR	Termo de Referência
TST	Temperatura de Superfície do Terreno
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
	2.1 OBJETIVO GERAL .....	17
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA: PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL</b> .....	<b>18</b>
	3.1 INTRODUÇÃO .....	19
	3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	22
	3.3 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
	3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
	3.5 CONCLUSÃO .....	37
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>40</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO TECNOLÓGICO DE DESENVOLVIDO</b> .....	<b>45</b>
	<b>ANEXO A – IMAGENS COMPARATIVAS PARA ESTAÇÃO VERÃO</b> .....	<b>61</b>
	<b>ANEXO B - OFÍCIO DE ENTREGA DO PRODUTO À PMSFS</b> .....	<b>63</b>

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

Segundo dados do IBGE (2017), o município de São Francisco do Sul possui uma população de 52.721 habitantes e uma densidade demográfica de 85,27hab/km<sup>2</sup>. Segundo Mello e Oliveira (2019), a região está inserida na Serra do Mar, onde são registrados os maiores totais pluviométricos do Estado de Santa Catarina (SC). As temperaturas médias ao longo dos meses do ano seguem padrão similar. Os meses de janeiro, fevereiro e março registram temperaturas médias de 25°C e os meses de maio e julho registram temperaturas médias de 10°C.

De acordo com dados do Ibama (BRASIL, 2007), a Baía Babitonga, situada no norte catarinense, é a principal área estuarina de Santa Catarina e a última grande formação de manguezal do hemisfério sul, constituindo um ecossistema de enorme valor ecológico e paisagístico, essencial para a população que vive no seu entorno e para uma série de espécies utilizadas na pesca comercial, industrial ou recreativa. Além disso, a ilha de São Francisco do Sul, situada às margens Baía, possui como importantes fontes de renda, as atividades portuárias e a exploração turística, demandando a necessidade de novas áreas de exploração.

As alterações constantes da cobertura original do solo podem provocar diversos impactos ambientais, pela redução da qualidade de vida da população e biota local. Segundo Makumbura, Samarasinghe e Rathnayake (2022), os padrões de uso da terra e as mudanças são altamente dependentes do crescimento populacional. Devido ao crescimento populacional e à competitividade econômica, o mundo tem visto uma urbanização rápida e não planejada, resultando em um aumento contínuo da temperatura.

Para Damame, Oliveira e Longo (2019), compreender a relação entre a ocupação urbana e a degradação ambiental é extremamente necessário para se prever e evitar impactos futuros, tais como alagamentos, perda de potencial de geração de alimentos, poluição do ar e solo e impactos irreversíveis sob a fauna e flora.

O estudo das interações biosfera-atmosfera permite descrever e caracterizar os principais processos de transferências de energia e massa, relacionados às particularidades da vegetação, propriedades do solo e características do clima de uma região. Assim, as interações que ocorrem em uma floresta, podem sofrer impactos em

virtude de mudanças do clima e mudanças no uso do solo (WANDERLEY; MIGUEL, 2019).

Segundo Leal, Biondi e Batista (2014), as cidades, frequentemente, compreendem um mosaico de áreas com diferentes temperaturas, conforme a variação da cobertura do solo urbano. As temperaturas na mancha urbana apresentam-se, muitas vezes, mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas, enquanto, no interior das cidades, as variações térmicas ocorrem, principalmente, entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de temperaturas intraurbanas em até 7°C.

Segundo Amorin (2021), as ilhas de calor atmosféricas são, portanto, definidas como bolsões de ar quente registrados nos ambientes urbanos decorrentes da capacidade diferenciada dos materiais encontrados na superfície de armazenar e refletir a energia solar e da produção do calor antropogênico.

De acordo com a Resolução do Conama nº 237/1997, licenciamento ambiental é o procedimento administrativo, pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (BRASIL, 1997).

Assim, é importante mencionar que o licenciamento ambiental é um instrumento legal, que visa garantir a compensação, minimização ou extinção de possíveis impactos, oriundos de atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental, entretanto, ele deve estar de acordo com as particularidades e peculiaridades de cada região. É necessário, ainda, o comprometimento da gestão municipal com a temática ambiental, para viabilizar a transformação necessária.

Para tal, o poder público conta com instrumentos como as leis de ordenamento do solo e processos de licenciamento ambiental, que quando elaborados adequadamente, podem solucionar tal problemática. Somente por meio do uso de práticas adequadas de manejo, pode-se assegurar a qualidade ambiental para as futuras gerações. Por isso precisa-se desenvolver junto às administrações públicas, um modelo de gestão que assegure a preservação ambiental.

A objetivo do projeto é a partir de uma análise dados meteorológicos análogos ao uso do solo do município de São Francisco do Sul, identificar padrões espaciais

que impactam na temperatura de superfície do município. Diante disto, foi proposto a formulação de documento que norteie os processos de licenciamento ambiental e que atenda às necessidades locais, beneficiando assim, o meio ambiente e a sociedade.

Esta dissertação é composta por dois produtos, o primeiro é o artigo derivado da pesquisa. Nesse sentido, a primeira parte deste trabalho é um artigo que abordará sobre a proposta metodológica que foi empregada para atingir os objetivos específicos desta pesquisa. Tendo em vista a importância da gestão de dados ambientais para o desenvolvimento sustentável, o poder público precisa de instrumentos que possa garantir condições técnicas para a tomada de decisões.

A segunda parte, é o produto tecnológico. A partir dos dados analisados sobre a geração de ilhas de calor, em decorrência da ocupação do solo do município de São Francisco do Sul/SC, foi elaborado um Termo de Referência, que poderá servir como um norteador nos processos de licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras, com a proposição de alternativas e técnicas que reduzam, minimizem ou compensem a geração de microclimas, considerando as características e peculiaridades do município, a fim de que sua implantação seja efetivada com êxito.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Criar um Termo de Referência climático para nortear processos de licenciamento ambiental, a partir da identificação das ilhas de calor no município de São Francisco do Sul, utilizando as classes de uso e ocupação dos solos do MapBiomas e imagens termais Landsat.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adaptar uma metodologia que identifique as temperaturas de superfície terrestre e mudanças de uso e ocupação do solo;
- identificar as mudanças de uso do solo entre 1985 e 2020;
- avaliar a formação de ilhas de calor no município de São Francisco do Sul/SC, a partir das dinâmicas do uso e ocupação do solo; e
- elaborar um modelo de Termo de Referência que norteie os processos de licenciamento ambiental para atividades potencialmente causadora de poluição ambiental.

### **3 ESTUDO DE ILHAS URBANAS DE CALOR NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA: PROPOSIÇÃO DE UM TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL**

**RESUMO:** O uso inadequado do solo, pode ocasionar problemas tanto de origem social, quanto ambiental, oriundos de processos erosivos, alteração da temperatura local, ameaça a fauna e flora, entre outros. Dessa forma, a dinâmica territorial faz-se necessária, uma vez que se torna inevitável o fomento por novas fontes de renda. Assim, é importante desenvolver ferramentas que amenizem os efeitos desses impactos, sem causar prejuízos ao desenvolvimento econômico. Estudos recentes demonstram que a formação das chamadas ilhas de calor nos centros urbanos possui analogia ao uso do solo de determinada região. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi identificar a formação de ilhas de calor no município de São Francisco do Sul/SC e propor alternativas que visem minimizar, compensar ou eliminar esses efeitos em áreas passíveis de licenciamento ambiental. Assim, foram realizados comparativos de uso do solo e temperatura da superfície terrestre, para os anos de 1985 e 2021, por meio de dados disponibilizados pelo MapBiomas e imagens termais obtidas a partir do satélite Landsat-5 e 8. Os resultados, em geral, demonstraram que uma variação da temperatura de superfície superior à 10°C, indicando a formação de ilhas de calor em áreas antropizadas. Considerando que, atualmente, não há previsão de ferramentas específicas que visem minimizar tais impactos em processos de licenciamento, foi proposta a formulação de documento norteador que poderá subsidiar processos de licenciamento ambiental de atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental, com a inclusão da questão, atendendo assim, às necessidades locais, beneficiando, o meio ambiente e a sociedade.

**Palavras-Chave:** termos de referência; São Francisco do Sul; ilhas de calor; licenciamento ambiental; políticas públicas.

#### ***A STUDY OF URBAN ISLANDS OF CALOR IN THE MUNICIPALITY OF SÃO FRANCISCO DO SUL, SANTA CATARINA: PROPOSAL OF A TERM OF ENVIRONMENTAL REFERENCE***

**ABSTRACT:** Inappropriate use of the soil might cause problems of both social and environmental origin, resulting from erosive processes, changes in local temperature, threat to fauna and flora, among others. On the other hand, territorial dynamic is necessary, since the promotion of new sources of income becomes inevitable. Therefore, it is necessary to develop the tools that soften the effects of these impacts, without causing damage to economic development. Recent surveys suggest that the creation of those called heat islands in urban areas is related with land use in a particular region. Then, the purpose of this paper was to identify the formation of heat islands in the city of São Francisco do Sul/SC and to suggest alternatives that aimed at reducing, compensate or eliminate these effects in areas liable to environmental licensing. Therefore, comparisons of land use and temperature of the Earth surface

were carried out, for the years 1985 and 2021, through data provided by MapBiomas and thermal images obtained from the Landsat-5 and 8 satellite. The results, in general, show that a surface temperature variation of greater than 10°C, that indicate formation of heat islands in anthropized areas. Considering that there is not currently provision for specific tools that aim to minimize such impacts in licensing processes, it was proposed to formulate a guiding document that could subsidize environmental licensing processes for activities potentially causing environmental impact with the inclusion of the issue, thus meeting the needs of local needs, then benefiting the environment and society.

**Keywords:** terms of reference; São Francisco do Sul; heat islands; environmental licensing; public policies.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente por alimentos e recursos naturais impõe impactos sobre o uso e ocupação no solo em todo o planeta. Dentre eles, têm-se as mudanças climáticas. Substituição de florestas por pastagem ou intensificação da urbanização trazem desequilíbrio para o clima global, percebida por indicadores como a radiação, temperatura, pressão atmosférica e evapotranspiração (GOTARDO *et al.*, 2018). Segundo Hendges, Follador e Andres (2020), uma das relações mais estreitas entre os fatores climáticos e as condições atmosféricas de tempo, situa-se no equilíbrio existente entre a radiação solar e a vegetação, em que elementos do clima (temperatura, umidade e pressão) são resultantes do balanço da radiação recebida e refletida para atmosfera. Nesse sentido, as tomadas de decisão feitas pela sociedade sobre como utilizar o solo, podem reduzir ou ampliar o fluxo energético, influenciando as mudanças climáticas.

De acordo com Souza Júnior (2017), os espaços ocupados por indústrias e comércio, com altos índices de áreas pavimentadas, associados à presença de poluentes, criam condições que alteram as propriedades da baixa troposfera e do clima local. Para Leal, Biondi e Batista (2014), as temperaturas na mancha urbana apresentam-se, muitas vezes, mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas, enquanto, no interior da cidade, as variações térmicas ocorrem, principalmente, entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de temperaturas intraurbanas em até 7°C. Ambos os trabalhos mostram os efeitos da alteração do clima sobre as cidades, que podem ser verificados na comparação dos

valores térmicos e hídricos e na concentração elevada de poluentes e material particulado.

Um aspecto do aumento da temperatura da superfície, decorrente da dinâmica do uso e ocupação do solo, pode ser mensurada pela formação de ilhas de calor. O uso do conceito de ilha de calor, discutido por Fialho (2012), precisa ser pontuado. Segundo o autor, mesmo que existam similaridades na espacialização da temperatura, não se pode confundir com o conceito de ilhas de calor da atmosfera com a de superfície, pois a informação (temperatura) tem diferença na forma de obtenção, pela distância dos alvos. Dessa maneira, a ilha de calor da atmosfera é aferida por sensores próximos a superfície dos alvos (telhados e copas de árvores). Já as ilhas de calor de superfície podem ser aferidas, por exemplo, por sensores embarcados em satélites, implicando, além da questão da distância, na resolução do pixel da imagem. Consequentemente, essa combinação (distância e resolução) faz com que as respostas espectrais termais de outros corpos próximos possam ser incorporadas na identificação dos alvos.

O amplo uso do sensoriamento remoto para identificação das temperaturas de superfície tem um sido motivado pela popularização do acesso as constelações de satélites. As imagens termais impactaram, significativamente, nas metodologias e nas escalas de análise. Trabalhos como os de Amorim (2019), Bassini *et al.* (2022), Ferreira, Pereira e Labaki (2020), Karakuş (2019) e Porangaba, Teixeira e Amorim (2017), dentre outros, mostram que nos diferentes graus de urbanização e tamanhos dos municípios, o uso desse recurso é eficiente em indicar as diferentes temperaturas entre áreas urbanas e rurais. O impacto do uso das imagens de satélite fomentou, também, a diversificação da aplicação do Sistema de Classificação de Zonas Climáticas Locais de Stewart e Oke (2012), como relatam os trabalhos de Bassini *et al.* (2022) e Ferreira, Pereira e Labaki (2020). Chama-se a atenção para essa proposta de sistema, pois a partir da tipificação dos ambientes construídos e naturais (distribuídos em 17 classes de uso e ocupação do solo), permitem compreender o regime de temperatura próxima à superfície na escala local.

Diante disto, identificou-se a possibilidade de contribuir com o debate, a partir da analogia entre a concentração do calor na superfície de um município com a classificação do uso e ocupação do solo de um município.

Tendo em visto que a metodologia Sistema de Classificação de Zonas Climáticas Locais de Stewart e Oke (2012) se mostra uma abordagem exitosa para

entender a combinação das condições meteorológicas locais com os efeitos das mudanças nas propriedades térmicas da infraestrutura e da presença/ausência de vegetação, entende-se que esta ainda pode ser ajustada para o caso brasileiro. A metodologia de Stewart e Oke (2012) tem um aspecto negativo na sua sistematização, pois dependerá de cada autor, o entendimento de quais serão os elementos da paisagem que irão compor a classe que será correlacionada. Nesse sentido, gera uma diversidade de critérios, o que dificulta a sua sistematização em escala espacial e temporal.

Ferreira e Ugega Júnior (2020), definem a metodologia de Stewart e Oke (2012), através da organização dentro de um sistema de classes, as diferentes condições físicas dos elementos do espaço urbano. Agrupam características de edificações, vegetação urbana, que possuem potencialidade em promover alterações climáticas no interior da cidade. Formam Zonas Climatológicas Locais (ZCL) regiões de uniforme cobertura da superfície, estrutura, materialidade e atividade humana, que abrangem centenas de metros a alguns quilômetros em escala horizontal. As ZCLs. estão divididas as 17 classes padrão pelo autor.

Ainda nesse contexto, entende-se que o poder público de um município deva contemplar a questão da temperatura de superfície em seus mecanismos legais, principalmente para os de normalização sobre o uso e ocupação do solo. A regulamentação do uso do solo é uma atribuição do poder municipal, conforme informa a Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979 (BRASIL, 1979). Autores como Muniz-Gäal *et al.* (2018) e Tsuda (2019), indicam que as alterações da forma de como é permitido fazer parcelamento do solo, impacta sensivelmente nos elementos climáticos que compõem a atmosfera local, como a circulação dos ventos, materiais impermeabilizantes com alto poder de concentração de calor, e sem contar com as possibilidades de adensar as propriedades para um maior aproveitamento dos terrenos. Para além disso, os referidos trabalhos mostram a necessidade de atualizar os códigos urbanos e medidas mitigadoras nos licenciamentos ambientais. Dessa maneira, a regulação do uso e ocupação do solo poderá influenciar em condições adequadas para a sociedade e para o clima.

A fim de contribuir para a superação do problema em sistematizar as classes do uso do solo e suas correlações com a temperatura de superfície, propõe-se um método que utiliza a diferença da amplitude das temperaturas e seus impactos, a partir das classes de uso e ocupação do solo estabelecidos pelo MapBiomas (SOUZA;

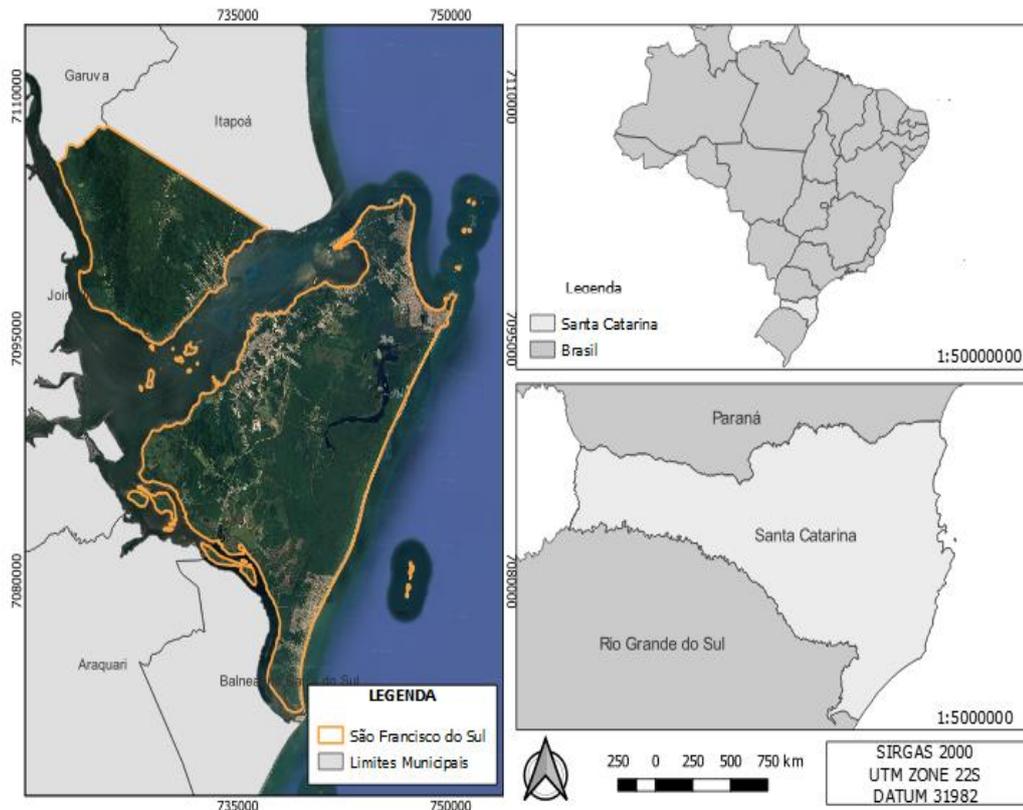
PARANHOS FILHO; GUARALDO, 2020). A proposta visa reconhecer e diferenciar o comportamento térmico nas tipologias utilizadas nessa iniciativa. O MapBiomas é uma coleção de dados com mapas de uso e cobertura do solo no Brasil e em seu acervo, constam informações desde 1985 a 2020 (coleção 6). As imagens classificadas podem ser úteis no avanço de novas metodologias com o estudo das ilhas de calor, pois permitem sistematizar informações em larga escala temporal e espacial com imagens termais fornecidas pelos satélites Landsat-5, 7, 8 e 9.

Pelo exposto, a presente pesquisa verificou a analogia espacial existente entre os padrões de uso da terra e valores de temperatura de superfície em um pequeno município e litorâneo, entre os anos de 1985 e 2021. Por meio dos dados obtidos do MapBiomas e das imagens termais do Landsat 5 e 8 foram identificadas áreas críticas (grandes amplitudes) termais para o município de São Francisco do Sul/SC. Entende-se que os problemas ambientais ocasionados pela forma de ocupação e padrão de consumo da sociedade atual, demandam atualizações de novos indicadores e parâmetros que auxiliem na superação dessa problemática, lembrando que a dinâmica (mudança do uso do solo e temperatura de superfície) não compreende apenas o sistema urbano (SANTOS; NUCCI, 2019), mas o município como um todo, o que implica avaliar as áreas rurais, zonas florestais, praias e rios entre outros.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo (Figura 1) deste trabalho se refere a cidade do São Francisco do Sul, no Estado de Santa Catarina, com uma área de aproximadamente 493,266 km<sup>2</sup>. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017), o município possui uma população de 52.721 habitantes e uma densidade demográfica de 85,27 hab/km<sup>2</sup>.

Figura 1 - Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

De acordo com Zular (2011), a região possui clima regional subtropical, com verões chuvosos e invernos secos e úmidos, variando a temperatura média anual entre 16 e 20°C e a precipitação anual varia entre 1000 e 1500mm. Ainda segundo dados do IBGE (2017), o município tem, na atividade portuária, a principal fonte econômica do município. Além disso, a ilha de São Francisco do Sul possui como outra importante fonte de renda, a exploração turística, aumentando, consideravelmente, o número de habitantes na alta temporada.

Segundo a Sosma (2008), o município de São Francisco do Sul, possui 222,27 km<sup>2</sup> do seu território composto por remanescentes florestais da Mata Atlântica. Considerada Reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional por meio de um Decreto na Constituição Federal de 1988, a Mata Atlântica é a segunda maior floresta pluvial do continente americano. Embora tenha sido em grande parte destruída, ela ainda abriga mais de 8.000 espécies de fauna e flora endêmicas, motivo pelo qual é considerada um dos maiores repositórios da diversidade biológica do planeta e também, um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (TABARELLI, 2005).

### 3.3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas seis imagens no formato *geotiff*, que são um padrão de metadados de Domínio público o qual permite embutir informações das coordenadas geográficas, sendo quatro termais e duas classificadas.

Segundo Freitas e Lombardo (2007), as medidas realizadas por sensores orbitais através das imagens termais constituem um importante recurso para se avaliar a dimensão e espacialização do fenômeno da ilha de calor nas cidades. Estas medidas fornecem a radiância aparente dos corpos terrestres, sendo que a variável de interesse é a temperatura radiométrica. A temperatura radiométrica diferencia-se da temperatura da atmosfera através da variação da emissividade dos corpos em função do comprimento de onda, e o que na prática se estima é a radiância emitida pela superfície que interage com a própria atmosfera ao longo de sua trajetória até atingir os sensores orbitais.

Já as imagens classificadas, segundo manual fornecido pelo INPE, parte do processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse.

Para as imagens termais foram utilizadas as datas de 6/3/1986, 15/1/2020, 9/7/1985 e 28/7/2021. Justifica-se a escolha das datas para representar duas estações: verão e inverno. A primeira é para atender o maior período histórico possível. Assim, buscou-se a imagem mais antiga disponível e a mais recente que pudesse representar as estações. Como a localidade está inserida em uma região subtropical as duas estações representam os ápices da amplitude térmica aferida.

O segundo critério foi a questão da cobertura de nuvens na data do imageamento e nem todas as imagens, que representam as estações, puderam coincidir com as datas. Dessa forma, o verão ficou representado pelas datas: 6/3/1986 e 15/1/2020 e o inverno: 9/7/1985 e 28/7/2021. Todas as imagens Landsat são disponibilizadas no *site* da *United States Geological Survey* (USGS). Para a geração dos mapas de temperatura da superfície, foram utilizadas, especificamente, a banda 10 do Landsat-8 e banda 6 do Landsat-5, ambas as bandas do canal espectral infravermelho termal, com uma resolução espacial de 100m e 120m, respectivamente.

O tratamento das imagens termais e uso e ocupação do solo precisaram da aplicação das equações, procedimentos e parâmetros utilizados, conforme descrito a seguir:

- 1) no *software* QGIS na versão 3.22.5, foi utilizado o *plugin semi-automatic class* para a conversão do número digital para refletância e temperatura de superfície (brilho), a partir da rotina descrita em Congedo (2016); e
- 2) com dados de uso do solo, do MapBiomas, foi calculada a emissividade dos corpos, de acordo como o estimado por Lorenzetti (2015), conforme Tabela 1;

**Tabela 1 – Emissividade para diversos uso do solo**

Uso do Solo	Emissividade
Formação florestal	0.98
Mangue	0.98
Silvicultura	0.97
Pastagem	0.97
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0.97
Praia, Duna e Areal	0.98
Área Urbana	0.94
Outras áreas não vegetadas	0.93
Afloramento rochoso	0.98
Apicum	0.98
Rio, lago e oceano	0.98
Outras lavouras temporais	0.97
Restinga arborizada	0.98

Fonte: Adaptado de Lorenzetti (2015).

A emissividade da superfície representa a capacidade da superfície que transforma a energia térmica em energia radiante (SEKERTEKIN; BONAFONI, 2020).

- 3) foi realizada a reclassificação do uso do solo de acordo com a emissividade com a calculadora *raster* e realizada a conversão da temperatura do satélite para a temperatura da superfície terrestre, de acordo com tutorial do *plugin*, pela Equação 1, a seguir:

$$T = TB / [1 + (\lambda * TB / c^2) * \ln(e)]$$

Onde:

TB= Temperatura de brilho

$\lambda$  = comprimento de onda da radiação emitida

$c^2 = h \cdot c / s = 1,4388 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$

$h$  = constante de Planck =  $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

$s$  = Constante de Boltzmann =  $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

$c$  = velocidade da luz =  $2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$e$  = emissividade dos corpos

A fim de verificar a existência ou não de analogia das alterações de uso do solo com as alterações de temperatura de superfície, foi realizado o comparativo das imagens de uso do solo do MapBiomas, para os anos 1985 e 2021, conforme segue:

- com a diversidade de classes, realizou-se uma reclassificação, agrupando as classes com fisionomias semelhantes em um grupo geral, tendo em vista uma análise mais otimizada, ou seja, com menor variação de dados para melhor visualização dos resultados. O Quadro 1 apresenta as classes originais da coleção 6 do projeto MapBiomas e as novas classes pós-reclassificação. No mapa resultante, aplicou-se as mesmas cores de classes, a partir do código *Hexadecimal code*, o mesmo usado pelo MapBiomas.

Quadro 1 – Reclassificação da cobertura do solo e cores usadas

Uso original do solo MapBiomas	Reclassificação
Formação florestal, mangue, restinga arborizada	Floresta
Afloramento rochoso, apicum, campo alagado ou área pantanosa	Formação Natural não Florestal
Pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, outras áreas de lavouras temporárias	Agropecuária
Praia, dunas e mineração, outras áreas não vegetadas	Área não vegetada
Rio, lago, oceano	Corpo D'água
Área urbana	Área Urbana
Floresta plantada	Silvicultura

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2022).

- após a reclassificação foi realizada uma tipologia das mudanças de uso de 1985 para 2020, usando o *plugin semi automatic-land cover change*, conforme Quadro 2. Esse procedimento de pós-processamento das diferenças das classes de 1985 e 2020, foi realizado a partir de uma matriz de transição dos usos e ocupação do solo, por classe dentro do período analisado.

Quadro 2 – Descrição da dinâmica do uso e ocupação do solo

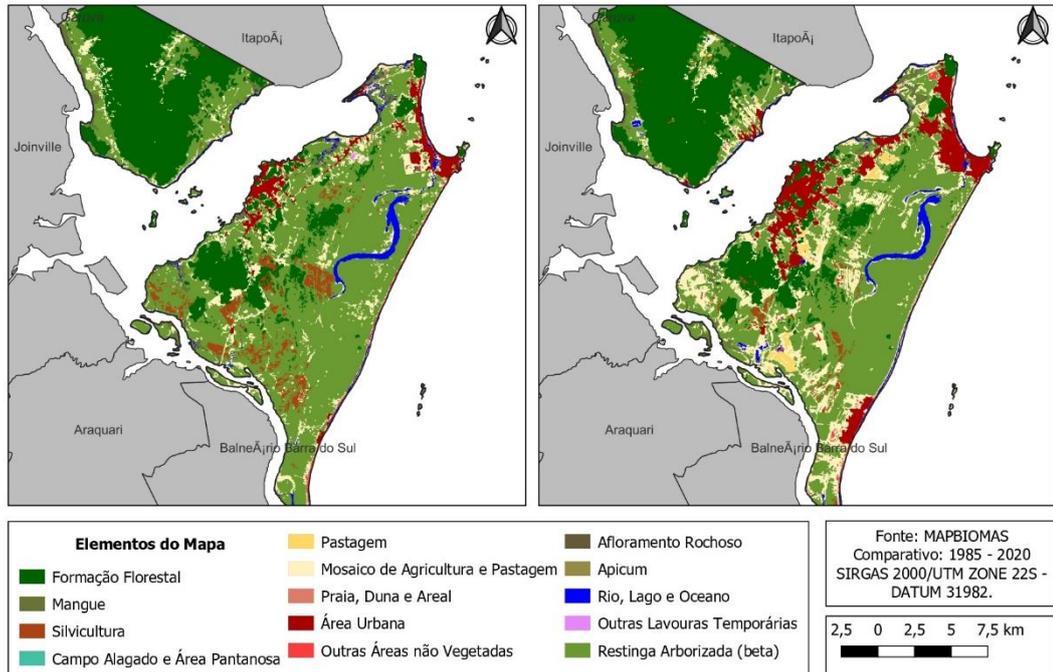
<b>Tipo de Uso e Ocupação Resultante</b>	<b>Descrição</b>
<b>Inalterado</b>	Uso mantido entre os anos de 1985 e 2020
<b>Natural</b>	Vegetação com formação natural (não inclui a Silvicultura)
<b>Reflorestadas</b>	Área desmatada em 1985 e recuperada em 2020 (inclui a Silvicultura)
<b>Antrópico</b>	Área ocupada com atividades antrópicas (inclui área que era da floresta para urbano, mosaicos de agricultura e pastagem)
<b>Desmatadas</b>	Área vegetada em 1985 e desmatada em 2020

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre a dinâmica do uso e cobertura do solo, para o município de São Francisco do Sul/SC, para os anos 1985 e 2020, é possível verificar na Figura 2. Nela encontram-se todas as classes atribuídas pelo MapBiomas, sem aplicação da reclassificação, indicada na seção anterior. Dentre as mudanças do uso e ocupação mais significativos, destacam-se quatro classes: área urbana; formação florestal; mosaico de agricultura; e mosaico de pastagem.

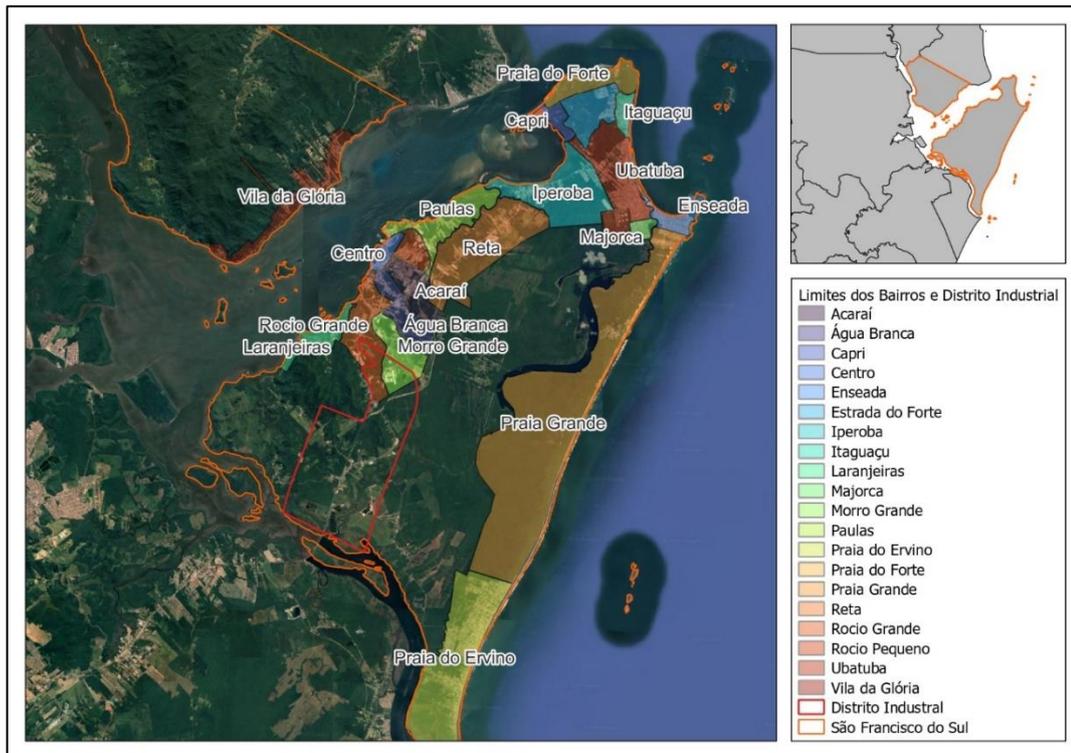
Figura 2 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo – MapBiomias em São Francisco do Sul (1985-2020)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A classe área urbana teve um avanço significativo, de 11,40km<sup>2</sup> em 1985 para 27,64km<sup>2</sup> em 2020 (ampliação da área superior à 100%). Dentre as características do avanço da dinâmica urbana e modificações de uso do solo nos últimos 30 anos, destaca-se a região dos balneários e área central, onde se localiza o centro, bairros adjacentes, distrito industrial e portuária do município, conforme ilustrado na figura 3. Sabe-se que as alterações dos elementos climáticos que compõem a atmosfera local, ocorrem devido às propriedades que compõem a dinâmica do aglomerado urbano, associadas aos tipos e níveis de adensamento e uso que revestem o solo, como explicam Amorim (2020) e Ferreira, Pereira e Labaki (2020).

Figura 3 - Limites dos bairros e Distrito Industrial do Município de São Francisco do Sul



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

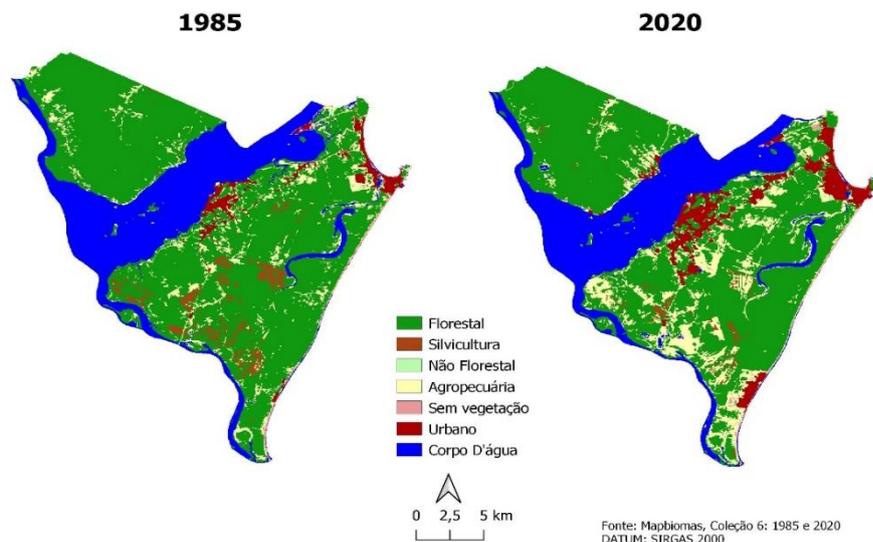
A zona urbana de São Francisco do Sul não apresenta verticalização, no entanto, é possível observar que o plano diretor da cidade, que no momento está em reavaliação (Projeto de Lei Complementar nº 5/2021 de 14/07/2021<sup>1</sup>), sinaliza que haverá modificações favoráveis para tal uso. No referido projeto de lei, destacam-se: a) o adensamento das moradias e prédios nas zonas residenciais; b) mudança no parcelamento do terreno, como a testada mínima de 6m para 4m; e c) mudança da taxa de impermeabilização de um lote, passando o mínimo de 30% para 15%. Todas essas informações corroboram com as condições favoráveis para a formação de “ilhas de calor urbanas”, conforme indicam Sanches *et al.* (2018), em que a intensificação do adensamento e a redução da impermeabilização aumentam, sensivelmente, o potencial de acúmulo de energia, o que implica, também, em aumento na variabilidade da amplitude térmica.

<sup>1</sup> Acesso ao projeto de Lei no link: <https://www.legislador.com.br//LegisladorWEB.ASP?WCI=ProjetoTexto&ID=29&inEspecie=7&nrProjeto=5&aaProjeto=2021> e os demais documentos sobre o plano diretor em: <https://www.saofranciscodosul.sc.gov.br/lei-complementar-plano-diretor>.

A classe vegetação traz o debate sobre a importância das áreas verdes para combater as ilhas de calor. Os remanescentes florestais tem efeitos importantes na atenuação das variáveis meteorológicas locais, conforme mostram Gotardo, Pinheiro e Piazza (2019), além dos serviços ecossistêmicos de regulação do microclima específico em seu interior que atenuam situações extremas, como o período de verão. A classe florestal tem relevância sobre os indicadores climáticos tais como: amplitude térmica; evapotranspiração; temperaturas da atmosfera e superficial; e capacidade de absorção das águas, dentre outros. Nesse comparativo temporal, verificou-se uma redução significativa da área dessa classe, no período analisado. Em 1985, a formação florestal contava com uma área de 310,7 km<sup>2</sup> e, em 2020, a área era de 274,78 km<sup>2</sup>. As classes que englobam as diversas formações florestais devem ser entendidas como um instrumento eficiente para o combate os eventos extremos de calor. No estudo de Barbosa (2016), é indicado que as áreas verdes urbanas têm um raio de influência de até 2km no seu entorno, sendo assim, com a diminuição da área florestal em São Francisco do Sul, a capacidade de atenuar e de influenciar é reduzida.

A partir das classes discutidas, foi aplicada a reclassificação, agrupando as classes com fisionomias semelhantes em um grupo geral, conforme a Figura 4, objetivando uma análise mais otimizada da dinâmica.

Figura 4 - Reclassificação aplicada para uso e ocupação do solo, a partir da classificação original do MAPBIOMAS

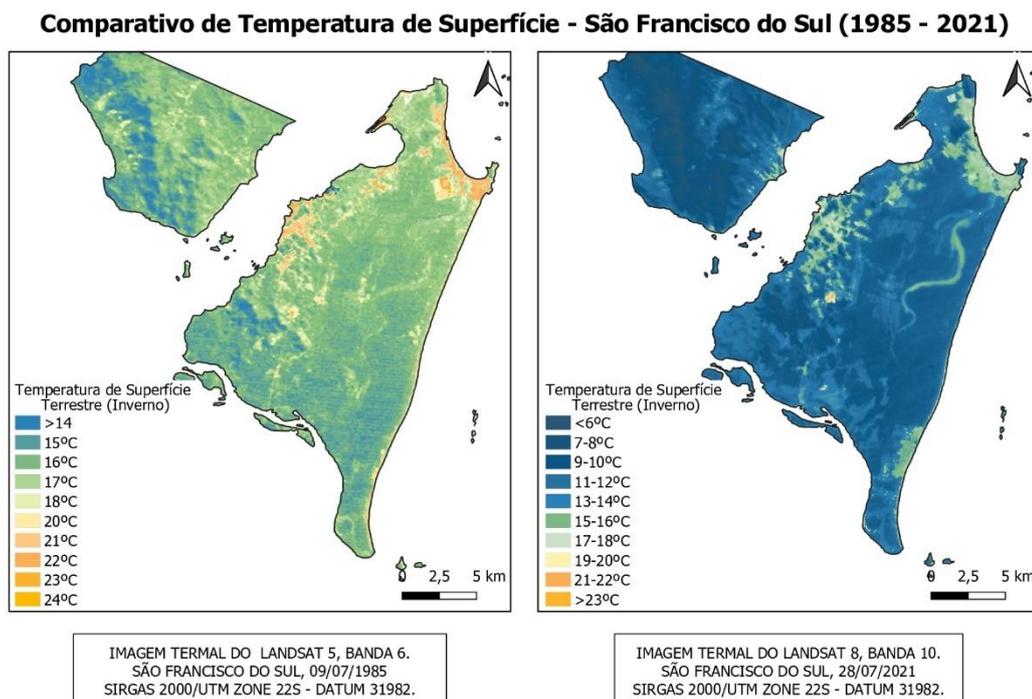


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Uma vez estabelecidas as novas classes de uso e ocupação do solo em São Francisco do Sul, pode-se diferenciar os valores das temperaturas dentro das classes, assim, identificando particularidades e analogia que implicaram efeitos na amplitude de cada estação (verão e inverno). Ao comparar as temperaturas, delimitadas pelas classes de uso e ocupação da superfície, os resultados permitem assegurar com mais precisão onde estão as transformações e quais foram as atividades que influenciaram as respostas termais. Adiciona-se a essa diferenciação, o uso de duas estações com características opostas, pois a persistência de ilhas de calor no inverno influenciará na amplitude térmica da cidade e pode ajudar nas indicações de prioridades para intervenções pelo poder público, pois mesmo com o frio, a persistência da ilha de calor impactará na questão do conforto térmico ou, até mesmo, em doenças respiratórias dos moradores.

Com referência a distribuição espacial das temperaturas superficiais, as Figuras 5 e 6 são imagens termais representativas para as estações de inverno e verão, respectivamente.

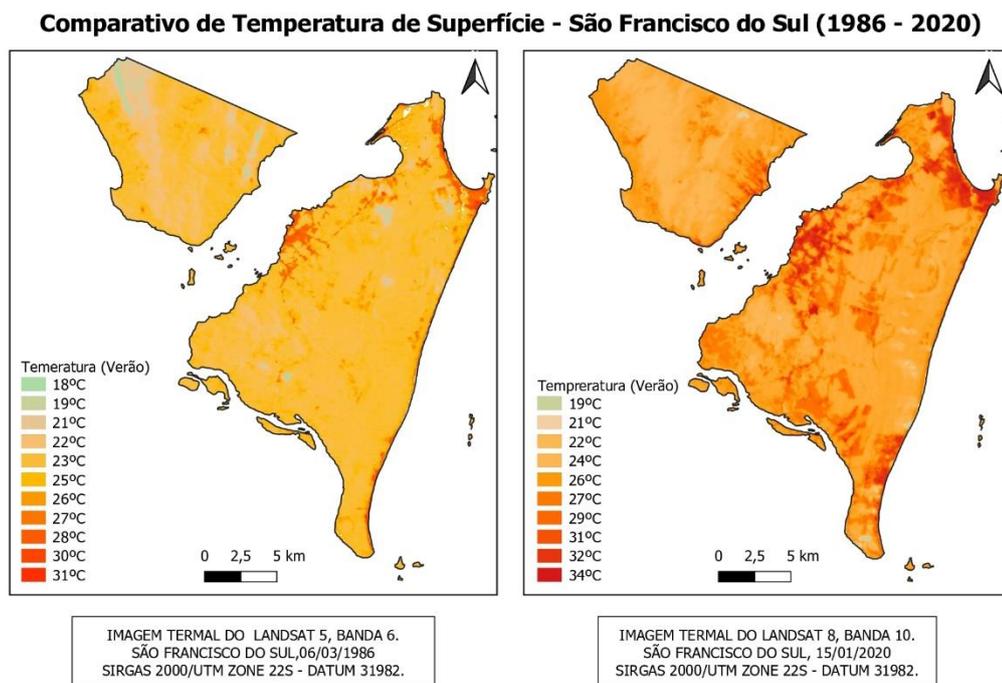
Figura 5 - Comparativo de Temperatura Superfície para os anos 1985 e 2021, no município de São Francisco do Sul (Inverno)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Pode-se observar na Figura 5, que a distribuição das temperaturas estava mais difusa em 1985 do que em 2021. As mínimas registradas estão concentradas no sul e morros isolados na ilha, e nos limites do continente, as mínimas estão localizadas na região das escarpas da serra do mar. Observa-se que mesmo com valores de temperatura menor, a distribuição das mínimas foram, sensivelmente, reduzidas a porção do morro isolado na porção sudoeste e na região da serra. Em 2021, percebe-se, também, o aumento de áreas com maiores temperaturas e a formação de uma ilha de calor em uma porção específica do município.

Figura 6 - Comparativo de Temperatura Superficial para os anos 1986 e 2020, no município de São Francisco do Sul (Verão)



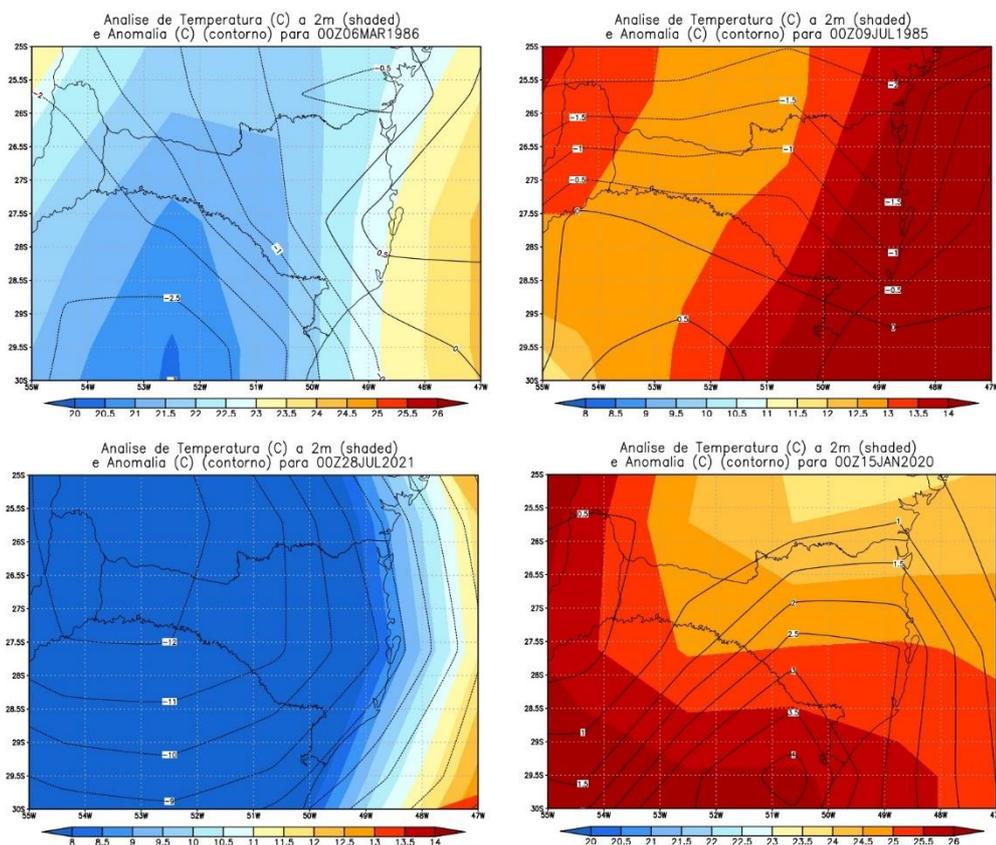
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na Figura 6, com imagens atribuídas para representar o verão, o comparativo mostra que não houve ampliação significativa entre as máximas e mínimas. A distribuição espacial das mínimas temperaturas da estação, praticamente, não se registrou na parte nordeste e noroeste da ilha em 2021. E que as ilhas de calor se distribuíram de forma mais dispersa, além das áreas urbanizadas. Chama-se a atenção que essas áreas são as que, também, trocaram seu uso e ocupação, com

destaque para as áreas que eram de silvicultura e passaram para a agropecuária e as novas áreas expandidas das regiões urbanizadas.

A ampliação das regiões de calor impactou na amplitude térmica do município. Esse indicador é observado nas diferenças de temperaturas registradas no inverno e verão. Ressalta-se que quando se compara os verões, apesar da diferença de ser de 2°, a distribuição espacial das temperaturas elevadas acompanhou as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo. Nesse sentido, as áreas antropizadas (zona urbana, pastagem e terras agrícolas) em 1985 tem o predomínio da temperatura por volta de 24-28°C e, pontualmente, encontra-se dentro da zona urbana as temperaturas de 31°C. No entanto, quando se observa as temperaturas de 2021, a imagem mostra a predominância da temperatura de 34°C ao longo de toda a zona urbana e, agora, incluído pontos próximos às áreas de pastagens e terras agrícolas, ou seja, houve uma interiorização dos bolsões de ar quente no município. A mudança da distribuição das amplitudes implica associar os efeitos causados nas áreas das classes que apresentaram mudanças.

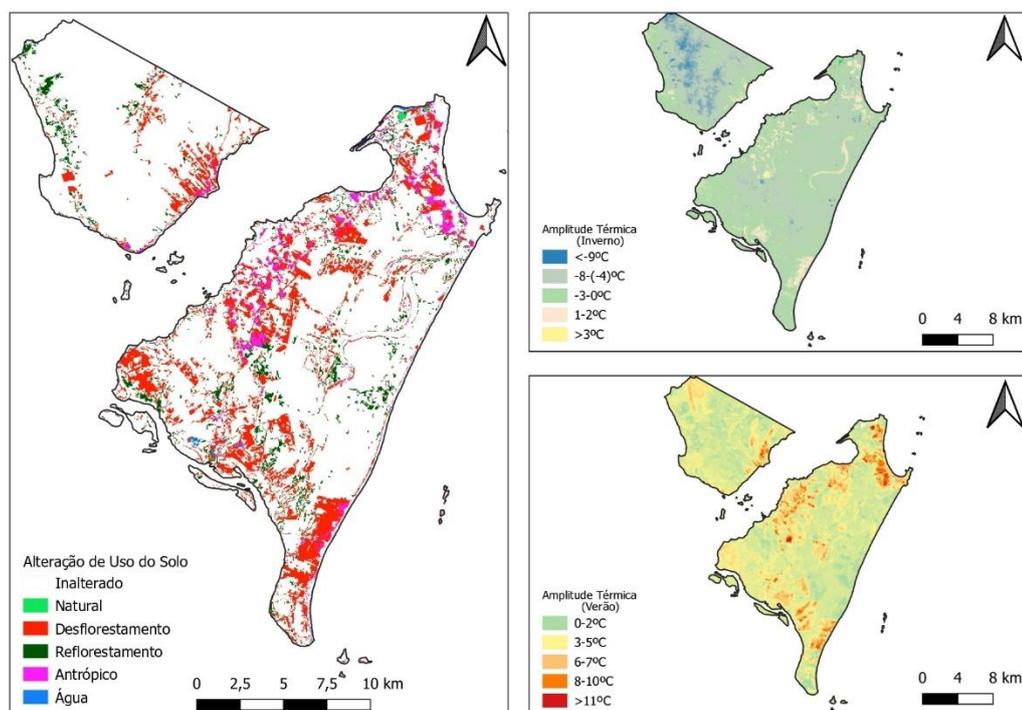
Figura 7 - Mapa das condições meteorológicas para os dias de análise de temperatura de superfície



As condições meteorológicas para os dias de amostragem podem ser vistas nas figuras 07, que caracteriza as temperaturas e anomalias para as datas. Para o verão, as figuras demonstram um aumento de 1 à 2°C, que corrobora com os mapas confeccionados. Já para o inverno, o declínio nos valores de temperatura obtidos, podem estar relacionados a um evento extremo, que afetou a região na data de amostragem, com a passagem de massa polar intensa na região, para o ano de 1985. No entanto, não se pode deixar de mencionar, que apesar do evento extremo, foi possível identificar o aumento de áreas com temperaturas máximas, o que indicando a formação de ilhas de calor. Apoiando o resultados, podemos visualizar no Anexo A, encontra-se a série histórica com os mapas de temperatura de superfície para os anos 1992, 2001 e 2010, que confirmam o aumento das áreas de maior temperatura diária.

Nesse sentido, para sistematizar essas informações, passa-se a observar o comparativo entre as áreas que sofreram as modificações, conforme indicado na Figura 8 com as médias das amplitudes de verão (1986-2020) e inverno (1985-2021).

Figura 8 - Comparativo uso e ocupação do solo e amplitude térmica no 1986-2020) e inverno (1985-2021)



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A partir da Figura 8 explica-se o emprego da metodologia proposta. Os mapas da amplitude nas duas estações, quando avaliados nas classes de uso e ocupação do solo, indicam a influência da dinâmica do uso e ocupação no solo na distribuição espacial do calor. Ainda, com a reclassificação é possível entender que a transição de uso e ocupação tem contribuído na variação da amplitude.

Os impactos das transformações do uso e ocupação do solo em São Francisco do Sul nas amplitudes deve ser avaliada por classe. Nesse sentido, foram organizadas duas matrizes de transições (Tabelas 2 e 3) para avaliar as mudanças de uso e ocupação, indicando, assim, o que foi registrado em 1985 e o que se encontram em 2020.

Tabela 2 – O impacto da transformação dos usos e ocupação do uso e ocupação do solo na variação da amplitude térmica (°C) – verão

		2020			
		Antrópico	Reflorestamento	Desmatadas	Natural
1986	Antrópico		Sem registro	Sem registro	Sem registro
	Reflorestamento	16,42		15,28	5,73
	Desmatadas	12,33	3,54		9,19
	Natural	12,49	6,5	3,56	

Tabela 3 – O impacto da transformação dos usos e ocupação do uso e ocupação do solo na variação da amplitude térmica (°C) – inverno

		2021			
		Antrópico	Reflorestamento	Desmatadas	Natural
1985	Antrópico		Sem registro	Sem registro	Sem registro
	Reflorestamento	12,6		8,62	3,5
	Desmatadas	7,47	5,11		7,42
	Natural	8,6	5,14	2,5	

A amplitude térmica verificada nas Tabelas 2 e 3 indicam que, mesmo dentro de uma classe de uso e ocupação, a amplitude verificada nas duas estações pode chegar a ter mais de 16°C de variação dentro da mesma estação, com a mudança do uso e ocupação. Esse é o caso da classe de reflorestamento em 1985, ao passar para antrópico em 2021, chegando a 16,42°C no verão e 12,6°C no inverno. Apesar de ser sensível a questão do aquecimento global, o desmatamento de áreas naturais apresenta uma variação menor no verão (9,16) e inverno (7,42) na amplitude. Todavia, o fato de se evidenciar que as classes de uso e ocupação ligadas as áreas

antropizadas e, especialmente, a urbanizada, não se pode associar ao aquecimento global, pois são fenômenos de escalas e natureza diferentes. Entretanto, a acumulação dos efeitos térmicos, mesmo nas diferentes escalas, ocasiona efeitos graves nas áreas antropizadas.

A matriz de transição mostra ser um indicador interessante para a tomada de decisão. É possível identificar em que região, dentro da classe, a amplitude se mostrou efetiva, a exemplo, usou-se a Figura 9, especializando os pontos encontrados pela metodologia.

Figura 9 - Pontos onde houveram maior amplitude térmica para o verão

**Amplitude térmica Verão(1985 - 2020) acima de 5° C  
em função do uso e ocupação do solo**



Reflorestamento



Zona urbana - Centro



Mosaico reflorestamento agropecuária



Zona urbana - Balneários

A Figura 9 corrobora com os resultados das tabelas anteriores, na medida em que é possível comparar as classes que mais sofreram com as maiores amplitudes, podendo-se identificar quais são áreas específicas que houve as maiores modificações de uso do solo, entre 1985 e 2020. O desenvolvimento da infraestrutura viária e a presença, cada vez maior, de residências alteram não só a disponibilidade da maior presença de áreas de vegetação, mas também, influem diretamente na alteração da energia recebida e refletida sobre as superfícies do ambiente microclimático das cidades, o que na visão de Hao *et al.* (2019), são as mudanças climáticas globais e as atividades humanas que afetaram amplamente a superfície e

o ecossistema da terra em diferentes escalas. Em particular, a mudança de uso/cobertura da terra reflete, diretamente, o impacto do processo de superfície terrestre e, também, afeta o processo biogeoquímico e a função do ecossistema, como erosão do solo, ciclagem da água, ciclagem do carbono e biodiversidade.

Essas mudanças vêm proporcionando diversas mudanças climáticas locais, além de gerarem impactos de outras ordens, conforme exposto acima e como um dos principais responsáveis pela ocupação de grandes áreas, está a instalação de atividades, potencialmente, causadoras de impacto ambiental (atividades econômicas). Segundo Talvac *et al.* (2021), as áreas urbanas e sua posterior evolução modificaram gradualmente o espaço e, assim, as trocas energéticas e hidrológicas naturais, gerando um novo clima urbano e implicando um clima local modificado.

Embora se admita a importância do clima no planejamento urbano, observa-se que pouco do conhecimento disponível da climatologia urbana é usado no planejamento das cidades (SANTOS *et al.*, 2013). Assim, o poder público conta com instrumentos como as leis de ordenamento do solo e processos de licenciamento ambiental, que quando elaborados adequadamente, podem gerar equilíbrio para tal problemática. Somente por meio do uso de práticas adequadas de manejo, pode-se assegurar a qualidade ambiental para as futuras gerações. Por isso precisa-se desenvolver, junto às administrações públicas, um modelo de gestão que assegure a preservação ambiental.

### 3.5 CONCLUSÃO

A metodologia apresentada mostrou-se exequível para entender a dinâmica do uso e ocupação do solo e seus impactos na distribuição da temperatura superficial na escala do município, porém pesquisa ainda não está estabilizada, uma vez que existem novos dados que podem ser incorporados. O uso das imagens de satélite tem um potencial que pode ser explorado para novos estudos que abordem esse tema e mostra-se positiva se comparada com a metodologia de Stewart e Oke uma vez que as classes de uso do solo, obtidas através do MAPBIOMAS é padrão para todo o território brasileiro, não sendo dependente do critério de avaliação do autor.

Por ser uma cidade pequena, portuária e com exploração turística, procurar mecanismos para ajudar o gestor público na tomada de decisão é uma contribuição que este trabalho pode fornecer. São Francisco do Sul passa por uma revisão da

legislação, que até o momento sinaliza que abrirá novas ampliações nos usos e adensamento nas zonas residenciais. As alterações sofridas no tempo avaliado (1985-2021) já indicam o surgimento de microclimas nas diversas localidades do município. Ao aplicar essa metodologia, oferece-se subsídios para o controle de alteração de microclimas. Pensar em um termo de referência para impactos ambientais nos usos e ocupação do solo, que leve em consideração os impactos na temperatura, auxiliará na manutenção de condições climáticas favoráveis para o não surgimento de ilhas de calor.

As trocas das classes florestais e o reflorestamento para atividades antrópicas (pastagem e urbanizadas) apresentou-se como as principais causas da formação de ilha de calor urbana, bem como pela sua espacialização. Quanto ao uso do solo, as variações mais expressivas ocorreram na região central do município (onde estão instaladas a área industrial e portuária), como nos balneários, em que há uma maior exploração imobiliária, as modificações desses ambientes ensejaram na diferença de temperatura da superfície em mais de 10°C com relação aos ambientes rurais.

Nesse sentido, faz-se necessária a busca por ações que visem a compensação e medidas mitigadoras nas áreas mais críticas de alteração do microclima. É imprescindível haver um monitoramento dessas variações, a fim de propor alternativas que minimizem ou compensem os impactos causados, de acordo com o uso e ocupação do solo e que garantam uma melhor qualidade de vida dos afetados. Diante dessa realidade medida, propõe-se a aplicação do Termo de Referência para licenciamento de atividades potencialmente causadoras de poluição ambiental, uma vez que a temática, até o momento, é pouco abordada.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Há uma influência considerável da vegetação no controle da temperatura. Regiões urbanizadas apresentaram temperaturas até 10°C a mais que regiões densamente vegetadas.

O Termo de Referência, que poderá servir como um norteador nos processos de licenciamento ambiental de atividades potencialmente poluidoras, com a proposição de alternativas que reduzam a área impermeabilizada a ser ocupada e minimizem a sensação de desconforto térmico, considerando as características e peculiaridades do município, a fim de que sua implantação seja efetivada com êxito.

As características dos empreendimentos variam de acordo com sua estrutura e atividade, por esse motivo, é imprescindível que o Estudo de Controle Ambiental Climatológico esteja de acordo com as peculiaridades dos empreendimentos, considerando as variações ocorridas na empresa ao longo da sua vigência.

Após a análise da formação de novas ilhas de calor, conforme ilustrado nas Figuras 5 e 6, recomenda-se que as estações meteorológicas de propriedade do município de São Francisco do Sul, sejam realocadas para áreas mais sensíveis, a fim de obter dados mais precisos quanto à variação de temperatura e demais índices climatológicos.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte**: teoria e prática. 1. ed. Curitiba: Editora Appris, 2020.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], p. 22-46, jun. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65136>. Acesso em: 7 jun. 2022.
- BARBOSA, E. C. **Influência da Vegetação nas Condições Microclimáticas em Ambientes Urbanos** – Estudo de Caso Ilha do Fundão. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2016/erica-caverzam-2016.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2022.
- BASSANI, F. *et al.* An innovative approach to select urban-rural sites for Urban Heat Island analysis: the case of Turin (Italy). **Urban Climate**, v. 42, p. 101099, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095522000177>. Acesso em: 25 maio 2022.
- BRASIL. **Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, 19 de dezembro de 1978. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. Brasília: MMA; SBF, 2007. Disponível em: [https://demersais.furg.br/images/producao/2002\\_haimovici\\_relatorio\\_conservacao\\_biodiversidade\\_costeira\\_marinha.pdf](https://demersais.furg.br/images/producao/2002_haimovici_relatorio_conservacao_biodiversidade_costeira_marinha.pdf). Acesso em: 18 maio 2022.
- BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências. Brasília, 1997. Disponível em: <http://conama.mma.gov.br>. Acesso em: 15 maio 2022.
- CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**: Release 5.0.2.1, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- DAMAME, D. B.; OLIVEIRA, E. D.; LONGO, R. M. Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2019. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/ActaBra/index.php/actabra/article/download/108/54/>. Acesso em: 15 jun. 2022.

FERREIRA, F. L. S.; PEREIRA, E. B.; LABAKI, L. C. Fatores associados à distribuição da temperatura das superfícies em áreas urbanas: zonas climáticas locais e características espectrais. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 237-262, 2020. Disponível em: <https://www.scienceopen.com/document?vid=0dca097a-2019-4f15-aa1a-7174a64fb92e>. Acesso em: 28 maio 2022.

FERREIRA, H. V. L.; UGEDA JÚNIOR, J. C. Variação da temperatura da superfície através de imagens aster em zonas climáticas locais da cidade de Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, n. 1, p. 393-410, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/67546/40480>. Acesso em: 28 maio 2022.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Acta Geográfica**, Edição Especial (Climatologia Geográfica), p. 61-76, 2012. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1094>. Acesso em: 25 jun. 2022.

GOTARDO, R. *et al.* Comparação entre variáveis microclimáticas de local aberto e florestal em um bioma da Mata Atlântica, sul do Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 1415–1427, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/34832>. Acesso em: 7 jun. 2022.

GOTARDO, R. *et al.* Distribuição Espacial e Temporal das Chuvas no Estado de Santa Catarina. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p253/0>. Acesso em: 18 maio 2022.

HAO, B. *et al.* Land Use Change and Climate Variation in the Three Gorges Reservoir Catchment from 2000 to 2015 Based on the Google Earth Engine. **Sensors**, v. 19, n. 9, p. 2118, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/9/2118>. Acesso em: 22 maio 2022.

HENDGES, E. R.; FOLLADOR, F. A. C.; ANDRES, J. Estudo de correlação entre o uso e cobertura da terra com a temperatura de superfície registrada pelo satélite Landsat 8. **Sociedade & Natureza**, [S. l.], v. 32, p. 357-366, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/42828>. Acesso em: 7 ago. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2017**. Disponível em: [www.ibge.org.br](http://www.ibge.org.br). Acesso em: 15 maio 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAIS (INPE). **Manual de Geoprocessamento**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em: 8 ago. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Technical Summary. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policymakers**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 25 maio 2022.

KARAKUŞ, C. B. The impact of land use/land cover (lulc) changes on land surface temperature in sivas city center and its surroundings and assessment of urban heat island. **Asia-Pacific J Atmos Sci**, v. 55, p. 669–684, 2019. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019APJAS..55..669K/abstract>. Acesso em: 21 jun. 2022.

LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 807-820, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/16579>. Acesso em: 7 abr. 2022.

LORENZZETTI, J. A. **Princípios físicos do Sensoriamento Remoto**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

MAKUMBURA, R. K.; SAMARASINGHE, J.; RATHNAYAKE, U. Multidecadal Land Use Patterns and Land Surface Temperature Variation in Sri Lanka. **Hindawi**. v. 2022. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/aess/2022/2796637/>. Acesso em: 11 abr. 2022.

MAPBIOMAS. Brasil. **Mapas, dados e imagens de satélite**. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 22 maio 2022.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, F. A. Características climáticas da região da serra do mar do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, [S. l.], v. 46, n. 2, p. 116-134, jun. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/59356>. Acesso em: 7 ago. 2022.

MUNIZ-GÄAL, L. P. *et al.* Parâmetros urbanísticos e o conforto térmico de cânions urbanos: o exemplo de Campinas, SP. **Ambiente Construído**, v. 18, n.2, p. 177-196, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/x6JFYrvBHMCPzrnWmdWCs/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 18 maio 2022.

PORANGABA, G. F. O.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14004>. Acesso em: 20 jul. 2022.

SANCHES, F. O.; FERNANDES, E.; FERREIRA, R. V.; FIRMINO, G. V.; ALVES, M. O. Contribuição ao estudo do clima urbano em Uberaba (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 85-109, nov. 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60447>. Acesso em: 23 jun. 2022.

SANTOS, F. M. M. *et al.* Influência da ocupação do solo no clima urbano de Cuiabá, estado do Mato Grosso, Brasil. **Brazilian Geographical Journal**, v. 4, n. 1 p. 100-121, 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5059224>. Acesso em: 25 maio 2022.

SANTOS, G.; NUCCI, JOÃO. Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 17, p. 229-245, jun. 2019. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/334124786\\_Indice\\_de\\_Cobertura\\_Vegetal\\_e\\_Indice\\_Visual\\_de\\_Verde\\_indicadores\\_de\\_qualidade\\_ambiental\\_urbana](https://www.researchgate.net/publication/334124786_Indice_de_Cobertura_Vegetal_e_Indice_Visual_de_Verde_indicadores_de_qualidade_ambiental_urbana). Acesso em: 19 maio 2022.

SEKERTEKIN, A.; BONAFONI, S. Land surface temperature retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over rural areas: assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. **Remote Sensing**, v. 12, n. 2, p. 294, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/2/294>. Acesso em: 25 maio 2022.

SOSMA. **SOS Mata Atlântica**. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, 2008. Disponível em: [https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica\\_17-18.pdf](https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf). Acesso em: 18 maio 2022.

SOUZA, C. A.; PARANHOS FILHO, A. C.; GUARALDO, E. Estudo Bibliométrico sobre ilhas de calor urbanas e zonas climáticas locais. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 16, v. 26, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/66588/40333>. Acesso em: 19 jun. 2022.

SOUZA JUNIOR, C. O. **Mapeamento das ilhas de calor no município de contagem – MG através de imagens termais de satélite**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: [http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial\\_SouzaJuniorCO\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_SouzaJuniorCO_1.pdf). Acesso em: 25 maio 2022.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate zones for Urban temperature studies. **American Meteorological Society**, v. 93, p. 1878-1900, 2012. Disponível em: [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1903099](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1903099). Acesso em: 28 jun. 2022.

TABARELLI, M. *et al.* Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, jul. 2005. Disponível em: <http://www.avesmarinhas.com.br/Desafios%20e%20oportunidades%20para%20a%20conserva%C3%A7%C3%A3o%20da%20biodiversidade.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2022.

TALVAC, C. Q. *et al.* Urban Heat Islands and Vulnerable Populations in a Mid-Size Coastal City in an Arid Environment. **Atmosphere**, v. 12, n. 917, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/atmosphere>. Acesso em: 22 jun. 2022.

TSUDA, F. P. **Conforto, adequação climática e o papel dos códigos de edificações**: os desafios de São Paulo frente ao estado da arte no Brasil e no mundo. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-17102019-102350/>. Acesso em: 21 jul. 2022.

WANDERLEY, H. S.; MIGUEL, V. C. Mudanças dos elementos meteorológicos em função da degradação da floresta urbana. **Ciência florestal**, [S. l.], v. 29, n. 2, p. 834-843, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32090>. Acesso em: 7 maio 2022.

ZULAR, A. **Sedimentologia e cronologia por luminescência da ilha de São Francisco do Sul (SC)**: considerações sobre a evolução holocênica de barreiras arenosas da costa sul e sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-06122012-160944/fr.php>. Acesso em: 25 maio 2022.

## APÊNDICE A – PRODUTO TECNOLÓGICO DE DESENVOLVIDO

### TERMO DE REFERÊNCIA AMBIENTAL

#### 1 TÍTULO

Termo de Referência (TR) para licenciamento ambiental de atividades poluidoras em função das características climatológicas.

#### 2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Para melhor compreensão do conteúdo do TR, estão definidos, a seguir, alguns conceitos básicos:

- a) **Adaptação** – iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima;
- b) **Efeitos Adversos da Mudança do Clima** – mudanças no meio físico ou biota, resultantes da mudança do clima que tenham efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e manejados, sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos;
- c) **Emissões** – liberação de gases de efeito estufa ou seus precursores na atmosfera em uma área específica e em um período determinado;
- d) **Empreendimentos Passíveis de Licenciamento Ambiental** – pessoas físicas ou jurídicas e as entidades das administrações públicas federal, estaduais e municipais, cujas atividades utilizem recursos primários ou secundários e possam ser causadoras efetivas ou potenciais de poluição ou de degradação ambiental, e constante da Listagem de Atividades Potencialmente Causadoras de Degradação Ambiental;
- e) **Estudos Ambientais** – são todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise da licença requerida, tais como: relatório ambiental; plano e projeto de controle ambiental; relatório ambiental preliminar; diagnóstico ambiental; plano de manejo; plano de recuperação de área degradada; e análise preliminar de risco;

- f) **Fonte** – processo ou atividade que libere na atmosfera gás de efeito estufa, aerossol ou precursor de gás de efeito estufa;
- g) **Gases de Efeito Estufa** – constituintes gasosos, naturais ou antrópicos, que, na atmosfera, absorvem e reemitem radiação infravermelha;
- h) **Impacto** – os efeitos da mudança do clima nos sistemas humanos e naturais;
- i) **Licenciamento Ambiental** – procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso;
- j) **Mitigação** – mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros;
- k) **Mudança do Clima** – mudança de clima que possa ser direta ou indiretamente atribuída à atividade humana que altere a composição da atmosfera mundial e que se some àquela provocada pela variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis;
- l) **Sumidouro** – processo, atividade ou mecanismo que remova da atmosfera gás de efeito estufa, aerossol ou precursor de gás de efeito estufa;
- m) **Uso do Solo** – forma pela qual o espaço geográfico é ocupado pelo ser humano e as atividades desenvolvidas por ele; e
- n) **Vulnerabilidade** – grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos.

### 3 OBJETIVO

O presente Termo de Referência (TR) tem por objetivo determinar a abrangência, os procedimentos e os critérios mínimos para a elaboração de Estudos Ambientais que visem a inclusão da questão climática, instrumentos esses que subsidiarão o licenciamento ambiental e atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental. Tais estudos nortearão as tomadas de decisões do órgão ambiental licenciador, o qual poderá exigir complementações ou modificações do empreendedor, com vistas a atender metas globais e setoriais quanto às mudanças climáticas.

### 4 REFERÊNCIA LEGAL

São instrumentos técnico-legais adotados para elaboração do presente TR, os que seguem:

**a) INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 12, DE 23 DE NOVEMBRO DE 2010**

Determina que a Diretoria de Licenciamento do Ibama avalie, no processo de licenciamento de atividades capazes de emitir gases de efeito estufa, as medidas propostas pelo empreendedor, com o objetivo de mitigar os impactos ambientais, em atendimento aos compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudanças do clima.

**b) LEI Nº 12.187, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2009**

Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências.

**c) LEI COMPLEMENTAR Nº 140, DE 8 DE DEZEMBRO DE 2011**

Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do **caput** e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios

**d) LEI Nº 6.938, DE 31 DE AGOSTO DE 1981**

Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

**e) LEI Nº 14.675, DE 13 DE ABRIL DE 2009**

Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.

**f) RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1997**

Que dispõe sobre o procedimento de licenciamento ambiental.

**g) RESOLUÇÃO CONSEMA Nº 99, DE 5 DE JUNHO DE 2017**

Aprova, nos termos da alínea a, do inciso XIV, do art. 9º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, listagem das atividades ou empreendimentos que causem ou possam causar impacto ambiental de âmbito local, sujeitas ao licenciamento ambiental municipal e estabelece outras providências.

**5 JUSTIFICATIVA**

A Política Nacional de Mudanças do Clima (PNMC) (Lei Federal nº 12.187/2009), que instituiu diretrizes para o avanço da realidade nacional à adaptabilidade frente às mudanças climáticas, dispõe a seguinte redação:

Art. 3º A PNMC e as ações dela decorrentes, executadas sob a responsabilidade dos entes políticos e dos órgãos da administração pública, observarão os princípios da precaução, da prevenção, da participação cidadã, do desenvolvimento sustentável e o das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, este último no âmbito internacional, e, quanto às medidas a serem adotadas na sua execução, será considerado o seguinte:

I – todos têm o dever de atuar, em benefício das presentes e futuras gerações, para a redução dos impactos decorrentes das interferências antrópicas sobre o sistema climático.

No entanto, desde a sua aprovação, não houve a criação de medidas específicas, por órgãos públicos que atuam sob a temática ambiental, quanto às questões climáticas.

Segundo Leal, Biondi e Batista (2014), as temperaturas na mancha urbana apresentam-se, muitas vezes, mais altas do que nas áreas rurais circunvizinhas, enquanto, no interior da cidade, as variações térmicas ocorrem, principalmente, entre os espaços livres e os vegetados e as áreas construídas, produzindo defasagens de

temperaturas intraurbanas em até 7°C, formando as popularmente conhecidas “ilhas de calor”.

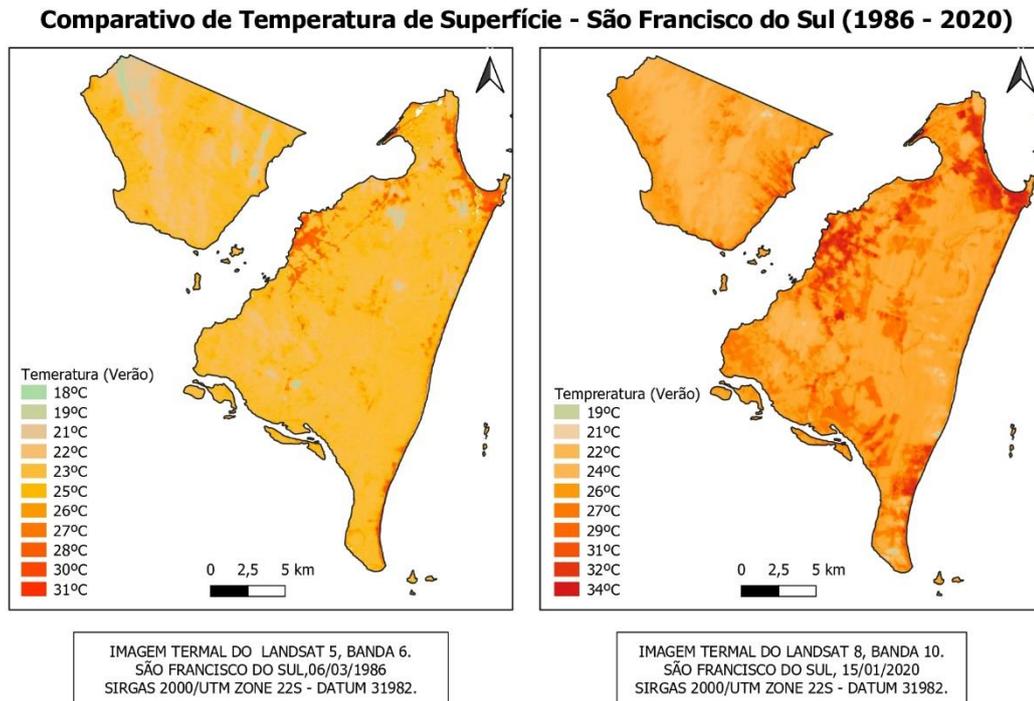
A Resolução do Conama nº 001/86 estabelece impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas. Nesse contexto, a inserção da variável climática no sistema de licenciamento ambiental é imprescindível, uma vez que o aumento da temperatura nas ilhas de calor podem ocasionar diversos impactos, entre eles: aumento da poluição urbana; intensa precipitação; elevado consumo de energia; e aumento no número de enchentes ou alagamentos, além disso, o desconforto térmico, que quando excessivo, pode levar a óbito.

Os estudos que subsidiam a aprovação de licenciamento ambiental de atividades potencialmente causadoras de impacto ambiental, devem permitir identificar e mensurar os impactos que a implementação, operação e desativação que tais empreendimentos possam trazer ao clima, de modo a assegurar a adequada análise de alternativas locacionais e tecnológicas que minimizem tal impacto.

Para Bezerra, Moraes e Soares (2017), os processos de urbanização afetam a Temperatura de Superfície do Terreno (TST), que tem grande importância nos estudos sobre centros urbanos, resultando em uma visão mais ampla sobre a influência da temperatura no conforto térmico dos cidadãos.

A Figura 1 a seguir apresenta o comparativo das classes de temperaturas de superfície derivadas dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, entre os anos de 1985 e 2021, para o município de São Francisco do Sul. De forma geral, o comparativo indica um aumento médio de 2°C, entre as temperaturas mínimas e máximas. O aumento das ilhas de calor está direcionado para áreas onde vem ocorrendo maior transformações no uso e ocupação do solo. Na Figura 1 é possível identificar um aumento de até 10°C em locais determinados em um mesmo período tradicionalmente ameno (2021) comparado a anos anteriores (1985).

Figura 1 – Comparativo da Temperatura de Superfície Terrestre



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O município de São Francisco do Sul, tem grande parte de sua economia associada às atividades portuárias e turismo e, por conta disso, há demanda crescente pela exploração de novas áreas. Nesse contexto, o presente Termo visou analisar a variabilidade climática e identificar, a partir da análise de imagens de satélite termal e uso do solo, a formação de ilhas de calor e propor as alternativas necessárias para minimização desses impactos.

## 6 LICENCIAMENTO AMBIENTAL

De acordo com a Resolução do Conama nº 237/1997, entende-se por licenciamento ambiental, o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

### 6.1 ETAPAS DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL

- I. Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento, correspondente à licença a ser requerida;
- II. Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;
- III. Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do Sisnama, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;
- IV. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do Sisnama, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- V. Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;
- VI. Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;
- VII. Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico; e
- VIII. Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

## 6.2 INSTRUMENTOS TÉCNICOS UTILIZADOS NO PROCESSO DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Os estudos ambientais são as ferramentas utilizadas para subsidiar a avaliação da viabilidade socioambiental para instalação de empreendimentos potencialmente poluidores e/ou degradadores da qualidade ambiental, entre eles destacam-se:

- Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA);
- Estudo Ambiental Simplificado (EAS);
- Relatório Ambiental Prévio (RAP);
- Estudo de Conformidade Ambiental (ECA);
- Projetos de Controle Ambiental;
- Planos e Programas Ambientais;
- Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD);
- Estudo de Análise de Riscos;
- Plano de Ação Emergencial;
- Plano de Remediação.

## 7 ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL CLIMATOLÓGICO

O presente TR, institui o Estudo de Controle Ambiental Climatológico, que se trata de documento de natureza técnico-científica, a ser inserido como anexo aos estudos previstos no item 6.2, com finalidade de subsidiar o licenciamento de empreendimentos potencialmente poluidores de acordo com o enquadramento dado pela Resolução Consema nº 99/2017.

O documento deverá considerar as variáveis climáticas, como também, a localidade do empreendimento, buscando alternativas que visem o equilíbrio ambiental térmico, uma vez que as alterações climáticas possuem relação direta com adensamento urbano e as diferentes formas de uso e cobertura do solo.

Este estudo deverá ser desenvolvido, considerando-se as seguintes abordagens técnicas:

- a) cobertura vegetal;

- b) áreas urbanizadas;
- c) fluxo de ventos;
- d) medidas alternativas de energia;
- e) emissões de gases de efeito estufa; e
- f) áreas banhadas.

## 7.1 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O Estudo de Controle Ambiental Climatológico deverá conter o seguinte conteúdo mínimo:

### 7.1.2 Caracterização do empreendimento

- Localização o empreendimento em coordenadas geográficas ou coordenadas planas (UTM), identificando o(s) município(s) atingido(s), a bacia hidrográfica, o corpo d'água, remanescentes florestais e outras interferências consideradas relevantes; e
- descrever a área de entorno do empreendimento quanto ao uso do solo, existência de equipamentos urbanos e unidades de conservação. Descrever o tipo de ocupação de cada propriedade limítrofe à área do empreendimento.

### 7.1.3 Descrição das ADA, AID e AII

As informações a serem abordadas neste item devem propiciar o diagnóstico da Área Diretamente Afetada (ADA), da Área de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) para o meio físico. Neste item, deverão ser levantado os fatores que poderão influenciar na geração de ilhas de calor, tais como:

- temperatura (mínima, média e máxima);
- regime pluviométrico;
- umidade relativa do ar; e
- regime de ventos (direção e velocidade).

Justificar, por meio de aspectos técnicos, a delimitação das áreas de influências do empreendimento, considerando parâmetros como a bacia hidrográfica, uso e ocupação do solo, águas estuarinas e marinhas, bem como ecossistemas predominantes.

Essas informações poderão ser complementadas com o uso de fontes secundárias (referências bibliográficas, documentais, cartográficas, estatísticas, imagens de satélite), obtidas junto a órgãos públicos e agências governamentais especializadas, universidades e instituições de pesquisa. As metodologias adotadas deverão estar de acordo com as normas específicas e com práticas científicas consagradas, explicitadas e justificadas nos capítulos correspondentes.

#### **7.1.4 Uso do solo**

Elaborar o mapeamento territorial e de uso e ocupação do solo, levantando a compatibilização do empreendimento com o zoneamento de uso e ocupação do solo do município, identificando a existência de possíveis conflitos. Deverão ser identificadas as áreas urbanas, outras interferências e atividades antrópicas, além das áreas rurais ocupadas por atividades extrativistas, culturas sazonais ou permanentes, pastagens naturais e/ou cultivadas, matas e outras tipologias de vegetação natural ou exótica, áreas legalmente protegidas ou ocupadas por populações tradicionais.

O mapeamento deverá indicar os limites da gleba e matrículas do(s) imóvel(eis), a população e densidade de ocupação prevista, áreas edificadas, acessos, subdivisão do terreno, áreas de circulação, áreas de espaço livre e uso público, áreas impermeabilizadas, áreas molhadas e áreas protegidas por lei, bem como a indicação do percentual ocupado em cada uma dessas áreas.

#### **7.1.5 Controles ambientais climatológicos**

Segundo Souza Júnior (2017), os espaços ocupados por indústrias e comércio, com altos índices de áreas pavimentadas, associados à presença de poluentes, criam condições que alteram as propriedades da baixa troposfera e do clima local. Um dos principais efeitos da alteração do clima sobre as cidades pode ser verificado na comparação dos valores térmicos e hídricos, principalmente entre áreas rurais e urbanas, e na concentração elevada de poluentes e material particulado. Devido às

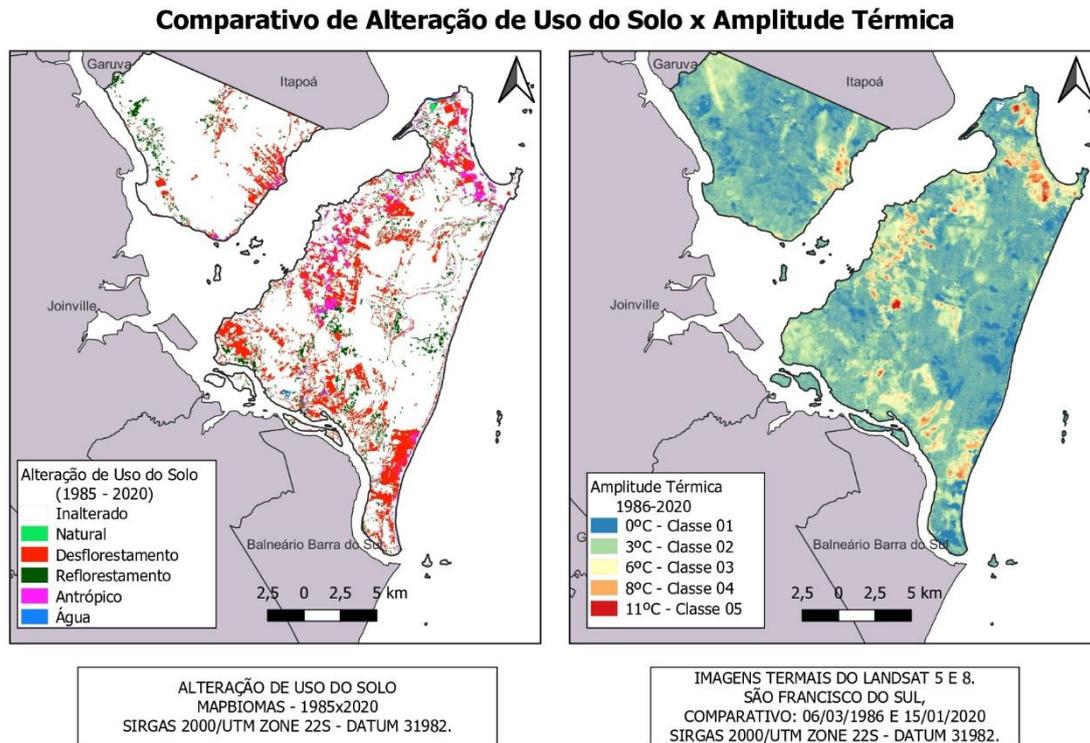
inúmeras modificações em superfície, a cidade produz um aumento de calor, complementada por alterações na ventilação, na umidade e até nas precipitações, que tendem a ser mais concentradas em função do aumento de núcleos de condensação.

Nesse item, deverá ser levantado na AID, os elementos que influenciam no aumento da temperatura e, conseqüentemente, contribuem com a formação de ilhas de calor, tais como:

- tipo de cobertura do solo e material de construção, quanto à taxa de permeabilização da área;
- caracterização da área verde, quanto à presença de vegetação nativa ou exótica;
- a redução na velocidade dos ventos, por meio de construção de estruturas verticalizadas (com mais de dois andares);
- emissão de gases de efeito estufa, pela identificação de fontes fixas e móveis;
- identificação de emissão de material particulado durante a operação da atividade;
- redução na taxa da evapotranspiração, pela identificação de canalização ou tubulação de cursos hídricos ou valas de drenagem;
- existência de áreas alagadas, seja de ocorrência natural ou artificial; e
- gasto energético estimado e a presença de medidas alternativas de energia.

A Figura 2, obtida a partir da fonte de dados do MapBiomas, que produz o mapeamento anual da cobertura e uso da terra desse 1985, pode-se comparar as modificações do uso do solo de 1985 para 2020. Ao lado, verifica-se os pontos com a amplitude térmica da Temperatura de Superfície do Solo, obtida pelas imagens de satélite Landsat-5 e 8, para os anos de 1986 e 2020.

Figura 2 – Mapa de Amplitude Térmica



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Comparando os mapas da Figura 2, pode-se observar que nas áreas de maiores interferências humanas, com uso antrópico ou desflorestamento, houve a maior amplitude térmica, chegando a um aumento da amplitude superior a 10°C, nessas regiões. No Quadro 1, pode-se visualizar quais modificações de uso do solo ocorreram entre os anos 1985 e 2020, identificadas na Figura 2.

Quadro 1 – Descrição das alterações de uso do solo

Tipo de Uso	Descrição
Inalterado	Uso mantido entre os anos de 1985 e 2020
Natural	Vegetação com formação natural
Reflorestamento	Área desmatada em 1985 e recuperada em 2020
Antrópico	Área ocupada com atividades antrópicas
Desflorestamento	Área vegetada em 1985 e desmatada em 2020

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com base nisso, o empreendimento que esteja inserido nas áreas identificadas pela associação entre a amplitude térmica e o tipo de uso, localizadas na Figura 3

, deverá ser proposta a criação de medidas mitigadoras de impacto ambiental climatológico, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição da Amplitude Térmica e Grau de Risco

<b>Grau de Risco</b>	<b>Amplitude Térmica</b>	<b>Medidas compensatórias</b>
<b>Classe 01</b>	0°C	01
<b>Classe 02</b>	3°C	02
<b>Classe 03</b>	6°C	03
<b>Classe 04</b>	8°C	04
<b>Classe 05</b>	11°C	05

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os graus de risco foram definidos da seguinte forma: Classe 01 e 02, indicam baixo risco, com variação de temperatura igual ou inferior a 3°C. Sugere-se, assim, a aplicação de medidas mitigadoras, a fim de evitar a formação de novas ilhas de calor nessas áreas.

A Classe 03 indica risco médio, com o início da formação de novas ilhas de calor, sugerindo, assim, a aplicação de pelo menos três medidas compensas.

Já as Classes 04 e 05, indicam a formação das ilhas de calor no município. Sugere-se, dessa maneira, a aplicação do maior número possível de medidas compensatórias.

Posteriormente, deverá ser identificada as medidas que visam minimizar ou compensar os impactos identificados no parágrafo anterior. Essas medidas deverão ser apresentadas e classificadas como descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Descrição das medidas compensatórias

<b>Fator gerador</b>	<b>Identificação das causas</b>	<b>Medida Compensatória</b>	<b>Prazo</b>
<b>Cobertura do solo</b>	( ) solo impermeabilizado ( ) presença de pavimentação asfáltica ( ) cinturão verde sem conexão com fragmentos naturais de vegetação		
<b>Fluxo de vento</b>	( ) edificações simples, com um pavimento ( ) edificações com mais de dois pavimentos ( ) presença de edifícios na AID		
<b>Áreas alagadas</b>	( ) presença de cursos hídricos naturais ou artificiais na AID ( ) cursos hídricos naturais ou valas de drenagem tubuladas		
<b>Fonte de energia</b>	( ) fontes não renováveis		
<b>Fonte de emissão atmosférica</b>	( ) a operação da atividade emite material particulado ( ) há presença de tráfego intenso de veículos automotores pesados ( ) há presença de cabine de pintura ( ) outra fonte de emissão atmosférica		

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As medidas compensatórias deverão prever as seguintes ações, bem como a definição de prazos a serem executados:

- criação de novas áreas verdes;
- criação de pequenos espelhos d'água ou sistema de umidificação;
- controle da verticalização.
- regulamentar o uso de pavimentação asfáltica, estimulando, assim, a conservação do solo natural; e
- geração de energia por meio de fontes renováveis;

Serão aceitas propostas da aplicação de outras tecnologias, não previstas nesse termo, desde que apresentada sua comprovação técnica.

## 8 CONCLUSÃO

Deverão ser apresentadas as conclusões sobre os resultados do Estudo de Controle Ambiental Climatológico, enfocando os seguintes pontos:

- prováveis modificações ambientais na área de influência; e
- benefícios ambientais e sociais decorrentes das alterações;

## 9 REFERÊNCIAS

Deverá constar a bibliografia consultada para a realização dos estudos.

## 10 EQUIPE TÉCNICA

Identificar os profissionais habilitados que participaram da elaboração do Estudo de Controle Ambiental Climatológico, com as respectivas Anotações De Responsabilidade Técnica (ART).

## 11 RECOMENDAÇÕES

- É de suma importância, que os responsáveis pelo assunto sejam pessoas capacitadas e instruídas, caso contrário, os planos tornar-se-ão meros documentos a serem arquivados, pois não atenderam as necessidades; e
- o estudo deverá considerar à análise referente aos diversos temas de forma integrada e não apenas um compilado dos mesmos.

## REFERÊNCIAS

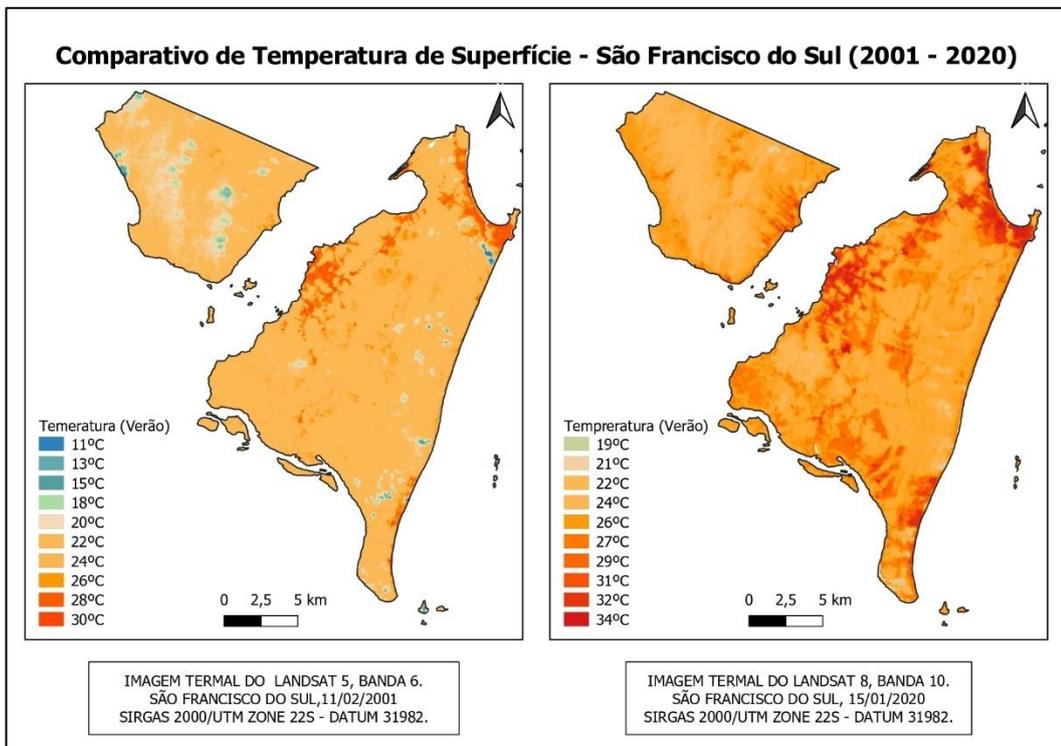
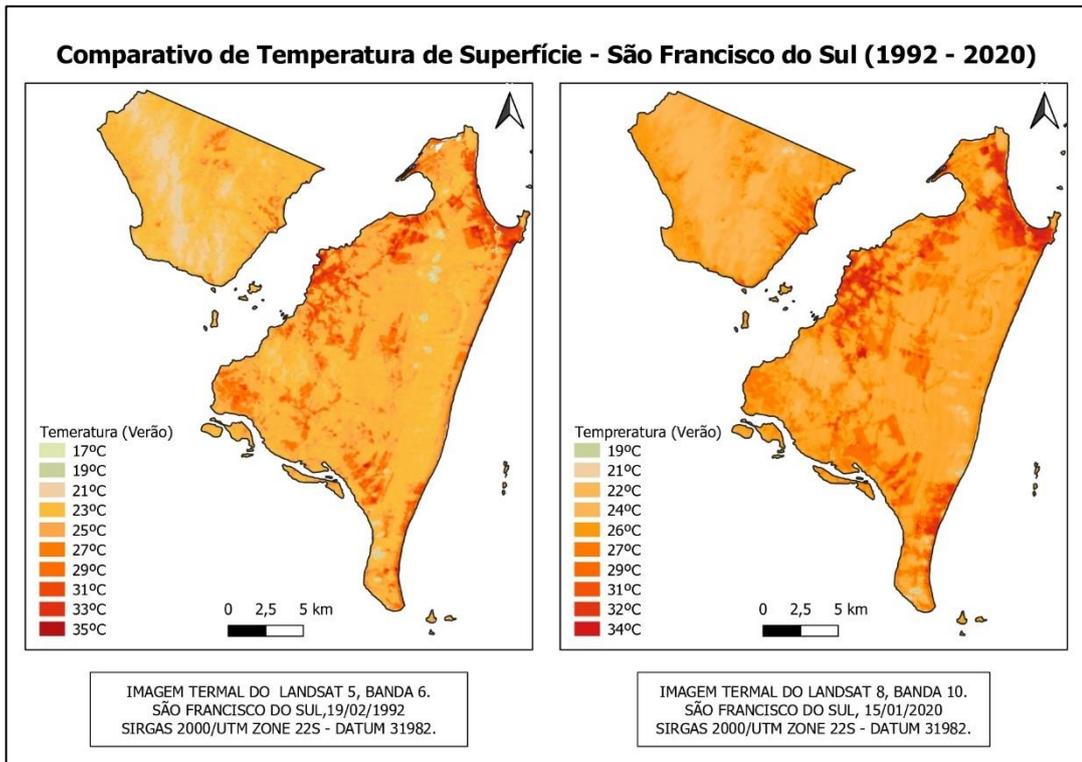
BEZERRA, P. E. S.; MORAES, E. T. I. M.; SOARES, I. R. C. S. Análise da Temperatura de Superfície e do Índice de Vegetação no Município de Belém na Identificação das Ilhas de Calor. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 803-818, jul./set. 2018. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/45701>. Acesso em: 22 maio 2022.

LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, [S. l.], v.

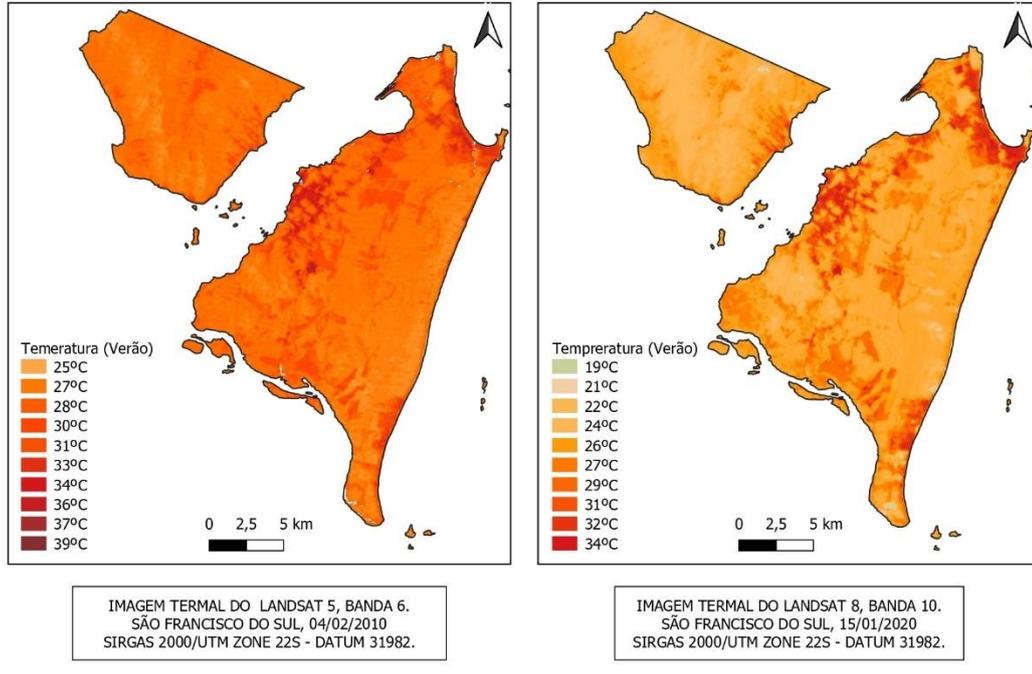
24, n. 4, p. 807-820, 2014. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/16579>. Acesso em: 7 abr. 2022.

SOUZA JUNIOR, C. O. **Mapeamento das ilhas de calor no município de contagem – MG através de imagens termais de satélite**: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em:  
[http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial\\_SouzaJuniorCO\\_1.pdf](http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/TratInfEspacial_SouzaJuniorCO_1.pdf). Acesso em: 25 maio 2022.

**ANEXO A – IMAGENS COMPARATIVAS PARA ESTAÇÃO VERÃO**



### Comparativo de Temperatura de Superfície - São Francisco do Sul (2010 - 2020)



## ANEXO B - OFÍCIO DE ENTREGA DO PRODUTO À PMSFS



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE  
BRUSQUE - C.C.P.G. ENSINO DE GEOGRAFIA EM REDE NACIONAL

OFÍCIO Nº 1/2022 - EGRN/BRU (11.01.13.40)

Nº do Protocolo: 23514.000953/2022-05

Brusque-SC, 01 de julho de 2022.

Ao Presidente do Conselho Municipal do Meio Ambiente de São Francisco do Sul  
Sr. Renan da Silva Canuto

Prezado presidente,

O Mestrado em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense tem como objetivo contribuir com o desenvolvimento de tecnologias e processos inovadores, articulando o conhecimento científico com os arranjos produtivos locais.

Neste sentido, apresentamos o produto técnico da pesquisa de mestrado da discente Helena Pures Roldão. Este produto consiste em um termo de referência para licenciamento ambiental de atividades poluidoras que impactarão as características climáticas do município.

O temo visa estabelecer iniciativas que possam reduzir os efeitos ampliados da temperatura o que impacta não apenas o ambiente natural, mas também o construído, assim, influenciando a sensação térmica dos municípios.

Solicitamos a apreciação e discussão do referido termo pelo conselho, assim se aprovado, possa, doravante, fazer parte do arcabouço legal municipal, colocando o município em um destaque na vanguarda sobre políticas ambientais no Brasil.

Ficamos a disposição para maiores esclarecimentos.

*(Assinado digitalmente em 01/07/2022 11:49)*  
EDUARDO AUGUSTO WERNECK RIBEIRO  
PROFESSOR ENS BÁSICO TECN TECNOLÓGICO  
EGRN/BRU (11.01.13.40)  
Matrícula: 2109016

*(Assinado digitalmente em 01/07/2022 12:30)*  
HELENA PURES ROLDÃO  
DISCENTE  
Matrícula: 2020101096

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifc.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 1, ano: 2022, tipo: OFÍCIO, data de emissão: 01/07/2022 e o código de verificação: 441c625e7b

CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE	
Recebido em:	01/07/22
Nome:	Elisângela Correia

Elisângela P. C. de Paula  
Recepcionista  
Matrícula 79359270