



Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Conforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na cidade de Iguatu/CE a partir de dados históricos

Analysis of the Heat Index (IC), Thermal Comfort Index (RTD) and Temperature and Humidity Index (ITU) in the city of Iguatu/CE from historical data

Eliezio Nascimento Barboza¹, Clarice Ribeiro Alves Caiana², Francisco das Chagas Bezerra Neto³, Adryele Gomes Maia⁴, Caetano José de Lima⁵ e Patrício Borges Maracajá⁶

¹Graduando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: eliezio10@gmail.com;

²Graduanda em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa, Paraíba, Brasil. E-mail: claricercaiana@gmail.com;

³Graduando em Direito pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa, Paraíba, Brasil. E-mail: chagasneto237@gmail.com;

⁴Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal do Ceará (IFCE), Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: nathaliacruzcris@gmail.com;

⁵Graduada em Farmácia pela Faculdade de Medicina Estácio de Juazeiro do Norte, Juazeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: adryelegm@gmail.com;

⁶Me. Sistemas Agroindustriais pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, Paraíba. E-mail: caetano23@gmail.com;

⁷Dr. Em Engenharia Agrônômica pela Universidad de Córdoba, España. E-mail: patriciomaracaja@gmail.com;

RESUMO - Os espaços urbanos no Brasil vêm sofrendo modificações a partir do processo de urbanização, proporcionando amplas mudanças no clima urbano. O processo de crescimento resulta na modificação do conforto térmico e bem-estar da população, gerando mudanças nas sensações térmicas. Sendo assim, é nesse contexto caótico que este artigo se insere, com objetivo analisar os índices de calor (IC), de desconforto térmico (IDT) e temperatura e umidade (ITU) no município de Iguatu/CE, localizado no Centro-Sul Cearense. Foram utilizados dados históricos do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET das variáveis climatológicas: temperatura do ar e umidade relativa do ar do município em questão, de 2012 a 2015. Para os cálculos dos índices de calor e de desconforto térmico, foi aplicada a metodologia de Steadman (1979) e Thom (1959), respectivamente. Os índices foram calculados através do software Excel 2016. Deste modo, analisando os resultados, foi observado que durante o período de estudo da cidade de Iguatu, houve altas temperaturas, valores de IC, IDT e ITU bastante elevados, sendo relacionados com diversos problemas de saúde e caracterizado como desconfortável termicamente.

Palavras-chave: Climatologia Urbana, Urbanização, Conforto Térmico, Iguatu/CE.

ABSTRACT - Urban spaces in Brazil have undergone changes from the urbanization process, providing extensive changes in the urban climate. The growth process results in the modification of thermal comfort and well-being of the population, generating changes in thermal sensations. Thus, it is in this chaotic context that this article is inserted, with the objective of analyzing the heat (CI), thermal discomfort (RTD) and temperature and humidity (UTI) indices in the municipality of Iguatu/CE, located in the Center-South of Ceará. Historical data from the National Institute of Meteorology - INMET of the climatological variables: air temperature and relative humidity of the municipality in question were used, from 2012 to 2015. For the calculation of heat and thermal discomfort indices, the Steadman (1979) and Thom (1959) methodology were applied, respectively. The indexes were calculated using excel 2016 software. Thus, analyzing the results, it was observed that during the study period of the city of Iguatu, there were high temperatures, high VALUES of CI, RTD and UTI, being related to several health problems and characterized as thermally uncomfortable.

Keywords: Urban Climatology, Urbanization, Thermal Comfort, Iguatu/CE.

Aceito para publicação em: 15/08/2019.

Rev.Bras.de Gestão Ambiental (Pombal, PB)13(03)38-44, jul./set. 2019.



INTRODUÇÃO

A partir do processo de urbanização no Brasil, caracterizado como tardio e acelerado, onde modificou o clima urbano pela retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo, resultando principalmente nas alterações do clima das cidades. Essas modificações do clima está cada vez mais importante, tendo em vista o contexto de uma superpopulação que vêm modificando as características da superfície (MELO, 2007).

O processo de crescimento das cidades diminui as áreas vegetais, que atuam de forma essencial no conforto térmico e bem-estar da população, gerando mudanças nas sensações térmicas (SARAIVA, 2016). Pois segundo Lamberts et al. (1997) as condições climáticas urbanas impróprias constituem perda da qualidade de vida da população.

Leal et al. (2017) afirmam que a saúde e o bem-estar coletivo está diretamente relacionado com o clima urbano, sendo influenciada pelas variáveis climatológicas, como: intensidade da radiação solar, umidade relativa do ar e velocidades dos ventos. As sensações de conforto térmico em ambientes externos é acontecem as trocas de calor entre o ambiente e os organismos se dão sem complicação, mas pode ser conturbado se as condições ambientais que estão relacionadas as trocas de energia podem ocasionar desconforto térmico, sendo necessário esforço dos organismos, resultando em uma sobrecarga (FROTA; SCHIFFER, 2003).

Queiroga (2019) afirma que a compreensão do conforto térmico pode contribuir com a qualidade a saúde da população, exercendo no comportamento das pessoas e o planejamento de espaços urbanos.

Dessa forma, a análise do conforto das cidades pode contribuir com a saúde pública e corroborar com novas políticas públicas quanto a projeto de arborização das cidades, a partir de um planejamento ambiental e urbanístico. Para tal compreensão, há alguns índices que calculam o quanto a população pode sofrer com o desconforto térmico, os principais são: Índice de Calor (IC), Índice de Desconforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

Segundo Nóbrega e Lemos (2011) o Índice de Calor - IC é um índice que relaciona o valor da temperatura do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%) para determinar quanto calor que sentimos. Esse índice também é conhecido como temperatura aparente, relacionando a temperatura aparente com desconforto para os organismos (SILVA; STRECK, 2014). Esse índice foi criado por Steadman em 1979, relacionando valores de variáveis climatológicas com a sensação térmica sentida pelo organismo.

O Índice de Desconforto Térmico é calculado através da umidade relativa do ar e a temperatura, como também o IC e o ITU. Sendo parâmetros essenciais para determinar se um ambiente ou até mesmo uma cidade apresenta conforto térmico a população e os valores

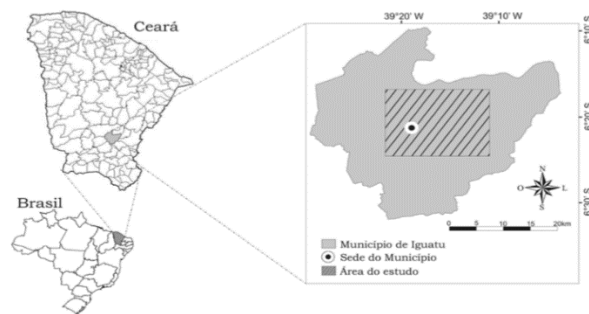
estão diretamente relacionados com níveis de alerta e sintomas fisiológicos (CAVALCANTE et al., 2017).

METODOLOGIA

A área de estudo é o município de Iguatu (Figura 1) está localizado na Região Centro-Sul do Estado do Ceará, situada no sertão nordestino (LÊDO et al., 2011). A população da cidade de Iguatu é de 102.498 pessoas (IBGE, 2019), com área de unidade territorial de 1.029,214 km² (IBGE, 2018) E PIB per capita de 13.940,47 R\$ (IBGE, 2016). Os limítrofes: Acopiara, Orós, Jucás, Cariús, Cedro, Icó e Quixelô e está inserido nas cartas topográficas Iguatu (SB.24-Y-B-III), e Cedro (SB.24-Y-B-VI) o município de Iguatu registra temperaturas entre 21 °C e 35 °C (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIAS - MME, 1998). De acordo com a classificação de Köppen, o tipo climático é BSw'h', clima quente e semiárido, sendo caracterizado por poucas chuvas anuais (Lêdo et al., 2011).

O relevo do município é suave, com altitudes entre 200 e 500 m, fazendo parte da Depressão Sertaneja, com solos podzólicos, litólicos, solos aluviais e vertissolos e vegetação caatinga e substrato geológico constituído por: quartzitos, gnaisses, conglomerados, siltitos, folhelhos, calcários do Mesozóico e sedimentos arenosos inconsolidados (MME, 1998).

Figura 1: Localização da cidade de Iguatu/CE.



Fonte: Lêdo et al. (2011).

Para a concretização do estudo, foi utilizado dados históricos da temperatura do ar e umidade relativa do ar, dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, através do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino – BDMEP, relativo aos anos de 2012 a 2015. Através dos dados históricos obtidos, das variáveis climatológicas temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%). Com esses dados, foram calculados o IC, IDT e ITU.

Foi utilizado a metodologia de Steadman (1979) para o cálculo do índice de calor (Equação 1). A fórmula é representada pela equação abaixo, onde o IC é o índice de calor, o T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Conforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na cidade de Iguatu/CE a partir de dados históricos

Equação 1:

$$IC = -42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * UR - 0,22475541 * T * UR - 6,83783 * 10^{-3} * (T)^2 - 5,481717 * 10^{-2} * (UR)^2 + 1,22874 * 10^{-3} * (T)^2 * UR + 8,5282 * 10^{-4} * T * (UR)^2 - 1,99 * 10^{-3} * (T)^2 * (UR)^2$$

Foi utilizado a metodologia de Thom (1959) citado por Monteiro e Alucci (2005) para realizar o cálculo do Índice de Desconforto Térmico – IDT (Equação 2) em que o índice é função da temperatura máxima e umidade relativa do ar. A fórmula é representada pela equação abaixo, onde IDT é o índice de desconforto térmico, onde T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Equação 2:

$$IDT = T - (0,55 - 0,0055 * UR) * (T - 14,5)$$

O Índice de Temperatura e Umidade (Equação 3) é utilizado para quantificar para quantificar o “stress” em ambientes urbanos (BARBIRATO et al., 2007). A fórmula é representada pela equação abaixo,

onde ITU é o índice de desconforto térmico, onde T é a temperatura em °C e UR é a umidade relativa do ar em %:

Equação 3:

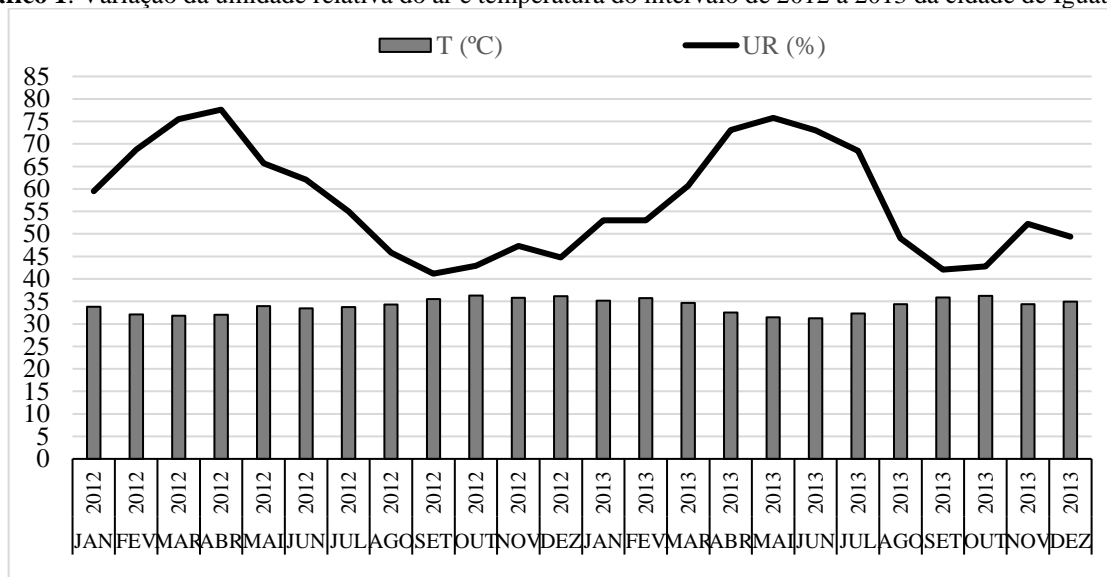
$$ITU = 0,8 * T + \frac{(UR * T)}{500}$$

Após feito a obtenção das variáveis climatológicas necessárias para os cálculos, os resultados obtidos foram tabulados e calculados utilizando-se do aplicativo Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

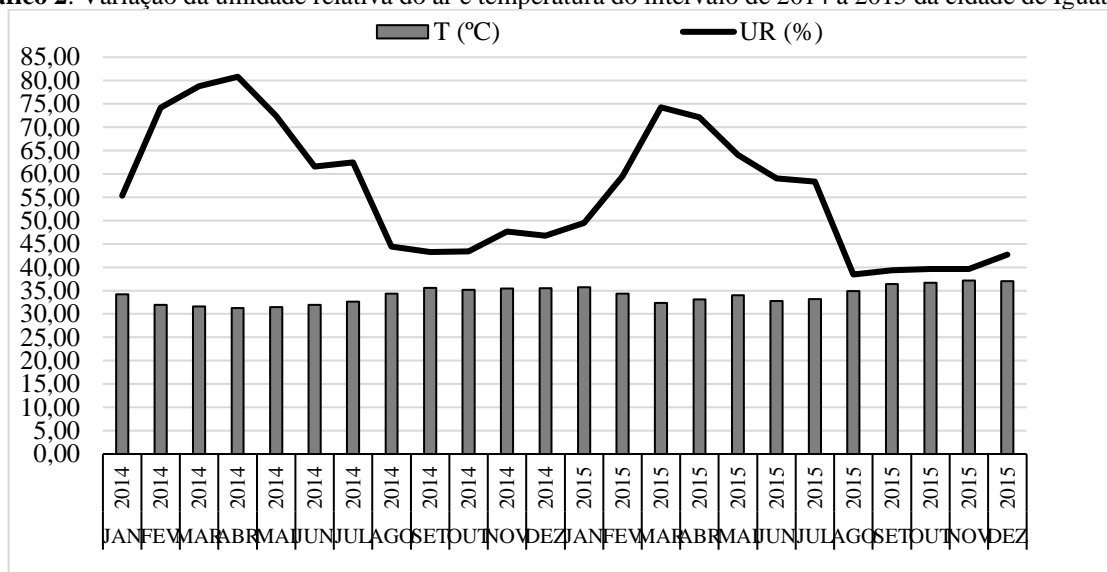
A partir dos resultados obtidos, constatou-se que os meses com maior temperatura na cidade de Iguatu foram os meses de agosto a dezembro, em 2012, 2013, 2014 e 2015 (gráfico 1) e (gráfico 2). O município apresentou média de temperatura de 34,10 °C e 49,30% de umidade relativa do ar.

Gráfico 1: Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2012 a 2013 da cidade de Iguatu/CE.



Fonte: Autores, 2019.

Gráfico 2: Variação da umidade relativa do ar e temperatura do intervalo de 2014 a 2015 da cidade de Iguatu/CE.



Fonte: Autores, 2019.

O município apresentou média de temperatura de 34,10 °C, 49,30% de umidade relativa do ar, 40,91 °C de IC e 31,11 de ITU. O ano com maiores temperaturas, maiores IC, IDT e ITU foi 2015 (Tabela

1), apresentando como o ano com maior desconforto térmico para a população.

Tabela 1: Média dos resultados mensais de 2012 a 2015 da cidade de Iguatu/CE.

ANO	T (°C)	UR (%)	IC (°C)	IDT	ITU
2012	34.1	57.17	41.17	29.39	31.14
2013	34.09	57.73	41.17	29.43	31.17
2014	33.43	59.27	40.08	29.07	30.66
2015	34.81	53.05	41.25	29.46	31.50

Fonte: Autores, 2019.

O índice de calor está relacionado ao conforto térmico, onde altos valores desse índice podem causar diversos problemas a saúde pública. Constatou-se que, a partir dos valores das médias das variáveis climatológicas e dos índices durante o período de 2012 a 2015, que todos esses anos os valores de IC foi maior

que 40 °C (Gráfico3) e (Gráfico 4), apresentando-se com alto nível de perigo (Tabela 2), muito cuidado e perigo, podendo causar sérios danos à saúde pública, como: possibilidade de câimbras, esgotamento, insolação, Acidente Vascular Cerebral e entre outros.

Tabela 2: Relação do IC com possíveis sintomas fisiológicos a população. Fonte: NOAA Citado por Quiroga, 2019.

IC	Nível de perigo	Síndrome de calor
< 27 °C	Ausência	Ausência
27 - 32 °C	Atenção	Fadiga
32 - 41 °C	Muito cuidado	Esgotamento e insolação
41 - 54 °C	Perigo	Esgotamento, insolação, possibilidade de AVC
> 54 °C	Extremo perigo	Insolação e AVC eminente

O IDT apresentou-se como valor muito elevado, com valores maiores que 29 nos quatro anos (Gráfico 3) e (Gráfico 4). Segundo Silva et al. (2009),

há desconforto térmico para valores maiores que 26,5° C.

Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Conforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na cidade de Iguatu/CE a partir de dados históricos

Tabela 3: Nível de desconforto térmico em função do IDT.

IDT	Nível de desconforto
<14.9 °C	Desconfortável
15 - 19.9 °C	Confortável
20 - 26.4 °C	Conforto parcial
> 26.5 °C	Desconfortável

Fonte: Silva et al. (2009) citado por Cavalcante et al. (2017).

O ITU permite quantificar o “stress” do ambiente (BARBIRATO et al., 2007). Percebe-se que, a partir do cálculo do ITU da cidade de Iguatu (Gráfico

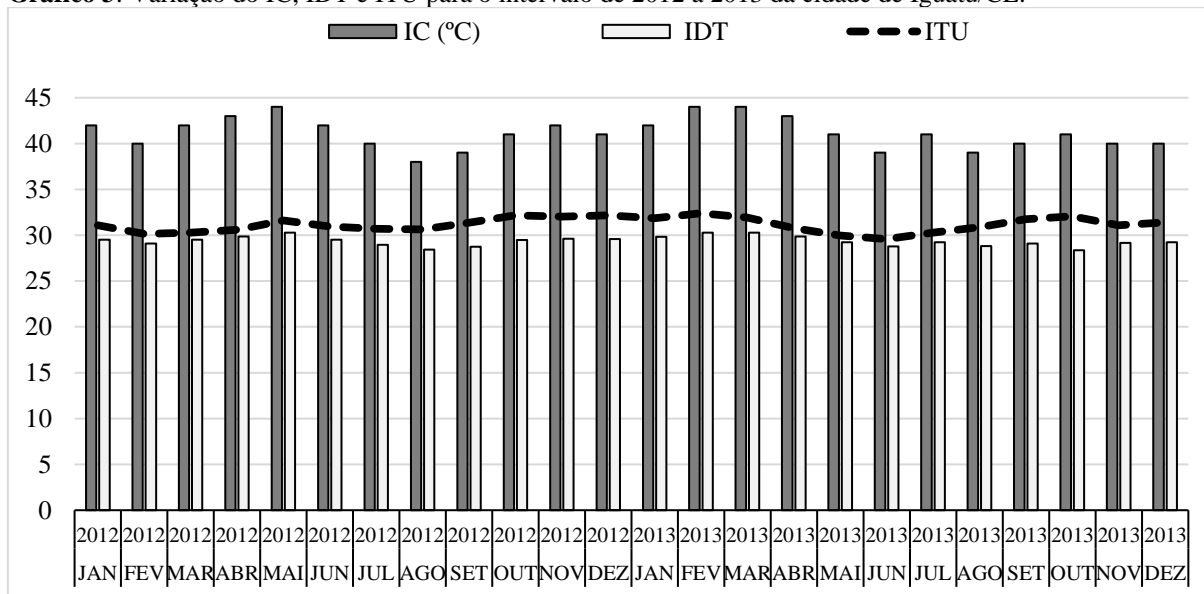
3) e (Gráfico 4), que o município apresenta extremo desconforto térmico (Tabela 4) nos anos.

Tabela 4: Nível de conforto térmico em função do ITU.

IDT	Nível de desconforto
<14.9 °C	Desconfortável
15 - 19.9 °C	Confortável
20 - 26.4 °C	Conforto parcial
> 26.5 °C	Desconfortável

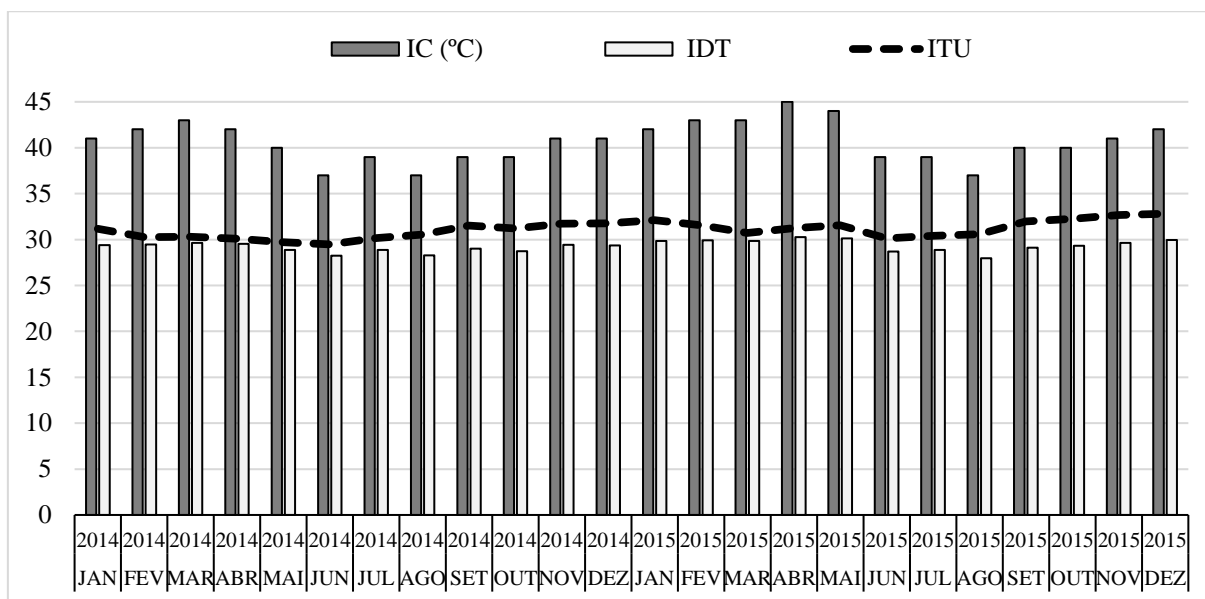
Fonte: Nóbrega e Lemos (2011).

Gráfico 3: Variação do IC, IDT e ITU para o intervalo de 2012 a 2013 da cidade de Iguatu/CE.



Fonte: Autores, 2019.

Gráfico 4: Variação do IC, IDT e ITU para o intervalo de 2014 a 2015 da cidade de Iguatu/CE.



Fonte: Autores, 2019.

Através dos gráficos e tabelas, percebe-se que a população da cidade de Iguatu esteve exposta ao desconforto térmico no período de estudo, correndo sérios riscos de saúde.

Segundo Cavalcante et al. (2017) o índice de Calor está relacionado com níveis de alerta diversos sintomas fisiológicos, com IC menor que 27°C, não há nenhum risco; com IC de 27 a 32°C, risco de atenção; com IC de 32 a 41,1°C, muito cuidado; com IC de 41,1 a 54°C há perigo; com IC maior que 54°C há extremo perigo, com possibilidade de insolação e Acidente Vascular Cerebral (AVC).

Silva et al. (2009) relaciona o Índice de Desconforto Térmico (IDT) com o nível de conforto térmico. Segundo os autores, IDT < 14,9 é desconfortável; 15,0 < IDT < 19,9 é confortável; 20,0 < IDT < 26,4 é parcialmente confortável e IDT > 26,5 é desconfortável.

Logo, em todos os meses de todos os anos de estudo, os valores desses índices apresentaram como péssimo a qualidade e vida. Portanto, a cobertura vegetal é um dos principais elementos atenuadores dessa problemática e ainda pode colaborar com o conforto térmico, com uma função essencial na qualidade de vida da população, agindo na amenização da temperatura das cidades, diminuindo o Índice de Calor (IC), o Índice de Desconforto Térmico (IDT) e o Índice de Temperatura e Umidade (ITU).

CONCLUSÃO

O município de Iguatu/CE apresentou temperatura de 34,10 °C, 56,80 % de umidade relativa do ar, 40,91 °C no índice de calor, 29,33 de índice de desconforto térmico e 31,11 de índice de temperatura e umidade. Esses valores são considerados pela literatura

como altos, podendo causar diversos efeitos negativos à população, com valores mais altos nos meses de agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro. Portanto, a partir da análise dos resultados, percebe-se que durante o período de estudo da cidade de Iguatu, houve altíssimas temperaturas, valores de IC, IDT e ITU bastante elevados, sendo relacionados com diversos problemas de saúde, sendo caracterizado como desconfortável termicamente.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARBIRATO, Gianna Melo; DE SOUZA, Léa Cristina Lucas; TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. UFAL, 2007.

CAVALCANTE, F. M. S.; BRUNO, I.; FIGUEREDO, M. L. **Análise Do Índice De Calor E Desconforto Térmico Na Cidade De Caicó-RN**. n. 83, 2017.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. Studio Nobel, 1995.

IBGE. **Panorama da cidade de Iguatu**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/iguatu/panorama>. Acesso em: 27 fev. 2019.

INMET. **Dados históricos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmp>. Acesso em: 27 fev. 2019.

LAMBERTS, R. et al. Building Bioclimatology in Brazil. In: **14 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture**. PLEA. 1997. p. 203-208.

Análise do Índice de Calor (IC), Índice de Conforto Térmico (IDT) e Índice de Temperatura e Umidade (ITU) na cidade de Iguatu/CE a partir de dados históricos

LEAL, L.R.; XAVIER, T.C.; FIALHO, E.S.; PALAORO, L.B.; OLIVEIRA, W.D.; ALVAREZ, C.E. Análise de Índices de Conforto Térmico Urbano associados às Condições Sinóticas de Vitória (ES), Brasil. In: II Encontro Nacional Sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável: do edifício para a escala urbana, 2017.

LÊDO, Eder Ramon Feitoza et al. ANÁLISE COMPARATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE OBTIDA COM O AUXÍLIO DE IMAGENS ORBITAIS E TEMPERATURA MEDIDA NA CIDADE DE IGUATU-CE. *Acta Tecnológica*, v. 6, n. 1, p. 73-88, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA. **DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE IGUATU**. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16178/Rel_Iguatu.pdf.pdf?sequence=1. Acesso em: 27 fev. 2019.

NÓBREGA, Ranyére Silva; VERÇOSA, Tiago. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 28, n. 1, p. 93-109, 2011.

QUEIROGA, Daniel Queiroga et al. Índice de calor e desconforto térmico humano nas condições de ambiente natural em Patos, PB, Brasil. 2019.

SARAIVA, A. L. B. D. C; VALE, C. C. D; ZANELLA, Maria Eliza. Comportamento dos Elementos Climáticos nos Municípios de Mossoró (RN) e os Impactos na Saúde Humana. *Geointerações*, Rio Grande do Norte, v. 1, n. 1, p. 87-105, jun./2017.

SILVA, Stefanía Dalmolin; STRECK, Nereu Augusto. Tendências das séries históricas do índice de calor no município de Santa Maria-RS. *Ciência Rural*, v. 44, n. 8, p. 1360-1366, 2014.

STEADMAN, R.G. The Assessment of Sultriness: Part I: A TemperatureHumidity Index Based On Human Physiology And Clothing Science. *J. Appl. Meteor.*, 18: 861-884, 1979.