

# ANÁLISE COMPARATIVA DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS DE IBIRITÉ E BELO HORIZONTE – MG: EFEITOS DO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CLIMATE VARIABLES OF IBIRITÉ AND BELO HORIZONTE – MG: EFFECTS OF URBANIZATION PROCESS

Rafael Lara Mazoni Andrade<sup>1</sup>; Germana de Campos Gonçalves<sup>2</sup>; Sidney Portilho<sup>3</sup>

- 1 Mestrando em Administração Pública. Fundação João Pinheiro, 2017. [rafaelmazoni13@gmail.com](mailto:rafaelmazoni13@gmail.com).
- 2 Graduada em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Fumec, 2017. [germanacamposarq@gmail.com](mailto:germanacamposarq@gmail.com).
- 3 Mestre em Análise Ambiental. UFMG, 2003. Consultor ambiental e professor do Centro Universitário de Belo Horizonte – UniBH. Belo Horizonte, MG. [sidneyportilho@yahoo.com](mailto:sidneyportilho@yahoo.com).

Recebido em: 30/10/2016 - Aprovado em: 12/06/2018 - Disponibilizado em: 15/06/2018

**RESUMO:** As alterações no uso e ocupação do solo, como impermeabilização, construção de edifícios e supressão vegetal causam alterações nos processos termodinâmicos que envolvem a superfície e a baixa atmosfera. Após discutir conceitos e teorias relacionados ao clima urbano, este artigo avalia os impactos da urbanização sobre parâmetros climáticos como a temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, umidade relativa do ar e nebulosidade. Para avaliar isso, utilizou-se um teste estatístico de médias com dados obtidos em duas estações meteorológicas – uma localizada na área urbana de Belo Horizonte, e outra localizada poucos quilômetros distantes dessa, na área rural de Ibirité. Os resultados mostram que as alterações antrópicas sofridas pelo ambiente em Belo Horizonte – devido à urbanização –, podem fazer com que as médias dos parâmetros tratados fossem estatisticamente diferentes das médias em Ibirité, confirmando as teorias acerca do clima urbano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Clima urbano. Urbanização. Belo Horizonte.

**ABSTRACT:** Changes in land use and occupation such as waterproofing, building construction and vegetal suppression cause changes in thermodynamic processes involving the surface and the lower atmosphere. After discussing concepts and theories related to urban climate, this paper evaluates the urbanization impact on climatic parameters such as dry-bulb temperature, wet-bulb temperature, relative humidity and cloud cover. To evaluate this, we used a statistical mean test with data obtained from two weather stations – one located in Belo Horizonte's urban area, and another located a few miles away from the first, located in Ibirité's rural area. The results show that anthropic shifts suffered by Belo Horizonte's environment – due to urbanization – may make its parameters' means statistically different than Ibirité's ones, confirming the theories about urban climate.

**KEYWORDS:** Urban climate. Urbanization. Belo Horizonte.

## 1 INTRODUÇÃO

Na esteira de grandes transformações no padrão de exploração de recursos naturais e do próprio espaço, discussões sobre as cidades vêm ganhando centralidade (SHIVA, 2011; LIMA, 2010; SACHS,

1993; PORTO-GONÇALVES, 2004). Paralelamente às economias de aglomeração que justificam o crescimento das cidades – ganhos advindos do aumento do número de habitantes, como sinergias e economias com transportes (FUJITA; KRUGMAN;

VENABLES, 2002) –, a urbanização é acompanhada de vários problemas, e as cidades expressam hoje um cenário de crise. No Brasil, as cidades já surgem como expressão de conflitos entre a metrópole e os colonos (FAORO, 2001). Dentre vários defeitos de um processo de urbanização rápido, intenso e predatório (BRASIL; CARNEIRO, 2014), observam-se problemas como poluição ambiental, carências habitacionais, precariedade de assentamentos, irregularidade fundiária, trânsito caótico, violência e carências na acessibilidade (MAZONI ANDRADE, 2016).

O caso de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, não foge à regra. A população belo-horizontina cresceu vertiginosamente em alguns momentos – chegando a um crescimento de até 412%, durante o período subsequente ao término da Primeira Guerra Mundial, poucos anos após a inauguração da cidade. Quando o IBGE passou a realizar Censos Populacionais decenais – em 1940 –, Belo Horizonte sempre teve população urbana substancialmente maior que a população rural, atingindo os 100% em 1980.

Esse crescimento, todavia, não foi acompanhado de um planejamento adequado. Isso tem reflexo, hoje, em vários indicadores do município. Dados do Censo de 2010, do IBGE, mostram que Belo Horizonte possuía à época 169 vilas e aglomerados, e nessas áreas desprovidas de vários serviços e equipamentos públicos moravam quase 13% de sua população. O trânsito de Belo Horizonte – segundo dados do TomTom Index, índice de trânsito que leva em consideração dados de cidades de todos os continentes e utilizado, por exemplo, pela ONU Habitat – encontra-se entre os piores trânsitos do mundo, ocupando o 99º lugar (TOMTOM, 2018)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Com base em dados da navegação de usuários de GPS, esse índice calcula a diferença média anual de tempo para deslocamentos sem congestionamentos e nos horários de pico. Belo Horizonte, por exemplo, possui tempo de deslocamento no horário de pico 27% maior que em períodos de fluxo livre de veículos (TOMTOM, 2018).

Na seara da gestão ambiental, Belo Horizonte possui alguns grandes desafios pela frente. Apesar de possuir vários parques municipais e grandes áreas de preservação ambiental dentro dos contornos de sua área urbana, Belo Horizonte possui sérios problemas relacionados a eventos hidrometeorológicos e climáticos – todos eles gerados ou, ao mínimo, amplificados pela urbanização desordenada e desigual (CHAMPS, 2008; ASSIS, 2010). O que se dá é uma concentração desigual de níveis de qualidade de vida, que fazem com que algumas regiões da cidade tenham melhores condições ambientais – concentrando maiores áreas verdes e parques – e outras possuam concentrações de riscos ambientais.

Em face da exposição dessa problemática, este trabalho buscou avaliar o impacto da urbanização sobre o clima na cidade de Belo Horizonte, comparado ao clima no município de Ibirité, ambos em Minas Gerais.

Para atingir esse objetivo, esta produção buscou:

- Introduzir a questão dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente e sobre o clima, e seus impactos sobre a qualidade de vida;
- Proceder a uma pesquisa bibliográfica acerca das transformações no espaço urbano de Belo Horizonte;
- Obter e organizar dados climatológicos;
- Proceder a uma avaliação dos impactos da urbanização sobre o clima urbano em Belo Horizonte;
- Discutir propostas de melhorias na infraestrutura e no meio ambiente em Belo Horizonte.

## 1.1 PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESES

Este trabalho permeia-se na tentativa de responder à pergunta: Há, de fato, impacto negativo da urbanização em Belo Horizonte sobre seus processos

termodinâmicos que envolvem a superfície e a baixa atmosfera?

A hipótese elencada em princípio, com base na bibliografia que trata de climatologia em ambiente urbano, é de que a urbanização traz, sim, impactos negativos sobre tais processos (ASSIS, 2010; TAHA, 1997; ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011; VIANA; AMORIM, 2006; MCCARTHY; BEST; BETTS, 2010, ARABI *et al.*, 2009).

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

Conforme ensinam Laville e Dionne (1999), um trabalho científico precisa conter justificativas baseadas em quatro eixos: Importância, relevância, contribuição e vantagem. Dessa forma, as justificativas para este trabalho serão expostas aqui.

Primeiramente, no que tange à importância, a discussão trazida por este trabalho é crucial para o momento atravessado pela gestão ambiental contemporânea. O equilíbrio no microclima urbano possui grandes impactos sobre a qualidade de vida, como apontam os estudos da área. No caso de Belo Horizonte, observam-se grandes vulnerabilidades ambientais – como os riscos ambientais advindos de eventos meteorológicos, vistos em enchentes em vários pontos da cidade –, o que justifica a preocupação com seu estudo de caso.

Quanto à sua relevância, pode-se afirmar que há uma lacuna na produção acadêmica. Há poucos trabalhos acadêmicos de alunos de graduação sobre este tema.

Sua contribuição, nesse sentido, é buscar embasar decisões tomadas por técnicos e gestores envolvidos no planejamento urbano e ambiental em Belo Horizonte e em outras cidades nas quais este estudo possa ser replicado. Ainda, espera-se incentivar a pesquisa e a dispersão de metodologias quantitativas aplicadas à Geografia e à Arquitetura e Urbanismo.

Por fim, a vantagem deste trabalho assenta-se sobre o esforço de trazer à baila um diálogo entre a Geografia e a Arquitetura e Urbanismo, ciências que têm primazia no estudo do espaço e de suas complexidades. Dessa maneira, podem-se disponibilizar e transmitir dados, informações e conhecimento que nem sempre são de fácil acesso, possibilitando que esse estudo possa ser replicado como base para a tomada de decisões no planejamento e na gestão.

O próximo item do trabalho trará resultados da pesquisa bibliográfica empreendida. Na sequência, será discutido o detalhamento da metodologia utilizada. Por fim, discutem-se os resultados e as considerações finais.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para responder à pergunta que norteia esta pesquisa, faz-se imperioso um entendimento mais abrangente dessa problemática sobre rompimento homem-natureza, transformações no espaço e clima urbano. Esses tópicos serão tratados nos próximos itens:

### 2.1 ATUALIDADE DA QUESTÃO AMBIENTAL

A questão ambiental deve ser entendida como um problema de ordem científica, política, filosófica e cultural (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008). Para tanto, faz-se necessário abarcar várias de suas feições ao se tratar a sua problematização.

Os últimos três séculos – contados a partir da chamada Primeira Revolução Industrial, ocorrida em meados do século XIX – têm sido marcados pelo avanço do desenvolvimento de tecnologias e das ciências, pelo alargamento das fronteiras do conhecimento e pelo incremento do volume de informações. Mormente, as últimas duas ou três décadas do século XX e as duas primeiras décadas

do século XXI têm sido conhecidas como “anos que encolheram o mundo”.

Assim, esse sistema emergente de produção subordina, exerce influência, cria, tenciona, modifica, recobre ou mesmo dissolve outras formas de se organizarem as atividades produtivas e a vida social e cultural (IANNI, 1997). Essa modificação abrupta de práticas e ideais também se espacializa, na medida em que o espaço é um reflexo das relações dos seres humanos com eles mesmos e com o meio a sua volta. Conforme expôs Lefebvre, “a totalidade do espaço se converte no lugar da reprodução das relações de produção” (LEFEBVRE, 1977, *apud* CORRÊA, 2002).

Ao passo em que o mundo se encurta – como efeito da globalização –, o ser humano julga-se cada vez mais poderoso, independente e separado da natureza (LIMA, 2011). A sacralidade da natureza foi trocada por uma visão utilitarista. A natureza passa a ser meramente algo à disposição do homem, para que ele cumprisse seus objetivos, quaisquer que fossem eles (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008).

A economia mundial funciona a partir da retroalimentação positiva, o sistema produtivo gera bens e serviços que são consumidos pelo sistema econômico, que paga por eles e assim fornece o *feedback* que possibilita a continuidade e a evolução desse processo. O que se percebe diante de tantas transformações na sociedade é que as demandas do sistema econômico têm crescido, o que força o sistema produtivo a sobre-explorar o sistema natural (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008). Isso se reflete em um novo paradigma no tocante à maneira de tratar os recursos naturais, reciprocidade, responsabilidade e comedimento nas relações entre humanos e natureza transformaram-se em exploração ilimitada (SHIVA, 2000). Essa questão configura-se como um risco duplo, para além da sobre-exploração que espolia os estoques de recursos naturais, ainda

há impactos da poluição (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008).

Dentro do escopo dessas transformações que o mundo vem vivendo nos últimos anos, as questões atinentes à gestão ambiental vêm ganhando espaço. Estima-se, ainda, que a população mundial alcance a casa dos 10 bilhões ainda neste século. Um aumento populacional de tamanha proporção, no contexto de um *modus operandi* que faz da natureza um mero repositório de insumos tidos como se fossem infinitos, traz pressões ainda maiores na demanda por recursos naturais e por espaço. Dentro desse contexto, diversos autores tratam acerca dessa crise ecológica carreada pela crise da modernidade (SACHS, 1993; SANTOS, 1997; PORTO-GONÇALVES, 2004). No espaço urbano, essa crise ecológica atua como uma das faces da crise da cidade, um dos assuntos que serão tratados nos próximos itens deste trabalho.

## 2.2 CLIMA URBANO

Como ensina Pedelaborde (1957), citado por Landsberg (1970), o clima – a totalidade das condições de tempo atmosférico numa dada área – é variável. A partir disso, afirma-se que a cidade atua como fator modificador do clima regional, ao criar condições ambientais diferenciadas. Essa afirmação encontra respaldo nos achados de vários autores (ASSIS, 2010; TAHA, 1997; ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011; VIANA; AMORIM, 2006; MCCARTHY; BEST; BETTS, 2010, ARABI *et al.*, 2009; FREITAS; LOMBARDO, 2007).

O homem pode influenciar deliberada e indevidamente o clima, de diversas formas – pela industrialização, drenagem ou construção de lagos artificiais, atividades agrícolas, represamento de rios ou urbanização. O maior impacto do homem acontece nas áreas urbanas, onde o homem tem influenciado

consideravelmente o clima (LANDSBERG, 1970; AYOADE, 1986). Sobre isso, Ayoade afirma que:

“Nas áreas urbanas, altera-se a composição química da atmosfera. As propriedades térmicas e hidrológicas da superfície terrestre, assim como seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização e industrialização. Os pântanos são drenados e as superfícies naturais são substituídas por superfícies pavimentadas, ruas e telhados de prédios. Como resultado, a radiação em ondas longas e a de ondas curtas são reduzidas sobre as áreas urbanas. As temperaturas elevam-se, mesmo quando diminui a duração da insolação. A umidade é reduzida, mas há um certo aumento na precipitação e também na quantidade de nebulosidade. Os nevoeiros e neblinas são mais espessos, ocorrendo com mais frequência e persistência, prejudicando a visibilidade. A turbulência cresce. Os ventos fortes são desacelerados e os ventos fracos são acelerados à medida que se movimentam nas áreas urbanas.” (AYOADE, 1986, p. 300).

São vários os fatores que explicam as mudanças climáticas produzidas pelas cidades, como (i) produção artificial de calor pelos processos de combustão, aquecimento do espaço e metabolismo; (ii) produção de calor como resultado das propriedades térmicas das cidades, visto que os edifícios, os pavimentos e as ruas nas cidades absorvem e armazenam radiação durante o dia e gradualmente liberam esta radiação no interior da atmosfera, no decorrer da noite; (iii) modificação da composição química da atmosfera como resultado de poluentes emitidos na atmosfera, das chaminés de casas e fábricas, indústrias e dos escapamentos dos automóveis que trafegam nas ruas das cidades – ainda, as partículas em suspensão influenciam o balanço energético das superfícies urbanas, uma vez que podem refletir e difundir a radiação ou absorver a radiação –; e (iv) alteração das superfícies naturais cobertas de vegetação, substituindo-as por superfícies artificiais que têm albedo, grau de rugosidade e propriedades térmicas e hidrológicas diferentes (AYOADE, 1986; LANDSBERG, 1970). A Tabela 1, retirada do livro-texto de Ayoade (1986), traz as estimativas de alteração para diversos parâmetros climáticos em áreas urbanas:

Tabela 1 - Parâmetros climáticos alterados pela urbanização

	Elementos	Comparação com zona rural
POLUENTE	Partículas sólidas	10 x mais
	Bióxido de enxofre	5 x mais
	Bióxido de carbono	10 x mais
	Monóxido de carbono	25 x mais
RADIÇÃO	Total sobre a superfície horizontal	10-20% menos
	Ultravioleta, no inverno	30% menos
	Ultravioleta, no verão	5% menos
NEBULOSIDADE	Duração da radiação	5-15% menos
	Cobertura de nuvens	5-10% mais
	Nevoeiro, no inverno	100% mais
	Nevoeiro, no verão	30% mais
PRECIPITAÇÃO	Quantidade total	5-10% mais
	Dias de chuva (5 mm)	10% mais
	Queda de neve	5% menos
TEMPERATURA	Dias com neve	14% menos
	Média anual	0,5-1,0°C mais
	Mínimas no inverno	1,0-2,0°C mais
UMIDADE RELATIVA	Aquecimento de graus-dia	10% menos
	Média anual	6% menos
	Inverno	2% menos
VELOCIDADE DO VENTO	Verão	8% menos
	Média anual	20-30% menos
	Movimentos extremos	10-20% menos
	Calmarias	5-20% mais

Fonte - LANDSBERG (1970) *apud* AYOADE (1986).

Há vários experimentos que podem ser utilizados a fim de ilustrar a teoria exposta. Taha (1997) discursa acerca das diferenças de clima entre áreas rurais e urbanas, que podem variar de acordo com condições climáticas, características termofísicas e geométricas atribuídas aos materiais e construções e calor e umidade antropogênicas presentes no local.

Após analisar o albedo, o fluxo de calor latente e o aquecimento antropogênico em várias cidades no globo, Taha (1997) conclui que os principais responsáveis pelas mudanças climáticas são as características termofísicas e geométricas dos materiais – e, por conseguinte, o seu albedo –, o fluxo de calor latente e a presença ou não de vegetação – a sua ausência amplifica o efeito das *heat islands*.

Nessa mesma vertente, Oke (1982) mostra que a capacidade calorífica dos materiais aumenta o potencial de estoque de calor no ambiente urbano. A partir da irradiação do calor acumulado, a temperatura do ar eleva-se. Como afirma Francisco,

“Essa visão [defendida por Oke (1982)] colocou em evidência o papel da geometria urbana e da inércia térmica dos materiais de construção no processo de mudança climática local.” (FRANCISCO, 2012, p. 8).

Um estudo de caso de São José do Rio Preto, São Paulo, ressalta influências da morfologia urbana nas diferenças da temperatura do ar em quatro pontos situados ao longo de um córrego. Em síntese, observou-se que, com o pôr do sol, pontos mais arborizados e com áreas livres apresentaram menores temperaturas. Em contrapartida, os pontos nos quais havia maior ocupação, solo pavimentado e construções eram os mais quentes. Isso configura ilha de calor noturna nesses pontos (ROCHA; SOUZA; CASTILHO, 2011).

Na mesma direção apontada por Rocha, Souza e Castilho (2011), McCarthy, Best e Betts (2010), avaliaram o impacto da emissão de gás carbônico na atmosfera e da urbanização nas ilhas de calor urbanas. Os britânicos concluem que locais com maior

emissão de gás carbônico e, principalmente, com maior densidade demográfica, têm maior presença de ilhas de calor à noite.

Utilizando o estudo de caso de Tehran, capital do Irã, Arabi e colaboradores (2009) tratam sobre o histórico do processo de urbanização e a consequência desse processo para determinados indivíduos. A partir disso, os autores afirmam que todas as cidades causam certa alteração climática. O espraiamento urbano de Tehran provocou a remoção de vegetais, os quais foram substituídos por construções com materiais de pouca reflectância. Por consequência disso, a maneira na qual o calor é absorvido, armazenado, liberado e dispersado foram alteradas, e a temperatura da área urbana foi aumentada.

Há, por fim, evidências de relação entre a poluição do ar e certas doenças respiratórias e pulmonares, muito comuns em locais industrializados (KELLY; FUSSEL, 2015). McDermott (1961), citado por Ayoade (1986), demonstrou que, quanto maior a cidade, maior incidência de bronquite.

## 2.3 TRANSFORMAÇÕES NO ESPAÇO URBANO E O CASO DE BELO HORIZONTE

Como disse Lefebvre, o urbano é “o lugar de expressão dos conflitos” (LEFEBVRE, 1958, *apud* PAULA, 2006). A cidade concentra diferentes atores, os quais têm interesses diversos; o que muitas vezes pode gerar conflitos de ação coletiva. As questões relacionadas à gestão ambiental dentro do ambiente urbano carregam consigo as marcas desses conflitos.

Sabe-se que as cidades brasileiras se apresentam em um cenário de crise intensa, desde sua fundação (FAORO, 2001; MARICATO, 2001; MAZONI ANDRADE, 2016), e são enormes os desafios à sustentabilidade nesse espaço (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008). O legado da exploração

portuguesa, a gênese deficitária do nosso país e o histórico de expatriação ininterrupta do excedente engendraram um cenário de crise (DEÁK, 2010). Ainda, o crescimento desenfreado das cidades gerou vários problemas que se fazem presentes nessa crise:

“O próprio processo de expansão urbana nas últimas quatro décadas, fruto de um intenso êxodo rural e de disparidades regionais de renda, determinou a ocupação desordenada do solo pelas populações de baixa renda migrantes, que, em seguida, passaram a pressionar os governos pela implantação de todas as infra-estruturas sociais.” (ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008, p. 172).

Belo Horizonte não é exceção à regra, seguindo fielmente o fio condutor da política urbana no Brasil – cenário caracterizado, conforme expõem Mazoni Andrade e Gonçalves (2017), por um movimento pendular entre avanços em alguns períodos e retrocessos e descontinuidades em outros.

Planejada para ser a capital de Minas Gerais e romper com o passado representado pela antiga capital, Ouro Preto, em termos econômicos, políticos e arquitetônicos, a cidade foi anunciada em jornais de todo o país como um marco no urbanismo brasileiro – um espaço novo, pensado e executado com precisão de detalhes (MOURA, 1994; DUARTE, 2007):

Havia três áreas delimitadas pelo plano original de Belo Horizonte: (i) a zona urbana, o traçado ortogonal de ruas e avenidas, o Parque Municipal, praças, edificações públicas e a Avenida Afonso Pena; (ii) a zona suburbana, que seria a futura área de expansão, separada da zona urbana pela Avenida do Contorno – à época, chamada de Avenida 17 de Dezembro; e (iii) a zona rural, destinada a ser o “cinturão verde” da cidade (DUARTE, 2007).

Refletindo o mote do pensamento urbano à época de sua fundação, o acesso à zona urbana da cidade viria a ser regulado pelo mercado, focado numa população tida como adequada à cidade. Assim, grande parte dos terrenos foi leiloada. Outros terrenos foram doados ou vendidos a funcionários públicos – motivo pelo qual há, ainda hoje, um bairro chamado de

Funcionários –, mas os habitantes mais pobres não tinham lugar ali (MOURA, 1994):

“A planta da cidade tinha um efeito segregacionista, dividindo a cidade em uma zona urbana e núcleo central da cidade (cujo eixo era a Avenida Afonso Pena), uma zona suburbana e uma área rural. Nesse sentido, delimitava-se muito claramente uma hierarquia de espaços por onde se dividiam pessoas e habitações. As populações pobres viviam para além dos limites da Avenida do Contorno, numa área considerada perigosa e insalubre, com sua paisagem de matos ralos entrecortados por humildes cafuas, contrapondo-se quase como uma não-cidade em relação aos espaços centrais e planejados, num exílio espacial coerente com a exclusão do exercício da cidadania efetiva.” (DUARTE, 2007, p. 27).

O *modus operandi* da política urbana à época era marcado por iniciativas restritas, com ações voltadas para o embelezamento e para melhorias voltadas para áreas nobres das cidades (BRASIL; CARNEIRO, 2009; Maricato, 2001). Como afirmam Brasil e Carneiro (2009), essas ações mostravam-se alijadas de premissas como inclusão social, cidadania e direito à cidade.

Dessa forma, o espaço central da cidade permaneceu vazio, pois a ocupação dos espaços suburbano e rural deu-se em maior intensidade. A zona rural deixou de prestar à sua função original de preservação de área verde e passou a ser uma extensão da crescente zona suburbana. A intenção dos idealizadores do espaço da capital era promover uma ocupação que começasse na área central. Todavia, o mercado imobiliário estava subvertendo tal intenção. O Censo realizado em 1912 mostra que 68% dos 39 mil habitantes de Belo Horizonte vivem fora do espaço delimitado pela Avenida do Contorno. Esse mesmo censo mostra ainda que um quarto das habitações na cidade era precárias (MOURA, 1994).

Nascem simultaneamente favelas, sobrados neoclássicos e edifícios públicos monumentais; ruelas e grandes avenidas; subúrbio e centro. Ainda hoje percebem-se as características básicas do espaço urbano daquela época, baixa densidade de ocupação, áreas vazias equipadas, intensa atividade imobiliária e

a ação estatal na produção do espaço para determinados fins (MOURA, 1994).

Elucidando essa discussão, Teresa Pires do Rio Caldeira afirma que “As regras que organizam o espaço urbano são basicamente padrões de diferenciação social e de separação” (CALDEIRA, 2000). Em suma:

“É impossível esperar que uma sociedade como a nossa, radicalmente desigual e autoritária, baseada em relações de privilégio e arbitrariedade, possa produzir cidades que não tenham essas características.” (MARICATO, 2001, p. 51).

Na área central, observava-se curiosa homogeneidade de residências e sobrados recém-construídos nas ruas arborizadas e numeradas logicamente. Nesse mesmo local, os bondes circulavam. A área da confluência das linhas de bonde é, até hoje, o símbolo da centralidade belo-horizontina: O cruzamento de Afonso Pena com Bahia (MOURA, 1994).

Dados dos censos do IBGE mostram que houve momentos em que o crescimento populacional chegou à casa dos 412%, durante o período subsequente ao término da Primeira Guerra Mundial, poucos anos após sua inauguração, entre os anos de 1900 e 1920 (MAZONI ANDRADE, 2016).

Em meados da década de 30 do século passado, criou-se a área industrial do Barro Preto. Incentivos fiscais e tarifas reduzidas de energia elétrica levaram empresas para lá, juntamente da elitização desse espaço. Os moradores de lá são removidos para o Bairro da Concórdia – cujo próprio nome demonstra a marca dessa remoção (MOURA, 1994).

Durante as décadas de 1930 e 1940, Belo Horizonte passa por um processo de grande crescimento urbano, quase todo em loteamentos externos ao perímetro da Avenida do Contorno. Nesse período, a chamada Era Vargas, as ações do Estado brasileiro no setor de habitação eram marcadamente populistas. Como reflexo disso, a administração municipal doou terrenos para entidades filantrópicas, religiosas e

culturais na tentativa de induzir a ocupação das áreas centrais (BONDUKI, 1994; MOURA, 1994).

Nesses anos, o espaço belo-horizontino é, então, um espaço altamente diferenciado, estendido, fruto de um aumento significativo e constante da população, que cresce a taxas médias de 7% e 6,1% ao ano nas décadas de 50 e 60. O crescimento espacial baseou-se no processo de industrialização e nas intervenções públicas estruturadoras da ocupação, além da atuação do capital imobiliário. Nesse período, então, a ação do Estado brasileiro buscava melhorias nas condições de vida dos trabalhadores urbanos, encampando intervenções relacionadas à previdência e assistência social, educação, alimentação e habitação (BRASIL; CARNEIRO, 2009). Dentre as ações relacionadas a esse último setor, além das iniciativas de provisão de unidades habitacionais subsidiadas, o congelamento dos aluguéis e a regulamentação das relações de inquilinato fizeram parte da gramática varguista nas intervenções no setor de habitação (BONDUKI, 1994).

Ainda, as ações do Estado em suas políticas públicas urbanas acabaram agravando algumas das deficiências da cidade. As premissas de saneamento e embelezamento das cidades, muito em voga à época, acabaram focadas em determinados lugares – geralmente próximos à área central e ou próximos à área em que se concentrava a maior proporção de pessoas com maior renda –, resultando em segregação sócio-espacial, desigualdades e concentração da pobreza nas periferias (MARICATO, 2001; ALMEIDA; BASTOS; MALHEIROS, 2008).

Tal fenômeno também foi observado a partir da década de 40, quando o espraiamento da cidade seguiu duas orientações: Norte, seguindo a Avenida Antônio Carlos até a Pampulha, lócus da ocupação residencial e de lazer e cultura de alto padrão; e oeste, com a criação da Cidade Industrial, onde a habitação dos operários transformou-se em um problema,



contrastavam muitos vazios urbanos e loteamentos feitos sem critérios urbanísticos.

Nos anos 50, crescem os loteamentos. Não obstante, isso não faz crescer a ocupação – para cada lote ocupado, havia 2,5 lotes vazios. A questão habitacional transforma-se, então, em um catalisador de movimentos sociais, como a invasão de terras, e do processo de favelização, alternativa de moradia perto dos locais de trabalho. Ainda, o preço da terra afastava os mais pobres do acesso a ela (MOURA, 1994).

A despeito da existência de inversões públicas em infraestrutura urbana – típicas de cenários como o Plano de Metas de JK, que pretendia fazer com que o país avançasse 50 anos em 5 –, não se observaram grandes melhorias no que tange à política habitacional nesse período. Refletindo a ausência de investimento estatal em habitação, crescem nesse período as iniciativas do setor privado – e as políticas de governo acabavam por privilegiar, mais uma vez, os interesses dos empresários. Para aqueles que não podiam acessar o mercado imobiliário, restava a informalidade – e o que se observa a partir desse momento é a intensificação do processo de favelização e ampliação da percepção de problemas urbanos (BERNARDES, 1986).

Na década de 60, a favela se torna questão policial, focando-se em sua erradicação. Entre os anos 60 e 70, o processo de industrialização suportado pelo investimento público, guiado pelo capital imobiliário, determina a dinâmica do crescimento metropolitano para o eixo Oeste, induzindo um crescimento urbano com forte ímpeto, nas palavras de Cano (1989). Ainda, o acesso à terra continua restrito à atuação do setor privado – sobretudo a partir da ascensão dos militares ao poder, quando é extinta a Fundação da Casa Popular, criada em 1946, e é criado o Banco Nacional da Habitação (BNH), em 1964. Isso se daria porque o modelo de política habitacional era considerado pelos

burocratas do regime como “verdadeiras doações”, vindo a chocar-se com as diretrizes em voga (FAGNANI, 1997).

A partir da década de 1970, algumas iniciativas podem ser lidas, como afirmam Brasil e Carneiro (2009), “como ensaios na direção de uma política urbana de cunho compreensivo”, como a criação de uma comissão e um conselho na área de política urbana e desenvolvimento urbano. “Entretanto”, destacam os mesmos autores, “esvaziados de poder efetivo, tais órgãos não lograram assumir o papel de coordenação das políticas urbanas federais, pensado para eles” (BRASIL; CARNEIRO, 2009). Durante essa década, então, o esgotamento do ciclo de expansão da economia brasileiro, conhecido como “milagre econômico”, em consonância àquilo que dizem vários dos pensadores do espaço urbano brasileiro, Brasil e Carneiro (2009) destacam que “o aprofundamento das desigualdades sociais desvela a cidade como um lugar privilegiado e objeto dos conflitos sociais”.

Nesse período, reforçam-se a segregação e a elitização de espaços centrais e melhor estruturados, como o Centro da capital. Assim, o planejamento feito em Belo Horizonte sedimentou a diferenciação socioespacial. Prevalecem três tipos principais de loteamentos: (i) loteamentos de recreio, condomínios fechados, seguros e exclusivos; (ii) padrão médio de loteamento, em áreas valorizadas; e (iii) loteamentos populares, espaços de baixa qualidade. Esse último tipo cresce ao longo dessa década, nas periferias. Enfim, o planejamento urbano teve como consequência um processo de estruturação metropolitana de falta de qualidade, conduzido pelo capital privado e condicionado à atuação – por vezes ineficaz - do Estado (MOURA, 1994).

A partir da década de 80, introduz-se uma legislação mais severa. Somam-se a isso a conjuntura de crise econômica – a chamada “Década Perdida” – e elevação do preço da terra para reduzir-se a produção

de loteamentos. Esse período é caracterizado pelas tentativas de estabilização macroeconômica nos tempos de crise, pela promulgação da Constituição de 1988 e por certo hiato pensamento urbano brasileiro, conforme afirma Monte-Mór (2008). Em síntese, “Os anos 1980 marcam-se pela crise fiscal do Estado e assistem ao esvaziamento do planejamento e da política urbana no país, bem como à revisita crítica de suas práticas” (BRASIL; CARNEIRO, 2009).

A despeito dos avanços trazidos pela Constituição de 1988 – sintetizados na mobilização popular que culmina na promulgação da “Constituição Cidadã”, na inovação no tratamento da propriedade, com a noção de “função social da propriedade”, e com sua preocupação com os direitos sociais (MONTE-MÓR, 2008) –, o governo de Fernando Collor foi marcado por grande embate entre os poderes Executivo e Legislativo (FAGNANI, 1997). Isso justifica a demora na aprovação dos textos de várias leis complementares, incluindo aquela que viria a ser chamada, anos mais tarde, de Estatuto da Cidade, regulando o capítulo da Constituição que trata de política urbana. Além disso, conforme elucida Fagnani (1997), no governo Collor a área de habitação foi caracterizada por uma forte centralização do processo decisório. Os recursos eram concedidos aos municípios de maneira pulverizada, com base em relações clientelistas.

Nesse contexto, as dificuldades no controle do parcelamento nos municípios nos quais se deu maior expansão metropolitana fez com que os loteamentos deslocassem para áreas ainda mais distantes, como Ribeirão das Neves e Igarapé. Esses loteamentos depararam com a precariedade de municípios incapazes de receber um acréscimo tão elevado de população (MOURA, 1994).

Hoje, as regiões mais valorizadas de Belo Horizonte têm sido verticalizadas; as casas dão lugares à concentração do setor terciário e aos prédios

fortificados. Em outros locais, perduram as ocupações antigas, num contraste de áreas especializadas e modernas e áreas deterioradas com baixa densidade construtiva. Engendra-se uma nova centralidade frente às demandas contemporâneas. Verificam-se, ainda, intervenções nos espaços e edificações públicas na área central.

Como consequência perversa desse processo de adensamento, aponta-se o agravamento da questão habitacional: Adensa-se a periferia. Para a população pobre, vê-se a autoconstrução de baixa qualidade e baixa segurança ou a habitação dita alternativa – invasões, encortiçamento, favelização, aumento de população de rua, dentre outros. Tem-se, enfim, o pior de dois mundos: De um lado, lotes caros vazios; do outro, as crescentes favelas e suas péssimas condições ambientais, sanitárias e habitacionais e ausência de acesso a equipamentos de uso coletivo.

Por trás de tudo isso, no que tange ao clima urbano, a organização espacial da capital mineira impõe-lhe desafios ambientais. Como alerta Assis:

“A maioria dos aglomerados [na capital mineira] localiza-se em fundos de vale, sujeitos a inundações periódicas, ou em áreas de topo com alta declividade, sob risco de constantes deslizamentos.” (ASSIS, 2010, p. 71).

Além disso, de acordo com o mesmo autor, as condições de relevo contribuem para diferenciações climáticas e para a exacerbação de fenômenos climáticos como ilhas de calor e concentração de poluentes.

### 3 METODOLOGIA

O primeiro passo para a realização deste trabalho foi a obtenção dos dados. Foram extraídos dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível na *internet*, esse banco de dados contém dados diários e mensais de séries históricas, desde 1961, de várias estações meteorológicas

distribuídas em todo o território nacional. Várias variáveis podem ser obtidas nesse banco, como precipitação ocorrida nas últimas 24 horas, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar, pressão atmosférica ao nível da estação, insolação, direção e velocidade do vento (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2016).

Como o objetivo do trabalho é avaliar os efeitos da urbanização de Belo Horizonte sobre suas condições climáticas, uma das estações escolhidas para essa análise foi a de “Belo Horizonte”. Para comparação, foi escolhida a estação “Ibirité”. Como não é possível voltar no tempo e retornar às condições ambientais anteriores ao início da urbanização em Belo Horizonte, a construção de um cenário para comparação – ou um contrafactual, como é chamado pela literatura sobre avaliações de impacto – buscou uma área que possuísse condições de declividade, relevo, arborização e localização as mais próximas possível às da capital mineira, de forma com que a única diferença entre as duas áreas fosse a urbanização.

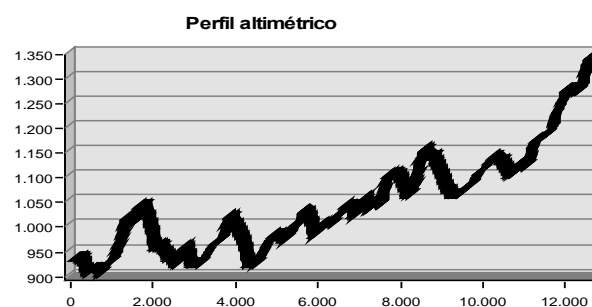
Ambas as estações se localizam dentro do município de Belo Horizonte. A estação “Belo Horizonte” está na região central da cidade (na coordenada Lat-Long - 19.934167°; -43.952222°), a 915 m de altitude; enquanto a estação Ibirité encontra-se na borda da capital com o município de Ibirité (na coordenada Lat-Long -20.031457°; -44.011249°), a sudoeste da área central, com altitude de 1.199 m.

Ambas as áreas onde localizam-se as estações se caracterizam pela transição entre sistemas atmosféricos típicos de regimes tropicais – caracterizados por períodos seco e úmidos definidos, típicos do Sudeste brasileiro – e os subtropicais – permanentemente úmidos, típicos da região Sul do Brasil. Além disso, a estação Ibirité localiza-se dentro

de uma unidade de conservação; a saber, a Área de Proteção Ambiental (APA) Sul.

As áreas também se encontram num contexto geomorfológico caracterizada por altitudes elevadas – o denominado Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste (ASSIS, 2010). A Figura 1, em página à frente, traz um mapa hipsométrico da área, obtido a partir de análise de uma imagem de satélite Landsat; e a Figura 2, mostrada abaixo, traz o perfil altimétrico traçado pelo *software* ArcGIS no sentido Estação “Belo Horizonte” a Estação “Ibirité”.

Figura 2 - Perfil altimétrico de um segmento traçado entre as duas estações



Fonte - Próprio autor.

Foram obtidos dados diários de janeiro de 1961 até dezembro de 2014 – a última data para a qual são disponíveis dados para a estação de Ibirité. As variáveis escolhidas foram temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, umidade relativa do ar e nebulosidade.

Para avaliar as diferenças nos parâmetros, foram feitos testes de significância para duas médias. Basicamente, o objetivo de um teste como esse é “avaliar afirmações feitas a partir de médias” (STEVENSON, 1981). No caso de um teste de médias em duas amostras, como será feito, é utilizado para “decidir se as duas médias de duas populações [ou de dois conjuntos de dados] são iguais” (STEVENSON, 1981). A partir disso, pode-se afirmar se as diferenças observadas são reais ou meramente casuais.

Voltando-se ao teste estatístico, Triola (2001) preconiza a necessidade de explorar os dados antes de iniciar um teste de hipótese. Assim, a partir da obtenção desses dados, foram feitos quatro procedimentos, a saber:

- (i) encontrar estatísticas descritivas para cada um dos conjuntos de dados, incluindo o número de ocorrências ( $n$ ), média e desvio padrão, mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações sobre o conjunto de dados

Estação	$n$	Média	Desv. Pad.
Temperatura do bulbo seco - Belo Horizonte	53.923	22,5288	3,6556
Temperatura do bulbo seco - Ibirité	43.699	22,8017	4,2764
Temperatura do bulbo úmido - Belo Horizonte	53.291	18,3973	2,5477
Temperatura do bulbo úmido - Ibirité	43.688	19,2914	3,2195
Umidade relativa do ar - Belo Horizonte	53.920	65,9900	16,3567
Umidade relativa do ar - Ibirité	43.643	71,8765	16,3476
Nebulosidade - Belo Horizonte	53.896	5,1300	3,6440
Nebulosidade - Ibirité	43.668	4,6626	3,9283

Fonte - BDMEP, 2018.

- (ii) criar gráficos do tipo *boxplot* dos dois conjuntos de dados, na mesma escala, para permitir comparações gráfica das estatísticas, como vê-se à frente nos Gráficos 1, 2, 3 e 4.

Gráfico 1 - Temperatura do bulbo seco



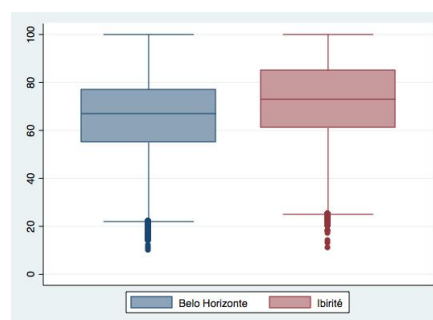
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 2 - Temperatura do bulbo úmido



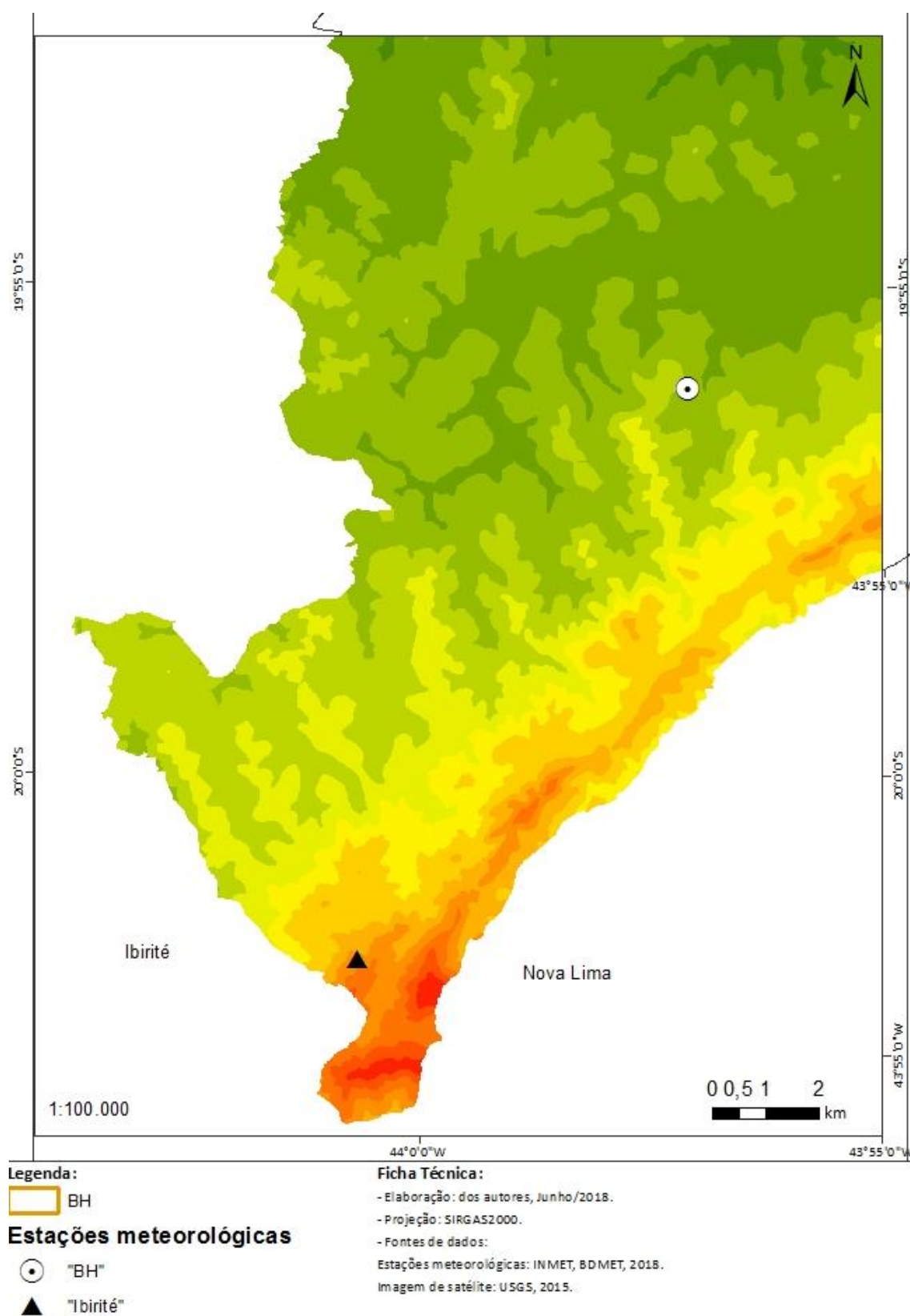
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 3 - Umidade relativa do ar



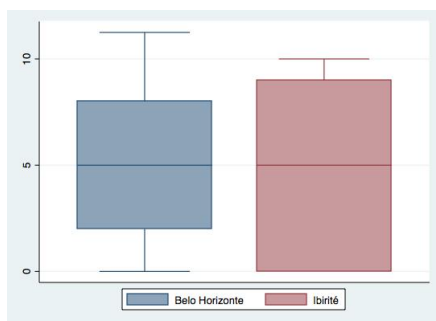
Fonte - BDMEP, 2018.

Figura 1 - Localização das estações meteorológicas dentro dos limites do município de Belo Horizonte, em relação à altimetria do terreno



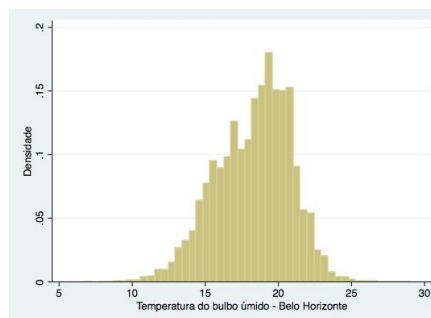
Fonte - Próprio autor.

Gráfico 4 - Nebulosidade



Fonte - BDMEP, 2018.

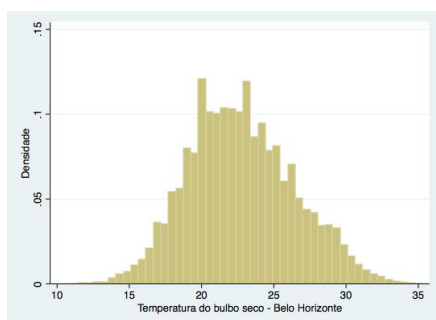
Gráfico 7 - Temperatura do bulbo úmido – Belo Horizonte



Fonte - BDMEP, 2018.

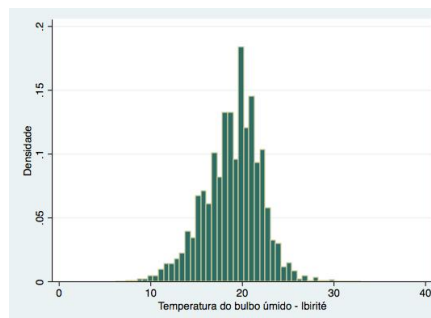
- (iii) gerar histogramas dos dois conjuntos de dados, para comparar as distribuições, apresentados nos Gráficos 5 a 12:

Gráfico 5 - Temperatura do bulbo seco – Belo Horizonte



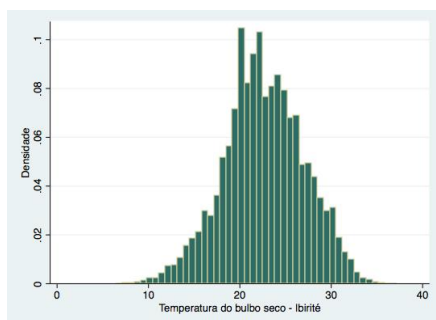
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 8 - Temperatura do bulbo úmido – Ibirité



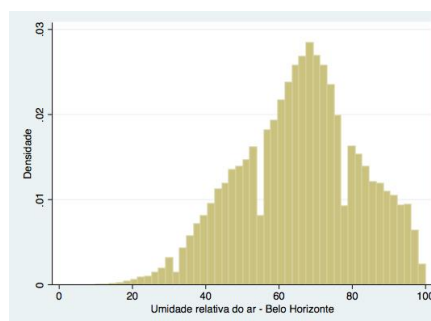
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 6 - Temperatura do bulbo seco – Ibirité



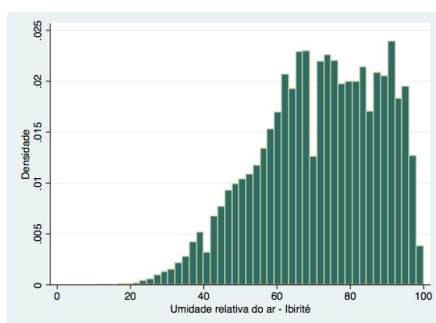
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 9 - Umidade relativa do ar – Belo Horizonte



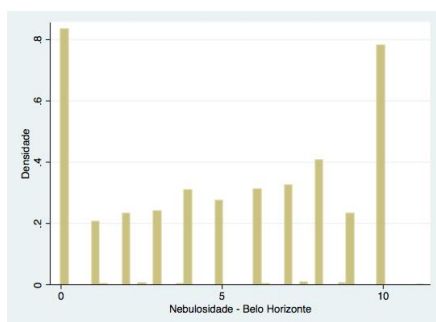
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 10 - Umidade relativa do ar – Ibirité



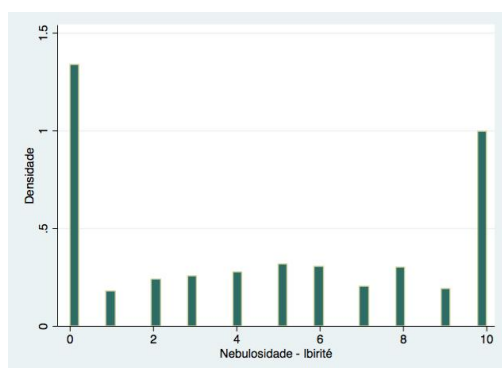
Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 11 - Nebulosidade – Belo Horizonte



Fonte - BDMEP, 2018.

Gráfico 12 - Nebulosidade – Ibirité



Fonte - BDMEP, 2018.

- (iv) identificar comportamentos fora das curvas – ou *outliers*, como diz a literatura em língua inglesa (TRIOLA, 2001). De modo geral, a

análise dos gráficos mostrou alguns valores fora dos limites – como os vários valores 0, em razão dos erros de medição, encontrados e corrigidos.

Depois da análise das estatísticas descritivas, é possível fazer os testes estatísticos, em si. A partir desse ponto, Triola (2001) preconiza a realização de mais cinco procedimentos:

- (v) Estabelecer a hipótese nula ( $H_0$ ) – tal que as médias ( $\mu$  e  $\mu_0$ ) de cada conjunto sejam iguais – e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) – tal que as médias sejam diferentes;

$$H_0 : \mu = \mu_0$$

$$H_1 : \mu \neq \mu_1$$

- (vi) Estabelecer um nível de significância de 99%, definido arbitrariamente, tal que  $\alpha = 0,01$ .
- (vii) Escolher a distribuição a ser empregada. Como as amostras são grandes e independentes, será utilizada a distribuição normal, conforme ensina Stevenson (1981);
- (viii) Calcular a estatística de teste, Z. Como as variâncias ( $\sigma$ ) de cada variável são conhecidos, como ensina Stevenson (1981), de acordo com a Equação 1.

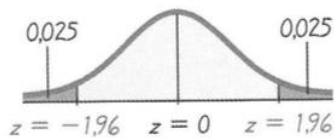
$$Z = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{\sqrt{\sigma_1^2 / n_1 + \sigma_2^2 / n_2}} \quad (1)$$

em que Z é a estatística de teste, a ser comparada ao *P-value*; X e Y as médias de cada mostra;  $\sigma$  a variância de cada grupo e n o número de observações em cada amostra.

- (ix) Interpretar o resultado da estatística de teste, comparando-o ao valor crítico dado pela Tabela da Distribuição Normal, trazida por livros-texto de estatística e disponível para

consulta na *internet*<sup>2</sup>. O P-value será obtido a partir da divisão de  $\alpha$  por dois – por causa das duas caldas da curva de sino. No caso, para  $\alpha = 0,01$ , o valor Z encontrado na tabela é 2,575. Se o valor Z estiver dentro da área definida pelo P-value – também chamada de área de aceitação –, aceita-se que a hipótese nula ( $H_0 : \mu = \mu_0$ ) seja verdade; em outras palavras, as médias são iguais e não há impacto. Se o valor Z estiver fora da área definida pelo P-value obtido na tabela, diz-se que está na área de rejeição (a área riscada no esquema abaixo, mostrado na Figura 3). Logo, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a alternativa. Em outras palavras, reconhece-se que as médias sejam diferentes, indicando efeitos da urbanização sobre o parâmetro climático analisado.

Figura 3 - Histograma apresentado região de aceitação para  $\alpha = 0,05$



Fonte - TRIOLA (2001, 373) – adaptado.

#### 4 RESULTADOS

O teste estatístico descrito acima foi realizado, no *software* Excel, para cada uma das quatro variáveis. Os resultados dos testes serão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados do teste de médias para o P-value de -2,575 e 2,575

Parâmetro	Z (estatística de teste)	Resultado do teste de hipótese
Temperatura do bulbo seco	-2,6121	Fora da região de aceitação → <i>médias diferentes</i>
Temperatura do bulbo úmido	-15,5821	Fora da região de aceitação → <i>médias diferentes</i>
Umidade relativa do ar	-3,4161	Fora da região de aceitação → <i>médias diferentes</i>
Nebulosidade	4,9429	Fora da região de aceitação → <i>médias diferentes</i>

Fonte – Do autor.

Corroborando a hipótese apresentada por autores como Ayoade (1986), Assis (2010), Taha (1997), Rocha, Souza e Castilho (2011), Viana e Amorim (2006), McCarthy, Best e Betts (2010) e Arabi e colaboradores (2009), os resultados do teste estatístico de médias permitem afirmar que a urbanização traz, sim, impactos sobre os processos termodinâmicos que envolvem a superfície e a baixa atmosfera no espaço urbanizado de Belo Horizonte, o que se explica pela presença de médias diferentes para os dados extraídos de cada estação.

Em outras palavras, as alterações antrópicas sofridas pelo ambiente em Belo Horizonte – devido ao seu processo de urbanização –, parecem fazer com que as médias dos parâmetros tratados sejam

<sup>2</sup> A Tabela da Distribuição Normal pode ser consultada no endereço [http://wiki.icmc.usp.br/images/f/f9/Tabela\\_Normal.pdf](http://wiki.icmc.usp.br/images/f/f9/Tabela_Normal.pdf).



estatisticamente diferentes das médias em Ibirité, sem considerarmos as diferenças paisagísticas externas aos dados obtidos, como altitude, relevo, circulação do ar e uso e ocupação do solo nas adjacências das estações.

Em seus estudos, Landsberg (1970) calcula que, na média, a umidade relativa do ar na área urbana é 6% menor que na zona rural. Em Belo Horizonte, como se vê na comparação entre os gráficos a umidade relativa do ar é 8,19% menor. Isso possivelmente deve-se às alterações em corpos d'água que vêm sendo feitas na cidade, como canalização e cobertura para construção de avenidas sanitárias, e à supressão de vegetação.

A despeito da redução da umidade relativa do ar, Ayoade (1986) e Landsberg (1970) afirmam que a nebulosidade aumenta nas áreas urbanas – Landsberg estima que isso se dê na casa dos 5 ou 10% a mais. Como pode ser visto nos gráficos 11 e 12, corroborando a teoria, o caso estudado, observa-se nebulosidade 10,02% maior na área urbana.

Todavia, ao se compararem os resultados às alterações estimadas por Landsberg (1970) para a temperatura, há discrepâncias que não podem ser explicadas por este trabalho. Por exemplo, o autor estimava que a temperatura na área urbana seria 0,5 a 1,0°C superior à zona rural. Em Belo Horizonte, observaram-se médias de temperaturas inferiores às de Ibirité, não obstante as amplitudes sejam diferentes – sendo a da temperatura em Belo Horizonte maior que a de Ibirité.

Em suma, a despeito da ocorrência de ilhas de calor – fenômeno descrito por vários dos autores citados aqui, como Taha (1997) e Rocha, Souza e Castilho (2011), e explicado pelo aumento de calor em áreas urbanizadas a partir da concentração de ar quente nessas áreas, condição que dificulta a evaporação e reduz a dispersão de poluentes atmosféricos – a diferença observada entre as médias possivelmente possa ser explicada pela existência de maior

sombreamento na área urbana, o que reduz a incidência de raios solares e reduz o aquecimento das superfícies. À época em que procedeu suas pesquisas, Landsberg (1970) talvez ainda não tivesse se deparado com um padrão de verticalização presente hoje nas maiores cidades e nem com o fenômeno das ilhas de calor em si.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção do texto propõe-se à discussão de considerações finais do trabalho. Busca-se, assim, uma síntese de seus alcances e desafios, bem como uma indicação de lacunas a serem posteriormente preenchidas.

Inicialmente, faz-se relevante discutir o problema de pesquisa. A literatura sobre climatologia vem apontando para os impactos que a urbanização traz sobre o ambiente. A riqueza e a profundidade dessas questões fizeram emergir uma vertente própria de estudo dentro da climatologia, a saber, o clima urbano. Diante disso, este trabalho propôs-se a avaliar se os impactos previstos pela literatura estavam presentes no caso da cidade de Belo Horizonte.

Para tanto, foi realizado um teste estatístico de médias, utilizando dados do BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia. Os dados de temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, umidade relativa do ar e nebulosidade foram obtidos para duas estações meteorológicas, em Belo Horizonte (área urbana) e Ibirité (zona rural). Foi realizado um teste de médias para verificar se elas são estatisticamente iguais – caso o fossem, refutar-se-iam as teorias que tratam dos impactos da urbanização sobre o clima.

Dessa forma, corroborando a hipótese apresentada, os resultados do teste estatístico de médias permitem afirmar que a urbanização traz, sim, diferenças nos valores dos quatro parâmetros analisados. As médias de todos eles são diferentes, o que sugere a

possibilidade de impacto da urbanização. Ainda, – com exceção dos dados para temperatura – os resultados obtidos encontram-se afinados à estimativa feita por Landsberg (1970) acerca das diferenças em parâmetros climáticos trazidas pela urbanização. Há, contudo, que se ponderar o efeito das diferenças paisagísticas externas aos dados obtidos sobre o clima, como altitude, relevo, circulação do ar e uso e ocupação do solo nas adjacências das estações de coleta de dados climatológicos – o que ainda não foi possível de se fazer, mas que consiste em uma boa estratégia de continuidade deste trabalho.

Diante dos resultados expostos, apresenta-se a imperiosa necessidade de se repensar a prática do planejamento urbano e regional, de forma a possibilitar a todos o acesso a um meio ambiente ecologicamente equilibrado – o que é preconizado por nossa carta constitucional, em seu artigo 225. Assim, a agenda de melhorias no planejamento do desenvolvimento nas cidades envolve o entendimento dos impactos que a urbanização traz ao clima – o que, por sua vez, traz consequências à vida nas cidades. Além do monitoramento de poluição e ações de fiscalização, faz-se necessário – conforme afirmam Kelly e Fussell (2015) – utilizar a correta informação climática para formulação de políticas públicas efetivas e eficientes.

Algumas soluções podem ser elencadas, mesmo à guisa de uma conclusão. Zhouri e Laschefski (2010) apontam para as possibilidades via modernização ecológica – através, por exemplo, da substituição de produtos cancerígenos e técnicas de tratamento de água e esgoto, dentre outros – e regulação do Estado. Além disso, discute-se a importância da arborização urbana no controle de condições higrótérmicas mais confortáveis, a despeito de seus desafios (DUARTE; SERRA, 2003).

Ainda, apesar de os dados para Belo Horizonte não indicarem um aquecimento maior em decorrência da

urbanização – o que pode ser devido à verticalização e ao consequente sombreamento – há diversas técnicas construtivas sustentáveis, que apresentam preocupações com a qualidade ambiental. Um exemplo disso é a construção de telhados verdes.

Belo Horizonte – que é apelidada de Cidade Jardim – possui alguns avanços na seara da gestão ambiental. A cidade é tida como uma das que possuem maior quantidade de parques e áreas de preservação ambiental em área urbana. Dados do IBGE mostram que a capital mineira é a terceira cidade mais arborizada do país. Ainda, há vários parques espalhados pela cidade – o que é um fator positivo, conforme Duarte e Serra (2003), que ensinam que a existência de vários parques de pequeno porte tem maior efeito nas condições atmosféricas que a existência de um parque de grandes proporções.

No entanto, há desigualdade na distribuição dessas manchas verdes, seguindo a regra da segregação espacial nas cidades brasileiras, num caminho do qual Belo Horizonte não conseguiu se desviar – o que acaba dificultando o acesso a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Outro aspecto diz respeito às pressões sofridas por essas áreas verdes – sobretudo no que tange aos interesses imobiliários. Há vários conflitos hoje na cidade em torno dessas questões, que demandam uma intervenção responsável do Estado.

Por fim, destacam-se algumas lacunas que permanecem em aberto. Os dados utilizados nesta pesquisa – apesar de terem relevância, confiabilidade, validade e historicidade – não dispõem de perfeita desagregação e grau de cobertura. Em outras palavras, os dados utilizados não podem ser desagregados por regiões nos dois municípios analisados, e nem cobrem toda a extensão dessas unidades. Dessa maneira, uma forma de robustecer os resultados desse trabalho seria a utilização de dados desagregados – por exemplo, dados primários

obtidos em áreas específicas desses dois municípios. Outra questão, tal qual se comenta acima, é a

necessidade de se ponderarem os resultados com vistas às diferenças paisagísticas existentes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R.; BASTOS, A. C. S.; MALHEIROS, T. M.; SILVA, D. M. (orgs.) **Política e planejamento ambiental**. 3. ed. Rio de Janeiro: THEX, 2008.
- ARABI, R. *et al.* Mitigating the Urban Heat Island Effect: Some Points without Altering Existing City Planning. **European Journal of Scientific Research**, 35 (2), 204-216. 2009.
- ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano no município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial**. 299 p., 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Trad. Por Maria Juraci Zani dos Santos. São Paulo: DIFEL, 1986.
- BERNARDES, L. Política urbana: uma análise da experiência brasileira. **Análise e Conjuntura**. v. 1, n. 1, jan/abr. pp. 83-119, 1986.
- BRASIL, F. P. D.; CARNEIRO, R. Políticas de Habitação de Interesse Social: avanços e percalços na trajetória de construção do direito à cidade. In: FERREIRA, M. A. M. (Org.). **Administração pública, economia solidária e gestão social**: limites, desafios e possibilidades. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 281-305, 2014.
- BRASIL, F. P. D.; CARNEIRO, R. Os caminhos (e descaminhos) da democratização das políticas urbanas: o que há de novo no Brasil contemporâneo? **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**. São Paulo, v. 55, p. 11-42, 2009.
- BDMEP - **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. 2018.
- BONDUKI, N. G. Origens da habitação social no Brasil. **Análise Social**. vol. XXIX. pp. 711-32, 1994.
- CALDEIRA, T. P. R.. **Cidade de muros**: crime, segregação e cidadania em São Paulo. São Paulo: Ed. 34 / Edusp, 400 p., 2000.
- CANO, W. Urbanização: sua crise e revisão de seu planejamento. **Revista de Economia Política**, v. 9, pp. 62-82, 1989.
- CHAMPS, J. R. Uma nova concepção para a drenagem urbana. In: LISBOA, A. H.; GOULART, E. M. A.; DINIZ, L. F. M. (org.) **Projeto Manuelzão**: a história da mobilização que começou em torno de um rio. Belo Horizonte: Instituto Guaicuy, pp. 85-94, 2008.
- CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4. ed. São Paulo: Ática, 94p., 2002.
- DEÁK, C. Introdução. In: DEÁK, C.; SCHIFFER, S. (orgs.) **O processo de urbanização no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Edusp, pp. 9-18, 2010.
- DUARTE, R. H. À sombra dos fícus: cidade e natureza em Belo Horizonte. **Ambiente & Sociedade**. v. X, n. 2 p. 25-44 jul.-dez. 2007.
- DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**. v. 3, n. 2. pp. 7-20. abr/jun 2003.
- FAGNANI, E. Política social e pactos conservadores no Brasil: 1964/92. **Economia e Sociedade**. Campinas, n. 8, pp. 183-238, 1997.
- FAORO, R. **Os donos do poder**: formação do patronato político brasileiro. 3a ed. Rio de Janeiro: Globo, 947 p., 2001.
- FRANCISCO, R. C. A. **Clima urbano**: um estudo aplicado a Belo Horizonte, MG. 122 p., 2012. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, UFMG.
- FREITAS, M. K.; LOMBARDO, M. A. O Uso de Imagem Termal Gerada pelos Satélites da Série LANDSAT e NOAA para Estudo de Ilha de Calor: estudo de caso de SP. **Geografia**, v. 32, n. 3, 2007.
- FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. J. **Economia Espacial: urbanização, prosperidade econômica e desenvolvimento humano no mundo**. São Paulo: Futura, 391p., 2002.
- IANNI, O. **Teorias da Globalização**. 4. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 225 p., 1997.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para**

**Ensino e Pesquisa.** Sítio virtual, 2016. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bd mep>> Acesso em 5 out 2016.

KELLY, F. J.; FUSSELL, J. C. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. **Environmental Geochemistry and Health.** 2015; 37(4):631-649.

LANDSBERG, H. E. Man-made climatic changes. **Science.** v. 170, n. 3.964. pp. 1265-74, 1970.

LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do Saber:** manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Porto Alegre: Artmed; BH: Ed UFMG, 1999.

LIMA, G. F. C. Crise ambiental, educação e cidadania: os desafios da sustentabilidade emancipatória. In: LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. (orgs.) **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania.** 5ª ed. São Paulo: Cortez, pp. 115-48, 2011.

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana.** Petrópolis: Vozes, 2001.

MAZONI ANDRADE, R. L.; GONÇALVES, G. C. As origens da crise das cidades no Brasil: apontamentos sobre planejamento urbano e políticas habitacionais no Brasil entre 1889 e 2016. In: ACADEMIA DE ESCOLAS DE ARQUITETURA E URBANISMO EM LÍNGUA PORTUGUESA. **Desafios à Cidade. Facetas de uma urbanização em ritmo acelerado.** Lisboa: Academia de Escolas de Arquitetura e Urbanismo da Língua Portuguesa (AEAULP), v. II. p. 168-177, 2017.

MAZONI ANDRADE, R. L. **(In)dependência e desenvolvimento:** avaliação do impacto das ações de regularização fundiária sobre as finanças públicas municipais no Brasil. 171 p., 2016. Monografia (Administração Pública) – EG/FJP.

MCCARTHY, M. P., BEST, M. J., BETTS, R. A. Climate change in cities due to global warming and urban effects. **Geophysical Research Letters,** volume 37, 2010.

MONTE-MÓR, R. L. M. Do urbanismo à política urbana: notas sobre a experiência brasileira. In: COSTA, G. M.; MENDONÇA, J. G. (orgs.) **Planejamento Urbano no Brasil: trajetória, avanços e perspectivas.** Belo Horizonte: Ed C/Arte, 2008.

MOURA, H. S. Habitação e produção do espaço em Belo Horizonte. In: MONTE-MÓR, R. L. (org.) **Belo Horizonte:** espaços e tempos em construção. Belo Horizonte, CEDPLAR/PBH, pp. 51-77, 1994.

OKE, T. R. The energetic base of urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.* London, **Elsevier Science,** v.108, p.1-24, 1982.

PAULA, J. A. Novas periferias metropolitanas. In: COSTA, H. S. de M. (org); COSTA, G. M.; MENDONÇA, J. G. de; MONTE-MÓR, R. L. de M. **Novas Periferias Metropolitanas:** a expansão metropolitana em Belo Horizonte: dinâmica e especificidades no Eixo Sul. Belo Horizonte: C/ Arte, pp. 9-11, 2006.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **O desafio ambiental.** Rio de Janeiro: Record, 2004.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído** (Online), v. 11, p. 161-175, 2011.

SACHS, I. Transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (org.) **Para pensar o desenvolvimento sustentável.** Brasília: Brasiliense, 1993.

SANTOS, B. S. **Pela mão de Alice: o social e o político na pós-modernidade.** 4. ed. São Paulo: Cortez, pp. 75-114, 1997.

SHIVA, V. Recursos naturais. In: SACHS, W. **Dicionário de desenvolvimento:** guia para o conhecimento como poder. Petrópolis: Vozes, 2000.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração.** São Paulo: Harper e Row do Brasil. 495 p., 1981.

TAHA, H. Urban Climates and Heat Islands: Albedo, Evapotranspiration, and Anthropogenic Heat. **Energy and Buildings,** 25: p. 99–103, 1997.

TOMTOM. **TomTom Traffic Index: measuring congestion worldwide.** Sítio virtual. 2018. Disponível em: <[https://www.tomtom.com/en\\_gb/trafficindex/](https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/)>. Acesso em 29 maio 2018.

TRIOLA, M. F. **Elementary statistics.** 8a ed. Boston: Longman, 2001. 855 p.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. C. T. **Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio/SP:** uma introdução. 17 f. São Paulo: Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Presidente Prudente, 2006.

ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K. (org.). **Desenvolvimento e conflitos ambientais. Belo Horizonte:** Editora UFMG, 2010.