

Uso da Terra e Variações da Temperatura do Ar no Interior e Áreas Limítrofes ao Parque Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais

Land Use and Variations of Air Temperature in the Interior and Surrounding Areas of Serra do Cipó National Park, Minas Gerais

Carlos Henrique Jardim¹, Emerson Galvani²

Recebido (Received): 30/04/2018

Aceito (Accepted): 24/07/2018

¹ Universidade Federal de Minas Gerais, dxhenrique@gmail.com

² Universidade de São Paulo, egalvani@usp.br

Resumo: No estado de Minas Gerais-Brasil a Serra do Espinhaço exerce importante influência na organização climática local e regional e abriga importantes unidades de conservação, destacando-se o Pq. Nacional da Serra do Cipó, próximo à Região Metropolitana de Belo Horizonte. Considerando as características de ocupação, marcada por forte alteração do estrato geocológico, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência dos diferentes tipos de uso da terra nas variações de temperatura do ar, comparando o interior e áreas limítrofes do parque. A análise dos dados incluiu o exame dos dados das Normais Climatológicas (1961-1990), séries temporais anuais de estações meteorológicas (INMET) no período entre 1961-2016 e séries horário-diárias obtidas em campo (abril de 2016 até setembro de 2017). Foi utilizada a análise de tendência e correlação nas séries de longo-prazo e recursos de análise microclimatológica (estatística, cartografia etc.) às séries de dados horário-diárias. Em relação aos resultados pode-se destacar dois aspectos principais: (1) indícios de alteração dos componentes do balanço de radiação decorrente das alterações introduzidas no uso da terra em favor de maior disponibilidade de calor sensível no eixo Belo Horizonte – Sete lagoas demonstrado pelos valores de correlação; (2) o papel relativo da vegetação em atenuar as variações de temperatura, condição exibida apenas no interior do ambiente de mata ciliar com predomínio total de estrato arbóreo denso.

Palavras-Chave: Clima; Vegetação; Temperatura do Ar; Impacto Ambiental.

Abstract: In the state of Minas Gerais-Brazil the Espinhaço mountain has important influence on the local and regional climate organization and contains important conservation units, especially the Serra do Cipó National Park, near the Metropolitan Region of Belo Horizonte. Considering the occupation characteristics, marked by a strong alteration of the geocological stratum, the objective of this research was to evaluate the influence of different types of land use in the variations of air temperature, comparing the interior and neighboring areas to the park. Data analysis included data from Climatological Normals (1961-1990), annual time series of meteorological stations (INMET) in the period between 1961-2016 and daily time series obtained in the field (April/2016 to September/2017). Trend and correlation analysis was used in the long-term series and microclimate analysis resources (statistics, cartography etc.) to the time-daily data series. In relation to the results it is possible to highlight: (1) evidence of alteration of the components of the radiation balance due to changes in land use in favor of greater availability of sensible heat in the Belo Horizonte - Seven lagoons axis demonstrated by the correlation values; (2) the relative role of vegetation in attenuating temperature variations, a condition only present inside the forest environment with a total predominance of dense arboreal stratum.

Keywords: Climate; Vegetation; Air Temperature; Environmental Impact.

1. Introdução

No estado de Minas Gerais-Brasil a Serra do Espinhaço exerce importante influência local e regional na organização do clima e da vegetação abrigando, inclusive, importantes unidades de conservação. Nesse contexto e próximo à Região Metropolitana de Belo Horizonte destaca-se o Pq. Nacional da Serra do Cipó, sede do desenvolvimento de parte dos resultados aqui apresentados. A presença de vegetação nativa faz dessa área importante referencial de ambiente “natural” em comparação a localidades em seu entorno com diferentes graus de alteração ambiental pela ocupação urbana e rural. A importância econômica e política dessa área para o estado de Minas Gerais justificam o desenvolvimento de pesquisas ambientais, considerando a elevada pressão por recursos naturais.

A área de estudo encerra grande diversidade de biótopos naturais e antropizados, alguns praticamente inalterados e outros com diferentes níveis de alteração presentes em áreas urbanas e rurais dos municípios limítrofes.

Ainda que determinadas alterações do meio não resulte em mudanças mensuráveis no clima em meso e macroescala, ao nível de espaços regionais da dimensão do estado de Minas Gerais, alterações no âmbito da cobertura vegetal e do solo podem comprometer o desempenho térmico da superfície a partir de mudanças introduzidas nas características de albedo, transmissão e conservação de calor no ambiente, redução do aporte de vapor para a atmosfera etc., hipótese já considerada em pesquisas anteriores por Monteiro (1978; 2000) e tarifa (1981):

qualquer alteração junto à interface solo-atmosfera (camada limite), qualquer alteração na natureza dessa superfície, tanto espacial como vertical, altera significativamente o modo de propagação da energia, alterando conseqüentemente os resultados das trocas verticais de radiação solar e interferindo nos processos advectivos pelas mudanças que introduz no comportamento do vento (TARIFA, 1981, p.16).

O conjunto dessas alterações pode modificar negativamente a capacidade de suporte do ambiente em relação aos eventos naturais e intervenções antrópicas. A conservação da água no ambiente é exemplo clássico disso. Embora as precipitações se constituam em eventos naturais, cuja gênese está ligada fundamentalmente à dinâmica das massas de ar, a ação humana pode interferir, não na sua gênese, mas no impacto dos eventos de chuva, a partir de alterações (ou completa remoção) da cobertura vegetal numa bacia hidrográfica. Com o desmatamento a infiltração da água diminui, favorecendo o escoamento superficial e amplificando os processos erosivos.

Inúmeras pesquisas, oriundas de diferentes áreas do conhecimento humano, demonstram as consequências ambientais de mudanças inadvertidas introduzidas no meio. O clima urbano, por exemplo, embora afete as cidades médias e grandes de diferentes formas, quase sempre traz resultados negativos como o aumento do número de pontos de alagamentos, adição de calor onde já existe excedente de energia térmica (cidades em latitude tropical), adição de poluentes atmosféricos etc., introduzindo, inclusive, mudanças no ritmo de variação dos elementos climáticos como demonstrou Azevedo (2000) na cidade de São Paulo e Jardim e Silva (2017) em Belo Horizonte. Dessa forma, é imprescindível que o conhecimento científico tome parte em qualquer forma de planejamento do território.

A utilização dos recursos naturais a partir de perspectiva conservacionista, sem total degradação do ambiente, constitui-se num dos paradigmas da sociedade atual. A ampla dimensão territorial do estado de Minas Gerais e sua diversidade na composição paisagística, torna essa tarefa ainda mais importante.

A porção do território de Minas Gerais onde se encontra a área de estudo está representada na **Figura 1** com destaque para os municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas, Conceição do Mato Dentro e o Parque Nacional da Serra do Cipó. A partir de informações do IBGE (2015) a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), onde se inclui o município de Belo Horizonte, representa a terceira maior região metropolitana do Brasil com população em torno de 5,8 milhões de habitantes (Belo Horizonte com 2.375.151 habitantes) e o quinto PIB nacional, atrás de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Curitiba. O município de Sete Lagoas, embora não tenha experimentado o mesmo crescimento de Belo Horizonte, mostrou considerável crescimento populacional nas duas últimas décadas (144.000 para 214.000 habitantes entre 1990 e 2010) com população atual em torno de 236.228 habitantes. As transformações espaciais ocorridas incluíram a instalação de unidades fabris, centros alimentícios e tecnológicos. O município de Conceição do Mato, embora não integre a RMBH, foi utilizado na pesquisa em função da localização da estação meteorológica do INMET (que é a mais próxima da área do parque), servindo, também, como referencial para comparação com as localidades de Sete Lagoas e Belo Horizonte. Está localizada no alto vale da bacia do rio Doce, a leste do Espinhaço. Sua população atual conta com 18.160 habitantes e na economia cabe destaque o ecoturismo e, mais recentemente, a mineração.

Quatro grandes compartimentos de relevo se destacam (IBGE, 2006): (1) Serras do Espinhaço Meridional (onde se situa a Serra do Cipó), conectada ao sul com as (2) Serras do Quadrilátero Ferrífero. No interior a oeste do arco formado por esses dois conjuntos de planaltos encontram-se a (3) Depressão de Belo Horizonte, porção marginal superior ligada a (4) Depressão do Alto-Médio Rio São Francisco em patamar altimétrico inferior. De acordo com Rezende e Salgado (2011), apoiado em outros autores, essas feições integram, respectivamente, o Cinturão Orogênico do Atlântico e o Cráton do São Francisco. A primeira inclui formas estruturais retrabalhadas pela ação intempérica, resultado de tectônica compressiva com cavalgamentos em rochas predominantemente quartizíticas, com cristas, escarpas e vales profundos (as altitudes em vários trechos superam 1200 m). Na depressão do Alto-Médio Rio São Francisco (localizada a oeste da unidade anterior), ocorrem formas menos dissecadas com morros e morrotes de topos convexos e alongados e colinas convexas em patamar altimétrico menos elevado (em torno de 800 m) sobre rochas do grupo Bambuí (filitos, metassiltitos e calcário).

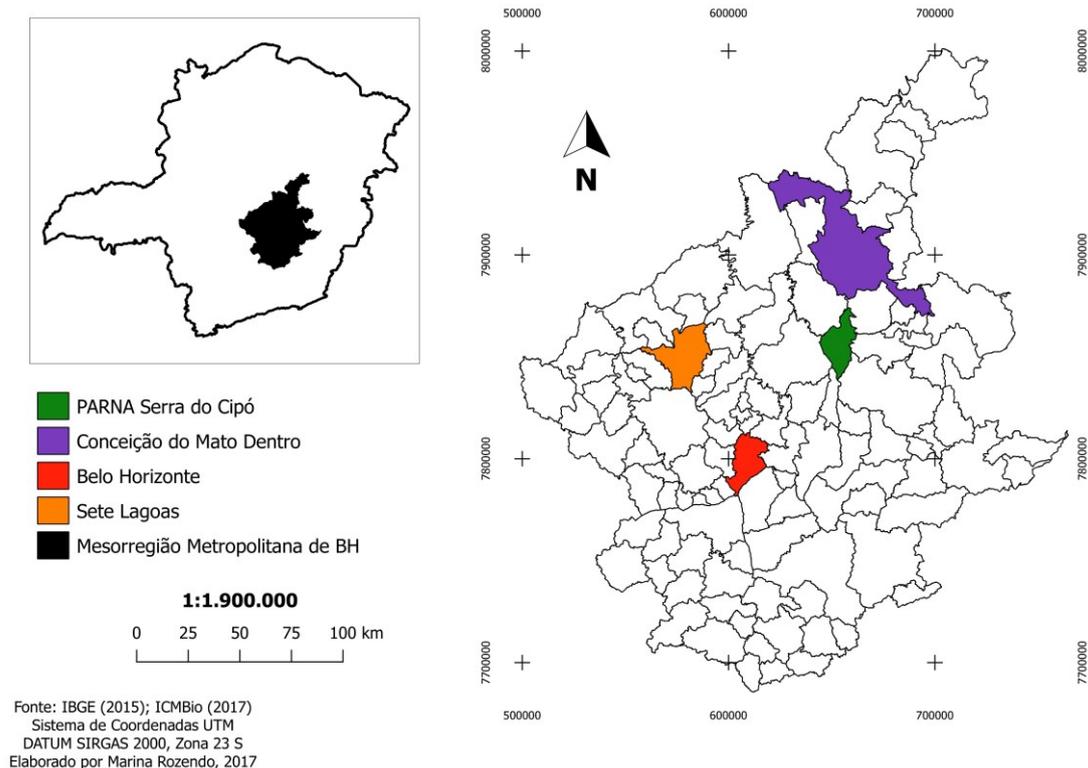


Figura 1: Localização da área de estudo na Mesorregião Metropolitana de Belo (estado de Minas Gerais) com destaque para os municípios de Belo Horizonte, Sete Lagoas, Conceição do Mato Dentro e o Pq. Nac. Serra do Cipó.

Em relação ao quadro climático Nimer (1989) distingue duas unidades regionais: (1) Clima Tropical Subquente Semi-úmido com 4 a 5 meses seco, situado a leste e oeste do planalto do Espinhaço (áreas drenadas pelo rio São Francisco e bacias que drenam para o Atlântico) e (2) Tropical Mesotérmico Brando Semi-Úmido com 4 a 5 meses secos para as áreas de maior valor de altitude do planalto do Espinhaço. Uma parte da área de estudo, situada na borda oeste do Pq. Nacional de Serra do Cipó, está no limite entre essas duas unidades. O quadro a seguir (**Tabela 1**) fornece um resumo das variações dos principais atributos do clima para a área de estudo, cabendo destacar a sazonalidade na distribuição das chuvas concentrada no período de outubro a março e os valores moderados de temperatura típicos de regiões tropicais influenciadas pela altitude (média anual entre 20,0°C e 21,0°C).

Tabela 1: Médias e totais dos principais atributos climáticos nas localidades de Belo Horizonte, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro.

	Temperatura (°C)			Insolação (horas)	Evap. (mm)	Umid. Relativa (%)	Precipit. (mm)	Precipit. ≥ 1 mm (num. dias)	Direç. Ventos (graus)
	média	máxima	mínima						
Conceição do Mato Dentro	20,6	27,8	15,1	2112,8	836,1	75,7	1458,7	108	122
Belo Horizonte	21,1	27,1	16,7	2569,3	1206	72,2	1463,7	93	83
Sete Lagoas	20,9	28,2	15,6	2703,9	1004,9	70,5	1271,9	85	85

Fonte: DNMET (1992).

As pesquisas direcionadas à climatologia em microescala relacionadas à área de estudo são poucas e fragmentadas, contando com os trabalhos sobre clima urbano de Assis (2010) para a capital mineira e Leão (2008) e Monteiro (2016) em Sete Lagoas. Para a Serra do Cipó foram desenvolvidos os trabalhos de Machado et al. (2014a; 2014b) e Jardim (2017a; 2017b) a partir de comparações simultâneas diárias das variações de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes biótopos do parque em interação com os sistemas atmosféricos atuantes e, de forma mais abrangente, o artigo de Silva e Jardim (2017) sobre a influência da topografia e uso da terra na variação da temperatura e precipitação em Belo Horizonte, Ibitaré, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro, no segmento temporal entre 11 a 23/09/2016.

Considerando os aspectos apresentados, a problemática básica está relacionada com a influência das alterações introduzidas no ambiente, envolvendo a substituição da cobertura florestal primitiva por áreas rurais e urbanas e sua influência nas variações dos atributos climáticos. Nesse sentido, o objetivo deste artigo foi verificar a relação entre a evolução temporal das mudanças introduzidas no ambiente (uso da terra) e sua relação com a variação da temperatura do ar, uma vez que a gênese desse atributo climático guarda estreita relação com as características dos fatores de superfície (fatores naturais e antrópicos) e avaliar o papel da vegetação sobre o desempenho térmico e higrométrico do ar em comparação a áreas urbanas.

Considerou-se como hipótese de trabalho a estreita relação da temperatura do ar com as características da superfície em termos de recepção, conservação e transmissão de energia, dado que o ar se aquece principalmente a partir da superfície e não através da atmosfera (a densidade do ar é muito baixa comparada à superfície) sendo, portanto, susceptível às modificações introduzidas nessa superfície, temporalmente cumulativas.

2. Materiais e Métodos

A estrutura multiescalar do fato climático exigiu a adoção de procedimentos de decomposição temporal da análise da temperatura do ar, iniciando pela análise dos dados das séries temporais anuais para o período de 1961-2016 das estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia obtidos através de seu banco de dados (INMET-BDMEP) para as localidades de Conceição do Mato Dentro, Sete Lagoas e Belo Horizonte. Posteriormente foi realizada a análise dos dados horário-diários obtidos em campo no período compreendido entre os meses de abril de 2016 e setembro de 2017.

Em relação aos dados das séries temporais anuais do período de 1961-2016 foi aplicada a análise de regressão linear simples com auxílio do programa Excel para determinar a linha de tendência e o coeficiente de correlação (R), com a finalidade de avaliar a relação entre o atributo (temperatura) e sua evolução temporal. Aplicou-se, também, o teste de hipótese “t” de “Student” para certificar o resultado da correlação. O pressuposto básico que orientou a aplicação dessas técnicas considerou o efeito cumulativo das transformações impostas ao longo do tempo no ambiente e a estreita relação da temperatura do ar com as características da superfície.

As séries de duração horário-diárias obtidas em campo no interior do Pq. Nacional da Serra do Cipó entre os meses de abril de 2016 a setembro de 2017, contaram com cinco registradores automáticos (modelo ICEL HT-500) programados para tomadas horárias (intervalos de 01 hora) instalados em ambientes diferenciados de cobertura vegetal e topografia.

As áreas selecionadas e as características dos ambientes para instalação desses postos (**Figuras 2 e 3**) incluíram os seguintes aspectos: (1) o posto da Mata ciliar foi situado próximo à confluência dos rios Bocaina-Mascates em altitude de 802 m (19°20'50,40" S e 43°36'20,70" W), em ambiente florestal com predomínio total do estrato arbóreo denso em ambiente sombreado; (2) o posto do Cerrado foi instalado em área com vegetação de cerrado com predomínio de estrato arbustivo-herbáceo com espécies arbóreas esparsas de porte médio e baixo, com altitude de 802 m (19°21'03,80" S e 43°37'02,30" W), distando aproximadamente 1,2 km a sudoeste do posto da Mata Ciliar e próximo à base da Serra das Areias, interflúvio local na margem esquerda do rio Mascates; (3) Cerrado em topo de vertente (trilha do Capão), próximo ao topo da Serra das Areias, encontra-se em área de cerrado típico sobre latossolos com altitude de 986 m (19°22'04,10" S e 43°37'03,90" W), distante aprox. 2,0 km ao sul do posto anterior, em ambiente estruturalmente semelhante ao posto do Cerrado, mas em melhor estado de conservação, sem sinais recentes de incêndio e menor número de espécies-indivíduos em estado de regeneração.

Embora tenham sido monitorados outros ambientes no interior do parque, a escolha desses três postos para comparação com a estação automática do INMET Belo Horizonte-Pampulha (latitude: -19.883945°; longitude: -43.969397°; altitude: 854 metros) se deu em função das características de altitude, situando a estação meteorológica em patamar intermediário, e com cobertura vegetal distinta em ambiente florestal arbóreo denso de mata ciliar e de cerrado em condição topográfica diferenciada. A estação automática do INMET Belo Horizonte-Pampulha foi utilizada, também, para aferição dos dados dos registradores, bem como referencial de área urbana para efeito comparativo com os dados obtidos em campo.

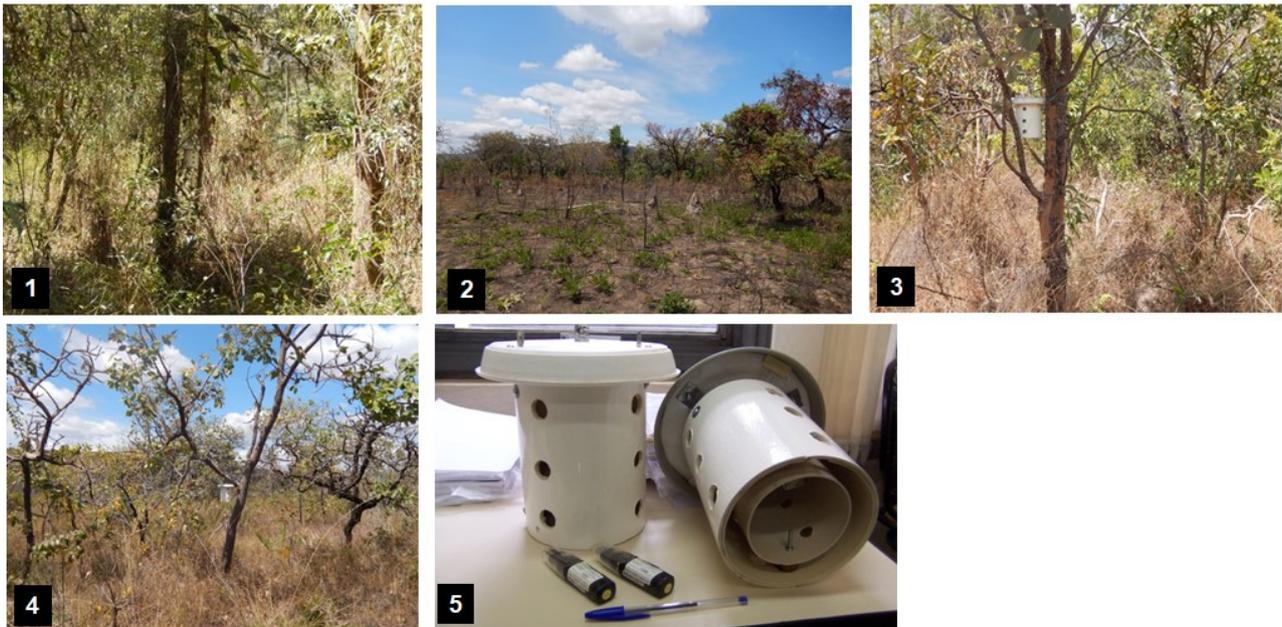


Figura 2: Aspectos dos ambientes de instalação dos postos no interior do Pq. Nac. Serra do Cipó: 1. Mata Ciliar; 2 e 3 Cerrado; 4. Cerrado de topo de vertente; 5. Detalhe do mini-abrigo e registradores automáticos de temperatura e umidade relativa do ar. Fotos: Carlos Henrique Jardim.

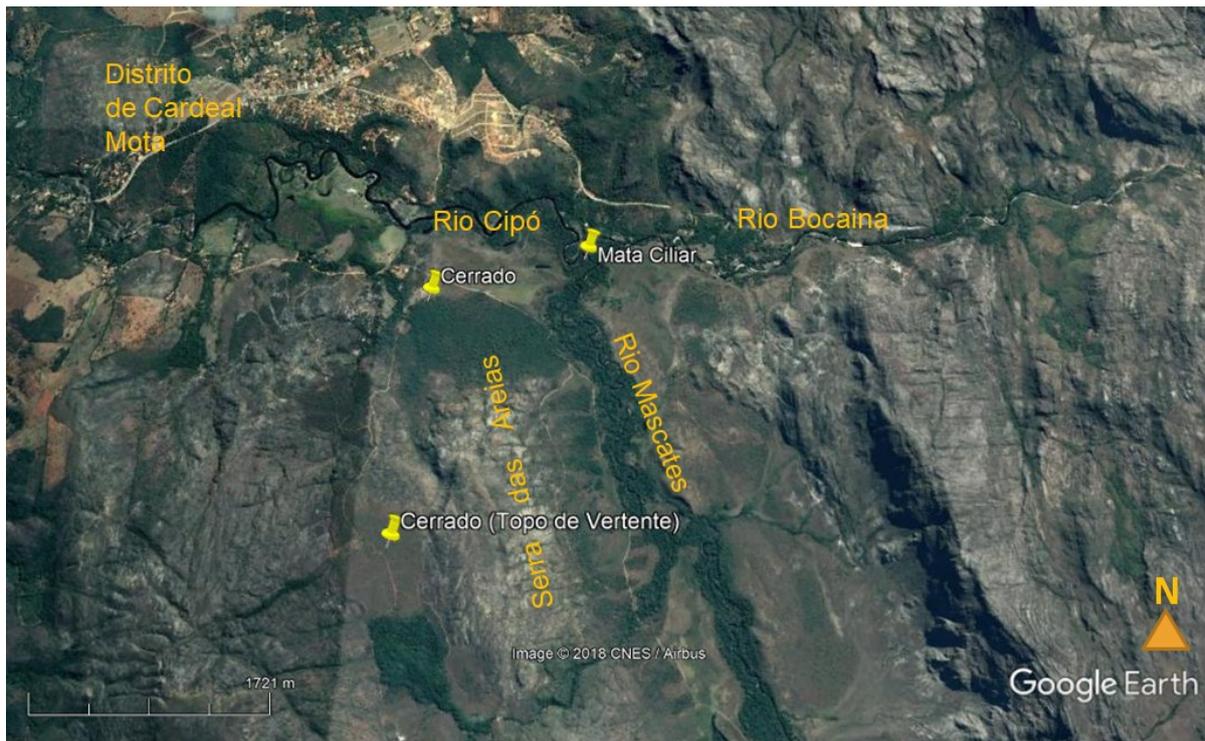


Figura 3: Contexto da distribuição dos postos no interior do Pq. Nac. Serra do Cipó, no limite oeste da área planáltica do Espinhaço Meridional. Destaque para a área deprimida do vale do rio Mascates a leste da Serra das Areias e a confluência com o rio Bocaina, onde nasce o rio Cipó. Fonte: Google Earth, 2018.

Após a aferição e correção dos dados dos registradores com a estação meteorológica do INMET-Pampulha, procedeu-se a sua organização em tabelas com segmentos horários de 24 h, donde se extraiu valores diários de temperatura absoluta e médias (média das médias, média das máximas, média das mínimas e de amplitudes total e médias). Esses dados foram comparados entre si e com a estação meteorológica do INMET no interior da área urbana de Belo Horizonte-Pampulha, considerando a relação dos termos do balanço de radiação de ondas curtas e longas (VIDE, 1999) com as características do relevo (altitude e topografia), vegetação, equipamento urbano (no caso de Belo Horizonte) e dos sistemas atmosféricos atuantes em cada ocasião.

3. Resultados

As mudanças relativas à ocupação do espaço, assumindo novas funções ao longo do tempo em detrimento dos ecossistemas naturais primitivos, principalmente no eixo Belo Horizonte – Sete Lagoas, mostrou para o período entre 1961–2016, índices de correlação significativos, confirmados posteriormente pelo “teste t” de “Student”.

De acordo com a **Figura 4** o índice de correlação obtido para os valores anuais das temperaturas médias das mínimas, teoricamente melhor representativo de correlação pelo fato de se mostrar mais sensível a alterações ambientais como mudanças nas características de uso da terra, foi de 0,76 para Belo Horizonte, 0,58 para Sete Lagoas e 0,34 para Conceição do Mato Dentro.

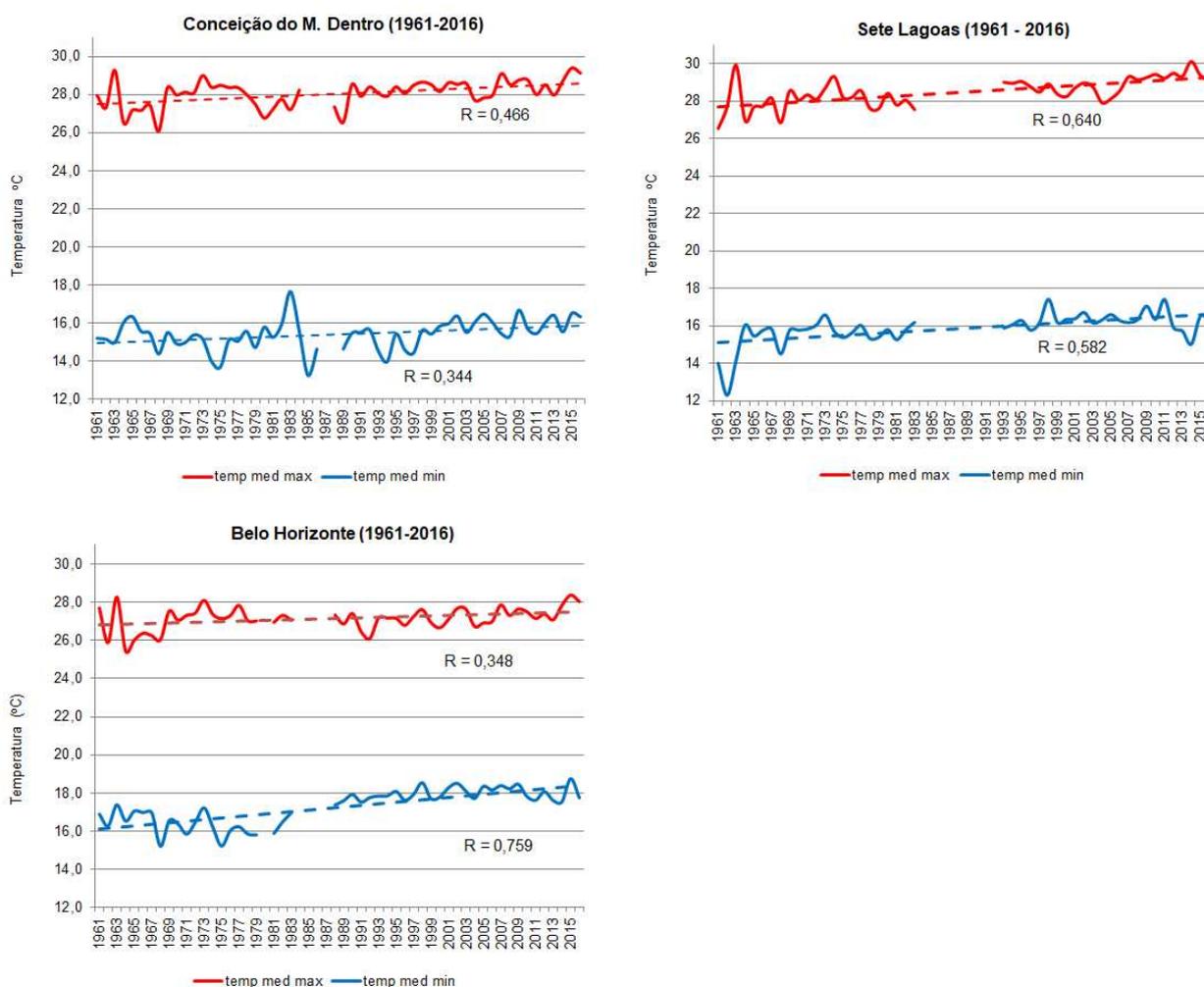


Figura 4: Variação da média anual, tendências e correlações da temperatura do ar no período de 1961- 2016 em Conceição do Mato Dentro, Sete Lagoas e Belo Horizonte. Fonte: BDMEP-INMET (www.inmet.gov.br). Elaboração.: Carlos Henrique Jardim.

Os valores da distribuição “t de Student” para 50 elementos (número de anos da série temporal) é de 1,676 e os valores obtidos em todos os casos para as três localidades foi superior a esse valor, o que certifica a correlação encontrada. Os valores desse teste obtidos das três localidades foram, respectivamente para as temperaturas máximas e mínimas, de 3,1 e 2,2 em Conceição do Mato Dentro, 5,7 e 5,1 em Sete lagoas e 1,7 e 8,4 para Belo Horizonte.

Os valores de correlação encontrados se ajustam às características de ocupação em cada uma das três localidades, mostrando maior valor em Belo Horizonte, como era esperado, resultado de maior acumulo temporal de modificações nas características de uso da terra, e menor em Conceição do Mato Dentro onde as transformações implementadas ao ambiente não experimentaram o mesmo grau de alteração, com área urbana e população exíguas

em termos numéricos, como foi descrito na caracterização da área de estudo, e desconectada de outras cidades por extensas áreas rurais e naturais.

A análise dos dados de clima em microescala, produzidos pelos postos instalados no interior do Parque Nacional da Serra do Cipó e comparados aos dados da estação meteorológica de Belo Horizonte no período compreendido entre abril de 2016 a setembro de 2017, foram sumarizados na **Tabela 2** apresentada a seguir.

Tabela 2: Valores médios de temperatura e umidade relativa do ar (média dos segmentos temporais de abril/2016 a setembro de 2017).

Temp. Ar (°C)	Média	Max. Absol.	Min. Absol.	Ampl. Total	Méd. Méd. Diária	Méd. Max. Diária	Méd. Min. Diária	Dif. Max. Min
Mata Ciliar	20,6	29,7	13,4	16,2	20,8	25,8	16,9	8,9
Cerrado	21,5	32,1	12,6	19,5	21,8	28,2	16,7	11,5
Cerrado Topo Vertente	20,7	30,9	13,5	16,8	20,9	26,8	16,5	10,3
Belo Horizonte	22,0	31,2	13,5	17,7	22,0	27,4	17,8	9,6

Umid. Relat. Ar (%)	Média	Max. Absol.	Min. Absol.	Ampl. Total	Méd. Méd. Diária	Méd. Max. Diária	Méd. Min. Diária	Dif. Max. Min
Mata Ciliar	67	87	38	47	66	77	53	24
Cerrado	63	86	31	53	63	77	46	31
Cerrado Topo Vertente	61	83	29	52	60	74	45	29
Belo Horizonte	63	89	29	61	63	79	44	36

Esses dados trazem informações a respeito da temperatura do ar nos diferentes ambientes, cujas variações exercem efeitos sobre a umidade relativa do ar. Nesse sentido cabe destacar que o ambiente de mata ciliar foi o mais frio considerando as médias com 20,6°C (o mais quente foi o Cerrado com 21,5°C) e no valor de máxima absoluta com 29,7°C contra 32,1°C no Cerrado. Exibiu, também, a menor amplitude média com 8,6°C em contraposição ao Cerrado com 11,5°C. Essas características condizem com um ambiente que experimenta menor aporte de energia resultante de entrada de radiação solar (direta e difusa) e emissão de calor e de transporte advectivo de calor das áreas adjacentes.

Essas características podem ser explicadas considerando os seguintes fatores: (1) forte obstrução pelo dossel foliar frente à entrada de radiação solar, implicando em menor disponibilidade de calor sensível; (2) atenuação da ventilação pelo adensamento vegetal, reduzindo a entrada e dissipação de calor e umidade (dificulta a saída do baixo saldo de calor e conserva a umidade produzida no interior desse espaço, ao mesmo tempo em que atenua a entrada e saída desses mesmos elementos advectados de fontes externas); (3) aporte e evaporação da umidade oriunda da evapotranspiração vegetal, evaporação da água dos solos e evaporação das águas do rio Cipó situado nas proximidades (<100 m), contribuindo com a redução do estoque de calor sensível disponível no meio pela evaporação da água (conversão de calor sensível em calor latente); (4) papel da serrapilheira associada ao tecido vegetal na redução da transmissão e conservação de calor no ambiente; (5) consumo de parte da energia solar nos processos metabólicos das plantas, reduzindo a disponibilidade dessa fração energética no meio (e como é a área mais densamente ocupada pela vegetação, maior é o consumo de energia nesse processo).

O elevado valor de calor específico do povoamento vegetal e da serrapilheira de 0,8 cal/cm².°C em comparação ao concreto com 0,2 cal/cm².°C de acordo com Geiger (1961, p.268) e a baixa condutividade de calor pelo tecido vegetal e serrapilheira que na água esse valor é de 0,57 W/m.K e na rocha é de 2,9 W/m.K, de acordo com Arya (2001), atenuam as variações de temperatura nesse ambiente, requerendo montantes significativos de energia para experimentar alguma elevação de temperatura.

O posto do Cerrado apresentou, comparativamente, o maior valor na média de temperatura (21,5°C, contra 20,6°C na Mata Ciliar e 21,0°C em Belo Horizonte) e na média máxima diária (28,2°C; na mata ciliar esse valor foi de 25,8°C e 26,9°C em Belo Horizonte). Na média mínima diária obteve o segundo menor valor com 16,7°C atrás do posto do Cerrado no topo da vertente 16,5°C. A diferença entre esses dois valores confere a esse posto o maior valor de amplitude térmica (11,5°C) em relação aos demais postos (o menor valor de amplitude térmica foi registrado na mata ciliar de 8,9°C).

Essas variações também se repetiram na sequência de 26/10/2016 a 10/02/2017 (**Tabela 3**) quando a tendência desse posto foi de exibir valores de temperatura superiores aos dos demais postos registrando 23,6°C (23,2°C em Belo Horizonte e 22,3°C na Mata Ciliar). No período seco de 07/05 a 13/09/2017, quando a cobertura foliar se retrai, os valores de temperatura assinalaram 18,6°C, contra 18,0°C na Mata Ciliar e 19,5°C em Belo Horizonte. Em Belo Horizonte as condições de tempo estável típica desse período com forte insolação, transforma as

superfícies pavimentadas em fonte passiva de produção de calor, mais eficiente do que a cobertura vegetal herbácea seca do cerrado.

Tabela 3: Valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) para cada um dos segmentos temporais entre abril/2016 a setembro/2017.

		Média		Max. Absol.		Min. Absol.		Ampl. Total		Méd. Méd. Diária		Méd. Max. Diária		Méd. Min. Diária		Dif. Max. Min	
		Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR	Temp	UR
30/04 a	Mata Ciliar	18,9	73	26,0	90	13,8	53	12,2	37	18,9	73	23,7	83	15,0	62	8,7	21
07/05/2016	Cerrado	19,9	67	27,9	86	12,4	44	15,5	42	19,9	67	25,6	81	14,1	52	11,5	29
	Cerrado (topo vertente)	19,7	66	28,7	85	13,4	43	15,3	42	19,7	66	26,1	79	15,0	50	11,1	29
	BH Pampulha	20,7	67	28,2	94	13,9	35	14,3	59	20,7	67	26,2	83	16,4	49	9,8	34
06 e	Mata Ciliar	19,3	71	25,3	85	13,4	42	11,1	28	///	///	///	///	///	///	///	///
07/05/2016	Cerrado	19,7	67	26,8	84	12,4	42	14,1	35	///	///	///	///	///	///	///	///
	Cerrado (topo vertente)	19,9	64	27,8	76	12,2	37	12,2	31	///	///	///	///	///	///	///	///
	BH Pampulha	22,1	63	27,7	80	17,2	42	10,5	38	///	///	///	///	///	///	///	///
11/09 a	Mata Ciliar	23,7	49	34,2	73	15,8	22	18,4	51	23,7	49	30,1	64	18,3	34	11,8	30
23/09/2016	Cerrado	24,1	48	35,7	75	15,3	18	20,4	57	24,1	48	31,0	65	18,1	32	12,9	33
	Cerrado (topo vertente)	23,4	47	34,4	71	13,9	18	20,5	53	23,4	47	30,1	64	17,6	31	12,5	33
	BH Pampulha	24,1	49	34,3	79	14,2	19	20,1	60	24,1	49	30,3	67	18,9	30	11,4	37
25/09 a	Mata Ciliar	23,1	58	34,6	92	11,1	24	23,5	68	23,1	58	28,6	72	18,7	44	9,9	28
26/10/2016	Cerrado	24,2	57	37,8	89	11,2	19	26,6	70	24,2	57	30,7	72	19,3	40	11,4	32
	Cerrado (topo vertente)	22,9	56	34,6	88	14,6	17	20,0	71	22,9	56	29,0	70	18,6	40	10,4	30
	BH Pampulha	23,4	61	34,9	93	14	19	20,9	74	23,4	61	28,9	78	19,3	40	9,6	38
26/10/2106 a	Mata Ciliar	22,3	70	32,2	96	14,3	33	17,9	63	22,3	70	26,8	82	18,8	56	8,0	26
10/02/2017	Cerrado	23,6	66	35,6	93	13,9	29	21,7	64	23,6	66	30,1	80	19,2	48	10,9	32
	BH Pampulha	23,2	68	33,8	93	12,5	25	21,3	68	23,2	68	28,2	84	19,5	48	8,7	36
12/02 a	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
12/03/2017	Cerrado	23,2	66	33	87	15	37	18,0	50	23,2	66	30,1	80	18,5	46	11,6	34
	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
	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
12/02 a	Mata Ciliar	21,5	70	29,5	92	14,7	40	14,8	52	21,5	70	26,0	81	18,2	57	7,8	24
05/05/2017	Cerrado	22,6	66	33,0	90	14,0	31	19,0	59	22,6	66	29,1	79	18,0	48	11,1	31
	Cerrado (topo vertente)	22,1	63	31,7	91	15,6	26	16,1	64	22,1	63	27,6	76	18,2	47	9,4	29
	BH Pampulha	22,8	65	32,3	93	14,4	28	17,9	65	22,8	65	27,7	82	18,9	46	8,8	36
09/04 a	Mata Ciliar	20,7	71	29,3	90	14,7	49	14,6	42	20,7	71	24,9	80	17,9	61	7,0	19
05/05/2017	Cerrado	21,9	67	32,1	86	14,0	34	18,1	52	21,9	67	27,6	78	17,8	53	9,8	25
	Cerrado (topo vertente)	21,1	66	31,4	87	15,9	31	15,5	56	21,1	66	26,2	76	17,7	52	8,5	24
	BH Pampulha	21,9	68	30,0	92	14,8	33	15,2	59	21,9	68	26,6	83	18,4	51	8,4	32
07/05 a	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
13/09/2017	Cerrado	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 (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
	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

A situação topográfica desse posto na base da vertente da Serra das Areias e o elevado valor de amplitude térmica sugere a participação de mais de um mecanismo de aquecimento/resfriamento do ar nesse espaço. As características de cobertura vegetal com vegetação de cerrado com predomínio de vegetação de porte herbáceo e elementos arbóreos esparsos de baixo porte, favorece a recepção de radiação solar durante o dia e forte perda radiativa de calor no período noturno. Ao mesmo tempo, dada a localização em área deprimida do vale do rio Mascates na base da vertente da Serra das Areias, coloca-se na trajetória do fluxo de ar quente ascendente (vento anabático) durante o dia e do ar frio descendente oriundo de setores mais elevados da vertente à noite (vento catabático). Esses processos são intensificados em situações de forte estabilidade atmosférica e de baixa umidade do ar. O posto da Mata Ciliar, apesar de situar-se no mesmo compartimento topográfico no fundo de vale do rio Mascates, a densa vegetação arbórea (entre outros fatores já apontados) inibe as trocas de energia e umidade com o ambiente circundante, diferente do ambiente de cerrado.

No posto do Cerrado, além da maior distância em relação ao curso d'água, muitas espécies da vegetação perdem total ou parcialmente as folhas a fim de reduzir a evapotranspiração durante o período de estiagem, quando o estoque de água no solo experimenta redução progressiva a partir de abril até o início da estação chuvosa em outubro. Dessa forma, a incidência de radiação solar no interior do estrato herbáceo com elementos arbóreos esparsos de baixo porte aumenta, intensificando a produção de calor sensível ao mesmo tempo em que facilita o transporte advectivo de calor de áreas mais quentes circunjacentes.

O posto do Cerrado no topo da vertente da Serra das Areias foi o segundo posto mais frio depois da Mata Ciliar em todos os segmentos temporais. Entretanto, esse posto apresentou elevada amplitude térmica, aproximando-se das temperaturas mais elevadas registradas no posto do Cerrado durante o dia e, ao mesmo tempo, aproximando-se dos valores mais baixos registrados no posto da Mata Ciliar no período noturno.

No segundo período de mensurações (11 a 23/09/2016) os valores médios diários de temperatura desse posto foram, inclusive, inferiores aos daqueles registrados na Mata Ciliar (23,4°C contra 23,7°C da Mata Ciliar). As condições atmosféricas estáveis desse período (ar muito seco e pouca nebulosidade) aceleraram a perda de calor, decorrente do reduzido efeito estufa natural do vapor d'água e intensificação das perdas de calor por emissão radiativa e advecção do ar.

Em outra situação, também com predominância de tempo quente e estável do segmento temporal de 09/04 a 05/05/2017, sob ação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), o maior valor de altitude (986 m) e exposição à circulação local e regional atenuaram as variações de temperatura propiciando valores médios de 21,1°C, média das máximas em 31,4°C, mínimas de 15,9°C e de amplitude em 15,5°C, inferiores aos do posto do Cerrado (méd.: 21,9°C; max.: 32,1°C; mín.: 14,0°C; ampl.: 18,1°C), este último fortemente influenciada pelas características topográficas do vale do rio Mascates, em área deprimida com relativo confinamento do ar (formação de ventos catabáticos e anabáticos e menor dissipação de calor).

Os fatores por trás das variações de temperatura encontradas no posto do Cerrado no topo da vertente estão ligados, de forma geral, ao baixo recobrimento foliar e predomínio do estrato arbustivo-herbáceo da vegetação, altitude e topografia. O primeiro fator, ligado às características da vegetação, permite intensa entrada de radiação solar durante o dia e forte perda de calor durante os períodos diurno e noturno semelhante ao posto do cerrado. O fator altitude afeta esse posto tanto no que se refere ao efeito de resfriamento por descompressão adiabática do ar, apesar da reduzida influência considerando o baixo gradiente de altitude em relação ao posto mais baixo na Mata Ciliar e do Cerrado (< 200 m) e o valor teórico de $-0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$. Entretanto, a situação topográfica desse posto o coloca frente aos efeitos da circulação local e regional que, por sua vez, intensifica a dissipação de calor pela advecção do ar, típico de áreas topograficamente elevadas.

Em Belo Horizonte, o perfil de variação da temperatura do ar tendeu a acompanhar o balanço de radiação de ondas longas, adentrando a noite, final do período noturno e manhã com valores mais elevados de média das mínimas diárias em todos os segmentos temporais comparativamente aos demais postos com valor de 17,8°C (16,9°C na Mata Ciliar; 16,7°C no Cerrado; 16,5°C no Cerrado Topo de Vertente). Em contraposição, no período diurno, o valor da média das máximas mostrou-se mais elevado no posto do Cerrado (28,2°C) do que em Belo Horizonte (27,4°C). Nos outros dois postos o controle imposto pela vegetação no caso da Mata Ciliar (25,8°C) e da altitude no Cerrado de topo de vertente (26,8°C) forçaram os valores de temperatura para baixo em relação a esses dois postos.

Essa característica geral verificada no posto do Cerrado se deve à fraca capacidade de conservação de calor no ambiente florestal. A parte da energia solar que não é aproveitada nos processos metabólicos da planta e/ou na evaporação da água é prontamente utilizada no aquecimento do ar ou é dissipada no ambiente, compondo baixo saldo radiativo de calor, fato também observado por Lopes e Jardim (2012) comparando dados de temperatura entre a área urbana de Contagem e da área rural de Betim. No ambiente urbano, além da maior capacidade de armazenamento de calor em função das características gerais de reduzido valor de calor específico e elevada capacidade térmica dos materiais em função dos grandes volumes de material utilizados na construção civil, há maior número de fontes ativas (e passivas) de origem antropogênica de produção de calor como automóveis, eletrodomésticos, concentração de pessoas etc., em adição àquelas de origem natural.

O perfil de variação da temperatura do ar nos diferentes postos e na área urbana de Belo Horizonte fica ainda mais evidente nas tomadas horárias. A título de exemplo, a **Figura 5** mostra duas situações típicas representativas dessa condição e dos valores de temperatura das **Tabelas 2 e 3**. Enquanto Belo Horizonte acompanha o balanço de radiação de ondas longas, adentrando a noite e manhã com valores mais elevados de temperatura do ar, os postos na área natural da Serra do Cipó exibem valores diurnos mais elevados do que Belo Horizonte e mais baixos no período noturno e manhã, acompanhando mais de perto o balanço de radiação de ondas curtas, tanto em situações de instabilidade atmosférica do dia 27/02/2017 quanto em situação de estabilidade atmosférica do dia 31/08/2017.

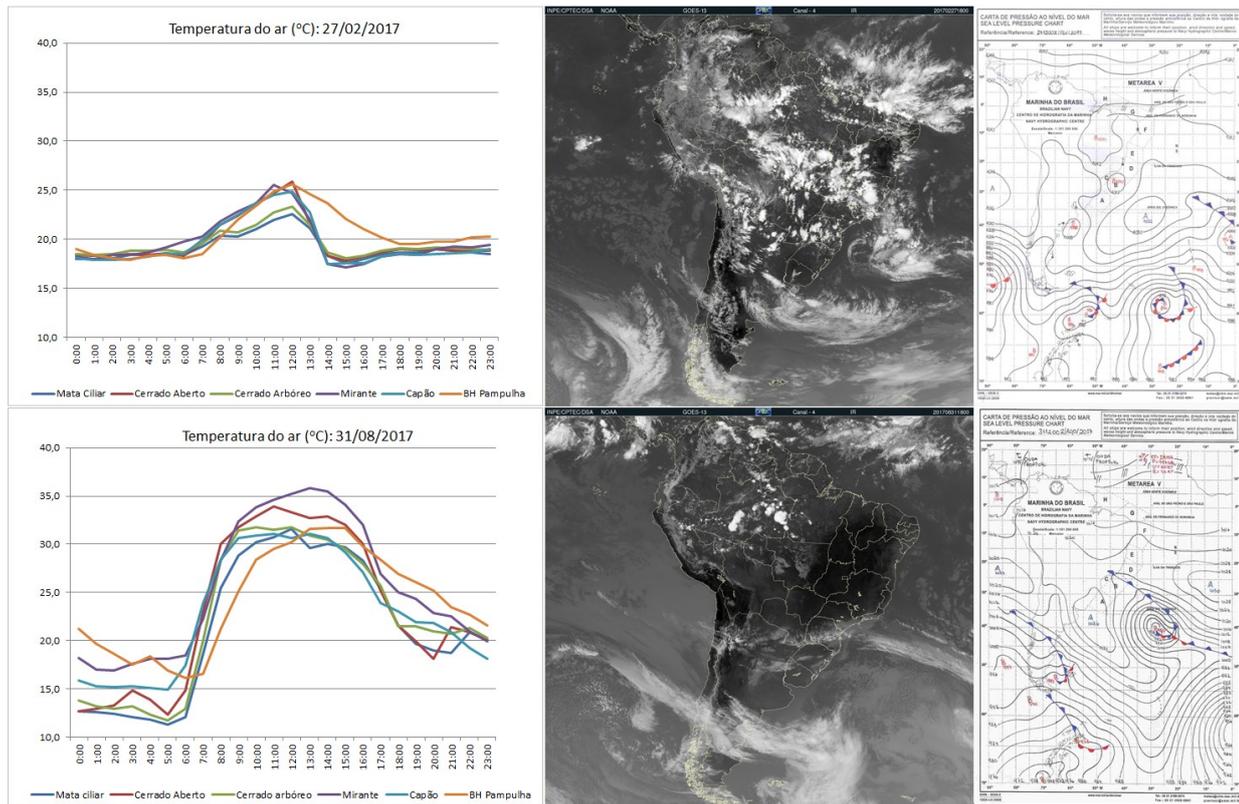


Figura 5: Variação da diária da temperatura do ar nos dias 27/02 e 31/08/2017. Fonte: www.cptec.inpe.br; www.mar.mil.br. Organização: Carlos Henrique Jardim.

4. Conclusões

A análise dos dados sugere maior alteração dos atributos naturais no eixo Belo Horizonte - Sete Lagoas e menor em Conceição do Mato Dentro o que pode, inclusive, pressionar negativamente as áreas naturais nos limites do Pq. Nacional da Serra do Cipó através da advecção de calor e poluição do ar para o interior do parque, amplificando o efeito de borda.

Nesse caso, diante da constatação do problema, haveria necessidade verificar, através de pesquisas, se a Área de Preservação Ambiental (APA) ao redor do parque cumpre efetivamente o seu papel de amortecer os impactos negativos das áreas limítrofes.

Em relação aos microclimas deve-se distinguir o papel relativo da vegetação na atenuação da temperatura do ar. Sob perspectiva utilitarista, construiu-se a ideia de que a vegetação serve para atenuar o impacto térmico. Isso de fato acontece, como mostram os dados recolhidos no ambiente de mata ciliar. Entretanto, no caso do ambiente de cerrado, verifica-se o contrário, resultando em aquecimento, embora isso não se traduza em fator limitante a sua expansão e, até onde se sabe, tanto as áreas de cerrado quanto de mata ciliar experimentaram expansão desde a transformação da área em unidade de conservação. Por outro lado, muito mais importante do que isso, a presença de vegetação influencia uma série de processos naturais parcial ou totalmente ausentes em áreas rurais e urbanas como a formação de solos, infiltração de água para alimentação do lençol freático, agregação de valor estético-paisagístico ao ambiente, suporte para inúmeros ecossistemas, inclusive de espécies endêmicas como destaca Gontijo (2008) para a região do Espinhaço, como aqueles de plantas e animais presentes nos campos rupestres, paisagem amplamente representada nessa região.

Essa perspectiva utilitarista, conforme discussão de Jardim (2010), deveria ser substituída pela real compreensão dos sistemas ambientais. O fato de um sistema natural não atender de imediato às necessidades humanas não significa que não tenha importância e pode, inclusive, servir de suporte para outros sistemas naturais explorados pelas sociedades humanas. Os desertos e as regiões polares também se incluem nesse contexto e, embora não possam ser diretamente aproveitados em termos de recursos naturais (exceto no caso da exploração de petróleo no Oriente Médio), contribuem diretamente para redução dos valores de temperaturas globais, absorvendo o excedente de calor produzido nos trópicos e equador, auxiliando na restauração do equilíbrio energético do sistema climático.

REFERÊNCIAS

- ARYA, S. P. **Introduction to Micrometeorology**. 2.ed. San Diego-USA: Academic Press, 2001. 420 p.
- ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva tempo-espaço**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2010. 299 p.
- AZEVEDO, T. R. **Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas**. 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. 473 p.
- DNMET. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961- 1990)**. Brasília-DF, 1992.
- GEIGER, R. **Manual de microclimatologia**. O clima da camada de ar junto ao solo. 4a. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961. 623 p.
- 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. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. **Cidades**. Disponível: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=310620>>. Acesso: 10 jun. 2015.
- JARDIM, C. H. Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa, n.10, v. 01, p. 9-25, 2010.
- JARDIM, C. H. Interações locais e topoclimáticas no interior e áreas limítrofes ao Pq. Nacional da Serra do Cipó, Minas Gerais. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). **Os desafios de Geografia Física na fronteira do conhecimento**. 1ed. Campinas-SP: Instituto de Geociências-UNICAMP, v. 1, p. 1668-1678, 2017.
- JARDIM, C. H. Microclimas e vegetação no baixo vale do rio Mascates e córrego da Serra, Pq. Nacional da Serra do Cipó-MG. In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). **Os desafios de Geografia Física na fronteira do conhecimento**. 1ed. Campinas-SP: Instituto de Geociências-UNICAMP, v. 1, p. 1657-1667, 2017b.
- JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial, , p.83-97, 2016.
- LEÃO, M. S. **Diagnóstico climático e estudo das variações termo-higrométricas do município de Sete Lagoas – MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 150 p.
- LOPES, L. C. S. JARDIM, C. H. Variações de temperatura e umidade relativa do ar em área urbana e rural durante o segmento temporal de inverno de 2011 em Contagem e Betim (MG). **Acta Geográfica**, p. 205-221, 2012.
- MACHADO, F. L. V.; NERY, F. H.; COELHO, J. P. R.; JARDIM, C. H. Aspectos do clima e paisagem em trecho do Parque Nacional da Serra do Cipó-MG: variações horárias de temperatura e umidade relativa do ar no período de 11 a 13/04/2014. In: XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (XI SBCG - IV SPEC - COC UGI MEETING): VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ESTADO DA ARTE E PERSPECTIVAS DA INTERAÇÃO SOCIEDADE-NATUREZA, 2014, Curitiba-PR. **Anais...** Curitiba: UFPR, v.1., p.272-283, 2014a.
- MACHADO, L. A.; GONCALVES, I.; MAGALHAES, M. A. N.; ASSIS, W. L. Análise do comportamento térmico e higrômico em área do Parque Nacional da Serra do Cipó. In: XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2014, Curitiba. XI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. **Anais...** Curitiba: UFPR, v.1. p.449-460, 2014b.
- MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: I SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo (Publicação ACIESP n.15), p. 43-76, 1978.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.
- MONTEIRO, H. C. **Uso da terra e variações de temperatura e umidade relativa do ar na bacia do córrego Marinheiro, Sete Lagoas - MG**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia – Instituto de Geociências – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. 138 p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 421 p.

REZENDE, E. A; SALGADO, A. A. R. Mapeamento de unidades de relevo na média Serra do Espinhaço Meridional – MG. **GEOUSP** - Espaço e Tempo, São Paulo, n.30, p.45-60, 2011.

SILVA, M. R; JARDIM, C. H. Influência da Topografia e Uso da Terra na Variação dos Elementos Climáticos em Belo Horizonte, Ibité, Sete Lagoas e Conceição do Mato Dentro – MG: O Segmento Temporal Entre 11 a 23/09/2016. **Revista do Departamento de Geografia**, Volume Especial: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia – Eixo 3, p.48-57, 2017.

TARIFA, J. R. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos. **Climatologia**, São Paulo, vol. 13, p.1-25, 1981.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatologia analítica**. Madrid: Sínteses, 1999. 159 p.