

**NILZO IVO LADWIG  
THAISE SUTIL  
DANRLEI DE CONTO  
(Organizadores)**

# **PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



**NILZO IVO LADWIG  
THAISE SUTIL  
DANRLEI DE CONTO  
(Organizadores)**

# **PAISAGEM E TERRITÓRIO NO GEOPROCESSAMENTO**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof. Dr. Alexandre de Freitas Carneiro – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Ana Maria Aguiar Frias – Universidade de Évora

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa



**Atena**  
Editora  
Ano 2022



Prof. Dr. Antonio Carlos da Silva – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
 Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
 Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
 Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
 Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
 Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
 Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
 Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
 Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
 Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
 Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
 Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
 Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
 Prof. Dr. Jadilson Marinho da Silva – Secretaria de Educação de Pernambuco  
 Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
 Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
 Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
 Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal do Paraná  
 Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
 Profª Drª Lucicleia Barreto Queiroz – Universidade Federal do Acre  
 Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
 Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Universidade do Estado de Minas Gerais  
 Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
 Profª Drª Marianne Sousa Barbosa – Universidade Federal de Campina Grande  
 Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
 Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
 Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
 Prof. Dr. Pedro Henrique Máximo Pereira – Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
 Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
 Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
 Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
 Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
 Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
 Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
 Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins



## Paisagem e território no geoprocessamento

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Nilzo Ivo Ladwig  
Thaise Sutil  
Danrlei De Conto

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
P149	Paisagem e território no geoprocessamento / Organizadores Nilzo Ivo Ladwig, Thaise Sutil, Danrlei De Conto. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0550-4 DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.504221609">https://doi.org/10.22533/at.ed.504221609</a>  1. Geografia política. 2. Território. 3. Paisagem. I. Ladwig, Nilzo Ivo (Organizador). II. Sutil, Thaise (Organizadora). III. Conto, Danrlei De (Organizador). IV. Título. CDD 320.12
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## CAPÍTULO 5

### PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

**Tiago Augusto Gonçalves Mello**

Laboratório de Geoprocessamento da Escola  
de Arquitetura da Universidade Federal de  
Minas Gerais

**Camila Fernandes de Moraes**

Laboratório de Geoprocessamento da Escola  
de Arquitetura da Universidade Federal de  
Minas Gerais

**Ana Clara Mourão Moura**

Laboratório de Geoprocessamento da Escola  
de Arquitetura da Universidade Federal de  
Minas Gerais

**RESUMO:** A questão climática tem se tornado de interesse global, colocada como responsabilidade de todos os países como um acordo coletivo e de interesse local para garantir a qualidade da vida urbana. Nesse sentido, o capítulo apresenta uma discussão inicial sobre o estado-da-arte da abordagem climática, com vistas a introduzir uma proposta metodológica de como projetar de modo orientado ao clima. A proposta se apoia no emprego de tecnologias de geoinformação, sobretudo o geoprocessamento e dados de imagens de satélite, de livre acesso. Defende-se que a proposta de roteiro apresenta critérios defensáveis e reproduzíveis, pois pode ser adotada em qualquer município ou área de caráter regional ambiental que tenha interesse em projetar para o clima. A proposta se apoia em procedimentos e técnicas acessíveis, com as limitações de escala temporal e espacial condicionadas às fontes dos dados, com

possibilidades de melhoria para a escala local a partir de incorporações de medições mais robustas futuras, o que não diminui a importância do roteiro já apresentado, que é uma contribuição aos municípios que se interessem pelo tema. Na produção de mapas foram analisados: a consolidação da morfologia da cidade e sua vulnerabilidade à alteração; a caracterização de possíveis Zonas Climáticas Locais – LCZ; o efeito de Ilhas de Calor (ICs) segundo as Temperaturas de Superfície diurnas e noturnas; e foi proposto um Mapa de Recomendações para o Planejamento Climático Urbano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Informação Geográfica; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Zonas Climáticas Locais; Ilhas de Calor; Recomendações Climáticas.

#### 1 | O QUE É PLANEJAR COM O CLIMA?

O clima resulta de diferentes fatores, sejam eles de ordem antropogênica, geomorfológica ou ambiental. Por outro lado, suas características e variações, também exercem grande influência sobre o comportamento dessas variáveis, fazendo com que a interação existente seja constante e mútua (FERREIRA et al., 2017; AYOADE, 1986).

Sabe-se que o comportamento do sistema climático sofreu alterações em diversos momentos ao longo da história em consequência de causas naturais, tais como atividades vulcânicas, dinâmicas sísmicas, circulações atmosféricas

ricas. Entretanto, em anos recentes, pesquisadores têm observado perturbações extremas em todo o mundo. Evidências apontam ao fato de muitos desses eventos e dinâmicas não terem precedentes há milhares de anos. Dessa forma, a aceitação da atividade antropogênica como fundamental forçante em relação às mudanças do clima é, hoje, quase unânime entre pares (BASTOS e RIBEIRO, 2020; IPCC, 2021).

A despeito das transformações climáticas serem um fenômeno de escala mundial, a dimensão urbana é a escala da ação e da percepção humanas. As atividades agressivas ao ambiente, representadas sobretudo pela queima de combustíveis fósseis, emissões de gases de efeito estufa e o desmatamento de florestas, tendem a acontecer ou a serem demandadas por assentamentos urbanos, onde, hoje, a maior parte da sociedade vive. Ao se considerar a estimativa de que nas próximas décadas mais de 60% da população atual viverá em cidades, tem-se posto que uma parcela muito considerável da humanidade irá viver e trabalhar sob a influência de condições de habitabilidade não desejáveis sob o ponto de vista do clima. Assim, essas áreas poderão afetar ainda mais negativamente o ambiente (MARANDOLA, 2011; BARRY e CHORLEY 2013; LI *et al.*, 2019).

Com o objetivo de responder a tais condições, observa-se também a discussão a respeito das possíveis medidas de ação, na forma de políticas ou projetos de conservação, de adaptação e de mitigação – critérios e processos há muito utilizados em estudos de impacto ambiental. Por um lado, as estratégias de conservação partem do princípio da manutenção da qualidade existente de áreas de interesse sob o ponto de vista ambiental. As estratégias ambientais de adaptação figuram como medidas preventivas, onde a principal meta é o preparo de regiões e comunidades para que essas estejam imunes ou sejam menos vulneráveis a possíveis ameaças. Por outro lado, as ações mitigadoras são procedimentos corretivos, adotados quando danos já foram causados. O propósito dessa abordagem é de reparar ou ao menos melhorar de forma paliativa o quadro identificado (ICLEI, 2014; IPCC, 2014).

Assim sendo, a partir da consideração das diversas variáveis que conformam o clima, chega-se a uma perspectiva ambiental mais aprofundada no que tange à identificação e assertividade de possíveis medidas de ação e enfrentamento à crise climática contemporânea. Tais estratégias mostram-se como tendência e necessidade mundiais, o que justifica sua consideração enquanto importante ferramenta no processo de planejamento urbano.

## **2 | UM FLUXO METODOLÓGICO PARA O PLANEJAMENTO URBANO ORIENTADO AO CLIMA**

Existem inúmeros roteiros metodológicos para orientar a atividade de planejamento com base no clima. Os pontos de partida, por outro lado, naturalmente passam por



processos comuns de definição de recortes teórico-conceituais; de levantamento de variáveis, características e atributos físico-ambientais; e de representação e análise dos dados obtidos.

Todavia, para a definição consciente de possíveis caminhos, devem ser considerados fatores como a disponibilidade orçamentária, a dimensão da equipe de trabalho e capacidade técnica. É necessário pensar nas limitações de trabalho, pois processos como levantamentos de dados em campo deste campo demandam equipamentos específicos, além de razoável quantidade de pessoas envolvidas e capacidades.

Nesse sentido, as tecnologias de geoinformação se destacam pela versatilidade, praticidade e acessibilidade, uma vez que é possível percorrer por todos os passos supracitados a partir do uso de um mesmo ambiente digital, a partir do uso de dados de distintas fontes, naturezas e estruturas, catalogados em bases comumente de livre acesso. Este texto dará enfoque às possibilidades do uso de ferramentas de geoprocessamento e do sensoriamento remoto para fins de planejamento orientado ao clima. Parte-se da consideração de diferentes e complementares metodologias - amplamente aceitas e em discussão - para a proposição de um roteiro com potencial de replicabilidade por parte de pesquisadores, técnicos e gestores.

No estado da arte da Climatologia Urbana, inúmeras são as estratégias analíticas e propositivas em evidência. No campo analítico, alguns destaques são (i) a identificação de Zonas Climáticas Locais (*LCZ*) para fins de caracterização dos tecidos urbanos; (ii) o estudo de Ilhas de Calor - ICs para a investigação da variação do campo térmico urbano; e (iii) o diagnóstico demográfico para a apreensão e espacialização de *hotspots* de exposição aos efeitos das avarias de ordem climática. Em termos de proposição, o uso dos Mapas de Recomendação ao Planejamento Climático para fins de sumarização das diversas etapas analíticas é bastante utilizado no contexto de políticas públicas. O método serviu como base para planos na Estugarda, em Hong Kong, em Tóquio, dentre outros países e contextos (SECRETARIA DE PLANEJAMENTO DE HONG KONG, 2006).

A proposta deste texto é de apresentar um roteiro metodológico para o planejamento orientado ao clima que perpassa cada uma das estratégias supracitadas, a partir de eventuais adaptações à realidade brasileira. A cidade de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, servirá como estudo de caso para fins elucidativos e interpretativos de cada decisão adotada. Apresenta-se proposta de fluxo das etapas analíticas (Fig. 01). A partir da síntese de tais etapas, chega-se a uma sumarização propositiva, adaptação do processo de construção de Mapas de Recomendações ao Planejamento Climático (Fig. 02).

01	Zonas Climáticas Locais	Caracterização das paisagens urbanas com base nos atributos físicos que conformam o comportamento do clima a nível local. Levantamento realizado por técnicos e pessoas do lugar a partir da geração de amostras e posterior upload no aplicativo <i>LCZ Generator</i> (DEMUZERE <i>et al.</i> , 2021).
02	Temperaturas de Superfície	Cálculo de valores diurnos e noturnos de temperaturas de superfície durante períodos de estabilidade atmosférica. Levantamento realizado por técnicos a partir de correções de capturas termais dos sensores MODIS vinculados aos satélites <i>Aqua</i> e <i>Terra</i> .
03	Ilhas de Calor	Estimativa da ocorrência, distribuição, magnitude (em °C), intensidade e efeitos ecológicos negativos de Ilhas de Calor. Levantamento realizado por técnicos a partir dos índices <i>SUHI</i> - Ilhas de Calor de Superfície, e <i>UTFVI</i> - Variação do Campo Térmico Urbano, propostos por Zhang <i>et al.</i> , 2006.
04	População afetada	Especialização da distribuição populacional ao longo do território e posterior cruzamento com áreas afetadas pelos efeitos das Ilhas de Calor. Levantamento realizado a partir de dados locais ou do último censo (IBGE). Análise combinatória realizada por técnicos.
05	Consolidação do tecido urbano	Ponderação do potencial de alteração do uso e ocupação do solo urbano com base nas dinâmicas do mercado imobiliário local observadas. Levantamento realizado por técnicos a partir da reclassificação de dados locais de tipologia e uso dos lotes urbanos.

Figura 01: Proposta de Fluxo Metodológico: estrutura das etapas analíticas.

Fonte: Autores.



Figura 02: Proposta de Fluxo Metodológico: estrutura da etapa propositiva.

Fonte: Autores.

## 2.1 Etapas analíticas

São apresentados mapas considerados fundamentais para a caracterização das condições climáticas de uma área de estudo, a partir dos quais pode ser proposto o planejamento orientado ao clima.

### a) Zonas Climáticas Locais

A primeira etapa do roteiro consiste no processo de caracterização do tecido urbano com base no *framework* das LCZ (STEWART e OKE, 2012). A proposta parte da intenção de se avançar nas estratégias de leitura urbana - comumente associadas a questões funcionais, de uso e cobertura do solo ou de densidade -, a partir da consideração de diferentes atributos físicos que, em conjunto, condicionam o clima a nível local. O arcabouço utiliza como referência características como a altimetria, densidade e materialidade das massas construídas; a presença, porte ou ausência de vegetação; o Fator de Visão do Céu ( $\psi_{sky}$ ) associado a cada morfologia, dentre outras questões. São consideradas 10 classes para superfícies antropizadas e 7 classes para superfícies naturais, como vegetação – em variadas densidades, solo exposto, água etc. (Fig. 03). Cabe ressaltar a compreensão dos autores em relação às diferenças ambientais e socioculturais ao redor do mundo. Assim, variações sazonais de cobertura da terra e paisagens particulares não correspondentes às classes inicialmente postas podem ser definidas a partir da mescla de diferentes LCZ.

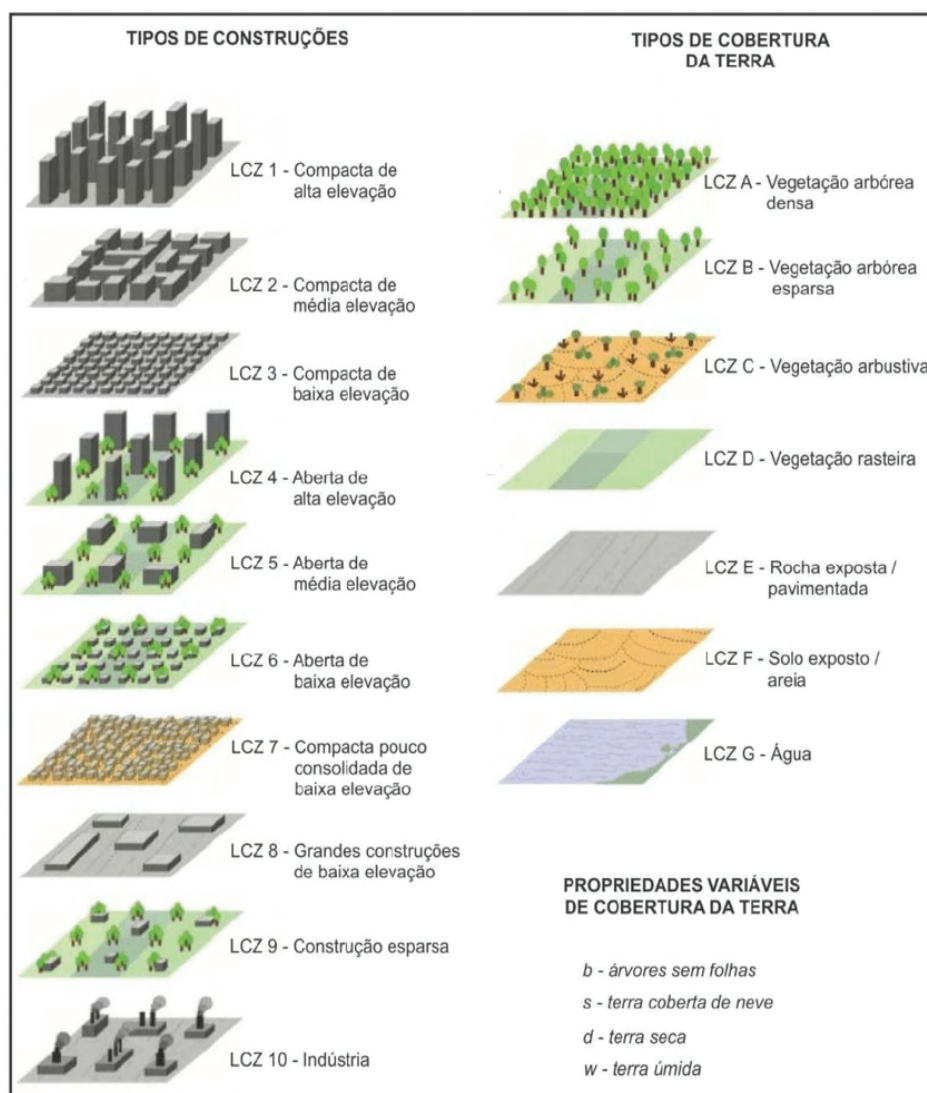


Figura 03: Zonas Climáticas Locais.

Fonte: Stewart e Oke, 2012. Traduzido por Cardoso e Amorim, 2019.

Após muitos avanços para se chegar a tal caracterização - que partiram de levantamentos de campo a estudos geoestatísticos diversos, Demuzere *et al.* (2021) desenvolveram um aplicativo com automatização capaz de mapear as LCZ - o LCZ Generator. O dado de entrada consiste em um arquivo com amostras supervisionadas geradas pelo usuário a partir de polígonos criados no Google Earth. A partir da contribuição de centenas de amostras geradas por pesquisadores que utilizaram o aplicativo, os autores utilizaram o próprio algoritmo para mapear integralmente a superfície da Terra. O dado de

acesso livre pode ser obtido, recortado de acordo com área de interesse de estudo e utilizado para as etapas aqui propostas. A utilização de *LCZ*, sobretudo no contexto do recente avanço relacionado ao mapeamento global, permite a comparabilidade e escalabilidade de estudos desta natureza; sendo importante ferramenta para o planejamento orientado ao clima. Apresenta-se a caracterização de Belo Horizonte segundo as *LCZ*, obtida por meio do uso do *LCZ Generator* (Fig. 04).

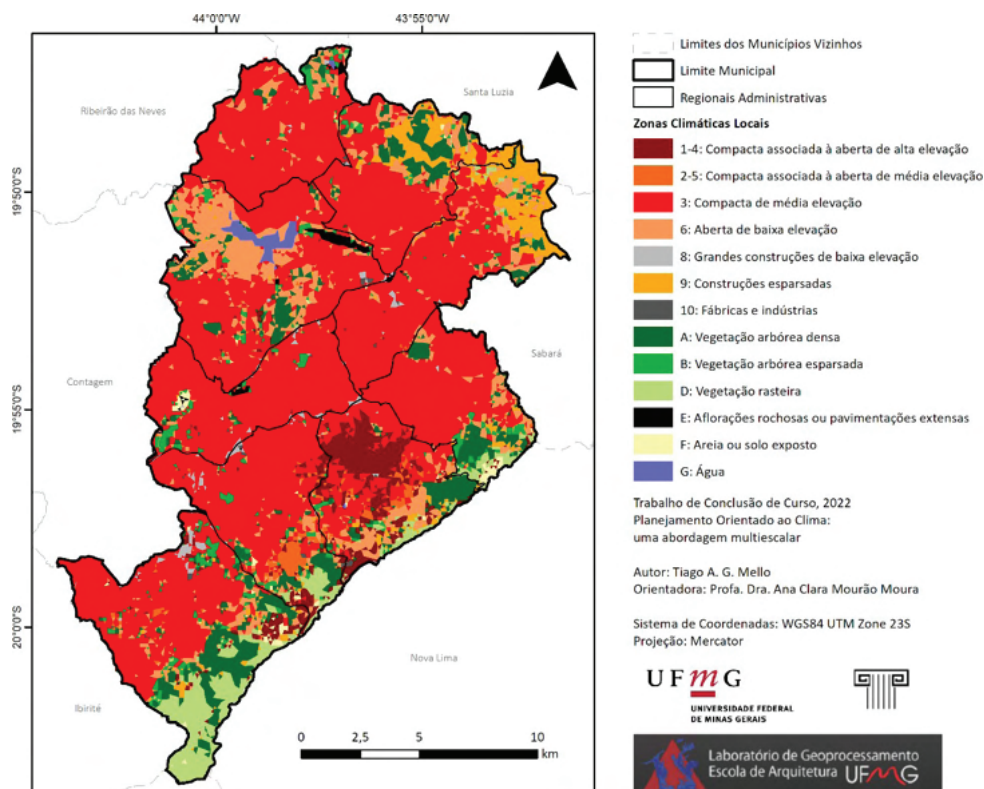


Figura 04: Zonas Climáticas Locais de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir de Demuzere, M; Kittner, J. e Bechtel, B., 2021.

#### b) Temperaturas de Superfície e Ilhas de Calor

O segundo momento parte do levantamento do comportamento climático ao longo do ano na área de estudo - etapa em que são considerados os perfis médios de temperatura e chuva para cada mês -, e do uso de sensoriamento remoto para a compreensão do campo térmico urbano. Os dados climáticos médios podem ser obtidos por meio das bases do Instituto Nacional de Meteorologia - *INMET* - e os gráficos para análise podem ser gerados a partir de *softwares* como o *Microsoft Excel*, o *R* e o *Minitab*. Esse processo inicial é fundamental, pois é a partir do conhecimento do comportamento climático que se determinará de forma estratégica os meses representativos para os estudos com imagens



de satélite. Devem ser consideradas épocas do ano de atmosfera estável, uma vez que imagens de satélite cobertas por nuvens acarretam erros devido a interferência desses fenômenos na captura de informação na superfície terrestre. Naturalmente, pesquisas de referência e conhecimentos prévios acerca do comportamento climático local também servem como pressupostos para a recuperação de tais dados. Para fins ilustrativos, são apresentados os dados referentes a Belo Horizonte (Fig. 05). É possível observar que os meses de maio a agosto são mais interessantes para esse tipo de estudo no caso da capital. Vários pesquisadores utilizam o mês de agosto como mês de referência para estudos em Climatologia Urbana na cidade dada a representatividade das condições climáticas do mês (ASSIS e ABREU, 2010). Assim, as imagens de satélite utilizadas corresponderam ao mês de agosto de 2021, data mais próxima à época do desenvolvimento do estudo.

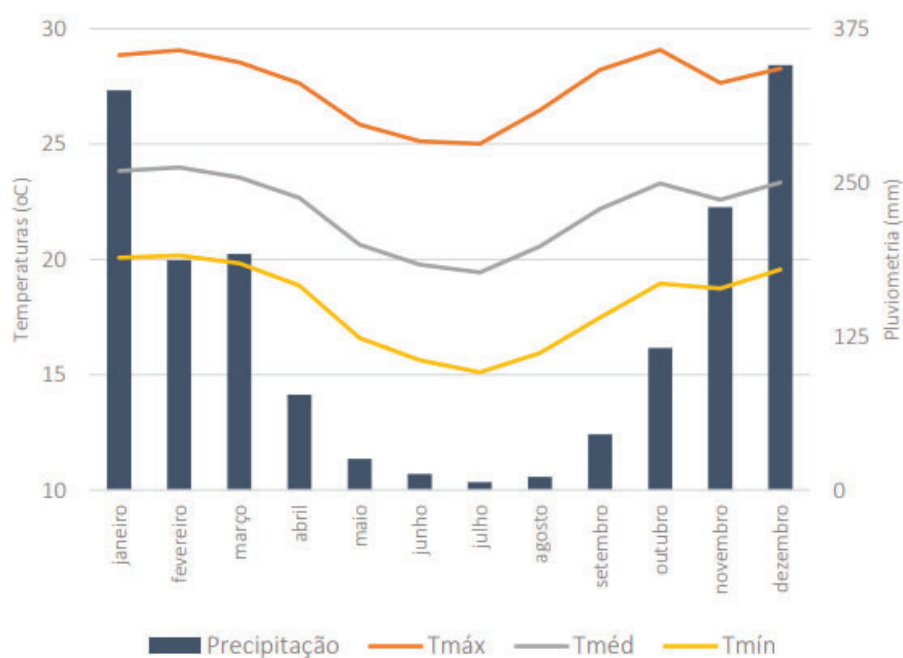


Figura 05: Comportamento Climático médio em Belo Horizonte nos últimos 20 anos.

Fonte: INMET, 2001-2021. Adaptado pelos autores.

Posteriormente, propõe-se o levantamento de valores numéricos de *LST* para fins de identificação de bolsões de concentração de frescor e de ICs, obtidos por meio do uso de duas diferentes estratégias. A princípio, deve-se recuperar capturas de melhor resolução espacial advindas dos sensores termais dos satélites da série LANDSAT-8 para avaliações de diferenças de temperatura por tipo de LCZ – análise cuja precisão espacial tem maior relevância. A desvantagem deste produto tem relação com sua resolução espacial, restrita

somente a períodos diurnos. Dessa forma, sugere-se a utilização posterior de dados de menor resolução espacial advindas dos sensores MODIS, que compreendem informações diurnas e noturnas. Os dados serão utilizados em avaliações de diferenças de temperatura com base em Análises de Multicritérios, as quais aceitaram melhor as generalizações para compreensão dos fenômenos espaciais. Ambos os produtos apresentam respostas consistentes para esse tipo de estudo (BECHTEL *et al.*, 2019; MOURA, 2020).

Ressalta-se que, para os dados MODIS, tratamentos gráficos e espaciais, como a plotagem de valores médios em alguma base vetorial de referência, podem favorecer a geovisualização. Quando da ausência de arquivos vetoriais dos limites dos bairros – estratégia utilizada no exemplo, uma possibilidade é a utilização dos vetores dos setores censitários, que possuem cobertura nacional e são disponibilizados em bases do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE.

O sensor termal do LANDSAT-8 captura a Radiância Superficial da Terra. Para que o dado seja convertido em Temperatura Superficial, é necessário que sejam feitas correções atmosféricas e radiométricas. A Equação 1, utilizada para o cálculo, demanda valores numéricos de Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera ( $T_B$ ) e de Emissividade ( $E$ ), ambos obtidos a partir de operações com o uso da Radiância Superficial da Terra.

$$1: LST = T_B / [1 + (\lambda * T_B / c2) * \ln(E)]$$

Onde:

*LST: Temperatura Superficial*

*$T_B$  = Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera em °C*

*$\lambda$  = Comprimento de Onda da radiação emitida (para a B10 da LANDSAT-8, a constante é 10.8)*

*$E$  = Emissividade Superficial*

*$C2 = h * c / s = 1.4388 * 10^{-2} \text{ mK} = 14388 \text{ mK}$ ,*

Onde:

*$h$  = Constante de Planck =  $6.626 * 10^{-34} \text{ J/s}$*

*$s$  = Constante de Boltzmann =  $1.38 * 10^{-23} \text{ JK}$*

*$c$  = Velocidade da Luz =  $2.998 * 10^8 \text{ m/s}$*

Inicialmente, é necessário transformar a banda termal em Radiância Espectral no Topo da Atmosfera ( $L\lambda$ ), que consiste no montante de radiação solar que incidirá diretamente sobre a superfície terrestre considerada a ausência da atmosfera (MARTINS *et al.*, 2014). A conversão é dada a partir do uso do fator de redimensionamento da radiação, conforme Equação 11. O dado é a base para o cálculo da  $T_B$ .

$$\text{II: } L\lambda = ML * Q_{cal} + AL - O_i$$

Onde:

$L\lambda$  = Radiância Espectral do Topo da Atmosfera [Watts / (m<sup>2</sup> \* sr \* μm)]

$ML$  = Banda Multiplicativa de Radiância (a partir dos metadados: **0.0003342**)

$AL$  = Faixa de Adição de Brilho (a partir dos metadados: **0.10000**)

$Q_{cal}$  = Banda Termal da LANDSAT-8

$O_i$  = Valor de Correção da Banda Termal (**0.29**)

A  $T_B$  corresponde à radiância registrada pelo sensor do satélite (SOUZA e SILVA, 2005). Os dados de  $L\lambda$  podem ser convertidos  $T_B$  a partir do uso de constantes térmicas contidas no arquivo de metadados do produto utilizado por meio da Equação III.

$$\text{III: } T_B = K2 / \ln(K1 / L\lambda + 1) - 273.15$$

Onde:

$T_B$  = Temperatura de Brilho no Topo da Atmosfera (°C)

$L\lambda$  = Radiância Espectral do Topo da Atmosfera (Watts / (m<sup>2</sup> \* sr \* μm))

$K1$  = Constante (a partir dos metadados: **1321.0789**)

$K2$  = Constante (a partir dos metadados: **774.8853**) Kelvin para Celsius = Constante (- **273.15**)

Na sequência, deve-se gerar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, que evidencia a presença e robustez da vegetação a partir da resposta quanto à expressividade da biomassa. O índice espectral pode ser calculado a partir da utilização das bandas de Infravermelho Aproximado (B5) e Vermelho Real (B4) com o uso da Equação IV. O dado é a base do cálculo da Proporção de Vegetação ( $PV$ ), necessária para a equação que tem como produto a  $E$ .

$$\text{IV: } NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

Onde:

$NIR$  = Valores digitais da Banda de Infravermelho Aproximado (Banda 5)

$RED$  = Valores digitais da Banda de Vermelho Real (Banda 4)

A Proporção de Vegetação ( $PV$ ) é definida como a razão entre a área de projeção vertical da vegetação (folhas, caules e galhos) no solo e a área total de vegetação

(NEINAVAZ *et al.*, 2020), e pode ser calculada a partir da Equação V:

$$V: PV = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2$$

Onde:

*PV* = Proporção de Vegetação

*NDVI* = Valores digitais do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

*NDVI<sub>mín</sub>* = Valor mínimo obtido no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

*NDVI<sub>máx</sub>* = Valor máximo obtido no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

A Emissividade Superficial (*E*) relaciona-se com a capacidade dos elementos da superfície terrestre de converter a energia armazenada em energia térmica infravermelha irradiante, sendo a razão da irradiação em comparação com a de um corpo negro sob as mesmas condições (USGS, 2017; AIRES e BEZERRA, 2021). Calculada a partir dos valores do *NDVI* e da *PV*, os valores da *E* podem ser obtidos por meio da Equação VI. Finalizadas as operações que geraram cada um dos dados de entrada necessários para o cálculo de *LST*, tem-se como produto o mapa de Temperatura de Superfícies (Fig. 06).

$$VI: E = 0.004 * PV + O_i$$

Onde:

*E* = Emissividade

Superficial *PV* =

Proporção de Vegetação

*O<sub>i</sub>* = Valor de correção da equação (0.986)

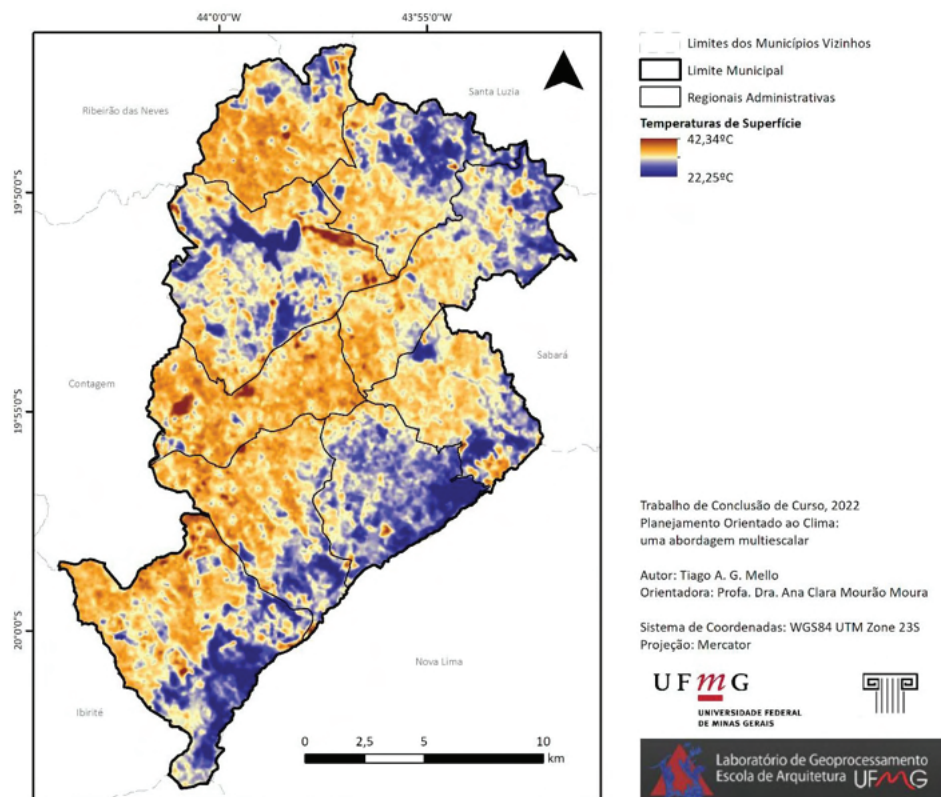


Figura 06: Temperaturas de Superfície em Belo Horizonte, agosto de 2021.

Fonte: Mello, 2022; a partir de LANDSAT-8 B10, 100m.

A Figura 06 ilustra o mapa construído para Belo Horizonte referente ao mês de agosto. A seguir, a partir da reclassificação dos valores numéricos das *LST*, é possível estimar a presença e efeito de ICs em °C, com base na Equação VII (NAIM e AL KAFY, 2021; AL KAFY *et. al*, 2021; SOBRINO e IRAKULIS, 2020).

$$\text{VII: } SUHI = (LST - LST\bar{x}) / LST\sigma$$

Onde:

*SUHI* = Ilhas de Calor de Superfície

*LST*: Temperatura de Superfície

$\bar{x}$  = Média Aritmética

$\sigma$  = Desvio Padrão

Segundo Naim e Al Kafy (2021), a presença ou ausência de ICs são atribuída às



áreas com valores normalizados com °C acima ou abaixo, respectivamente, da média da *LST* para a data em análise – que após a reclassificação corresponde a 0. A partir do cruzamento de *LCZ* e *LST*, chega-se a uma estimativa do efeito de cada paisagem urbana sob o comportamento do clima local (Fig. 07).

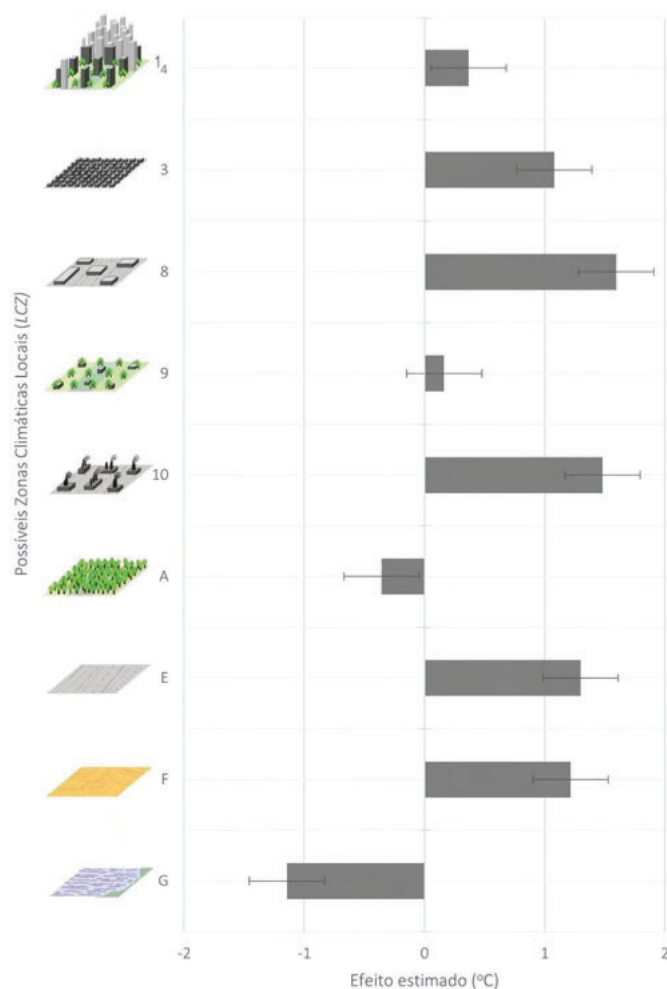


Figura 07: Efeito estimado a partir da *LST* média em Belo Horizonte ponderado por *LCZ*.

Fonte: Mello, 2022; a partir do cruzamento de *LCZ* e *LST* (LANDSAT-8, agosto de 2021).

Num segundo momento, passa-se para a etapa de utilização dos produtos dos sensores MODIS (satélites Terra e Aqua), com resolução espacial de 1km. Tais dados são disponibilizados em diferentes intervalos têmporo-espaciais. Para a compreensão de valores médios do mês de agosto, sugere-se a recuperação de dados de cobertura de 8 dias de duração (MOD11A2 versão 6) - dotados da remoção de valores alterados devido

à presença de nuvens. Para casos em que uma só captura não compreender a totalidade da área de estudo – como em Belo Horizonte, deve-se mosaicar dados de igual resolução temporal de forma a se garantir cobertura total do território. As capturas do sensor MODIS representam temperaturas radiométricas superficiais diurnas (*Terra*) e noturnas (*Aqua*). Para a transformação do dado em *LST* e conversão dos valores de Kelvin para Celsius, torna-se necessária a aplicação da Equação IX.

$$IX: LST * S - 273.15$$

Onde:

*LST* = Temperatura de Superfície

*S* = Fator de escala (**0.02**)

Conversão de Kelvin para Celsius = Constante (- **273.15**)

Após a obtenção das *LST* Diurnas e Noturnas, sugere-se a utilização da ferramenta *Spatial Join* do software *ArcGIS 10.8* para a impressão dos valores de resolução de 1km em uma base cartográfica vetorial. A ferramenta de interpolação de áreas demanda como *input* camadas para exportação e recepção de informações. No caso de Belo Horizonte, optou-se pela utilização da divisão oficial de bairros como suporte para valores médios nos dois cenários (Fig. 08 e 09)

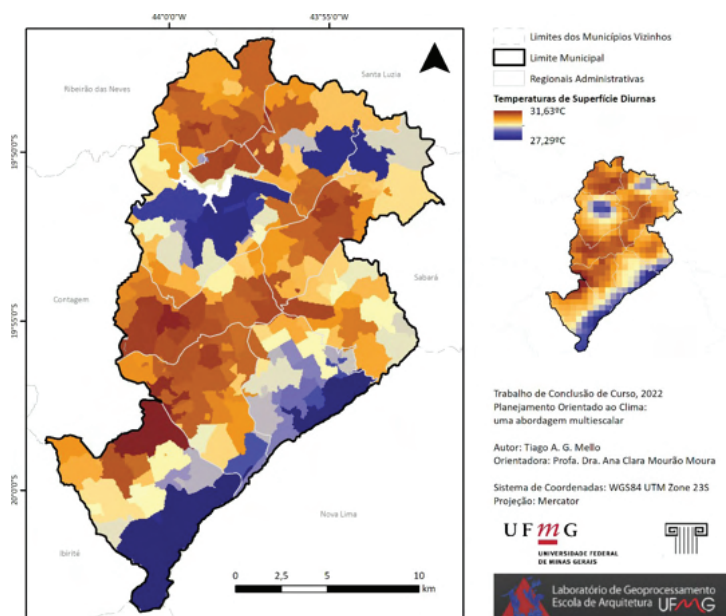


Figura 08: Temperaturas de Superfície Diurnas em Belo Horizonte, agosto de 2021.

Fonte: Mello, 2022; a partir de MODIS/Terra 8-Day LST/LSE, 1km L3 V06.

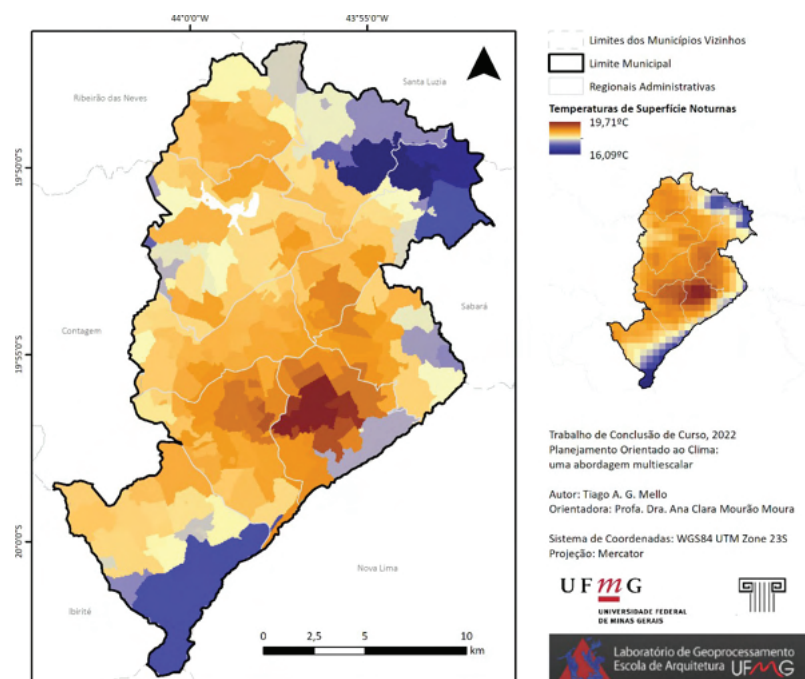


Figura 09: Temperaturas de Superfície Noturnas em Belo Horizonte, agosto de 2021.  
Fonte: Mello, 2022; a partir de MODIS/Terra 8-Day LST/LSE, 1km L3 V06.

Posteriormente, o Índice de Variação do Campo Térmico Urbano (*UTFVI*) deve ser utilizado para uma melhor apreensão da intensidade e concentração das ICs. O índice é também definido a partir da reclassificação dos valores numéricos dos dados de *LST*, a partir da Equação VIII. A Tabela 1 indica a normalização adotada a fim de se possibilitar a compreensão da distribuição do efeito em Belo Horizonte, bem como suas respectivas respostas ecológicas (NAIM e AL KAFY, 2021; AL KAFY *et. al*, 2021; SOBRINO e IRAKULIS, 2020, RENARD *et al.*, 2020). Apresenta-se um gráfico comparativo que ilustra a oscilação entre os cenários (Fig. 10).

$$\text{VIII: } UTFVI = (LST - LST\bar{x}) / LST\bar{x}$$

Onde:

*UTFVI* = Índice de Variação do Campo

Térmico Urbano

*LST*: Temperatura Superficial

$\bar{x}$  = Média Aritmética

Intervalos dos Valores Numéricos	Intensidade das Ilhas de Calor	Resposta Ecológica
< 0	Fenômeno Não Identificado	Mais Positiva
0 - 0.005	Fraca	Positiva
0.005 - 0.010	Mediana	Neutra/Normal
0.010 - 0.015	Forte	Negativa
0.015 - 0.020	Muito Forte	Muito Negativa
> 0.020	Mais Intensa	Mais Negativa

Tabela 1: *UTFVI* e respectivas respostas ecológicas.

Fonte: Autores, 2022.

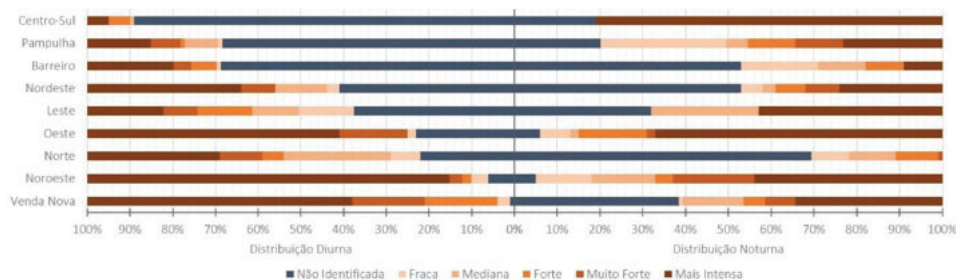


Figura 10: Inversão da Intensidade de Ilhas de Calor entre o dia e a noite em Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir do uso de dados dos sensores MODIS.

### c) População Afetada

De posse dos dados diurnos e noturnos de *LST*, sugere-se a utilização do método de Análise Combinatória para a identificação da amplitude térmica por bairro. Deve-se fazer o uso da ferramenta *Reclassify* do *ArcGIS 10.8* para o fatiamento de cada dado em 4 classes por quebras naturais (*natural breaks*), de forma a se obter intervalos de temperaturas baixas a altas. Em seguida, soma-se as camadas resultantes por meio da ferramenta *Map Algebra* e as combinações obtidas devem ser ponderadas segundo a amplitude e a prevalência de valores baixos ou altos de *LST* (Fig. 11).

		Dia			
		1	2	3	4
Noite	1	BA BT	BA BT	AA TDA	AA TDA
	2	BA BT	BA BT	AA TDA	AA TDA
	3	AA TNA	AA TNA	BA AT	BA AT
	4	AA TNA	AA TNA	BA AT	BA AT

BA: Baixa Amplitude  
 AA: Alta Amplitude  
 BT: Baixas Temperaturas  
 AT: Altas Temperaturas  
 TDA: Temperaturas Diurnas Altas  
 TNA: Temperaturas Noturnas Altas

Figura 11: Matriz para a identificação da Amplitude Térmica e da prevalência de temperaturas.

Fonte: Mello, 2022.

Como forma de compreender os efeitos do campo térmico urbano em função da distribuição populacional em Belo Horizonte, deve-se, utilizar o resultado obtido por meio da Análise Combinatória supracitada para a elaboração de outra combinação. Os dados do contingente populacional (IBGE, 2010) devem ser convertidos em *raster* e fixados segundo faixas representativas de baixa a alta concentração de moradores. As camadas precisam ser somadas e a matriz das combinações obtidas ponderada segundo critérios de densidade e grau de exposição (Fig. 12).

		Amplitude Térmica e ICs Superficiais			
		1	2	3	4
Concentração Populacional	1	DV BE	BD AE	BD AE	BD AE
	2	DV BE	BD AE	BD AE	BD AE
	3	DV BE	AD EDN	AD ED	AD EN
	4	DV BE	AD EDN	AD ED	AD EN

DV: Densidade Variável  
 BD: Baixa Densidade  
 AD: Alta Densidade  
 BE: Baixa Exposição  
 AE: Alta Exposição  
 EDN: Exposição Diurna e Noturna  
 ED: Exposição Diurna  
 EN: Exposição Noturna

Figura 12: Matriz para a identificação de *hotspots* de exposição.

Fonte: Mello, 2022.



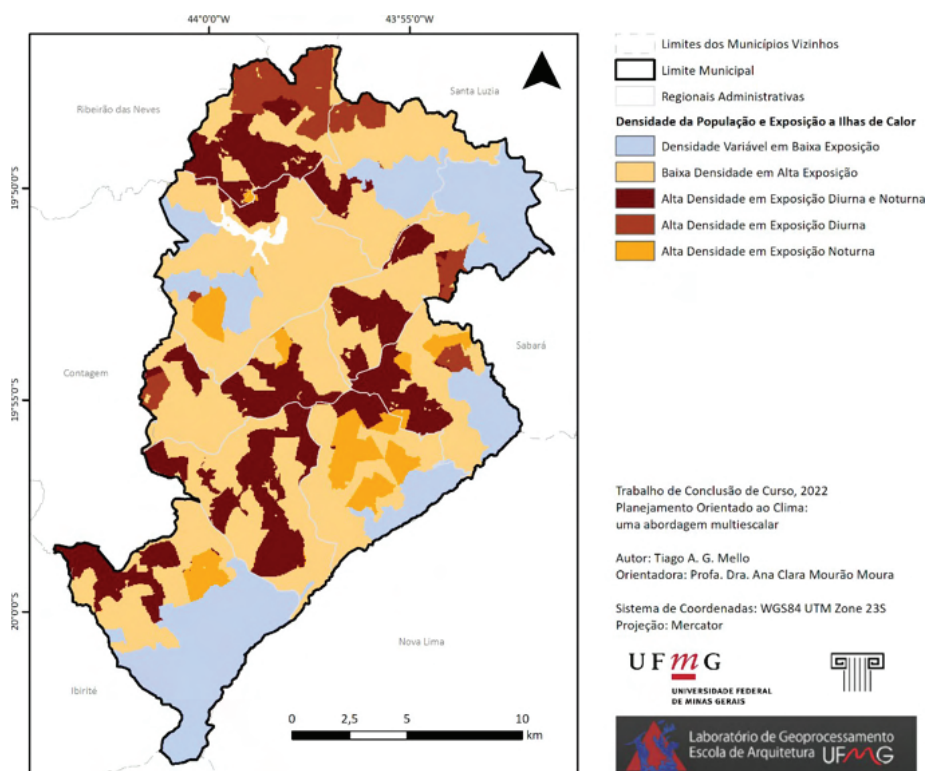


Figura 14: Espacialização de *hotspots* de exposição populacional.

Fonte: Mello, 2022.

#### d) Consolidação do Tecido Urbano

A última etapa analítica da proposta metodológica tem relação com a avaliação do potencial de transformação das paisagens urbanas. Este foi um parâmetro de análise que se baseou na realidade particular de Belo Horizonte no que tange ao frequente processo de substituição edilícia e à expansão do mercado imobiliário, fator que necessariamente implica na necessidade de adaptações quando da reprodução do estudo para outros contextos.

Pode-se dizer que Belo Horizonte, como cidade positivista, partiu do princípio de substituição do passado para a construção do novo desde sua concepção (TEIXEIRA, 1999). Tal característica é observada ao longo de toda a história da cidade. Atualmente, o mercado imobiliário local tem poder aquisitivo para a demolição de prédios de até 4 pavimentos. A partir de tal consideração, associada a análises das informações de uso e ocupação dos lotes urbanos (PBH, 2018), ponderou-se a consolidação do tecido urbano de Belo Horizonte, bem como sua vulnerabilidade à mudança (Tabela 2). A Figura 14 ilustra o panorama de tal ponderação.

Tipologia	Gabarito	Ponderação Adotada
Hotel, Edifícios Comerciais e Residenciais, Edifícios de Uso Misto, Shoppings, Conjuntos Habitacionais, Edifícios Tombados, Estádio/Ginásio, Hospitais	Acima de 5 Pavimentos	Áreas Consolidadas
Conjuntos Habitacionais, Equipamentos de Suporte à Mobilidade (Estações, Aeroporto etc.), Equipamentos Públicos de Saúde, Educação e Cultura	Até 4 Pavimentos	
Casas Unifamiliares, Edifícios Residenciais, Comerciais ou de Uso Misto	Até 4 Pavimentos	Áreas Vulneráveis à Mudança
Lotes Vagos, Galpões, Estacionamento, Casas Unifamiliares e Sobrados	De 1 a 2 Pavimentos ou Sem Construção	Áreas Muito Vulneráveis à Mudança

Tabela 2: Ponderação da consolidação do tecido urbano segundo a partir de características edilícias.

Fonte: Autores, 2022.

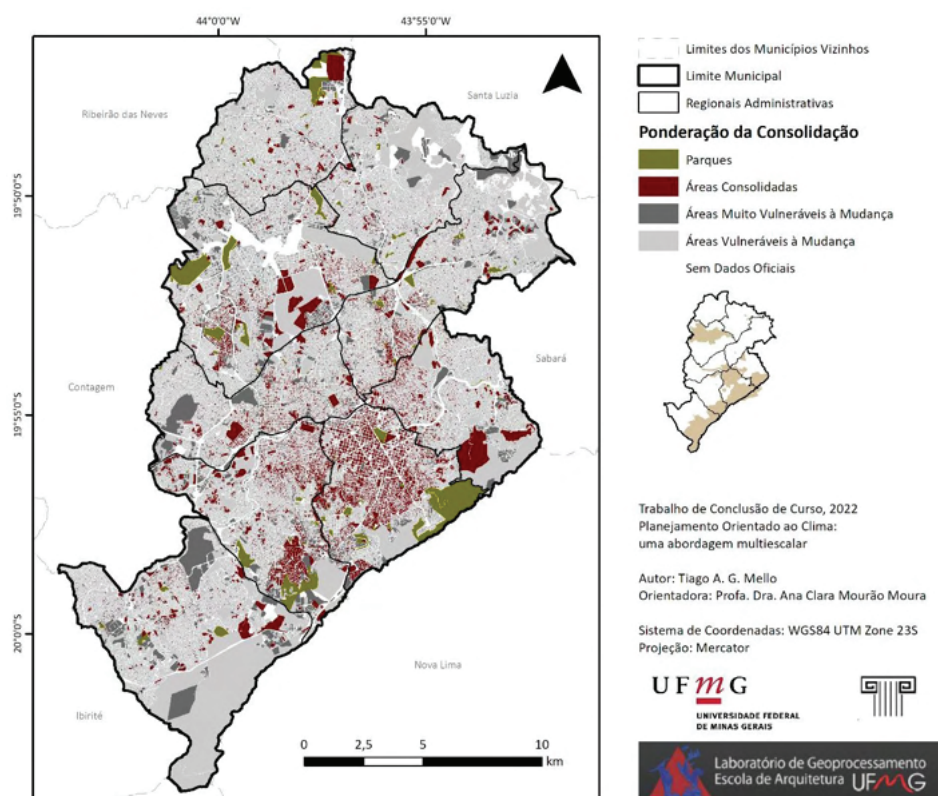


Figura 14: Ponderação da Consolidação do Tecido Urbano de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022; a partir de dados da Prefeitura de Belo Horizonte, 2018.

### 3 | ETAPA PROPOSITIVA - MAPA DE RECOMENDAÇÕES AO PLANEJAMENTO CLIMÁTICO

A elaboração do dado tem como objetivo a identificação de áreas qualificadas - para fins de conservação, possíveis zonas de expansão - para a sugestão de estratégias de adaptação, e regiões já afetadas - com vistas à mitigação de impactos, a fim de buscar garantir a capacidade de resiliência dessas áreas a efeitos climáticos adversos. O método utilizado tem como base estudos desenvolvidos para as cidades de Estugarda, Tóquio e Hong Kong, uma vez que são considerados fatores como a sensibilidade à mudança de uso e cobertura da terra, e devido ao fato de o tipo de superfície (natural ou urbana) ter sido considerado para a determinação das classes.

Na Tabela 3 são indicados os inputs de referência para cada uma dessas classes, bem como características gerais e estratégias de ação a serem adotadas. A Figura 15 representa Belo Horizonte em um grid de 100x100m subdivida nas classes definidas. Posteriormente, na Tabela 4, são sumarizados exemplos de iniciativas a serem adotadas a fim de se conservar, adaptar ou mitigar efeitos de ordem climática nessas áreas. As propostas foram consideradas para diferentes escalas têmporo-espaciais e tiveram como base a literatura e boas práticas, sendo o Relatório Técnico da Secretaria de Planejamento de Hong Kong (2006) a principal base teórica.

Classes	Características Gerais	Inputs Analíticos de Referência	Estratégias de Ação
1	Superfície natural com importante função de atenuação climática	LCZ A e G	Priorização de estratégias de Conservação
2	Superfície natural com menor função de atenuação climática	LCZ B e D	Priorização de estratégias de Conservação
3	Superfície natural muito sensível à alteração	LCZE e F; Áreas vulneráveis à mudança	Priorização de estratégias de Adaptação
4	Superfície urbana associada a temperaturas brandas	LCZ 9 e 6; BA BT	Priorização de estratégias de Conservação e Mitigação

5	Superfície urbana associada a altas temperaturas e muito sensível à alteração	LCZ 3; Áreas vulneráveis à mudança; BAAT	Priorização de estratégias de Adaptação
6	Superfície urbana de expressiva rugosidade associada a altas temperaturas noturnas	LCZ 14 e 25; AAATN	Priorização de estratégias de Mitigação
7	Superfície urbana fabril, industrial e/ou comercial associada a altas temperaturas.	LCZ 8 e 10	Priorização de estratégias de Mitigação

Tabela 3: Definição de classes com base nas etapas analíticas e definição de estratégias de ação.

Fonte: Mello, 2022.

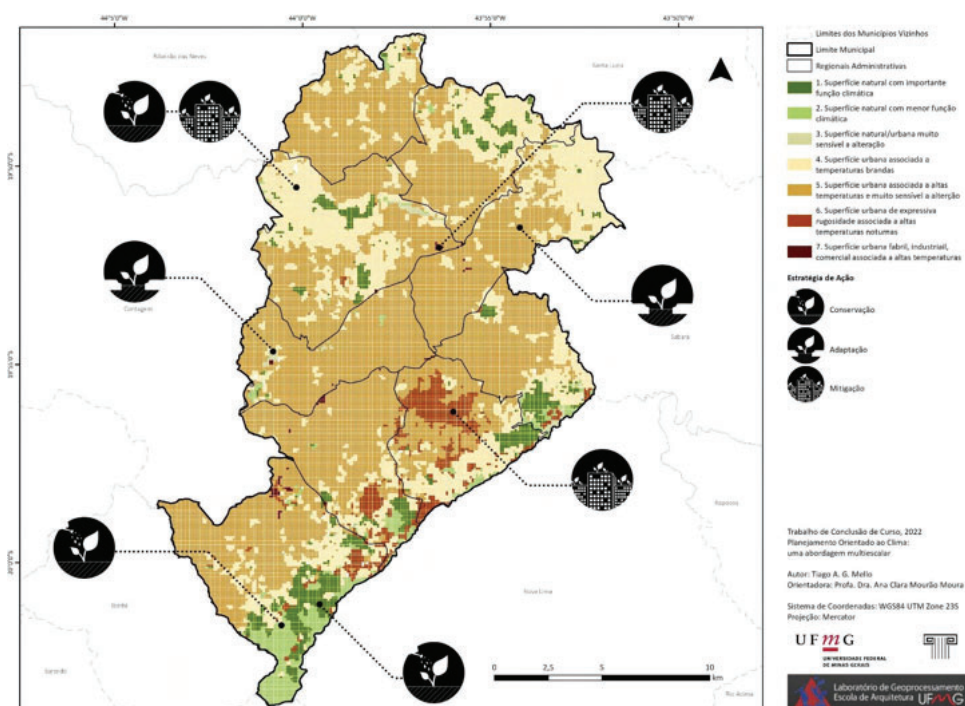


Figura 15: Mapa de Recomendações para o Planejamento Climático de Belo Horizonte.

Fonte: Mello, 2022.

Classe	Exemplo de Iniciativa	Início		
		2030	2040	2050
1	Monitoramento de parques e águas urbanas via sensoriamento remoto.			
	Popularização do acesso a parques e espaços abertos fins recreativos.			
2	Reflorestamento de remanscentes florestais.			
	Criação de novos espaços abertos de lazer.			
3	Proporção arbórea para novas construções.			
	Arborização de glebas ou terrenos indivisos.			
4	Manutenção da vegetação urbana em vias públicas.			
	Realocação de comunidades carentes.			
5	Controle do volume construído e dos índices de impermeabilização do solo.			
	Parametrização da materialidade edilícia.			
6	Equipamentos públicos como referência.			
	Retrofit de edificações.			
7	Relatórios de emissões de gases de efeito estufa.			
	Sumidouros de carbono nas contrapartidas ambientais.			

Tabela 4: Exemplos de Iniciativas.

Fonte: Autores, 2022.

## 4 | CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

Estudos robustos podem ser desenvolvidos quando a abordagem é o clima, sobretudo em virtude da complexidade do tema. Certamente a capacidade de realização de mensurações em campo, através de uma rede adensada de receptores e com equipamentos adequados agregaria aos estudos uma expressiva qualidade de dados em termos de resolução temporal e espacial. Caso fossem possíveis mensurações desta natureza, o roteiro metodológico poderia incorporar outras variáveis e gerar resultados para escala espacial local.

A escala espacial que se pode obter com a metodologia proposta está associada às limitações de mensurações dos satélites que fornecem dados de interesse ao clima – sejam eles satélites climáticos propriamente ditos (a exemplo do Modis) ou os que apresentam a banda termal para trabalho (a exemplo do Landsat). Com a evolução constante das capturas digitais e a possibilidade de livre acesso aos dados, no futuro os processos podem resultar em melhores respostas espaciais. Contudo, o que se pode obter em escala municipal já é visivelmente interessante como base para o planejamento orientado ao clima.



Destaca-se que todos os dados empregados são de livre acesso, de modo que o roteiro metodológico proposto tem caráter reproduzível e permite a escalabilidade de processos, ou seja: é reaplicável. A questão climática, hoje reconhecida como base para o desenvolvimento sustentável e para se atingir os acordos globais de redução de impactos, pode ser incorporada ao planejamento urbano e ambiental.

Pensar o clima não é apenas um dever cidadão para se cumprir os acordos globais, mas é também a garantia da qualidade de vida nas cidades, tanto para aquelas que ainda estão traçando seus caminhos como, sobretudo, para aquelas que precisam implantar ações mitigatórias em áreas de baixa qualidade ambiental e de grande impacto do clima urbano na vida das pessoas.

O roteiro apresentado indica variáveis mínimas e uma primeira análise, factível e que já produz uma base para o planejamento. Mas está aberto à incorporação de novas variáveis que considerem potencialidades e vulnerabilidades da área de estudo. Não só ampliando o detalhamento da análise, como também desdobrando os resultados sobre o clima para estudos de interesse, tais como paisagem sonora, potencial para a vida animal, potencial para implantação de coeficientes adicionais ou necessidade de redução de coeficientes construtivos, condições de sequestro de carbono, revisão de Planos Diretores, entre outras abordagens. Nesse sentido, é um passo inicial fundamental para outros estudos, possível de ser empregado em qualquer cidade brasileira.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (401066/2016-9) e à FAPEMIG (PPM-00368-18), no âmbito do projeto “Geodesign e Modelagem Paramétrica da Ocupação Territorial: Geoprocessamento para a proposição de um Plano Diretor da Paisagem para a região do Quadrilátero Ferrífero, MG”.

## REFERÊNCIAS

Aires, Adriano Araújo; Bezerra, Joel Medeiros. Mapeamento do índice de vegetação e temperatura de superfície da cidade de Pau dos Ferros - RN. *Rev. Tecnol. Soc.*, Curitiba, v. 17, n. 48, p. 113-131, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rt.v17n48.12459>.

Al Kafy, Abdulla; Al-Faisal, Abdullah; Rahman, Md Shahinoor; Islam, Muhaiminul; Al Rakib, Abdullah; Islam, Md Arshadul; Khan, Md Hasib Hasan; Sikdar, Md Soumik; Sarker, Md Hasnan Sakin; Mawa, Jan-natul; Sattar, Golam Shabbir. Prediction of seasonal urban thermal field variance index using machine learning algorithms in Cumilla, Bangladesh. *Sustainable Cities and Society*, n. 64, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102542>

Assis, Wellington Lopes. Abreu, Magda Luzimar. O clima urbano de Belo Horizonte: análise têmporo-es-pacial do campo térmico e higríco. *Revista de Ciências Humanas*, v. 10, n. 1, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/3492>. Acesso em: 27 jan.2022.

Ayoade, Johnson Olaniyi. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Difusão Editorial S.A., São Paulo, 1986. ISBN: 8528604276

Barry, Roger Graham; Chorley, Richard J. *Atmosfera, Tempo e Clima*. Ed. Bookman, Porto Alegre, 9ª ed., 2013. ISBN: 9780415465700

Bastos, Maria Rosário; Ribeiro, João Pedro Cunha. *Climate Change in Human History*. (in) *Climate Action: Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals*. 190-200. Springer Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95885-9>

Bechtel, Benjamin. Dezemure, Matthias. Mills, Gerald. Zhan, Wenfeng. Sismanidis, Panagiotis. Small, Christopher. Voogt, James. *SUHI analysis using Local Climate Zones - A comparison of 50 cities*. *Urban Climate*, v. 28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.01.005>

Cardoso, Renata; Amorim, Margarete (2017). Estimativa da distribuição espacial da temperatura do ar com base em zonas climáticas locais (LCZ) e modelos de regressão. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, n. 12, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.004>

Dezemure, Matthias; Kittner, Jonas; Bechtel, Benjamin. *LCZ Generator: a web application to create Local Climate Zone maps*. *Frontiers in Environmental Science*, v. 9:637455, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>

Ferreira, Daniele Gomes; Assis, Eleonora Sad; Katschner, Lutz. *Construção de um Mapa Climático Analítico para a cidade de Belo Horizonte, Brasil*. *urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana*, 9, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.SUPL1.AO01>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Sinopse do Censo Demográfico 2010 – Minas Gerais*, 2010. Acesso em: 27 ago.2021. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=31>

ICLEI – Local Governments for Sustainability. *Adaptação baseada em ecossistemas: oportunidades para políticas públicas em mudanças climáticas*. Curitiba, 2014. Disponível em: [https://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Adapata%C3%A7%C3%A3o\\_baseada\\_em\\_ecossistemas.pdf](https://e-lib.iclei.org/wp-content/uploads/2018/10/Adapata%C3%A7%C3%A3o_baseada_em_ecossistemas.pdf) . Acesso em: 08 mar. 2022.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers*. Cambridge University Press, Cambridge, UK/New York. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf)

Li, X., Zhou, Y., Eom, J., Yu, S., & Asrar, G. R. (2019). Projecting global urban area growth through 2100 based on historical time series data and future Shared Socioeconomic Pathways. *Earth's Future*, 7. <https://doi.org/10.1029/2019EF001152>

Mandarola Jr., Eduardo. *As escalas da vulnerabilidade e as cidades: interações trans e multiescalares entre viabilidade e mudança climática*. Trabalho apresentado no XIV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:marandola\\_2011.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:marandola_2011.pdf)

Martins, Paulo André da Silva; Querino, Carlos Alexandre Santos; Pavão, Vagner Marques; Querino, Juliane Kayse Albuquerque da Silva; Machado, Nadja Gomes; Biudes, Marcelo Sacardi. *Verificação da turbidez atmosférica em Humaitá - AM*. *Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente, Humaitá, LAPESAM/GISREA/UFAM/CNPq/EDUA*. Ano 7, Vol XII, Número 1, Jun-Jul, 2014, p. 86-98. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4731010.pdf> . Acesso em: 14 jan. 2022.

Moura, Ana Clara M. Escolhas Conscientes em Tecnologias de Geoinformação para Representação, Análise, Simulação e Proposição para um Território: Suporte ao Geodesign. In.: SUTIL, Thaíse, PEREIRA, Jori R.; LADWIG, Nilzo I.; ZOCCH, Jairo J.; PEREIRA, Jader L. Geoprocessamento na análise ambiental. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 1, p. 11-68. <http://dx.doi.org/10.18616/geop01>

Naim, Md Nazmul Huda; Al Kafy, Abdulla. Assessment of urban thermal field variance index and defining the relationship between land cover and surface temperature in Chattogram city: A remote sensing and statistical approach. *Environmental Challenges*, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100107>

Neinavaz, Elnaz; Skidmore, Andrew; Darvishzadeh, Roshanak. Effects of prediction accuracy of the proportion of vegetation cover on land surface emissivity and temperature using the NDVI threshold method. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, n. 85, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101984>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte – PBH. Concurso de Centro Administrativo: Anexo IV – Síntese da História de BH, 2018. Disponível em: [https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/cca\\_anexo\\_iv\\_-\\_sintese\\_da\\_historia\\_de\\_bh.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/2018/planejamento-urbano/cca_anexo_iv_-_sintese_da_historia_de_bh.pdf) . Acesso em: 27 jan.21.

Renard, Florent; Alonso, Lucille; Fitts, Yasmin; Hadjiosif, Adeline; Comby, Jacques. Evaluation of the Effect of Urban Redevelopment on Surface Urban Heat Islands. *Remote Sensing*, v. 11, 2019. DOI: <https://doi.org/doi:10.3390/rs11030299>

Secretaria de Planejamento de Hong Kong; CUHK - Universidade Chinesa de Hong Kong. Urban Climate Map and Standards for Wind Environment - Feasibility Study (Final Report), 2006. Disponível em: [https://www.pland.gov.hk/pland\\_en/p\\_study/prog\\_s/ucmapweb/ucmap\\_project/content/reports/final\\_report.pdf](https://www.pland.gov.hk/pland_en/p_study/prog_s/ucmapweb/ucmap_project/content/reports/final_report.pdf) . Acesso em: 01 ago. 2021.

Sobrinho, José Antônio; Irakulis, Itziar. A Methodology for Comparing the Surface Urban Heat Island in Selected Urban Agglomerations Around the World from Sentinel-3 SLSTR Data. *Remote Sensing*, v. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12122052>

Souza, Juarez Dantas; Silva, Bernardo Barbosa. Correção atmosférica para temperatura da superfície obtida com imagem TM: LANDSAT-5. *Rev. Bras. Geof.*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 23, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-261X2005000400002>

Stewart, Lain Douglas; Oke, Timothy. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

Teixeira, Carlos Moreira. História do vazio em Belo Horizonte. Cosac Naify, São Paulo; 1ª edição, 1999, 336 p. ISBN 85-86374-23-7.

United States Geological Survey – USGS. Nasa Earthdata: Getting started with MODIS Land Surface Temperature Data. Disponível em: <https://lpdaac.usgs.gov/resources/e-learning/> . Acesso em: 14 jan.2022.