





## UNIDADES TOPOCLIMÁTICAS NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ

*Topoclimate units in Serra do Cipó National Park*

*Topoclimas en el Parque Nacional Serra do Cipó*

Carlos Henrique Jardim  

Departamento de Geografia – Inst. Geociências – Univ. Federal de Minas Gerais (UFMG)  
dxhenrique@gmail.com

Emerson Galvani  

Departamento de Geografia – FFLCH – Universidade de São Paulo (USP)  
egalvani@gmail.com

**Resumo:** O presente artigo discute a influência da vegetação, topografia e tempo meteorológico na organização de unidades topoclimáticas no Parque Nacional da Serra do Cipó. Os dados foram obtidos em campo com registradores automáticos (data loggers) de temperatura e umidade relativa do ar, a partir de intervalos horários, no período compreendido entre abril de 2016 a setembro de 2017. Os dados foram interpretados considerando o tempo meteorológico e a influência de fatores ambientais de microescala (topografia, solos, vegetação e hidrografia). Os resultados evidenciaram o papel da vegetação como controle climático, introduzindo variações da temperatura e umidade relativa do ar, ajustadas às condições ecológico-ambientais.

**Palavras-chave:** Temperatura do ar. Umidade relativa do ar. Vegetação. Topografia. Topoclimas.

**Abstract:** This article discusses the influence of vegetation, topography and meteorological weather in the organization of topoclimatic units in the Serra do Cipó National Park. Data were obtained in the field with automatic temperature and relative humidity loggers of air temperature and humidity, from hourly intervals, in the period from April 2016 to September 2017. The data were interpreted considering the weather and the influence of microscale environmental factors (topography, soils, vegetation and hydrography). The results showed the role of vegetation as climate control, introducing variations in temperature and relative humidity, adjusted to ecological-environmental conditions.

**Key words:** Air temperature. Relative humidity. Vegetation. Topography. Topoclimates.

**Resumen:** Este artículo analiza la influencia de la vegetación, la topografía y el clima en la organización de las unidades topoclimáticas del Parque Nacional Serra do Cipó. Los datos se obtuvieron en campo con registradores automáticos de temperatura y humedad relativa del aire, a intervalos horarios, en el período de abril de 2016 a septiembre de 2017. Los datos se interpretaron considerando el clima y la influencia de factores ambientales a microescala (topografía, suelos, vegetación e hidrografía). Los

resultados mostraron el papel de la vegetación como control del clima, introduciendo variaciones de temperatura y humedad relativa, ajustadas a las condiciones ecológico-ambientales

**Palabras clave:** Temperatura del aire. Humedad relativa. Vegetación. Topografía. Topoclimas.

Submetido em: 21/09/2021

Aceito para publicação em: 24/01/2022

Publicado em: 16/02/2022

## 1. INTRODUÇÃO

A definição e a caracterização dos climas constituem-se em tarefa complexa, uma vez que envolve a análise de fatores de superfície e atributos atmosféricos embutidos em uma organização hierárquico-escalar, relacionando a situação locacional e temporal do objeto. Em termos práticos, o exercício de compartimentar o espaço geográfico atende às necessidades humanas de organização no ambiente e exploração dos recursos naturais, que pode ser conduzida a partir de perspectiva conservacionista, sem levar à exaustão desses recursos (MONTEIRO, 2003).

Essa dinâmica de interrelações envolve pelo menos dois aspectos básicos: (1) dimensão espacial-temporal e posição do objeto (sistema climático) no interior dessa estrutura hierárquica; (2) identificação e caracterização dos mecanismos e processos físicos de entrada, trânsito e saída de matéria e energia, envolvendo componentes verticais de entrada e saída de radiação de ondas curtas e longas e de transporte advectivo de calor e umidade pelas massas de ar.

Os climas que se definem em microescala (entre os níveis local e microclimático), são particularmente importantes para avaliação dos impactos ambientais, pois se organizam onde a ação antrópica é evidente. Conforme Gómez Sanz (2004, p.85) o “conductor primario de las respuestas biológicas a la necesidad de relación con el medio físico” encontra-se nos microclimas.

Outro aspecto importante ao se considerar o clima em microescala em áreas dominadas por sistemas orográficos, de acordo com Bertrand e Bertrand (2009), refere-se a sua condição como sistemas espaciais com tendência à diversificação espacial (e, portanto, de diversificação climática), com forte heterogeneidade estrutural e dinâmica em ambiente de interface terrestre com máximo de rugosidade e máximo de instabilidade (ou instabilidade climática) relativo à criação, transformação e destruição dos componentes do meio pelas forças de gravidade, gradiente topográfico, gradiente térmico e pluviométrico, efeito orográfico (efeito de frente, abrigo e exposição) induzidos por mecanismos climáticos autônomos e biogeográficos, assinalando rupturas ou níveis de organização da paisagem.

Os sistemas orográficos ou “orobiomas” conforme nomenclatura utilizada por Walter (1986) caracterizam sequências típicas de faixas altitudinais no interior de zonobiomas

maiores, destacando a relação inversa entre temperatura e altitude, radiação direta e difusa e aumento dos totais de chuvas.

A influência dos controles climáticos sobre os atributos atmosféricos em níveis escalares diferenciados, bem como a intensidade e duração dessa influência, é fundamental na definição das unidades de clima. Na ausência dessa perspectiva, corre-se o risco de generalizar no espaço e no tempo fatos pontualmente definidos como evidências de eventos de maior magnitude, como ocorre recorrentemente em relação ao tema “mudanças climáticas globais”.

Apesar da evidente distinção entre os níveis microescalar e macroescalar, a identificação de objetos em níveis escalares intermediários, próximos ou imediatamente acima ou abaixo de um dado patamar na estrutura hierárquica, nem sempre são facilmente reconhecíveis. A definição de topoclima para Ribeiro (1993, p.291) está associada à topografia enquanto “variação do clima local devida à rugosidade do terreno, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno, durante o período diurno, para as diversas faces de exposição à radiação solar”. E os microclimas, para esse autor, adotando a definição de Ayoade (1988), correspondem a unidades métricas com menos de 100 m de extensão embutidas nos topoclimas. Para Monteiro (1999) os topoclimas incluem-se no nível de menor generalização em relação aos climas zonais e imediatamente acima dos microclimas, nível de máxima “especialização”. Como exemplos de espaços onde se configuram topoclimas e microclimas, pode-se incluir, respectivamente, os biótopos florestais e populações de mesma espécie no interior desses biótopos e espaços abrangidos por bairros em áreas urbanas e os elementos individuais no interior desses bairros (conjunto de edifícios semelhantes, praças etc.).

A discussão sobre compartimentação do clima assume particular importância em estudos aplicados em microescala, relacionando clima, topografia e uso do solo e sua influência nas variações do campo térmico e transporte advectivo de calor na cidade de São Paulo (MACHADO e AZEVEDO, 2006), em pesquisas aplicadas à compreensão da dinâmica da paisagem e diagnósticos em unidades de conservação (TARIFA, 2002) e de eventos locais de chuva e desastres em áreas urbanas (ALVES FILHO e RIBEIRO, 2007).

No tocante à compartimentação do clima, há inúmeras propostas oriundas de diferentes campos do conhecimento geográfico. Bertrand (1972) destaca a relativa

homogeneidade dos componentes do meio e sua estrutura hierárquica de organização como critérios básicos à definição das unidades de paisagem. Esses critérios aparecem em versões adaptadas nos trabalhos de Monteiro (2000), Tarifa (1981), Tarifa e Armani (2001a; 2001b), Jardim (2010a; 2012) entre outros, cujo conteúdo, evidentemente, não está livre de revisões críticas. O próprio Monteiro (1990a; 1990b) discute isso diante da dificuldade (ou, mesmo, impossibilidade) na pesquisa climatológica de se contar com densa rede de estações fixas ou postos temporários para mensuração de dados meteorológicos, o que coloca em questão até onde pode ser estendida espacialmente uma dada unidade de clima. É, também, alvo de críticas desse autor, a inadequação da técnica de interpolação, como nas cartas de isotermas, aplicadas sobre mosaicos extremamente diferenciados de uso do solo, assim como a representação de unidades de clima com limites precisos e sem qualquer referência às inúmeras interações com componentes de outros sistemas ambientais.

Outra parte das respostas em relação às representações de síntese deve ser buscada na cartografia de síntese, cujos resultados remetem às relações entre os componentes do meio e não apenas ao produto analítico relativo às variações espaciais de determinados atributos ou componentes em dado intervalo temporal (MARTINELLI, 1994).

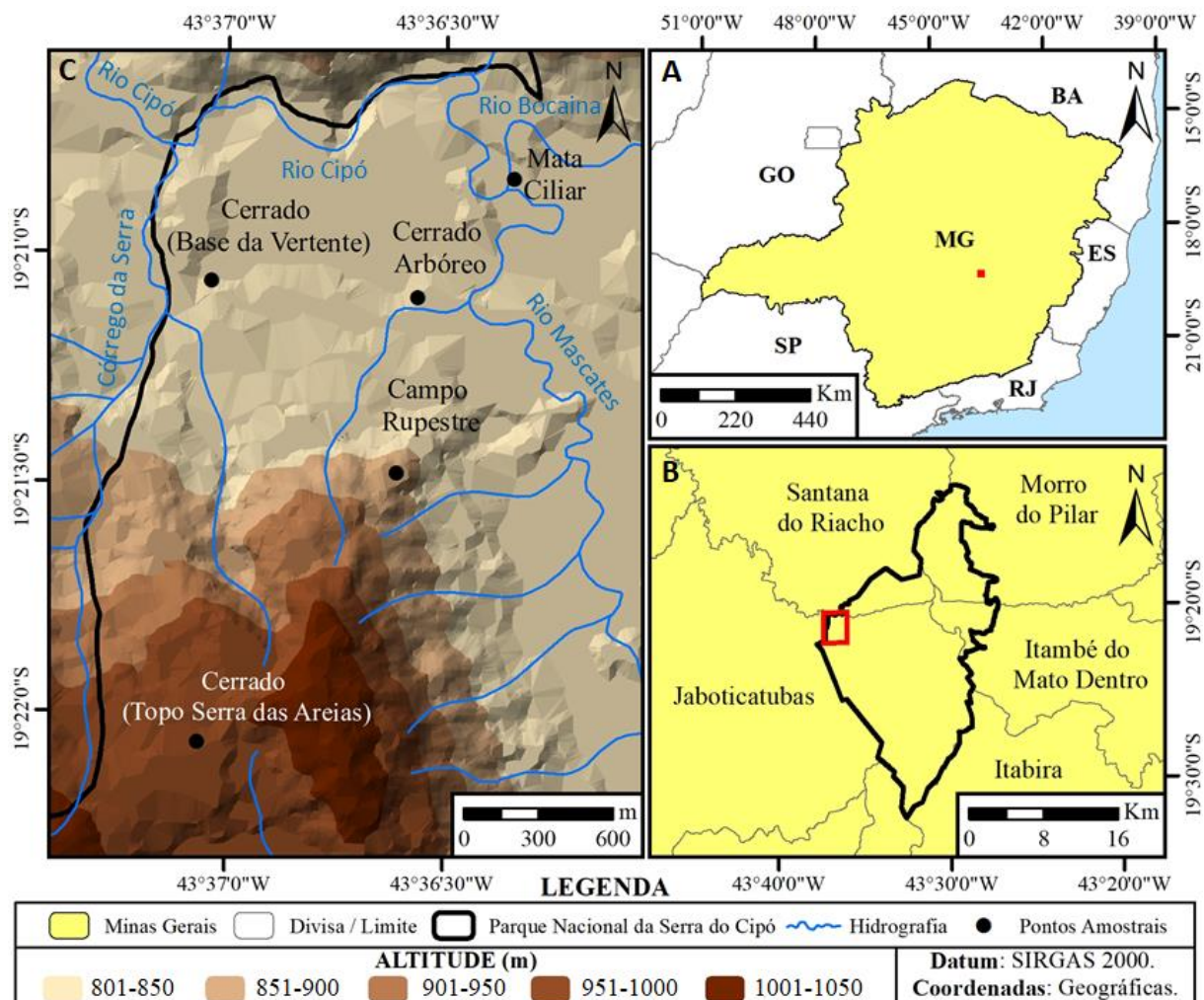
A partir das considerações realizadas o objetivo deste artigo foi identificar e caracterizar as unidades topoclimáticas situadas em trecho do Parque Nacional da Serra do Cipó. Visa, também, fornecer subsídios para se avançar na discussão sobre o papel da vegetação como controle climático ao nível dos topoclimas, em espaços naturais, cujas informações podem auxiliar em estudos de impactos ambientais.

## 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (figura 1) situa-se no Parque Nacional da Serra do Cipó, no baixo vale dos rios Mascates, Bocaina e córrego da Serra (aprox. 19°20'57" S e 43°37'10" W) com acesso pela rodovia MG-010, próximo ao distrito de Cardeal Mota no município de Santana do Riacho, centro-leste do estado de Minas Gerais (72,5 km a nordeste de Belo Horizonte).

O parque possui limites com seis municípios (Santana do Riacho, Morro do Pilar, Itambé do Mato Dentro, Jaboticatubas, Itabira e Nova União), cuja população e economia giram ao redor do setor agropecuário, turismo e de serviços (IBGE, 2017).

**Figura 1** - Localização do Parque Nacional da Serra do Cipó no estado de Mnas Gerais (A), limites do parque e municípios adjacentes com destaque em vermelho para a área de estudo aproximada (B), ampliada à esquerda com elementos da altimetria e hidrografia (C). Fontes:



**Fonte:** Elaborado por Aion Angelu Ferraz Silva (2021); Google Maps (2016); IBGE (2016).

Os aspectos geomorfológicos da área de estudo, parte da unidade maior identificada como Planalto Meridional da Serra do Espinhaço (SAAD, 1995), possui altitudes variáveis entre 800 e 1000 m. A geologia é predominantemente formada por rochas quartzíticas e gnaisses, com cristas, escarpas e vales profundos e/ou moderadamente dissecados, onde se alojam os afluentes do alto vale do rio Cipó.

Conforme informações contidas no plano de manejo do parque (MMA-ICMBIO, 2009) diversas fitofisionomias estão presentes, incluindo cerrado, mata ciliar, vegetação de campos rupestres e Mata Atlântica, além de inúmeros casos de endemismos. Gontijo (2008) refere-se à região da Serra do Espinhaço como de intersecção entre biomas brasileiros: Mata Atlântica,

Cerrado e Caatinga (esta última na porção norte do estado de Minas Gerais e nordeste do Brasil). O autor menciona, também, a ocorrência de campos rupestres e de altitude, com presença de endemismos, com ecologias marcadas pela sazonalidade em diversos graus de intensidade (desde a regularidade da faixa tropical semiúmida das latitudes intertropicais até a irregularidade tropical semiárida do nordeste brasileiro), e concentração de ecótonos, propiciando profusão de alternativas ecológicas de adaptação.

Em relação ao clima regional, de acordo com Nimer (1989), verifica-se o limite entre os tipos Tropical Subquente Mesotérmico Brando (área planáltica do Espinhaço) e Tropical Subquente Semi-Úmido da vertente oeste do Espinhaço na bacia do rio São Francisco. De acordo com dados das Normais Climatológicas 1961-1990 e das Normais Climatológicas Provisórias 1981-2010 (<https://portal.inmet.gov.br/normais>) os valores médios dos principais atributos do clima para as localidades próximas à área de estudo (Conceição do Mato Dentro, Sete Lagoas e Belo Horizonte) podem ser conferidos na tabela 1.

**Tabela 1** – Valores médios anuais dos principais atributos climáticos conforme dados das Normais Climatológicas 1961-1990 (linha superior) e Normais Climatológicas Provisórias 1981-2010 (linha inferior).

|                          | Temperatura (°C) |      |      | Insolação (horas) | Evaporação (mm) | Umidade Relativa do ar (%) | Chuva (mm) | Direção Ventos (graus) |
|--------------------------|------------------|------|------|-------------------|-----------------|----------------------------|------------|------------------------|
|                          | méd.             | máx. | mín. |                   |                 |                            |            |                        |
| Conceição do Mato Dentro | 20,6             | 27,8 | 15,1 | 2112,8            | 836,1           | 75,7                       | 1458,7     | 122,0                  |
|                          | 20,9             | 28,2 | 15,4 | 1972,4            | 1156,3          | 76,1                       | 1602,6     | 81,2                   |
| Belo Horizonte           | 21,1             | 27,1 | 16,7 | 2569,3            | 1206,0          | 72,2                       | 1463,7     | 83,0                   |
|                          | 21,8             | 27,2 | 17,8 | 2424,7            | 1701,4          | 67,2                       | 1383,9     | 71,9                   |
| Sete Lagoas              | 20,9             | 28,2 | 15,6 | 2703,9            | 1004,9          | 70,5                       | 1271,9     | 85,0                   |
|                          | 21,5             | 28,7 | 16,3 | 2645,7            | 1087,1          | 68,1                       | 13348      | 77,4                   |

**Fonte:** <https://portal.inmet.gov.br/normais>

As chuvas se concentram entre os meses de outubro a março (>80%) e os ventos predominantes são oriundos do quadrante leste, o que indica forte participação da Massa Tropical Atlântica (mTa), com centro de origem no Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (NIMER, 1989). Inclui-se, também, a participação de sistemas transientes como os sistemas frontais (SFA), Linhas de Instabilidade (LI) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e sistemas extratropicais de origem subpolar incluindo a Massa Polar Atlântica (mPa), parcialmente descaracterizada ao longo de sua trajetória (CAVALCANTI et al., 2009). Não se

pode negligenciar, também, o efeito orográfico propiciado pela altitude e a vertente leste (ou barlavento) ao longo da Serra do Espinhaço, imprimindo características de atenuação das variações de temperatura e elevação dos totais de chuva.

Especificamente em relação à área de estudo, de acordo com informações de Jardim et al. (2019), a porção deprimida da vertente oeste em situação de sotavento do Espinhaço (onde se situa a área de estudo), sob efeito de “sombra de chuva”, está sujeita à elevação da temperatura pelo efeito de compressão adiabática do ar como resultado de seu movimento descendente ao transpor a área planáltica vindo de leste, com origem no centro de alta pressão posicionado no Atlântico Sul (Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul ou ASAS). O aumento da temperatura implica em menor disponibilidade de umidade atmosférica (menor valor de umidade relativa, nebulosidade e chuvas e, naturalmente, maior valor de evaporação e insolação), diferente de Conceição do Mato Dentro em situação de barlavento em porção elevada do planalto do Espinhaço (tabela 1).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento básico utilizado em campo para mensuração dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foi o registrador automático modelo HT 4000 (figura 2H), programados para leituras horárias. O conjunto foi disposto no interior de abrigos meteorológicos projetados para esse fim (figura 2G) conforme Jardim (2018) e aferido com a estação meteorológica da Pampulha-Belo Horizonte do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no campus da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Após a aferição foi feita a correção dos valores obtidos a fim de torná-los comparáveis àqueles das estações meteorológicas, também utilizadas como controle local e regional das variáveis climáticas.

Os períodos de coleta de dados compreenderam vários segmentos temporais quase ininterruptos, entre abril de 2016 e setembro de 2017 (30/04 a 07/05/2016; 11/09 a 23/09/2016; 26/10/2016 a 10/02/2017; 12/02 a 05/05/2017; 07/05 a 13/09/2017), definidos a partir da disponibilidade de equipamentos, de locomoção até o parque e tempo de permanência dos aparatos que não excedesse 04 meses consecutivos em função de problemas diversos (pane no data logger, alojamento de animais e insetos no interior dos abrigos, vandalismo etc.). Os postos foram distribuídos no interior da área de estudo (figura 1) de forma a obter comparações entre áreas dotadas de diferentes características de



cobertura vegetal (conforme descrição adiante) e, secundariamente, a topografia, visando verificar através das variações de temperatura e umidade relativa do ar, o impacto desigual da entrada, trânsito e dissipação de radiação solar e energia calorífica. O acesso aos diferentes pontos de amostragem onde foram instalados os postos, que só era possível por meio de caminhada pelas trilhas do parque, também se constituiu em importante fator para escolha desses pontos.

**Figura 2** - Características dos locais de instalação dos postos (A. Mata Ciliar; B. Cerrado com predomínio do estrato arbóreo; C. Cerrado em topo de vertente; D. Cerrado na base da vertente; E-F. Campo rupestre) e detalhes do equipamento utilizado (G-H. Detalhes do abrigo e registrador automático Data Logger modelo HT 4000 da Icel Manaus).



**Fonte:** Fotos de Carlos Henrique Jardim (2021).

Foram selecionados 05 ambientes para instalação dos postos (figuras 1 e 2). O posto da Mata Ciliar (figura 2A) foi situado próximo às margens dos rios Bocaina e Mascates em sua confluência (onde se origina o rio Cipó), com altitude de 802 m (19°20'50,40" S e 43°36'20,70" W), em ambiente florestal com predomínio absoluto do estrato arbóreo denso em ambiente sombreado. O posto do Cerrado (figura 2D) foi instalado na base da vertente da Serra das

Areias, interflúvio local na margem esquerda do rio Mascates, próximo ao posto anterior, em área com predomínio de vegetação arbustivo-herbácea e espécies arbóreas pontuais esparsas de porte médio e baixo (<1,5 m), com altitude de 802 m (19°21'03,80" S e 43°37'02,30" W).

Nesse mesmo compartimento topográfico foi instalado o posto do cerrado com predomínio absoluto de estrato arbóreo de porte baixo (figura 2B), em terreno seco distante dos cursos d'água, em altitude de 811 m (19°21'05,90" S e 43°36'33,90" W). Na meia vertente de orientação nordeste da Serra das Areias foi instalado o posto em área de Campo Rupestre (figura 2E e 2F), em topo de colina secundária com predomínio de vegetação arbustivo-herbácea intercalada por superfícies de solo exposto e afloramentos de rocha (altitude: 899 m; 19°21'28,90" S e 43°36'36,72" W). O último dos postos foi instalado em área de cerrado típico sobre latossolo próximo ao topo da Serra das Areias (figura 2C) (altitude de 986 m; 19°22'04,10" S e 43°37'03,90" W), estruturalmente semelhante ao cerrado do posto instalado na base da vertente (figura 2D), mas em melhor estado de conservação, sem sinais recentes de incêndio e menor número de espécies-indivíduos em estado de regeneração. Embora não tenha constado entre os postos caracterizados, utilizou-se como referencial de área urbana para efeitos comparativos os dados da estação meteorológica da rede oficial do INMET Pampulha-Belo Horizonte (latitude: -19,883945°; longitude: -43,969397°; altitude: 854 m). Apesar da relativa distância, a altitude similar à dos postos instalados em campo e a localização dessa estação constituiu-se em importante referencial de área urbana na região e no estado.

As séries de dados horários de temperatura e umidade relativa obtidas em campo, foram analisadas de forma comparativa utilizando, inicialmente, recursos da estatística descritiva (valores absolutos; médias, máximos e mínimos diários; amplitude total e diária), organizados em tabelas e gráficos, considerando a relação da curva de variação da temperatura e umidade relativa aos termos do balanço de radiação de ondas curtas e longas (VIDE, 1999) com as características topográficas (altitude, exposição das vertente e declividade), da vegetação (porte, densidade e recobrimento foliar) e da superfície dos solos (exposição, afloramentos de rocha e cobertura vegetal).

Parte desses dados foram resgatados do artigo de Jardim e Galvani (2018), sobre os quais foram aplicados os recursos de análise descritos acima, priorizando a síntese (dos quais resultaram as tabelas 2 e 3) e não as situações temporais segmentadas como é apresentada no referido trabalho.

As situações diárias foram analisadas considerando aspectos da “Análise Rítmica” (MONTEIRO, 1971) que, conforme discussão de Jardim (2015), consiste na tentativa de integração escalar: (1) identificação das massas de ar atuantes como fator genético de maior generalização espacial de mesoescala, responsável pelo input energético do sistema climático; (2) organização e diversificação local do clima a partir de suas especificidades no interior do quadro generalizante regional pela multiplicação dos componentes do meio que condicionam o trânsito de energia e matéria no ambiente; (3) repercussão espacial em microescala (topoclimas), assumindo formas especializadas estreitamente ligadas às interações com fatores de superfície na interface com a baixa troposfera.

As massas de ar e as diferentes condições de tempo meteorológico ou tipos de tempo, foram inferidas a partir da interpretação das imagens de satélite meteorológico ([www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br)) e cartas sinóticas ([www.mar.mil.br](http://www.mar.mil.br)).

As variações detectadas na evolução temporal dos elementos climáticos foram admitidas como representativas de influência de fatores ambientais (massas de ar, relevo, vegetação etc.), cuja magnitude e duração puderam ser interpretadas como indicativo das características do ambiente do qual o posto é representativo e indícios de possíveis de alterações ambientais, respostas à entrada, trânsito e saída de energia e matéria (radiação solar, energia calorífica, umidade etc.).

Em relação à definição das unidades topoclimáticas foram considerados os critérios de relativa homogeneidade dos componentes da paisagem, conforme discutido por Bertrand (1972). Esse procedimento também foi utilizado por Tarifa e Armani (2001a; 2001b) para mapeamento das unidades topoclimáticas do município de São Paulo e por Jardim (2010a; 2012) em trecho da zona leste desse município.

Isoladamente a vegetação foi o principal fator em termos de influência na variação da temperatura e umidade relativa do ar, contribuindo para a diversificação das unidades topoclimáticas. O relevo constituiu-se em fator secundário, considerando o baixo grau de entalhamento das formas e de altitude nesse trecho do parque, sendo subdividido em três compartimentos: o topo aplainado da Serra das Areias, o setor de vertente dessa unidade com declividade moderada ( $\pm 20^\circ$  a  $30^\circ$ ) e orientação geral leste e nordeste (ligando o topo ao vale do rio Mascates e córrego Areias) e a unidade de vale do rio Mascates, englobando feições de menor vulto entre o rio e a base da vertente.

A nomenclatura definida associou o fator de maior generalização (neste caso, o relevo) com o fator de máxima diversificação (vegetação). Evidentemente, os limites definidos não são rígidos, haja vista a cobertura incompleta do terreno pelos data loggers (o que exigiria elevado número de postos em campo) e pelas próprias características de fluidez do ar.

Por último, foram consultadas referências adicionais para conferir suporte às análises, além daquelas citadas anteriormente, incluindo o plano de manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó (MMA-ICMBIO, 2009), o artigo de Jardim e Galvani (2018) elaborado a partir de tomadas pontuais no interior desse parque, e em artigo recente de Jardim et al. (2019) sobre a variabilidade das chuvas e da temperatura do ar a partir de interações locais e regionais do clima entre Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro. Cabem, também, as considerações de Jardim (2010b) sobre o papel da vegetação em áreas urbanas, perspectiva a partir da qual esse fator assumiria inúmeras funções ambientais e não apenas como fator de conforto térmico, e sobre a articulação entre tipos de tempo, topografia e uso do solo nas variações de temperatura e umidade relativa do ar em áreas urbanas, periurbanas e rurais (JARDIM, 2011), além de literatura específica voltada à compreensão de aspectos sobre o balanço de radiação (VIDE, 1999) e microclimatologia (GEIGER, 1961; ARYA, 2001; BONAN, 2008).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características Gerais

Diferentes fatores influenciaram as variações da temperatura e umidade relativa do ar na área de estudo durante os segmentos temporais abrangidos pelas mensurações em campo. Comparativamente, em termos de dados médios (tabela 2 e figura 3), o posto com menores valores de temperatura e com maior valor de umidade relativa do ar foi o posto da Mata Ciliar (20,6°C e 67%) e, de forma contrária, o posto da área de Campo Rupestre foi o que mostrou os maiores valores de temperatura e menores valores de umidade relativa (22,4°C e 59%). Os demais postos, incluindo Belo Horizonte, ocuparam situações intermediárias entre os valores acima descritos.

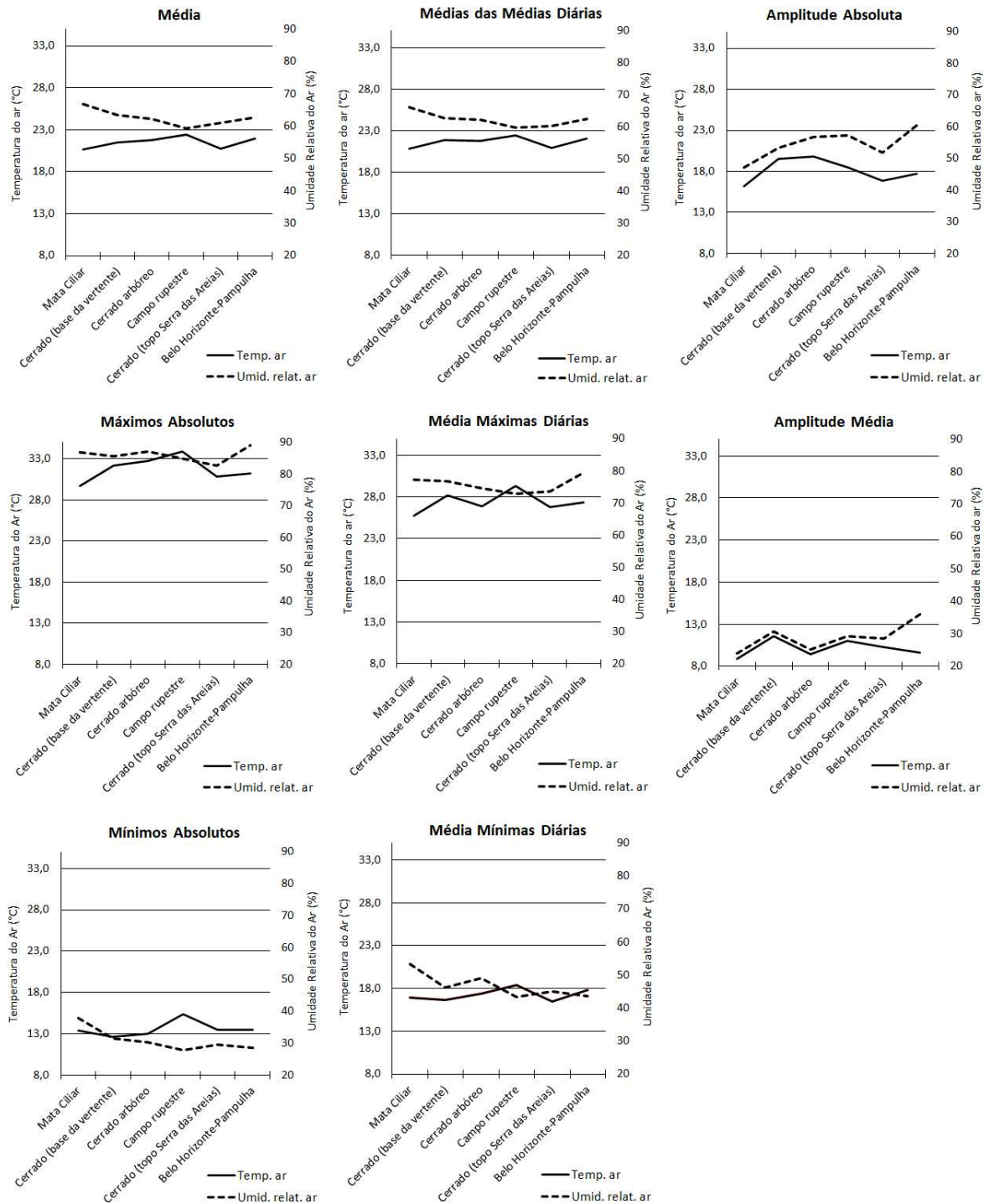
**Tabela 2** - Valores médios, máximos e mínimos diários, valores absolutos e de amplitudes de temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) de todos os segmentos temporais entre abril de 2016 a setembro de 2017.

| <b>Temperatura do ar (°C)</b>     | <b>Média</b> | <b>Máx. absol.</b> | <b>Mín. absol.</b> | <b>*Ampl.</b> | <b>Méd. méd. diárias</b> | <b>Méd. máx. diárias</b> | <b>Méd. mín. diárias</b> | <b>Ampl.</b> |
|-----------------------------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| Mata Ciliar                       | 20,6         | 29,7               | 13,4               | 16,2          | 20,8                     | 25,8                     | 16,9                     | 8,9          |
| Cerrado base vertente             | 21,5         | 32,1               | 12,6               | 19,5          | 21,8                     | 28,2                     | 16,7                     | 11,5         |
| Cerrado arbóreo                   | 21,8         | 32,8               | 13,0               | 19,8          | 21,8                     | 26,9                     | 17,4                     | 9,5          |
| Campo rupestre                    | 22,4         | 33,9               | 15,4               | 18,5          | 22,4                     | 29,4                     | 18,4                     | 11,0         |
| Cerrado topo vertente             | 20,7         | 30,9               | 13,5               | 16,8          | 20,9                     | 26,8                     | 16,5                     | 10,3         |
| INMET BH Pampulha                 | 21,4         | 31,9               | 13,6               | 18,2          | 21,5                     | 27,4                     | 17,2                     | 10,2         |
| <b>Umidade relativa do ar (%)</b> | <b>Média</b> | <b>Máx. absol.</b> | <b>Mín. absol.</b> | <b>Ampl.</b>  | <b>Méd. méd. diárias</b> | <b>Méd. máx. diárias</b> | <b>Méd. mín. diárias</b> | <b>Ampl.</b> |
| Mata Ciliar                       | 67           | 87                 | 38                 | 47            | 66                       | 77                       | 53                       | 24           |
| Cerrado base vertente             | 63           | 86                 | 31                 | 53            | 63                       | 77                       | 46                       | 31           |
| Cerrado arbóreo                   | 62           | 87                 | 30                 | 57            | 62                       | 74                       | 49                       | 25           |
| Campo rupestre                    | 59           | 85                 | 28                 | 57            | 60                       | 73                       | 43                       | 29           |
| Cerrado topo vertente             | 61           | 83                 | 29                 | 52            | 60                       | 74                       | 45                       | 29           |
| INMET BH Pampulha                 | 63           | 89                 | 29                 | 61            | 63                       | 79                       | 44                       | 36           |

\*Ampl. (amplitude; diferença entre máximos e mínimos). **Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

Essa característica esteve presente em todos os segmentos temporais e pode ser explicada para o posto da mata ciliar, considerando aspectos da análise de Jardim e Galvani (2018), a partir dos seguintes fatores: (a) obstrução de parte da radiação solar direta e difusa pelo dossel foliar, implicando em menor produção de calor sensível e valores mais baixos de temperatura do ar; (b) a atenuação da ventilação pelo adensamento vegetal, dificultando a entrada e dissipação de calor e umidade, resultando nos menores valores de amplitude térmica e higrométrica do ar (amplitude média diária de 8,9°C contra 11,5°C no posto do Cerrado na base de vertente da Serra das Areias); (c) contribuição adicional de umidade proveniente dos solos, da evaporação das águas do rio Cipó e (possivelmente) da evapotranspiração vegetal; a presença de umidade suscita evaporação continuada e, portanto, retirada de parte do calor sensível disponível no ambiente.

**Figura 3 -** Variação da temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) obtidas a partir dos postos instalados na área de estudo e na área urbana de Belo Horizonte, a partir dos dados da tabela 2.



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021).

O item (c), relacionado aos valores de umidade relativa, tanto da umidade do ambiente quando daquela (possivelmente) relacionada ao transporte advectivo de umidade do rio Cipó, na confluência dos rios Bocaina e Mascates, é particularmente verificável ao comparar esse

posto com os dados produzidos no interior do posto denominado de Cerrado Arbóreo, com valores de umidade relativa inferiores.

Embora ambos os postos representem condições de ambiente florestal, a distância do posto do Cerrado na base da vertente em relação à fonte de vapor do rio era significativamente maior do que no posto da Mata Ciliar (menos de 100 m de um meando do rio Mascates, com menor volume d'água do que o rio Cipó, onde estava o posto da Mata Ciliar). Paralelamente, os valores de temperatura do ar no posto Cerrado Arbóreo foram maiores do que na Mata Ciliar.

Em relação ao baixo desempenho térmico do povoamento vegetal pode-se considerar o baixo valor de calor específico do povoamento vegetal com valor de 0,8 cal/g.°C (GEIGER, 1961), próximo ao valor de calor específico da água (1,0 cal/g.°C). Comparado ao valor de calor específico de materiais usualmente utilizados na construção civil como o concreto (0,2 cal/g.°C) e o ferro (0,11 cal/g.°C), essa propriedade transforma o tecido vegetal em péssimo condutor de calor, reduzindo as variações de temperatura. Considerar, também, que parte da radiação incidente é consumida nos processos metabólicos das plantas (fotossíntese, respiração e evapotranspiração), retirando do meio parte da irradiação disponível.

Especificamente no caso do posto do Campo Rupestre, deve-se destacar a condição microclimática e topoclimática extrema fortemente condicionada por diferentes fatores, verificando-se valores absolutos e médios mais elevados de temperatura do ar e de menor umidade relativa (tabela 2). Diferente do posto da Mata Ciliar, a área de Campo Rupestre permitia elevado ganho de radiação solar e rápida perda de radiação calorífica, resultado da orientação nordeste da vertente, fraca obstrução da radiação solar direta e difusa pela vegetação esparsa de porte arbustivo-herbáceo e presença de afloramentos rochosos e manchas de solo expostas, ressecadas e rasa, favorecendo a produção de calor sensível fortemente concentrada na superfície, uma vez que a transmissão de calor em profundidade é comprometida pelo ineficiente processo de condução de calor por contato molecular nesse meio, cuja carga irradiativa é retida temporariamente na superfície e rapidamente transferida para a camada de ar sobrejacente.

No ambiente onde foi instalado o posto da área de campo rupestre, a exposição da vertente para nordeste influenciou diretamente na entrada de irradiação solar, considerando a trajetória aparente do Sol no hemisfério sul (os demais postos estavam em ambiente plano,

o que anulava esse efeito de exposição da vertente). Durante a época de seca (abril a setembro) quando a cobertura foliar é menos efetiva em decorrência da perda parcial ou total das folhas e morte das plantas de ciclo curto de vida, esse ambiente experimenta forte variação da temperatura, alcançando valores elevados durante o dia. A forte produção de calor sensível durante o dia compensa parcialmente as perdas noturnas, adentrando a noite com valores elevados (maior valor de temperatura mínima média diária de 18,4°C, contra 16,5°C no posto do Cerrado Topo da Serra das Areias).

Outra situação geral refere-se às variações de temperatura e umidade relativa do ar na área do posto do Cerrado na base da vertente que, depois do posto da área de Campo Rupestre (29,4°C), registrou o maior valor na média máxima diária (28,2°C; contra 25,8°C na mata ciliar) e o segundo menor valor na média mínima diária (16,7°C), pouco acima do valor registrado no posto de Cerrado em Topo de Vertente (16,5°C).

Como já havia sido observado anteriormente (JARDIM e GALVANI, 2018), a diferença entre o valor de máxima e mínima observados (11,5°C) indicam maior valor de amplitude térmica (o menor valor de amplitude térmica média foi registrado na mata ciliar de 8,9°C). Essa situação sugere a participação de mais de um fator no desencadeamento das variações de temperatura verificados e, paralelamente às características dos postos mencionados, a localização do posto do cerrado na base da vertente, na área deprimida junto ao vale do rio Mascates, favorece o desencadeamento de circulação de vento diretamente influenciada pelas características topográficas, com a formação de fluxo de ar quente ascendente (vento anabático) durante o dia e de ar frio descendente de setores mais elevados da vertente no período da noite (vento catabático). Esses processos são intensificados em situações de forte estabilidade atmosférica e de baixa umidade do ar durante o inverno e, de forma menos acentuada, nas estações de transição (primavera e outono).

## 4.2. Análise de segmentos temporais e situações horário-diárias

Analisando de forma particular dois segmentos temporais indicativos de situações com predomínio de tempo instável (12/02 a 12/03/2017) e estável (07/05 a 13/09/2017), como mostra a tabela 3, ficam evidentes os aspectos gerais apontados. No entanto, as variações identificadas assinalam desvios, naturalmente previsíveis, que reforçam a singularidade de cada ambiente quanto ao ritmo de variação dos atributos climáticos.



**Tabela 3** - Médias, valores absolutos e de amplitudes de temperatura do ar (T°C) e umidade relativa do ar (UR %) para os segmentos temporais de 12/02 a 12/03/2017 e 07/05 a 13/09/2017.

| Período: 12/02 a 12/03 | Média |      | Máx. Absol. |      | Mín. absol. |      | Ampl. |      | Méd. méd. diárias |      | Méd. Máx. diárias |      | Méd. Mín. diárias |      | Ampl. |      |
|------------------------|-------|------|-------------|------|-------------|------|-------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|-------|------|
|                        | T°C   | UR % | T°C         | UR % | T°C         | UR % | T°C   | UR % | T°C               | UR % | T°C               | UR % | T°C               | UR % | T°C   | UR % |
| Mata Ciliar            | 22,2  | 71   | 29,2        | 90   | 15,6        | 43   | 13,6  | 47   | 22,2              | 71   | 26,8              | 82   | 18,7              | 56   | 8,1   | 26   |
| Cerrado base vertente  | 23,2  | 66   | 33,0        | 87   | 15,0        | 37   | 18,0  | 50   | 23,2              | 66   | 30,1              | 80   | 18,5              | 46   | 11,6  | 34   |
| Cerrado arbóreo        | 22,8  | 70   | 30,5        | 93   | 15,8        | 40   | 14,7  | 53   | 22,8              | 70   | 27,7              | 82   | 19,2              | 55   | 8,5   | 27   |
| Campo rupestre         | 23,7  | 61   | 33,9        | 88   | 17,1        | 32   | 18,8  | 56   | 23,7              | 61   | 30,7              | 74   | 19,6              | 43   | 11,1  | 31   |
| Cerrado topo vertente  | 22,9  | 63   | 31,7        | 88   | 17,2        | 37   | 14,5  | 51   | 22,9              | 63   | 28,6              | 77   | 19,0              | 46   | 9,6   | 31   |
| INMET BH Pampulha      | 23,6  | 66   | 32,3        | 92   | 17,9        | 34   | 14,4  | 58   | 23,6              | 66   | 28,4              | 81   | 19,8              | 46   | 8,6   | 35   |
| Período: 07/05 a 13/09 | Média |      | Máx. Absol. |      | Mín. absol. |      | Ampl. |      | Méd. méd. diárias |      | Méd. Máx. diárias |      | Méd. Mín. diárias |      | Ampl. |      |
|                        | T°C   | UR % | T°C         | UR % | T°C         | UR % | T°C   | UR % | T°C               | UR % | T°C               | UR % | T°C               | UR % | T°C   | UR % |
| Mata Ciliar            | 18,0  | 63   | 31,6        | 83   | 7,2         | 26   | 24,4  | 57   | 18,0              | 63   | 23,2              | 74   | 13,4              | 50   | 9,8   | 24   |
| Cerrado base vertente  | 18,6  | 63   | 33,9        | 87   | 6,0         | 22   | 27,9  | 65   | 18,6              | 63   | 25,8              | 78   | 12,8              | 44   | 13,0  | 34   |
| Cerrado arbóreo        | 18,7  | 63   | 31,8        | 91   | 7,1         | 25   | 24,7  | 66   | 18,7              | 63   | 24,3              | 76   | 13,6              | 49   | 10,7  | 27   |
| Campo rupestre         | 20,6  | 54   | 35,8        | 86   | 11,3        | 16   | 24,5  | 70   | 20,6              | 54   | 28,6              | 69   | 15,9              | 37   | 12,7  | 32   |
| Cerrado topo vertente  | 18,1  | 60   | 31,1        | 87   | 9,8         | 22   | 21,3  | 65   | 18,1              | 60   | 23,9              | 73   | 13,9              | 45   | 10,0  | 28   |
| INMET BH Pampulha      | 19,5  | 60   | 32,1        | 93   | 7,7         | 18   | 24,4  | 75   | 19,5              | 60   | 25,1              | 79   | 14,9              | 38   | 10,2  | 41   |

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O segmento entre 12/02 a 12/03 de verão, incluiu-se no período chuvoso que se inicia em outubro, com umidade do ar elevada, densa nebulosidade e alternância entre situações de tempo quente instável e estável. No segmento de 07/05 a 13/09, no final do outono e quase todo o inverno, predominam condições de tempo estáveis, com sucessão de dias de céu claro com pouca ou sem nebulosidade, baixa umidade relativa do ar e elevado contraste térmico diurno-noturno.

O posto do cerrado na base da vertente mostra valores médios e, principalmente, na média das máximas, valores de temperatura do ar próximos aos dos postos do campo rupestre e Belo Horizonte (tabela 03) e das situações diárias sob condições de tempo instável do dia 26/02/2017 e estável do dia 08/06/2017 (figura 4).

Muitas espécies vegetais que compõem as diversas fitofisionomias de cerrado perdem total ou parcialmente as folhas a fim de reduzir a evapotranspiração durante o período de estiagem, que experimenta progressiva redução do estoque de água no solo a partir de abril até o início da estação chuvosa em outubro, estabelecendo-se déficit hídrico variável de acordo com a região do país. Conforme observação anterior de Jardim e Galvani (2018), esse fato, aliado à incidência de irradiação solar no interior do estrato vegetal, intensificada pela perda de parte da cobertura foliar, aumenta a produção de calor sensível, ao mesmo tempo em que facilita o transporte advectivo de calor das áreas adjacentes.

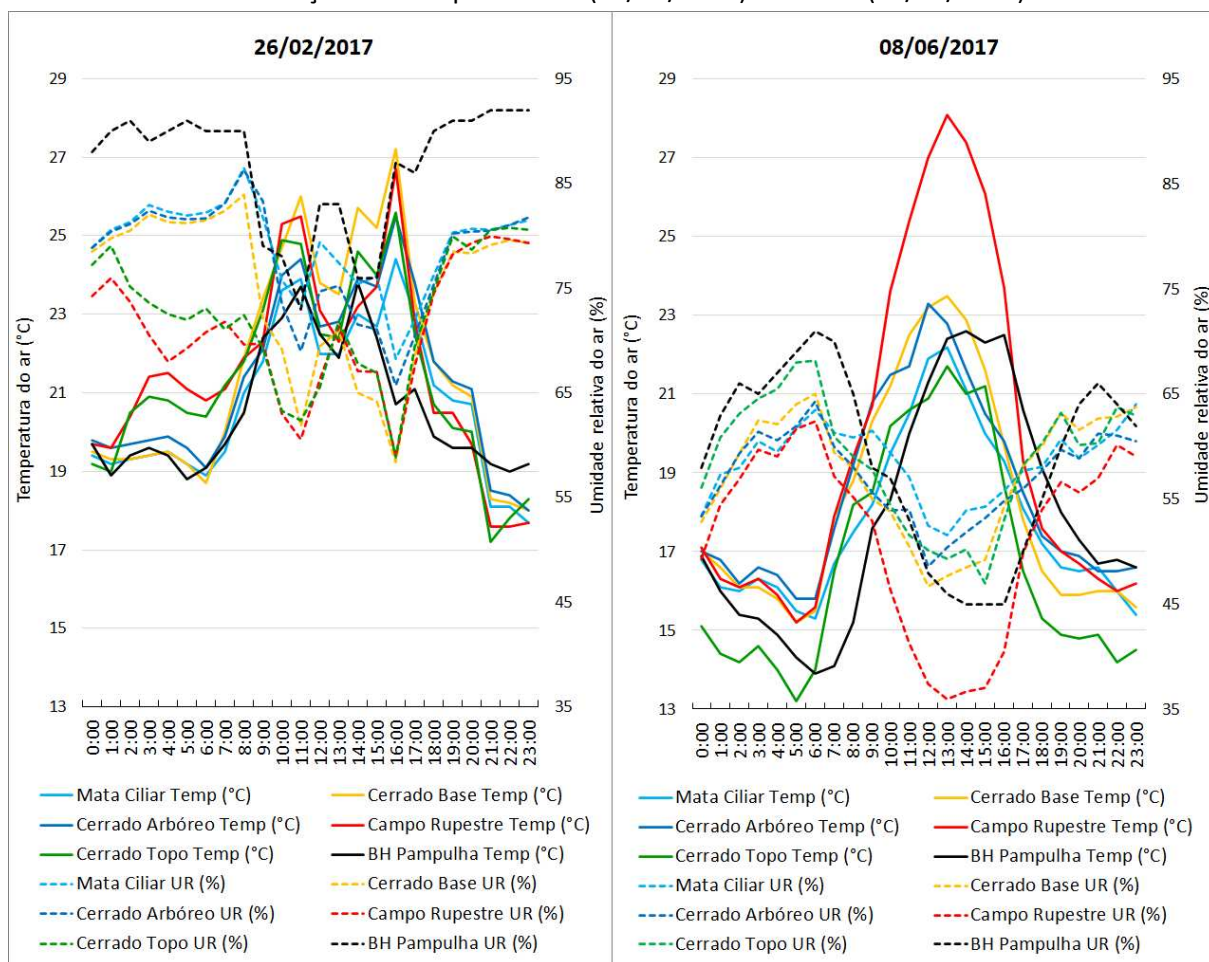
Entretanto, vários fatores de microescala interferem nesse processo. O déficit hídrico regional não influencia pontualmente formações florestais próximas aos cursos d'água (caso do posto da mata ciliar) e mesmo um posto em situação topográfica de área deprimida, que em tese deveriam ser mais quentes, estão sujeitos a circulação de ventos de vale que acompanha o curso d'água (além da circulação associada ao relevo descrita anteriormente, com forte ou moderado resfriamento noturno). Por essa razão os valores de temperatura registrados no posto do cerrado na base da vertente não atingem o patamar absoluto dos valores obtidos na área de campo rupestre.

Esse raciocínio também se aplica ao posto do Cerrado no topo da vertente, cujo aquecimento é atenuado (no período noturno principalmente) de forma tão ou mais eficaz pela sua exposição à circulação local-regional do que pela altitude. Isoladamente o fator altitude, com amplitude de 200 m aproximadamente em relação ao posto da Mata Ciliar em cota de menor altitude, não explica todas as variações diurnas e noturnas.

Retomando parte dos resultados de Jardim e Galvani (2018) e estabelecendo um paralelo do perfil de variação da temperatura do ar nos diferentes postos do parque com a área urbana de Belo Horizonte, fica evidente o “atraso” em termos de evolução horária da temperatura do ar na cidade, registrando os valores mais elevados em horários posteriores aos dos postos no parque, não raramente adentrando o período da noite e início da madrugada (figura 4).

Essa característica sugere maior proximidade com o balanço de radiação de ondas longas, enquanto que os valores de temperatura do ar nos postos do parque mostram perfil de variação da temperatura mais estreitamente ligado ao balanço de radiação de ondas curtas, com valores diurnos muito elevados, adentrando o início da noite (e todo o período noturno) com valores inferiores em relação à Belo Horizonte.

**Figura 4** - Variação horária da temperatura e umidade relativa do ar em segmentos temporais diário sob condições de tempo instável (26/02/2017) e estável (08/06/2017).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Isso pode ser explicado em função da fraca capacidade de conservação e transmissão de calor no ambiente natural do parque e pelo relativo espaçamento entre os elementos da vegetação (exceto no posto da Mata Ciliar), o que reduz os obstáculos frente à entrada de radiação solar. Outro aspecto refere-se à parcela de energia solar que não é aproveitada pelos processos metabólicos das plantas, que fica disponível para aquecer o ambiente e o ar, reforçando a elevação das temperaturas, por isso os valores disparam durante o dia e diminuem assim que o Sol se põe. Todas as situações diárias analisadas mostram de forma recorrente valores diurnos de temperaturas tão ou mais elevados do que aqueles mensurados em Belo Horizonte, invertendo-se no período noturno.

No caso de Belo Horizonte deve-se levar em consideração a dimensão da área urbana (terceira maior região metropolitana do país) e, portanto, do elevado número de fontes ativas de calor de origem antropogênica (concentração de pessoas, equipamentos, máquinas, automóveis etc.) que é adicionada ao calor resultante da interação da irradiação solar com a superfície urbana.

### 4.3. Organização das Unidades topoclimáticas

O sítio onde se estabelece o clima local que abriga a área de estudo, encontra-se na vertente oeste da Serra do Espinhaço, em trecho do alto vale do rio Cipó, ladeado pelas serras das Bandeirinhas, Areias e Rochoso, que se constituem em divisores de água alojados na escarpa de falha entre as Serras do Espinhaço Meridional e a Depressão do Alto-Médio Vale do Rio São Francisco, no limite oeste do Parque Nacional da Serra do Cipó.

O somatório desses fatores colabora para elevação local da temperatura do ar em relação às áreas limítrofes que, em princípio, confirma o que foi observado e discutido anteriormente, e como resultado de comparações com dados das estações meteorológicas de Sete Lagoas, Conceição do Mato Dentro e Belo Horizonte de acordo com Jardim *et al.* (2019).

No interior dessa unidade local o efeito da circulação terciária de ar em interação com fatores de superfície (vegetação e topografia, principalmente), produzem em sucessão temporal variações dotadas de atributos rítmicos, cujos efeitos resultam na organização das unidades topoclimáticas (figura 5). Nas áreas abrangidas pelas unidades de Topo de Vertente (a) é possível distinguir Topoclimas sob cobertura de cerrado típico (a1) e Topoclimas com vegetação herbácea de campo rupestre (a2); no setor de maior declividade da vertente foi

definido o Topoclima de vertente em área de campos rupestres (b); e nas unidades de vale e de baixa vertente (c), abrangendo formas sobre terreno plano de menor dimensão espacial entre a calha do rio Mascates e a base da vertente da Serra das Areias, distinguiu-se as unidades de Mata Ciliar (c1), Cerrado com espécies arbóreas ou Cerradão (c2) e de Cerrado Típico (c3).

Como característica geral os grupos maiores se distinguem pela posição topográfica (topo, encosta e vale) e formação vegetal predominante, cada qual abrigando em seu interior espaços climáticos de menor dimensão espacial (topoclimas e microclimas), resultado de interações específicas entre fatores e elementos climáticos.

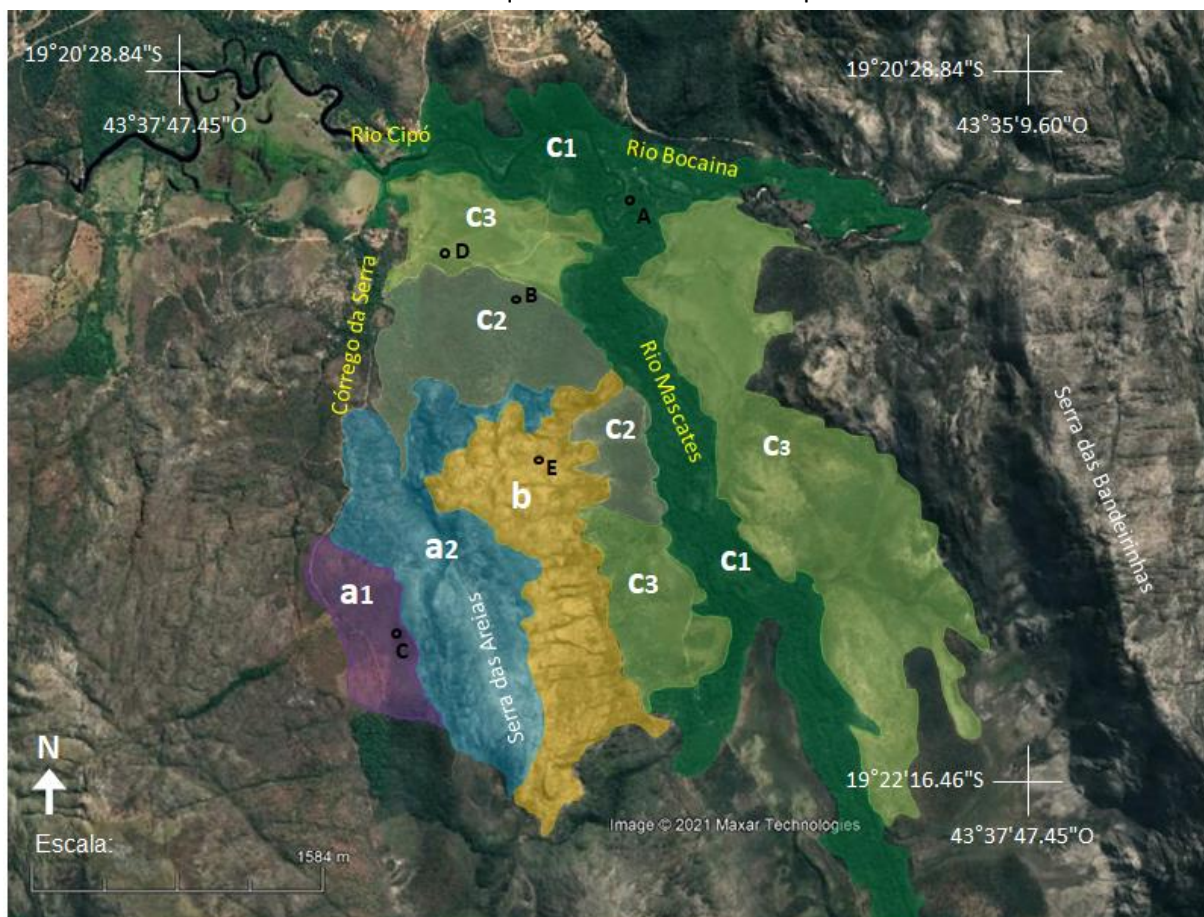
No grupo de topo de vertente (a) a elevada amplitude térmica diurna e noturna é condicionada pela altitude relativa em relação ao posto de menor altitude (200 m) e, principalmente, pela influência da circulação local/regional, favorecendo a recepção de radiação solar e, ao mesmo tempo, forte dissipação de calor pela advecção de ar, tornando-a menos susceptível aos controles micro e topoclimáticos exercidos pela vegetação. Deve-se destacar que o efeito da altitude é relativo, mesmo para todo o conjunto planáltico em forma de “platô”, diferente de trechos da Serra da Mantiqueira ao sul do estado de Minas Gerais, nas proximidades do Pico das Agulhas Negras. Neste último, caracterizado por vales profundamente entalhados com morros altos de topos aguçados, separados por intervalos de distância de centenas de metros (na Serra do Cipó essas distâncias são medidas em milhares de metros), a formação de maior número unidades topoclimáticas é favorecida.

Nessa unidade é possível identificar dois topoclimas de abrangência geral: (a1) topoclimas sob cobertura de cerrado típico, com predomínio de estrato arbustivo-herbáceo e elementos arbóreos pontuais e (a2) topoclimas com vegetação de porte arbustivo-herbáceo de campo rupestre. Nos dois casos as variações dos atributos climáticos são fortemente influenciadas pela cobertura vegetal e topografia, favorecendo a incidência de irradiação solar durante o dia e queda moderada da temperatura do ar no período noturno.

No setor de vertente com maior declividade (b1) a recepção da irradiação solar é condicionada pela exposição (leste e nordeste) e declividade ( $>20^\circ$ ) das vertentes com cobertura vegetal predominante de campo rupestre e mecanismos de circulação do ar condicionado pela topografia (ventos anabáticos e catabáticos). A declividade do terreno, nesse posto, condiciona a entrada de irradiação solar nas primeiras horas do dia, antes das 12

h. Essa unidade abrange áreas descampadas com vegetação arbustivo-herbácea, manchas de solo exposto e afloramentos de rocha, onde se desenvolvem campos rupestres.

**Figura 5** – Esboço das unidades topoclimáticas no baixo vale dos rios Mascates, Bocaina e córrego da Serra no Pq. Nacional da Serra do Cipó.



**LEGENDA**

- |  |   |
|--|---|
| (a) Topoclimas em topo de vertente:                                  | (c) Topoclimas de vale e baixa vertente:  |
| (a <sub>1</sub> ) Topoclima sob cobertura de cerrado típico          | (c <sub>1</sub> ) Topoclima de mata ciliar  |
| (a <sub>2</sub> ) Topoclima com vegetação herbácea de campo rupestre | (c <sub>2</sub> ) Topoclima de cerradão   |
| (b) Topoclima de alta vertente em área de campo rupestre             | (c <sub>3</sub> ) Topoclima de cerrado típico   |
|  | ○ Pontos amostrais (A. Mata Ciliar; B. Cerrado com estrato arbóreo; C. Cerrado típico em topo de vertente; D. Cerrado típico na base da vertente; E. Campo rupestre). |

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2021); base do Google Earth.

O setor de vale (c) inclui genericamente áreas de mata ciliar e de cerrado (Mata Ciliar - c<sub>1</sub>; Cerrado Típico - c<sub>2</sub>; Cerrado com predomínio de espécies arbóreas ou Cerradão - c<sub>3</sub>), instaladas sobre a área deprimida do vale do rio Mascates, com valor de cota altimétrica próximo a 800 m. Essa unidade está sujeita ao efeito de acúmulo de ar frio à noite drenado

das porções mais elevadas do terreno em condições de tempo estável frio com pouca ou sem nebulosidade (vento catabático). Inversamente, durante o dia e sob condições de tempo quente, as características de relativo confinamento do ar típico de áreas deprimidas durante o dia, propicia ascendência de ar quente pelas encostas das vertentes à margem das serras das Bandeirinhas, Areias e Rochoso (vento anabático).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência do clima regional e local sobre formas de organização de microescala é fundamental para se compreender a organização hierárquica do clima. Isoladamente cada nível dessa cadeia explica apenas parcialmente os fatos, deixando de lado situações particulares sob condições diversas de tempo meteorológico. Muitos fatos atribuídos às cidades, por exemplo, quando comparadas às áreas rurais e naturais, constituem-se em modelos que não encontram respaldo na realidade, uma vez que parte significativa de seu clima (senão a maior parte dele) tem gênese externa ao próprio ambiente urbano, influenciado por mecanismos locais e/ou regionais de mesoescala.

Isso encontra argumentos em outro ponto importante que se refere ao papel (relativo) exercido pela vegetação como fator climático. Embora seja fato, como mostram as mensurações no interior do parque e, de forma mais efetiva, no ambiente de Mata Ciliar, as formações de cerrado mostraram-se como controles menos efetivos em exportar para o ambiente circundante as condições de microclima produzidas em seu interior, com valores de temperatura do ar mensurados durante o dia aproximando-se dos valores da área urbana de Belo Horizonte e daqueles da mata ciliar durante à noite. Até mesmo formações de cerrado com predomínio de elementos arbóreos com recobrimento foliar total ou parcialmente ausente no período de seca de inverno, produzem condições semelhantes.

A própria influência da vegetação da Mata Ciliar, mesmo possuindo microclimas e topoclimas característicos, não seria tão efetiva caso não houvesse o curso d'água nas proximidades e umidade nos solos.

O fato de se constatar valores de temperatura em alguns pontos no interior do parque (cerrado e campo rupestre, principalmente), tão ou mais elevados do que na área urbana de Belo Horizonte, não minimiza o papel da vegetação como fator ou controle climático, mas remete à necessidade de melhor compreensão de suas inúmeras funções junto ao ambiente.

Tanto as matas ciliares quanto as formações de cerrado no interior do parque experimentaram expansão em área territorial desde a instituição da unidade de conservação (Parque Nacional da Serra do Cipó), mesmo sob condições de temperaturas elevadas. Isso inclui várias regiões do Brasil que também comportam cerrados em áreas com valores de temperatura do ar maiores do que aquelas do centro-leste do estado de Minas Gerais. Desde que as necessidades hídricas da planta sejam atendidas, valores de temperatura elevadas (típico das áreas tropicais, com distribuição sazonal das chuvas) não se configuram como fator limitante ao desenvolvimento da vegetação.

Deve-se entender que a vegetação cumpre, principalmente, um papel ecológico, contribuindo como suporte de vida para outros sistemas ecológicos e, portanto, dos diversos organismos a ela associadas (insetos, animais, plantas etc.). O que as sociedades humanas fazem de forma histórica e culturalmente definida, é a seleção de algumas espécies de plantas e animais, cujas características suprem determinados requisitos quanto a alimentação, fabricação de utensílios e atenuação do impacto térmico.

Nesse sentido, os dados recolhidos em campo em ambientes micro/topoclimáticos podem se constituir em indicadores de alterações ambientais, através da comparação dos perfis de variação de temperatura e da umidade relativa do ar, ainda mais se forem obtidos em ambientes diferenciados quanto ao uso do solo. A não existência de índices de validade geral possivelmente se deve em função da extrema diversidade de situações envolvendo as interações entre a vegetação, topografia e tempo meteorológico, o que reforça a necessidade de pesquisas nessa linha temática.

## REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, A. P.; RIBEIRO, H. Configuração espacial de eventos de precipitação extrema na Região Metropolitana de São Paulo: interações entre a ilha de calor e a penetração da brisa oceânica. **InterfacEHS**, São Paulo, v.2, p.1-8, 2007.

ARYA, S. P. **Introduction to Micrometeorology**. 2.ed. San Diego-USA: Academic Press, 2001.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1988.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v.13, p.1-27, 1972.



BERTRAND, C.; BERTRAND, G. **Uma Geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Massoni, 2009.

BONAN, G. **Ecological Climatology: Concepts and Applications**. 2.ed. New York: Cambridge University Press: 2008.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS M. A. F. S. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**. O clima da camada de ar junto ao solo. 4.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GÓMEZ SANZ, V. Cubiertas forestales y respuesta microclimática. **Invest Agrar: Sist Recur For Fuera de serie**, p.84-100, 2004. Disponível em: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/084-100-\(04\)-Cubiertas\\_1162210233484.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/084-100-(04)-Cubiertas_1162210233484.pdf). Acesso em: 05/10/2020.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, vol.4, n.1-2, p.7-15, dez. 2008.

IBGE. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Cidades 2016**. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/3167202>. Acesso em: 17/04/2017.

JARDIM, C. H. A representação gráfica dinâmica como subsídio à elaboração da carta de unidades climáticas. **Geografias**, Belo Horizonte, n.10, p.140-151, jan./jun. 2010a.

JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, v.1, n.10, p.9-25, 2010b.

JARDIM, C. H. Relações entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-SP. **Geografias**, v.1, n.7, p.128-142, 2011.

JARDIM, C. H. Espaço, tempo e escala: subsídios à elaboração da carta de unidades climáticas dinâmicas. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. **Concepções e ensaios da climatologia geográfica**. Dourados-MS: Editora da UFGD, 2012. cap.11, p. 257-284.

JARDIM, C. H. Aspectos Multiescalares e Sistêmicos da Análise Climatológica. **Geografias**, Belo Horizonte, - Edição Especial - III Seminário de Geografia - Reflexões sobre o III Seminário de Geografia (III SEGEO), p.40-52, 2015.

JARDIM, C. H. Construção e avaliação de desempenho de modelo de mini-abrigo meteorológico de ventilação passiva para experimentos em campo de climatologia. In: GALVANI, Emerson; GOBO, João Paulo Assis; LIMA, Nádya Gilma Beserra de. (Orgs.) **Climatologia Aplicada**. Vol II. 1.ed. Curitiba: CRV, 2018, p.223-234.

JARDIM, C. H.; GALVANI, E. Uso da Terra e Variações da Temperatura do Ar no Interior e Áreas Limítrofes ao Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. **Revista do Departamento de Geografia – Volume Especial do II Workshop do Programa de Pós-Graduação em Geografia Física**, São Paulo, p.162-173, 2018.

JARDIM, C. H.; GALVANI, E.; SILVA, M. R.; GARCIA, R. A. O clima em áreas limítrofes ao planalto meridional do Espinhaço: Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais-Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v.25, p.549-570, 2019.

MMA-ICMBIO. **Plano de manejo. Parque Nacional da Serra do Cipó: Área de Proteção Ambiental Morro da Pedreira.** Brasília-DF, 2009. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/parna\\_serra\\_do\\_cipo\\_pm\\_encarte1e2.pdf](https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/parna_serra_do_cipo_pm_encarte1e2.pdf). Acesso em: 14/02/2022.

MACHADO, A. J.; AZEVEDO, T. R. A distribuição espacial dos termos do balanço de energia em superfície a partir de imagem orbital e observação de campo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.19, p.81-91, 2006.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.7, p.61-80, 1994.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em Climatologia. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: **Climatologia**, São Paulo, n.1, p.1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, n.9, p.7-19, 1990a.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, n.9, p.61-79, 1990b.

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.1, p.7-72, mai. 1999.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. A questão ambiental na Geografia do Brasil: a propósito da “validade”, “especialização” e “pesquisa universitários”. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.5, p.7-48, 2003.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, Rio Claro, n.45-46, p.288-294, 1993.

SAAD, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, Belo Horizonte, v.3, n.1, 1995.

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins:** um ensaio de ritmanálise. 2002. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo:** teoria e prática. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001a. cap.2, p. 34-46.



TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001b. cap.3, p.47-70.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**: tratado de ecologia global. São Paulo: EPU, 1986.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatología analítica**. Madrid: Síntesis, 1999.