



ANÁLISE DOS ÍNDICES DE CALOR EM CAMPINA VERDE-MG

PAULO CEZAR MENDES¹
ARLEI TEODORO DE QUEIROZ²

Resumo: Este trabalho objetiva analisar a ocorrência de extremos de calor nos anos de 2007 a 2012 na cidade de Campina Verde-MG. Para tanto foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados na Estação Meteorológica Automática de Campina Verde-MG/ INMET, sobre os quais foi aplicada a metodologia o índice de calor - Heat Index. A análise dos dados indicou que 33% das ocorrências de índices de calor atingiram um índice de alerta II (32°C a 40°C), principalmente nos meses de primavera e verão. O mês de outubro foi o que apresentou as maiores sequências de dias com índices elevados de calor que, somado a uma baixa umidade relativa do ar e uma grande quantidade de material particulado em suspensão, faz com o mesmo seja considerado um dos piores da cidade em termos de qualidade do ar e calor.

Palavras-chave: Cidade, Índice de calor, Campina Verde

Abstract : This paper aims to analyze the occurrence of extreme heat in the years 2007-2012 in the city of Campina Verde-MG. We used data of temperature and relative humidity listed on Automatic Meteorological Station of Campina Verde-MG / INMET, on which the methodology was applied heat index for both - Heat Index. Data analysis indicated that 33% of the occurrences of indices heat index reached a warning II (32°C to 40°C), especially in the months of spring and summer. The month of October was the one with the greatest sequence of days with high levels of heat, coupled with a low relative humidity and a large amount of suspended particulate matter, causes the same to be considered one of the worst in the city terms of air quality and heat.

Key-words: City, Heat Index, Campina Verde.

1 - Introdução

Ao longo do desenvolvimento da história humana está registrada a busca da proteção em relação às adversidades climáticas e, numa época mais recente, de condições de bem estar e conforto físico satisfatórias, principalmente para quem habita os espaços urbanos. O clima é, portanto, um importante definidor de qualidade de vida e ambiental nessas áreas.

Entre os mais evidentes e graves impactos socioambientais produzidos pela urbanização devido à sua intensa transformação do meio natural, encontram-se a

¹ Docente do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – paulocezarufu@gmail.com

² Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade de Brasília – arleiteodoro@yahoo.com.br



contaminação e a formação de um clima urbano específico e, como consequência, a perda da qualidade de vida dos habitantes da cidade.

O clima urbano é produzido pela ação do homem sobre a natureza e se relaciona à produção de condições diferenciadas de conforto/desconforto térmico-higrométrico, à poluição do ar, às chuvas intensas, às inundações e aos desmoronamentos das vertentes dos morros – eventos de grande custo social (LOMBARDO, 1985).

Condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações. Em consequência, aumentam as construções de usinas hidrelétricas, termoelétricas ou atômicas, de grande impacto sobre o meio ambiente (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Assim, os processos de urbanização atuais e a configuração das cidades refletem o desenvolvimento de relações complexas e de resultados negativos para o convívio humano/social na cidade, o que ocorre e também pode ser percebido de forma distinta conforme a sua condição social, principalmente onde as diferenças sociais mais se acentuam.

O Brasil, incluído nesta condição de desenvolvimento, apresenta uma dinâmica de urbanização que resulta na segregação social e espacial e na exclusão de grande parte de sua população (SANTOS, 1994). Atualmente, mais de 80% da população brasileira habitam em áreas urbanas (IBGE, 2010) que, em sua maioria, cresceram desordenadamente. Do alto índice brasileiro de urbanização decorrem problemas de difícil administração e correção sem que sejam destinados recursos para investimentos essenciais.

Além de uma maior vulnerabilidade da população mais desfavorecida ao desconforto térmico-higrométrico, essa parcela da sociedade geralmente é induzida a se estabelecer nos espaços mais degradados da cidade, onde é possível que as condições climáticas específicas agravem ainda mais os baixos índices de qualidade de vida.

A importância do conforto térmico-higrométrico relaciona-se não só a sensação de conforto das pessoas, como também ao seu desempenho no trabalho e à sua saúde. Os limites da sobrevivência, dependendo do tempo de exposição das pessoas às condições termo-ambientais, definem uma faixa bastante larga de temperatura. Já os limites da saúde são bem mais estreitos, sendo os de conforto ainda mais.

A condição de conforto é obtida mediante o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, como os elementos do clima (temperatura do ar,



umidade relativa, movimento do ar e radiação) e a vestimenta, e outros de caráter subjetivo como aclimação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo etc. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado zona de conforto (RORIZ, 1987).

Nas cidades as variações momentâneas no conforto térmico-higrométrico são muito evidentes, devido a criação de ambientes artificiais fechados que conseguem influenciar na temperatura e na umidade relativa do ar. Entretanto, nos ambientes abertos é extremamente perceptível a diferença de temperatura quando comparado com os ambientes climatizados. A cidade de Campina Verde-MG se enquadra nesse contexto devido aos elevados extremos de temperaturas registrados nos últimos anos, cujo conforto térmico em ambientes abertos ficou longe de ser atingido. Assim, este trabalho busca analisar os eventos extremos de calor em Campina Verde-MG, no período de 2007 a 2012, utilizando como metodologia o índice de calor (Heat Índice).

A cidade de Campina Verde localiza-se na mesorregião do Triângulo Mineiro em uma altitude 532m no estado de Minas Gerais, na intersecção das coordenadas geográficas de 19° 32' 11" de latitude Sul e 49° 29' 12" longitude Oeste. O censo demográfico do IBGE do ano de 2010 indicou uma população de 19.324 habitantes e área de 3.650,8 km². (Figura 01)

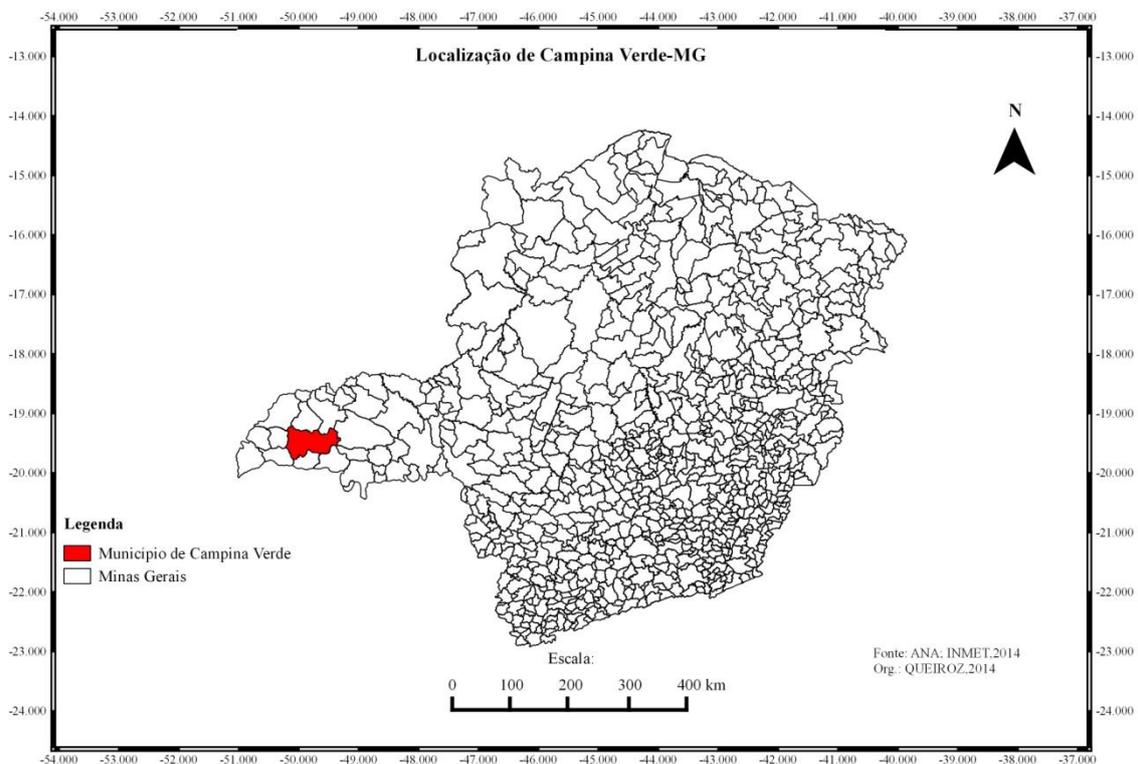


Figura 01: Localização do município de Campina Verde-MG

Fonte: ANA; INMET, 2014. Org.: Queiroz, 2014.



Em relação aos aspectos climáticos, o município é classificado, segundo Köppen, como Aw, levando-se em consideração o comportamento pluviométrico e a variação das temperaturas, ao longo do ano. Na classificação de Arthur Strahler, tendo como base a natureza e ação das massas de ar, Campina Verde está inserido no grupo climático Tropical Semi-úmido, caracterizado por duas estações definidas, sendo o verão marcado por temperaturas elevadas e chuvas intensas e o inverno com temperaturas amenas e baixos índices ou, até mesmo, inexistência de precipitação.

2 – Materiais e método

Para realização deste trabalho foram utilizados dados de temperatura e umidade relativa do ar instantânea na escala horária, no período de 2007 a 2012, totalizando 7 anos. Estes dados foram coletados na Estação Meteorológica Automática de Campina Verde-MG, vinculada a rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Estação de Campina Verde-MG situa-se nas coordenadas geográficas de 19° 32' latitude Sul e 49° 31' longitude Oeste e altitude de 547 metros.

No cálculo do índice de calor utilizou-se a metodologia Heat Index. De acordo com Monteiro e Carvalho (2013, p.120),

O Heat Index, também designado por índice de calor, mede o calor evaporado entre o corpo humano e o ambiente, é considerado como apropriado para medir o efeito do calor no corpo, através da combinação da temperatura e da umidade relativa. Inicialmente desenvolvido por Steadman (1979a, 1979b, 1984) foi posteriormente ajustado e adaptado pelo Serviço Meteorológico Nacional dos Estados Unidos da América.

Para determinação do índice de calor, primeiramente foi necessário converter a temperatura de °C para °F, utilizando a seguinte fórmula: $T^{\circ}F = T^{\circ}C \times 1,8 + 32$, sendo T°F a temperatura em °F e T°C a temperatura em °C. Em seguida, calculou-se o índice de calor utilizando os dados de temperatura em °F e a umidade relativa, por meio da seguinte fórmula:

$IC = -42,379 + (2,04901523 \times T^{\circ}F) + (10,14333127 \times UR) - (0,22475541 \times T^{\circ}F \times UR) - (6,83783 \times 10^{-3} \times T^{\circ}F^2) - (5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2) + (1,228741 \times 10^{-3} \times T^{\circ}F^2 \times UR) + (8,52821 \times 10^{-4} \times T^{\circ}F \times UR^2) - (1,99 \times 10^{-6} \times T^{\circ}F^2 \times UR^2)$, onde IC é o índice de calor, T°F é a temperatura em °F e UR é a umidade relativa.

Posteriormente, para definir e classificar os casos de índice de calor, converteu-se os resultados de temperatura em °F para °C, através da seguinte fórmula: $T^{\circ}C = (T^{\circ}F - 32) / 1,8$



resultando, assim no índice de calor horário em Campina Verde. No entanto, para este trabalho utilizou-se apenas o índice de calor máximo diário.

De posse do índice de calor máximo diária, para definir os eventos extremos de calor utilizou a escala proposta pela metodologia Heat Index (Quadro 01). Primeiramente, calculou-se o número total de ocorrências de cada intervalo do índice de calor. Logo em seguida efetuou-se a contagem do número de dias consecutivos de cada evento, conforme os critérios de definição de eventos extremos de calor (Quadro 01).

Nível de Alerta	Índice de Calor	Síndrome de Calor (sintomas)
Nível I	27°C – 31°C	Fadiga com exposição física prolongada.
Nível II	32°C - 40° C	Insolação, câimbras musculares, exaustão devido a exposição prologanda ou a prática de atividade física.
Nível III	41°C – 53°C	Insolação, câimbras musculares, exaustão provável devido ao calor. Insolação possível com exposição prologanda ou a prática de atividade física.
Nível IV	54°C ou mais	Insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC) provável.

Quadro 01: Níveis de alerta e suas conseqüências à saúde humana do IC (Índice de Calor). (Heat index)

Fonte: MONTEIRO; CARVALHO, 2013, p.129 (adaptado).

Para tratamento dos dados e caracterização do período em análise foi realizada a tabulação dos dados por meio de planilha eletrônica, das quais possibilitou a geração dos gráficos de percentual de índice de calor diário e máximo anual.

3 – Resultados e discussões

Os dados de índice de calor gerados neste trabalho foram organizados em dois tipos de gráficos. O primeiro representando o percentual de ocorrências de índice de calor máximo diário e, o segundo, uma variação anual expondo os índices de calor máximo nos níveis I, II, III e IV em cada ano.

As análises do percentual de ocorrência de índice de calor máximo diário indicam que apenas 9% das ocorrências de calor registraram temperaturas inferiores a 27°C (Gráfico 1). As demais, 58% ficou no nível I de alerta (27° a 31°C) e 33% no nível II (32° a 40°C). Não foram registrados percentuais superiores a 40°C, correspondentes aos níveis III e IV. Cabe destacar que o mês que mais contribuiu para os índices de calor superior a 32°C nos anos



analisados foi o de outubro, que indica o término do período seco na região. Neste mês, os baixos índices de nebulosidade, somado a uma baixa umidade relativa do ar, a uma grande quantidade de material particulado em suspensão e uma incidência quase que perpendicular da radiação solar na região, fez com esse mês fosse considerado um dos piores em Campina Verde em termos de qualidade do ar e calor.

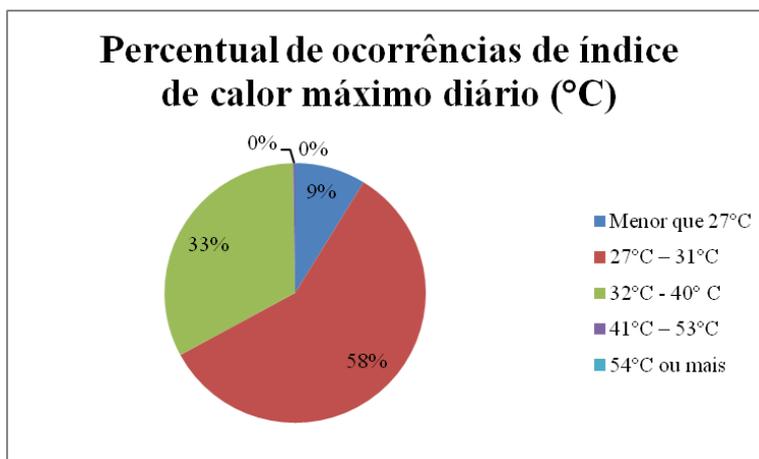


Gráfico 01: Campina Verde – Percentual de ocorrências de índice de calor máximo diário (°C)
Fonte: INMET, 2014. Org.: QUEIROZ, 2014.

Sobre o índice de calor anual, em 2007, apesar da ausência de dados entre os meses de março a setembro, é possível verificar que o índice de calor máximo diário esteve concentrado nas categorias I e II. Cabe destacar que no mês de outubro foram registrados os extremos de temperatura no ano de 2007, sendo a máxima de 37°C e a mínima 20°C. A temperatura mínima esteve relacionada a chegada de um sistema frontal na região, substituído logo depois pela chegada da Massa Polar.

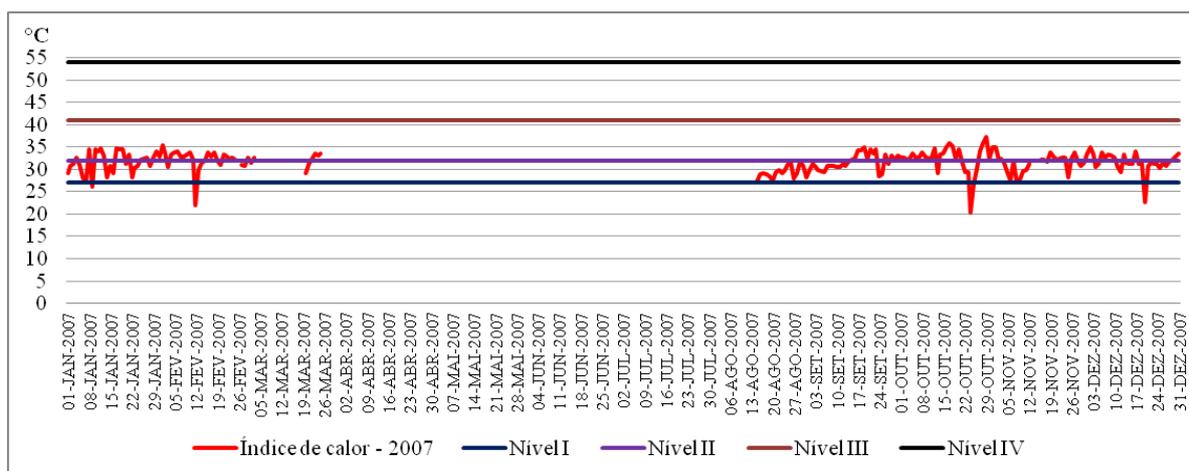


Gráfico 02: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2007
Fonte: INMET, 2014. Org.: QUEIROZ, 2014.



No ano 2008, a maior parte dos registros de índice de calor máximo diário ocorreu dentro da categoria de nível I. Com exceção dos meses de maio, junho, julho e agosto, em todos os meses foram registrados índices de calor superior a 32°C. Outubro, novembro e dezembro concentraram os registros de temperaturas que ultrapassaram os 35°C. Neste último trimestre do ano é comum a ocorrência de temperaturas elevadas e, apesar de indicarem o retorno nas chuvas na região e o aumento gradativo da umidade relativa do ar, a ocorrência de sucessivos dias sem precipitação e baixa nebulosidade, desencadeia tardes quentes e ensolaradas que provocam uma subida rápida das temperaturas.

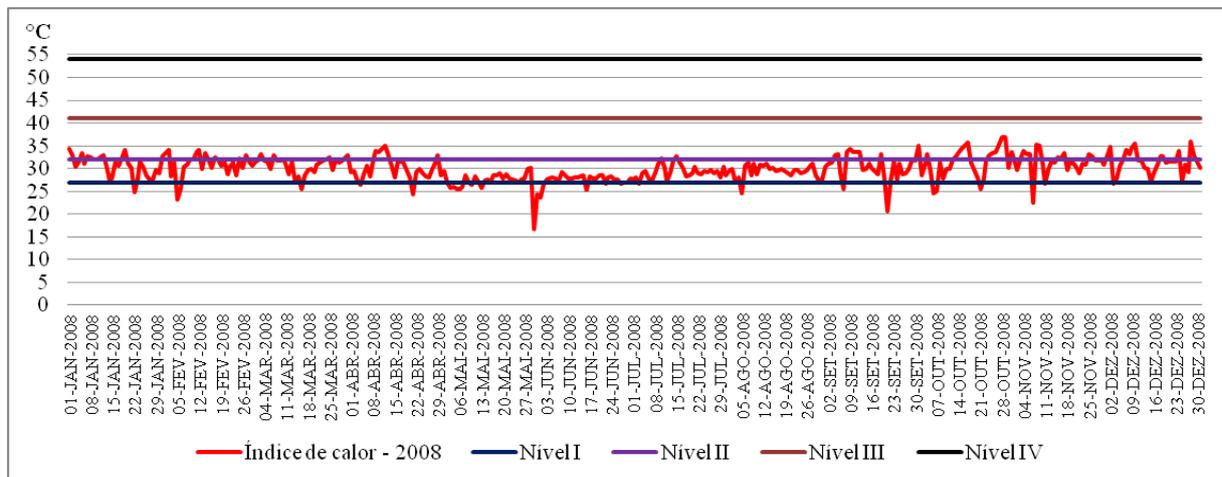


Gráfico 02: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2008
Fonte: INMET, 2014. Org.: QUEIROZ, 2014.

No ano de 2009, os meses de outubro e novembro foram considerados em tempos de dias consecutivos, os que registraram maiores índices de calor, sendo contabilizados 58 dias com anotações de temperaturas superiores a 30°C e 20 dias com registros superiores a 35°C. Esses dois meses foram de extremo desconforto para população, pois chuvas que ocorreram abaixo da média neste período não foram suficientes para amenizar o calor. Neste ano merece destaque também a anotação de um índice de calor de 42°C no final de mês de maio e início de junho, sendo este o único registro de índice de calor de nível III de 2009.

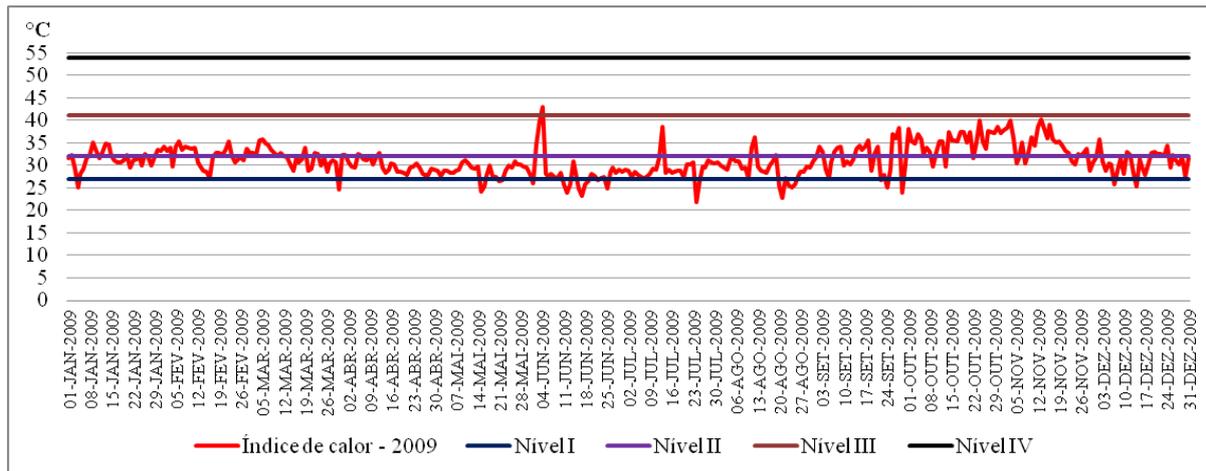


Gráfico 2: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2009
Fonte: INMET, 2014. Org. QUEIROZ, 2014.

Em 2010, grande parte dos índices de calor máximo diário ocorreu na categoria de nível I (27°C a 31°C). Os registros de nível II (32°C a 40°C) sucederam com maior frequência no primeiro e último trimestre do ano. As maiores anotações de índice de calor aconteceram nos meses de maio com 43°C, sendo esta de nível III, e agosto com 38°C, dentro da categoria II.

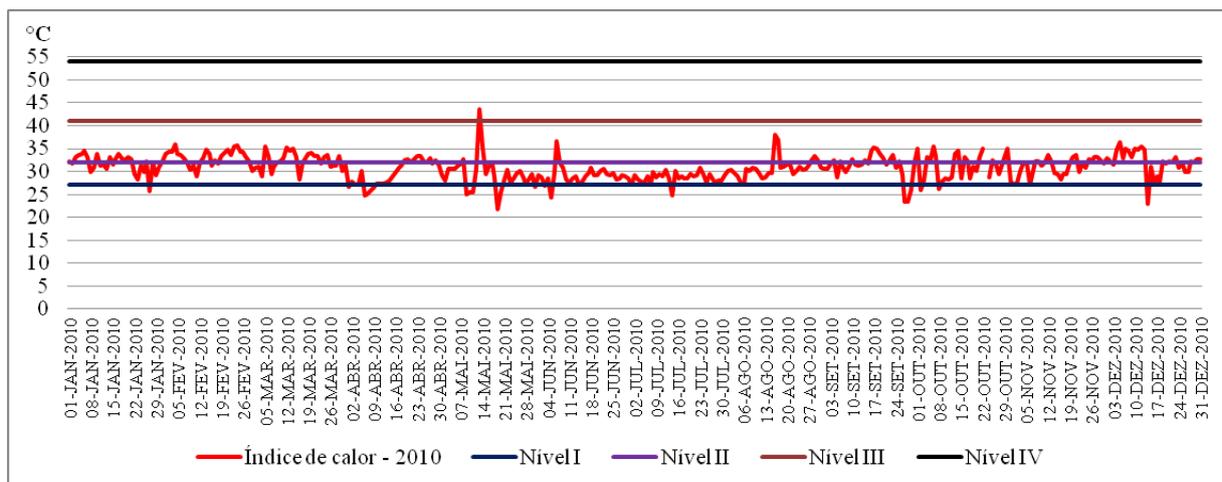


Gráfico 2: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2010
Fonte: INMET, 2014. Org. QUEIROZ, 2014.

No que esse refere ao ano de 2011, os índices de calor máximo diário, em sua maioria, também ocorreram na categoria de nível I (27°C a 31°C). Janeiro, fevereiro e outubro concentram a maioria dos registros de nível II (32°C a 40°C). No final do mês de junho e início do mês de agosto foram anotados os maiores índices do período analisados, sendo 48°C e 46°C, respectivamente. Os cálculos que indicaram esses índices foram refeitos, todavia apontaram para os mesmos resultados. Os dados utilizados são provenientes do registro de sensores automáticos da estação do INMET de Campina Verde,



e pelo fato de não ter sido verificado nesses dias a ação de um sistema atmosférico capaz de promover um aumento brusco no índice de calor, acredita-se que tais registros estejam associados a uma possível falha esporádica nos sensores de temperatura.

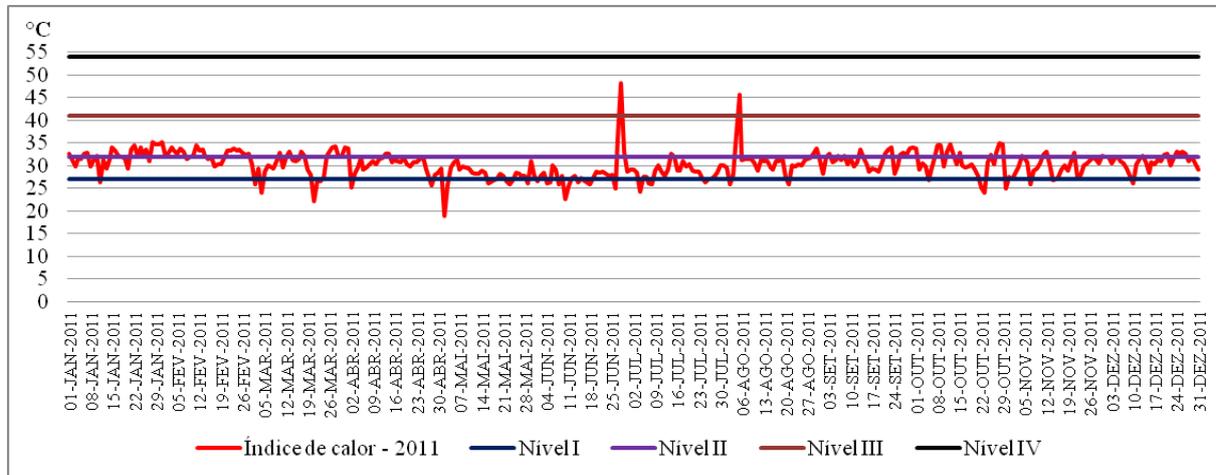


Gráfico 02: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2011
Fonte: INMET, 2014

Em 2012, grande parte dos índices de calor ficou dentro do nível I (27°C a 31°C) no período de janeiro a agosto. No período de setembro a dezembro os índices de calor se concentram nível II (32°C a 40°C). No ano ocorreu apenas um registro de nível III, com 41°C no mês de julho. Apesar de ser considerado o mês mais frio de Campina Verde, é comum a ocorrência da sucessão de dias quentes neste mês, desencadeado principalmente pela ação da Massa Tropical Atlântica Continentalizada, que promove uma ausência de nebulosidade e queda significativa da umidade relativa do ar, que chega a atingir índices inferiores a 15%, facilitando o aumento da temperatura principalmente no período da tarde.

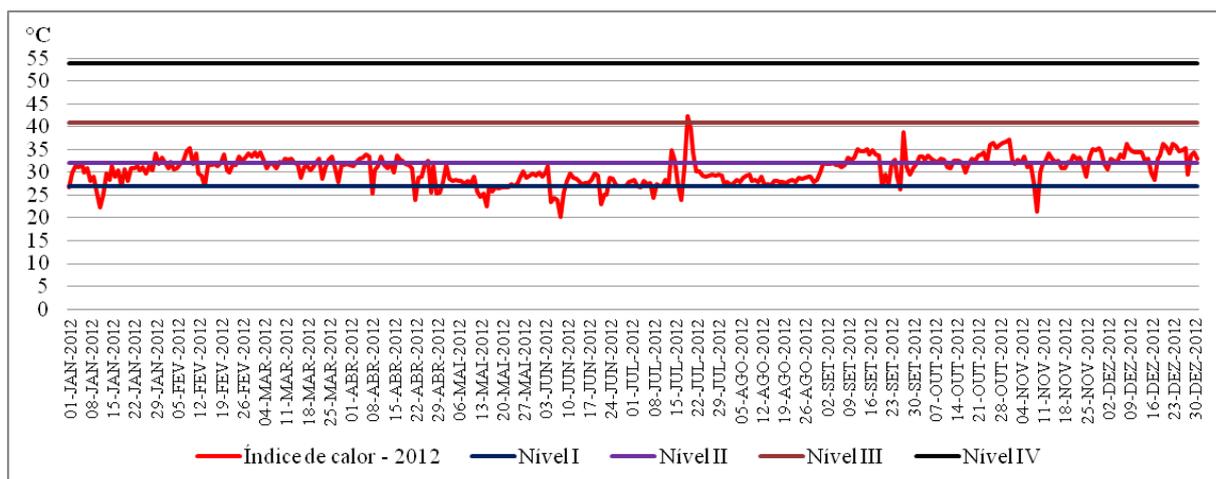


Gráfico 02: Campina Verde: Índice de calor máximo diário (°C) em 2012
Fonte: INMET, 2014



4 – Conclusões

A utilização da metodologia Heat Índex para análise dos índices de calor em Campina Verde se mostrou satisfatória. Pelas características geoambientais da região, sobretudo quando se leva em consideração a localização geográfica e a altitude da cidade, é possível verificar que as ocorrências de extremos máximos de calor, principalmente de nível II são muito comuns nos meses de primavera e verão, devido ao elevado número de incursões de sistemas atmosféricos de origem equatorial e tropical na região.

Em termos mensais, o mês de outubro foi o que apresentou as maiores repetições de elevados índices de calor. Este mês é caracterizado como o de transição, indicando o fim do período seco e o retorno das chuvas na região. Quando se considera os primeiros 15 dias do mês, o registro de elevadas temperaturas somado aos baixos índices de umidade relativa do ar impõe significativo potencial de interferir no conforto térmico e na saúde da população.

Esse quadro de desconforto gerado pela elevação da temperatura, em menor escala, também foi observado em outros meses do ano, inclusive durante o outono e inverno. Pelas características da área urbana de Campina Verde, que ainda não conta com o processo de verticalização, essa sensação de desconforto pode ser amenizada com a implantação de ações voltadas para uma melhor arborização na área urbana e, também, com a implantação e manutenção de áreas verdes.

5 - Referências Bibliográficas

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 7 ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do Censo Demográfico**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: mar. 2014.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. Acesso em: 10 mar. 2014.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: HUCITEC, 1985.

MONTEIRO, A.; CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A.



(Org.). **Climatologia urbana e regional:** questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras expressões, 2013. p.117-142.

RORIZ, Maurício. **Zona de conforto térmico:** um estudo comparativo de diferentes abordagens. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira.** São Paulo: Hucitec, 1994.