

ANÁLISE COMPARATIVA DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM VIÇOSA-MG, ZONA DA MATA MINEIRA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THERMAL COMFORT INDEXES IN VIÇOSA-MG, MATA MINEIRA AREA


ANÁLISIS COMPARATIVO DE ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO EM VIÇOSA-MG, ZONA DA MATA MINEIRA


RESUMO


Introdução: O crescimento das cidades tem causado maior aglomeração humana que, requerendo mais moradia e desenvolvendo o processo de urbanização, pode agravar problemas relacionados ao clima urbano e ao conforto térmico. Todavia, a avaliação da sensação térmica humana deve ser cautelosa, considerando a situação climática local pois, alguns índices podem não ser apropriados, criando falsa impressão de conforto. **Objetivo:** Assim, a presente pesquisa comparou índices de conforto térmico, buscando avaliar qual representa melhor a situação da cidade de Viçosa, MG. **Métodos:** A análise comparativa foi feita com: a) Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT), b) Índice de Temperatura e Umidade (ITU), c) Temperatura Efetiva (TE) e d) Temperatura Efetiva em função do vento (TEv), para o ano de 2014, escolhido por ter sido o mais seco da série histórica da Estação Meteorológica (1968-2019), caracterizando uma situação singular. **Resultados:** Os resultados indicaram que o IDT e o ITU não retratam o desconforto em relação ao frio durante a estação seca e o TEv mascara a sensação de conforto durante a estação chuvosa considerando a velocidade do vento em sua equação. **Conclusão:** Assim sendo, o TE foi o índice que representou mais adequadamente as condições de conforto nessa análise.

Palavras-chave: Clima. Conforto Térmico. Viçosa-MG. Índices de conforto. Zona da Mata Mineira.

 Tatiana Camello Xavier ^a

 Edson Soares Fialho ^b

 Julia Borges Furtado ^c

 Wemerson Diascanio Oliveira ^d

^{a,d} Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo (UFES), ES, Brasil

^{b,c} Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa,, MG, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2022.54585

Correspondência:

Recebido em: 19 set. 2020

Revisado em: 18 jan. 2022

Aceito em: 19 ago. 2022





ABSTRACT

Introduction: The growth of cities has been causing greater human clustering, which can aggravate problems related to urban climate and thermal comfort, given the need for more housing and urbanization process. However, the evaluation of human thermal sensation must be done cautiously, considering the local climate situation, as some indices may not be appropriate, creating a false impression of comfort.

Objective: Thus, this research compared indices of thermal comfort, aiming to assess which best represents the situation in the city of Viçosa, MG. **Methods:** The comparative analysis was performed with: a) Thom Thermal Discomfort Index (IDT), b) Temperature and Humidity Index (ITU), c) Effective Temperature (TE) and d) Effective Temperature as a function of wind (TEv), for the year 2014, which was chosen for being the driest year in the historical series of the Meteorological Station (1968-2019), creating a unique situation. **Results:** The results showed that the IDT and the ITU do not portray cold discomfort during the dry season, and the TEv masks the feeling of comfort during the rainy season considering the wind speed in its calculation. **Conclusion:** Therefore, the TE was the index that most adequately represented the comfort conditions in this analysis.

Keywords: Climate. Thermal Comfort. Viçosa-MG. Comfort Indexes. Zona da Mata Mineira.



RESUMEN

Introducción: El crecimiento de las ciudades ha provocado una mayor aglomeración humana que, al requerir más viviendas y desarrollar el proceso de urbanización, puede agravar problemas relacionados con el clima urbano y el confort térmico. Sin embargo, la evaluación de la sensación térmica humana debe ser cautelosa, considerando la situación climática local, ya que algunos índices no ser apropiados, creando una falsa impresión de confort.

Objetivo: Así, esta investigación comparó índices de confort térmico, buscando evaluar cuál representa mejor la situación en la ciudad de Viçosa, MG. **Métodos:** El análisis comparativo se realizó con: a) Índice de incomodidad térmica de Thom (IDT), b) Índice de temperatura y humedad (ITU), c) Temperatura efectiva (TE) y d) Temperatura efectiva en función del viento (TEv), para el año 2014, elegido por ser el más seco de la serie histórica de la Estación Meteorológica (1968-2019), presentando una situación única. **Resultados:** Los resultados obtenidos indicaron que IDT y ITU no retrataron la incomodidad con relación al frío durante la época seca. Ya el TEv enmascaró la sensación de confort durante la época de lluvias mientras considera la velocidad del viento en su ecuación. **Conclusión:** Por tanto, TE fue el índice que mejor representó las condiciones de confort o de incomodidad en este análisis.

Palavras-chave: Clima. Confort térmico. Viçosa-MG. Índices de Confort. Zona da Mata Mineira.



INTRODUÇÃO

O crescimento urbano do Brasil foi o mais intenso e rápido do mundo nas últimas cinco décadas. Entre as décadas de 1950 e 1960 a população urbana representava 50,0% da população total, saltando para 85,0% em 2010. Essa transformação do meio evidencia graves problemas ambientais, principalmente quando acontece sem planejamento, impactando diretamente na qualidade de vida da população (MENDONÇA, 2015, p. 156).

A intensa urbanização implica ativamente na alteração da natureza e na dinâmica dos locais em que se insere, sendo a atmosfera um dos componentes naturais mais alterados da paisagem, gerando um clima particular, o clima urbano. Os efeitos negativos do crescimento urbano sem planejamento em relação ao clima urbano podem ocasionar desconforto térmico, inundações, deslizamentos de terra, poluição do ar, chuvas ácidas, dentre outros (MENDONÇA, 2015, p. 158).

De acordo com Alves, Brússlo e Neves (2020, p. 112) o êxodo rural brasileiro contribuiu para o crescimento das pequenas e médias cidades do interior que, em grande parte, eram destituídas de infraestrutura apropriada para acomodar a nova demanda populacional, resultando em uma ocupação sem planejamento e alheia às condicionantes geoecológicas e geoambientais.

A retirada da cobertura vegetal e a canalização das superfícies líquidas estão dentre os agravantes do clima urbano, reduzindo o fluxo de calor latente e aumentando o calor sensível, resultando no aumento da temperatura e na redução da umidade relativa do ar, gerando, conseqüentemente, o desconforto térmico (ALVES; BRÚSSLO; NEVES, 2020, p. 112).

O bem-estar humano, segundo Ruas (1999, p. 9), trata-se de um conceito amplo que abarca além de fatores responsáveis pela saúde física como também fatores que tratam do sentimento de satisfação, sendo que a satisfação em relação às condições térmicas de um ambiente diz respeito ao conforto térmico. Segundo o autor,



as primeiras tentativas para estabelecer critérios de conforto térmico aconteceram entre 1913 e 1923.

Um ambiente será classificado como termicamente confortável quando promover o bem-estar para a maioria das pessoas, tendo em vista que nem todas terão a mesma percepção já que a sensação é algo subjetivo (RUAS, 1999, p. 11).

Como um ser homeotérmico, o mecanismo termorregulador humano trabalha para manter a temperatura interna do corpo constante. Conforme Frota e Schiffer (2003, p. 15), quando não é demandado nenhum esforço extra do organismo para a manutenção da temperatura, diz-se que o homem está com a sensação de conforto térmico.

A necessidade de regular a temperatura interna pode gerar fadiga termo-higrométrica no organismo humano por trabalho excessivo, resposta às condições ambientais desfavoráveis, geradas por valores acentuados de temperatura e umidade do ar (FROTA; SCHIFFER, 2003, p. 21).

De acordo com Lamberts (2011, p. 4), o intuito dos estudos acerca do conforto térmico é possibilitar a definição de metodologias e princípios que permitam fazer uma avaliação térmica minuciosa de um local e se possa determinar condições para avaliar e conceber um ambiente termicamente agradável para que a população possa viver e executar suas atividades.

Segundo Souza e Nery (2012, p. 72), pode-se separar em duas principais correntes de análise os modelos teóricos sobre as sensações térmicas humanas, sendo elas: a corrente racional, fundamentada por Fanger, que defende que as preferências térmicas humanas são as mesmas, independente da localidade onde vive, já que seriam biologicamente idênticas; e a corrente adaptativa, representada por Humphreys, a qual diz que a população se habitua às condições climáticas locais demonstrando mais intolerância a climas opostos.



As investigações relacionadas ao clima de Viçosa se preocupam, principalmente, com as diferenças térmicas entre o campo e a cidade, considerando a temperatura do ar e a umidade relativa do ar na maioria dos casos, como o trabalho de Fialho e Quina (2017, p. 129). Todavia, não há tantos estudos ainda relacionados a questão do conforto térmico e as condições de stress térmico, exceto a pesquisa desenvolvida por Fialho, Furtado e Xavier (2021, p. 21), que utilizou o índice de Temperatura Efetiva (TE), e observou em seus resultados, que a maior parte do ano de 2014 a cidade de Viçosa ficou classificada com sensações de desconforto térmico para o frio, chegando a atingir valores próximos de 13,0°C. No entanto foi verificado que o ano de 2014 não apresentou um maior desconforto tendo em vista que os valores de umidade não ficaram tão abaixo do habitual.

Nesse sentido, o presente trabalho irá investigar os resultados da comparação de quatro índices de conforto térmico para cidade de Viçosa, na Zona da Mata Mineira, que são: a) Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT), b) Índice de Temperatura e Umidade (ITU), c) Temperatura Efetiva (TE) e d) Temperatura Efetiva em função do vento (TEv) para o ano de 2014, escolhido pelo fato de ter sido o mais seco da série histórica da Estação Meteorológica de Viçosa (1968-2019), com o objetivo de avaliar qual índice representa melhor essa situação singular ocorrida na cidade.

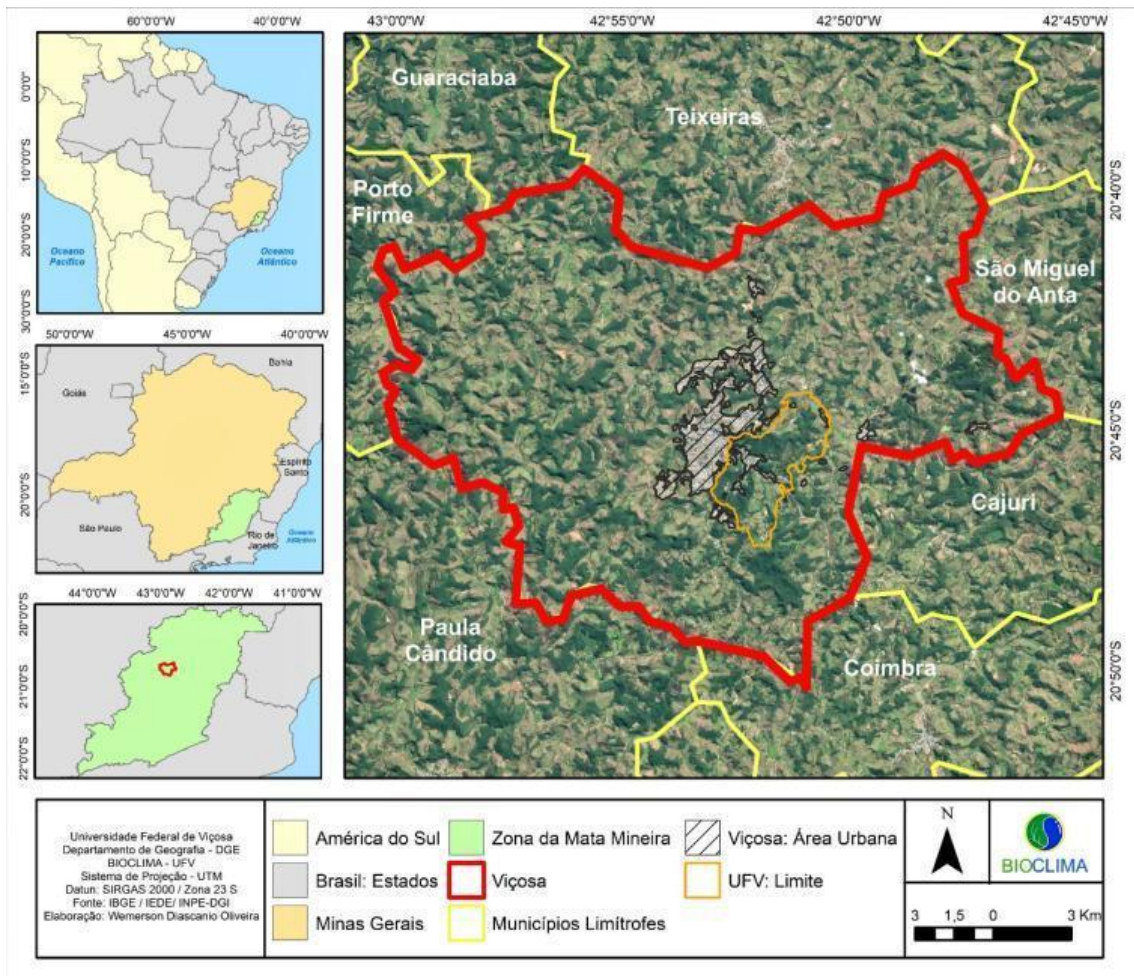
METODOLOGIA

Área de Estudo

O município de Viçosa (Figura 1) localiza-se na Zona da Mata Mineira inserido no domínio dos planaltos cristalinos rebaixados e, de acordo com Ab'Sáber (2003), compõe o domínio morfoclimático conhecido como mar de morros. Viçosa possui uma área territorial de 299,418Km² e uma população estimada de 78.846 pessoas (IBGE, 2019).



Figura 1. Mapa de localização do município de Viçosa

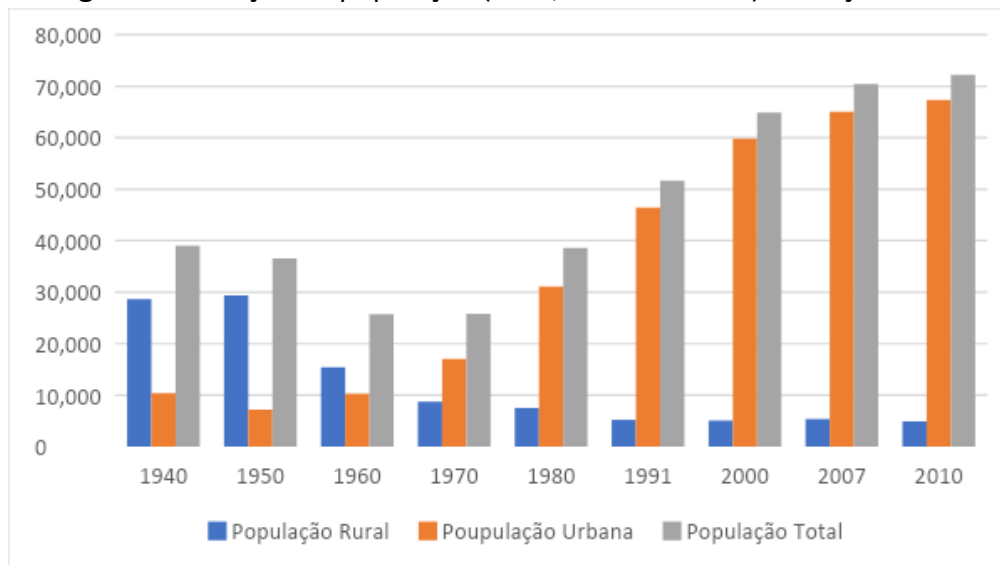


Fonte: Autores (2020).

Conhecida por ser a cidade sede do principal campus da Universidade Federal de Viçosa, a expansão urbana no município se torna intensa no final da década de 1960 e início de 1970, quando a população passa a ser majoritariamente urbana (Figura 2), assim como o Brasil nesse mesmo período, devido os processos de urbanização e êxodo rural. Essa expansão mais intensa se dá no período em que a Universidade é federalizada, promovendo crescimento urbano devido ao aumento da oferta de vagas (FIALHO, 2009, p. 24).



Figura 2. Evolução da população (rural, urbana e total) em Viçosa-MG.



Fonte: IPEA-DATA (2020). Organização dos autores.

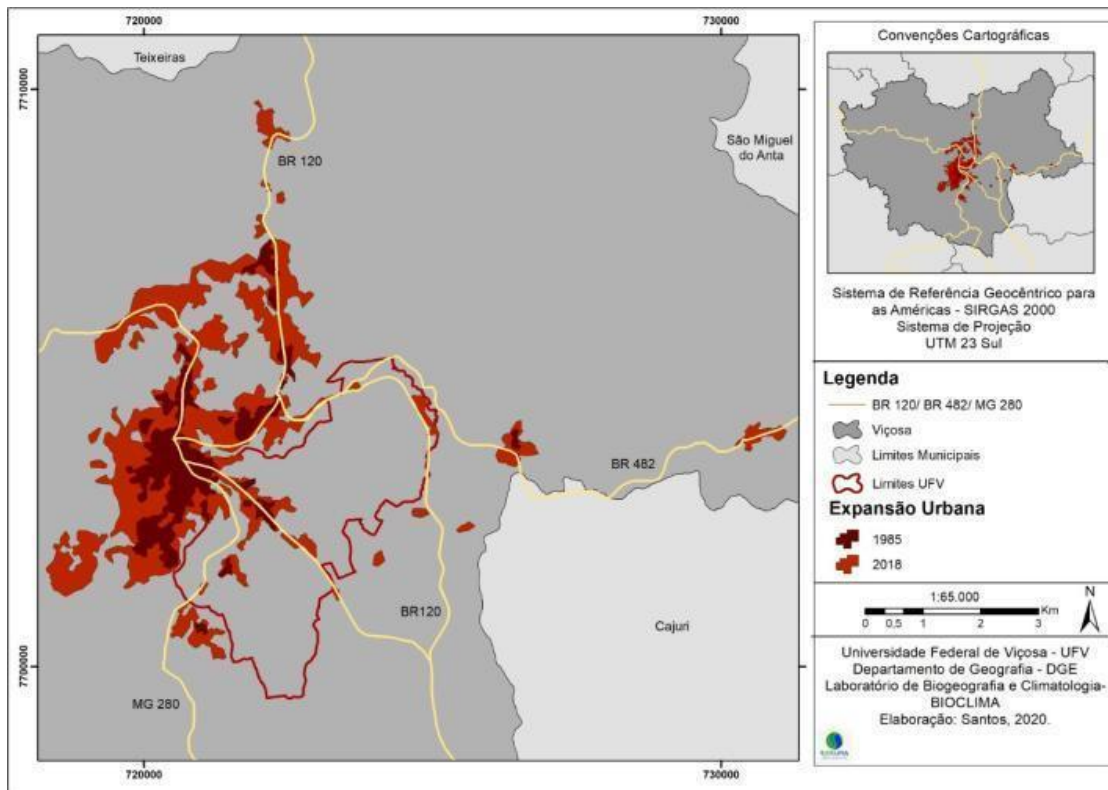
A partir dessa expansão da malha urbana (Figura 3), as áreas de cobertura vegetal foram sendo retiradas, ocupando até mesmo áreas de preservação permanente ao longo do Rio São Bartolomeu, gerando problemas de ordem ambiental e social na área urbana (FIALHO, 2009, p. 129), que concentra cerca de 93,0% da população total do município segundo o último censo do IBGE (2010).

Segundo Paula (2019, p. 76), Viçosa inicia seu processo de verticalização no final da década de 1980, tendo forte crescimento na década seguinte, mas com algumas mudanças na tipologia dos apartamentos e no uso dado aos edifícios, pois o aumento da densidade habitacional gerou uma maior demanda por serviços e comércios.

Outra consequência, decorrente da verticalização da área central para suprir a demanda de moradia para estudantes universitários é, segundo Coelho (2019, p. 39), a criação de condomínios fechados para atender a demanda de habitações familiares, nas porções sudeste e sudoeste, logo no entorno do limite do campus da UFV (Universidade Federal de Viçosa), com aparência de pequenas manchas isoladas.



Figura 3 – Expansão da área urbana de Viçosa-MG.



Fonte: Map Biomas. Organização dos autores.

O município de Viçosa-MG tem precipitação total média de 1.289mm anuais, com chuvas mais concentradas no período de outubro a março. No ano de 2014, através dos dados da Normal Climatológica de 1961-1990, foi verificado que esse índice anual médio caiu consideravelmente, acumulando o total de apenas 804mm.

De acordo com Fialho (2009, p. 124) entre os meses de novembro a março ocorre a estação chuvosa de Viçosa, que apresenta um excedente hídrico e, entre os meses de abril e setembro, ocorre um período de retirada hídrica, caracterizando a estação seca.

Porém, segundo Sanches, Fialho e Quina (2017, p. 314), em 2014 o período seco se estendeu até outubro, chegando a colocar a cidade em alerta em relação ao abastecimento de água da região. Estudos anteriores demonstraram o impacto do crescimento da mancha urbana de Viçosa no microclima local. Fialho e Quina (2017, p. 146) relatam que apesar da mancha urbana não poder ser considerada um fator único



e isolado, existe forte influência da configuração da paisagem urbana de Viçosa na conformação do campo térmico, indicando significativas diferenças térmicas entre a área urbana e a zona rural. Como também Fialho *et al.* (2015, p. 93) e Fialho e Quina (2016, p. 23), que demonstram a influência das situações sinóticas atuantes, bem como a influência da morfologia do sítio urbano de Viçosa (FIALHO, 2012, p. 35).

Materiais e Métodos

A avaliação do conforto térmico geralmente é feita através de índices que quantificam e qualificam a sensação térmica do indivíduo em um determinado meio. Neste estudo definiu-se trabalhar com quatro índices de conforto, comumente utilizados em estudos no Brasil, a fim de avaliar qual dentre eles caracterizaria melhor a situação climática da cidade de Viçosa no ano de 2014.

O primeiro índice escolhido foi o Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT), o qual calcula o conforto utilizando temperatura e umidade relativa (Equação 1):

$$\text{IDT} = T - (0,55 - 0,0055 * \text{UR}) * (T - 14,5) \dots (1)$$

Onde T é temperatura do ar (°C) e UR é umidade relativa (%).

O IDT foi utilizado por Nascimento e outros (2017, p. 61) para avaliação da situação de conforto térmico na cidade de Bayeux (PB) no período seco e no período chuvoso. A pesquisa destaca que os resultados podem contribuir na elaboração de políticas públicas voltadas para o planejamento e a gestão ambiental, indicando forte necessidade de intervenções visando assegurar condições de conforto térmico urbano.

Após o cálculo, a avaliação da faixa de classificação do IDT é verificada conforme especifica a Tabela 1.



Tabela 1. Faixas de Classificação de sensação térmica do Índice de Desconforto Térmico de Thom (IDT)

Faixas	IDT (°C)	Níveis de Desconforto Térmico
1	IDT < 24,0	Confortável
2	24,0 ≤ IDT ≤ 26,0	Parcialmente confortável
3	26,0 < IDT < 28,0	Desconfortável
4	IDT ≥ 28,0	Muito desconfortável

Fonte: Santos *et al.* (2012, p. 548).

O segundo índice utilizado na pesquisa é o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), que assim como o índice anterior, utiliza em sua fórmula (Equação 2) os valores de temperatura e umidade relativa para estimar a sensação térmica dentro de três faixas, conforme indica a Tabela 2.

$$ITU = 0,8 * T + [(UR * T) / 500] \dots (2)$$

Onde T é temperatura do ar (°C) e UR é umidade relativa do ar (%).

Tabela 2. Faixas de classificação de sensação térmica do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

Faixas	ITU (°C)	Níveis de Conforto
1	21,0 < ITU < 24,0	Confortável
2	24,0 < ITU < 26,0	Levemente desconfortável
3	ITU > 26,0	Extremamente desconfortável

Fonte: Adaptado de Nóbrega e Lemos (2011, p. 98).

Um ponto negativo nos dois primeiros índices citados trata-se de que não possuem uma boa classificação para sensações térmicas com valores baixos, ou seja, que indicariam desconforto em relação ao frio. O IDT classifica qualquer sensação térmica abaixo de 24,0°C como confortável e, já o ITU, não possui classificação para



sensações abaixo de 21,0°C. Apesar disso, Nóbrega e Lemos (2011, p. 108) afirmam que o ITU foi satisfatório em uma avaliação de conforto na cidade de Recife no período de janeiro a junho do ano de 2010.

Para esta avaliação também foi utilizado o índice de Missenard (1948) a Temperatura Efetiva (TE), que, assim como os outros, relaciona a temperatura e a umidade relativa do ar em seu cálculo, conforme a Equação 3:

$$TE = T - 0,4 [(1 - UR/100) (T - 10)] \dots (3)$$

Onde T é temperatura do ar (°C) e UR é umidade relativa do ar (%).

O conceito de temperatura efetiva (TE) tem sido amplamente utilizado na Biometeorologia como um índice de stress térmico sobre o corpo humano. Embora o conceito de TE leve em consideração o efeito combinado da temperatura e da umidade sobre a fisiologia humana, ele não considera os efeitos da radiação e do movimento do ar (JAUREGUI, 1991, p. 153).

Nedel e outros (2015, p. 185) destacam que o índice TE representou adequadamente as condições de conforto em estudo feito na cidade de São Paulo, sendo considerado o mais apropriado para avaliação tanto em ambientes internos quanto externos.

E, por último, também foi utilizado um índice que considera a velocidade do vento além das variáveis temperatura e umidade do ar, conhecido como Temperatura Efetiva em função do vento (TEv) (SUPING *et al.*, 1992) (Equação 4).

$$TEv = 37 - \{(37 - T) / [0,68 - (0,0014 * UR) + (1 / (1,76 + 1,4 * v_{0,75}))]\} - \{0,29 * T * [1 - (UR / 100)]\} \dots (4)$$



Onde T é temperatura do ar (°C), UR é umidade relativa do ar (%) e v é velocidade do vento (m/s).

De acordo com o laboratório MASTER (IAG/USP), o TEv é utilizado para prever as condições de conforto térmico no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Leal e outros (2017, p. 371), em estudo comparativo entre os índices IDT, ITU e TEv, relatam que o TEv foi o que representou mais adequadamente as condições climáticas da cidade de Vitória, ES.

Para avaliação dos índices TE e TEv foi utilizada a classificação de conforto proposta por Maia e Gonçalves (2002, p. 312) e, também, utilizada na pesquisa de Gobo (2013, p. 80), desenvolvida com base nas condições de conforto elaborada por Fanger (1972), na qual além da sensação térmica também indica o grau de estresse fisiológico de cada zona (Tabela 3).

Tabela 3. Distribuição das zonas de conforto para diferentes graus de percepção térmica e suas respostas fisiológicas do Índice de Temperatura Efetiva (TE) e do Índice de Temperatura Efetiva em função do vento (TEv).

Faixas	TE / TEv (°C)	Sensação Térmica	Grau de estresse fisiológico
1	< 13	Muito frio	Extremo estresse ao frio
2	13 - 16	Frio	Tiritar
3	16 - 19	Frio moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
4	19 - 22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
5	22 - 25	Confortável	Neutralidade térmica
6	25 - 28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor e vasodilatação
7	28 - 31	Quente moderado	Suando
8	31 - 34	Quente	Suor em profusão
9	> 34	Muito quente	Falha na termorregulação

Fonte: Adaptado de Fanger (1972), Maia e Gonçalves (2002, p. 312), Gobo (2013, p. 80), Nedel et al. (2015, p. 191).



Em um estudo no estado do Rio Grande do Sul, Gobo e Galvani (2012, p. 411) relatam que o T_{Ev} não seria tão propício para a avaliação em situações de primavera e verão por não representar tão bem as condições de desconforto em cenários onde ocorre excesso de calor por mascarar alguns resultados amenizando os valores.

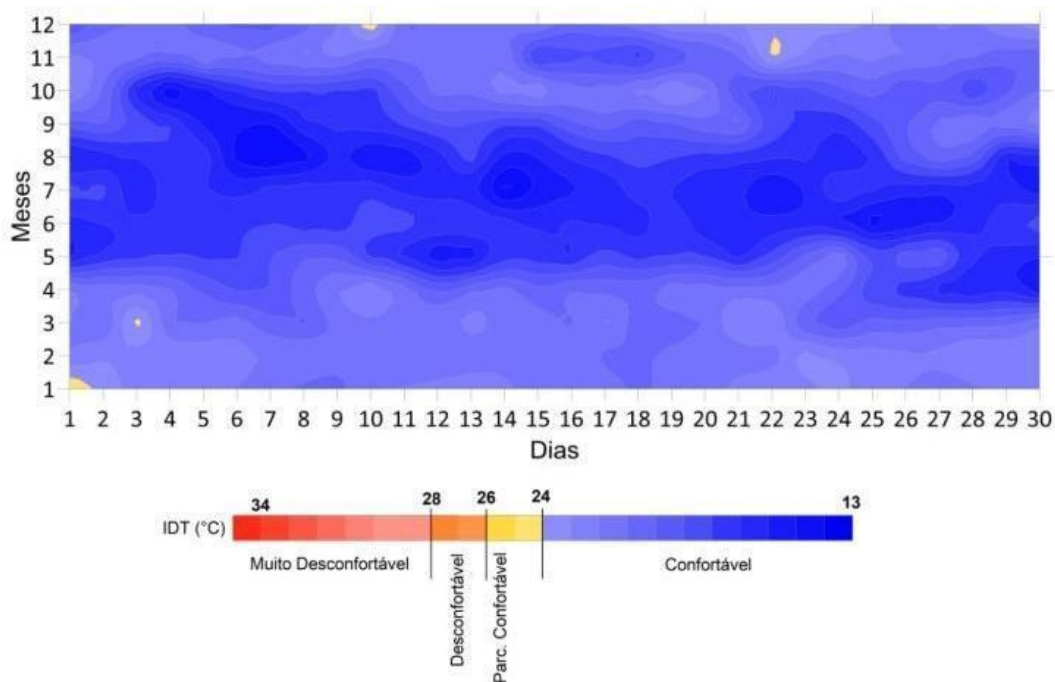
Para o cálculo dos índices, os dados climáticos de Viçosa foram obtidos através da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2020) por meio do Boletim Meteorológico 2014 fornecido pelo Departamento de Engenharia Agrícola (UFV, 2020). Utilizando o software Microsoft Excel foi feita a compilação e a apreciação dos dados por tabelas e gráficos, sendo que as análises foram feitas para o ano de 2014 considerando as médias diárias de temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento, utilizando-se para isso a forma gráfica do *transect* (FIALHO, 2019, p. 3), a fim de demonstrar a variabilidade temporal dos elementos do clima em análise, elaborado com base no programa *Surfer*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta o isograma do Índice de Desconforto Térmico (IDT) referente ao ano de 2014 e evidencia que a maioria do ano se encontra com valores de sensação térmica abaixo de 24,0°C para este índice, ou seja, indicando uma classificação de confortável praticamente para todo o ano (98,9% do ano).



Figura 4. Isograma do Índice de Desconforto Térmico (IDT) do ano de 2014.



Fonte: Autores (2020).

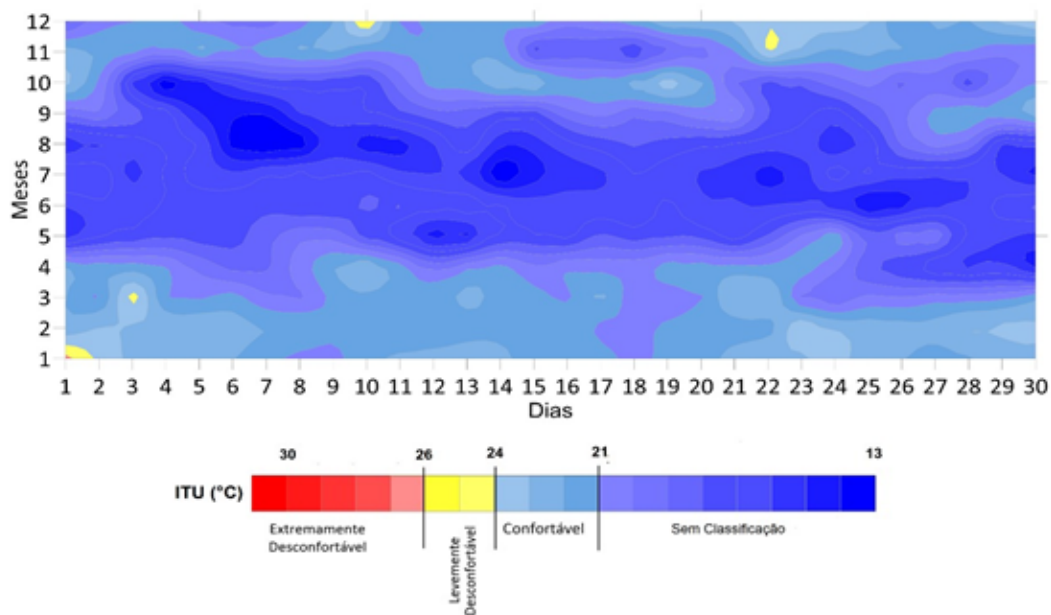
Houve poucos episódios de valores mais altos, classificados na faixa de parcialmente confortável, sendo estes no primeiro dia de janeiro (25,0°C), no dia 03 de março (24,5°C), no dia 22 de novembro (24,4°C) e no dia 10 de dezembro (24,9°C). Não houve nenhum dia classificado como desconfortável ou muito desconfortável.

Durante os períodos de janeiro a abril e setembro a dezembro, os valores do IDT registram sensações térmicas entre 18,0°C e 24,0°C na maior parte dos dias e, durante os meses de maio a agosto a temperatura cai e as sensações passam para a faixa de 13,0°C a 18,0°C, sendo o dia 14 de julho o mais frio do ano, com o valor de sensação térmica de 13,54°C e temperatura do ar de 13,4°C. Como citado anteriormente, a classificação deste índice determina que todas as sensações térmicas abaixo de 24,0°C representam conforto térmico, com isso acaba por não considerar o desconforto advindo do frio e, se tratando cidades como Viçosa, com um inverno mais rigoroso, pode ser equivocado não ponderar que até mesmo sensações térmicas na casa de 13,0°C não gerariam desconforto.



A avaliação a partir do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) mostra resultados bem similares ao IDT, indicando que a maior parte do ano de 2014 apresenta valores de sensação térmica também abaixo de 24,0°C (98,08% do ano) (Figura 5).

Figura 5. Isograma do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) do ano de 2014



Fonte: Autores (2020).

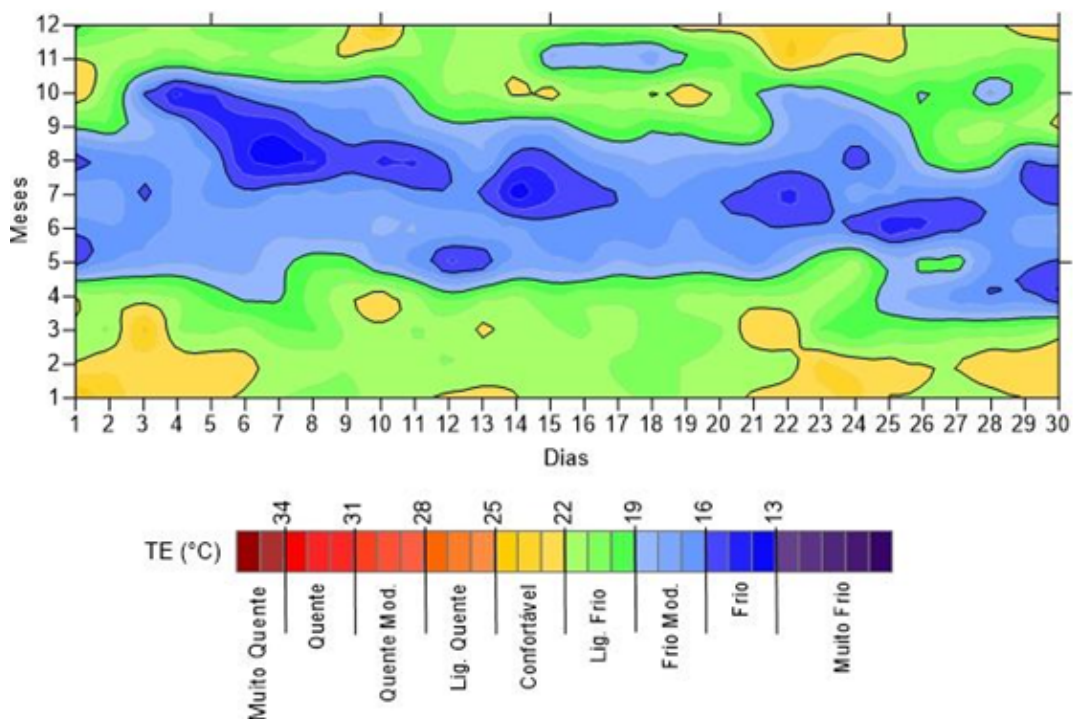
O isograma do ITU também aponta os 4 dias com valores acima da faixa de confortável, sendo primeiro de janeiro (25,43°C), 03 de março (24,68°C), 22 de novembro (24,45°C) e 10 de dezembro (25,31°C), além de 23 de fevereiro (24,21°C) e 19 de outubro (24,03°C), que se encaixam na faixa de levemente desconfortável. Não houve nenhum registro na faixa de extremamente desconfortável.

Os meses de janeiro a abril e outubro a dezembro se classificam na maioria dos dias como confortável, porém, o restante do ano predominantemente fica sem classificação neste índice, pois ele não categoriza desconforto em relação ao frio. O ITU considera confortável os dias que apresentam valores de sensação térmica entre 21,0°C e 24,0°C e não classifica as sensações abaixo de 21,0°C, dessa forma 62,5% do ano de 2014 fica sem classificação de acordo com este índice. O Índice de Temperatura



Efetiva (TE) indica que os dias dos meses de janeiro a abril e novembro a dezembro estão classificados como confortáveis (22,0°C a 25,0°C) ou ligeiramente frio (19,0°C a 22,0°C) em sua maioria e, de maio a setembro as sensações vão de frio moderado a frio, apresentando valores mais baixos, na faixa de 19,0°C a 13,0°C, gerando estresse fisiológico de ligeiro resfriamento do corpo a tiritar (Figura 6).

Figura 6. Isograma do Índice de Temperatura Efetiva (TE) do ano de 2014



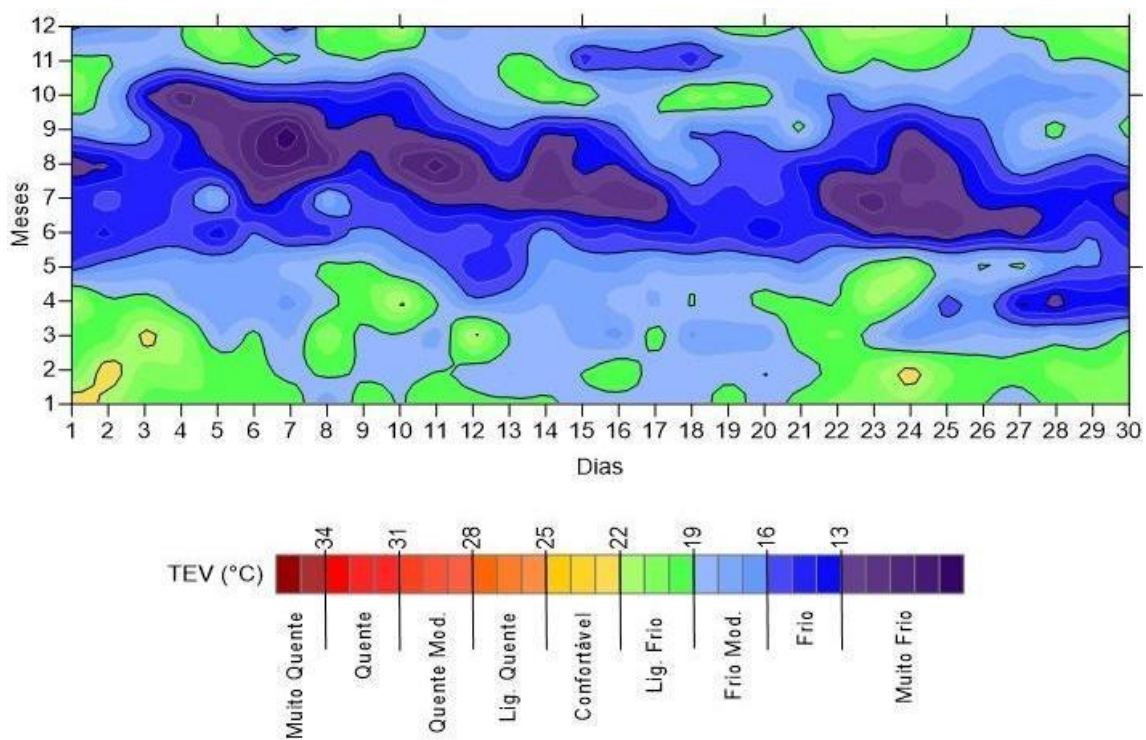
Fonte: Autores (2020).

Na faixa de ligeiramente quente foi registrado apenas um episódio no ano de 2014 de acordo com o índice TE, em primeiro de janeiro, indicando sensação térmica de 25,03°C, uma diferença irrisória que fez com que saísse da faixa de confortável (22,0°C a 25,0°C). Os dias com as sensações mais frias foram 14 de julho (13,09°C) e 6 a 9 de agosto (13,34 a 13,99°C). Esses episódios são fundamentados pela atuação de um sistema de alta pressão na região sudeste entre os dias 6 e 8 de agosto chegando a registrar a temperatura mínima de 6,0°C, a temperatura mais baixa do ano na cidade.



Como é possível verificar na Figura 7, os resultados do índice de Temperatura Efetiva em função do vento (TEv) indicaram números mais baixos que os demais índices na maior parte do ano, produto decorrente da consideração da velocidade do vento em seu cálculo, tendo em vista que a atuação dessa variável pode ocasionar maior transferência de calor do corpo humano para o ambiente.

Figura 7. Isograma do Índice de Temperatura Efetiva em função do vento (TEv) do ano de 2014



Fonte: Autores (2020).

Para este índice poucos dias do ano se encaixam na faixa de confortável e nenhum dia apresenta desconforto em relação ao calor. Com isso, a categorização do ano de 2014 em Viçosa de acordo com o TEv é majoritariamente com desconforto em relação ao frio, chegando a revelar sensação térmica de 8,3°C em 7 de setembro, gerando extremo estresse ao frio. Este valor é evidenciado pela temperatura mínima de 8,6°C e velocidade média do vento de 2,47m/s registrados na data em questão.

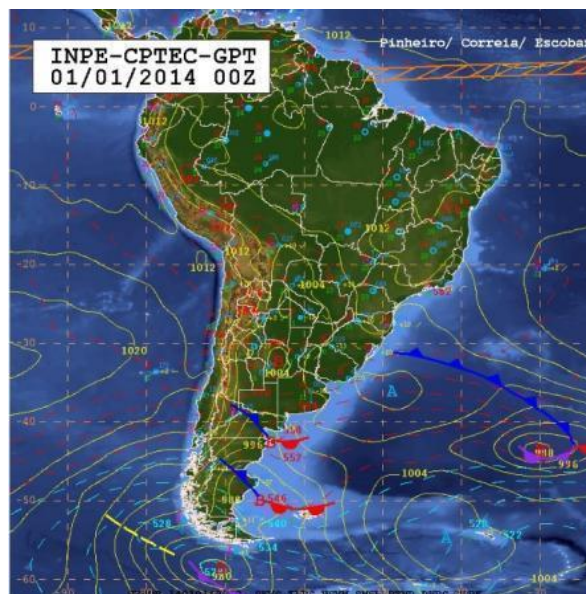
De janeiro a abril e de novembro a dezembro, prevalecem as sensações térmicas de ligeiramente frio (19,0 a 22,0°C) e frio moderado (16,0 a 19,0°C) na



classificação do TEv, enquanto de maio a outubro as sensações ocupam predominantemente as faixas de frio (13,0 a 16,0°C) e muito frio (<13,0°C), com alguns momentos de frio moderado.

Em todos os índices utilizados verifica-se que a cidade de Viçosa, a partir da análise com a média diária, raramente registra momentos de desconforto em relação ao calor, deixando explícita essa característica de sua situação climática. O dia primeiro de janeiro se caracteriza com valores de sensação térmica mais alta em todos os índices, salientando a temperatura máxima de 34,0°C, consequência da ausência de passagem de frentes frias pelo país e, também, da influência da massa de ar quente de origem tropical (Figura 8).

Figura 8. Carta sinótica da América do Sul do dia 1º de janeiro de 2014.



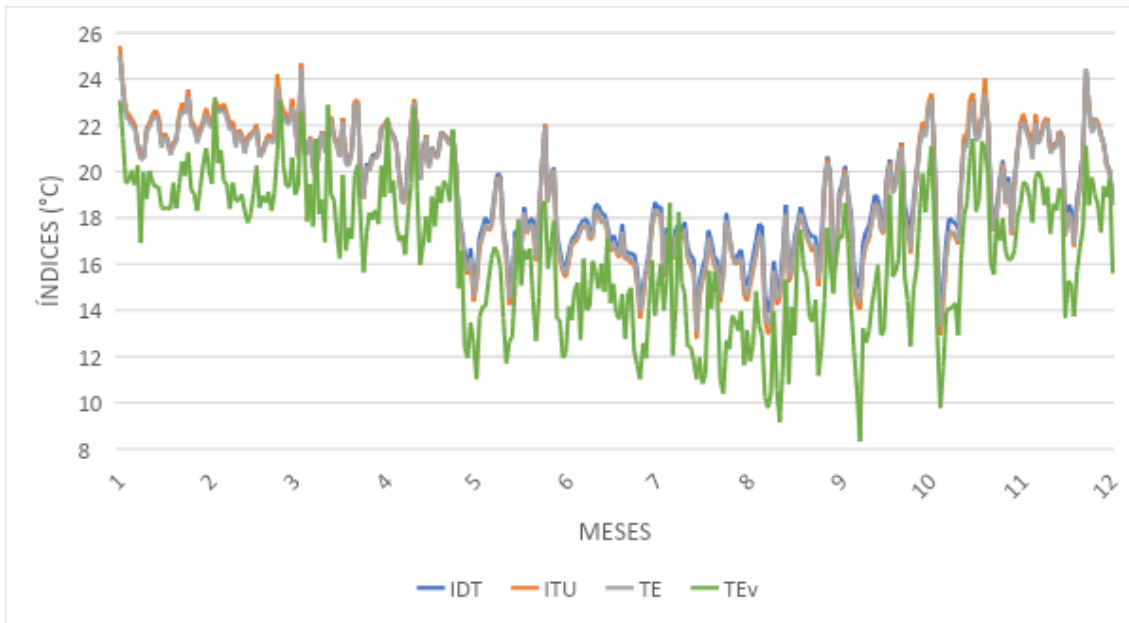
Fonte: CPTEC/INPE (2020).

Ao colocar os valores calculados para todos os índices em um mesmo gráfico, de forma geral o IDT, o ITU e o TE tem um comportamento bem similar ao longo do ano de 2014 em Viçosa. Já o TEv, que é o único índice que considera a variável velocidade



do vento em sua equação, se difere dos demais de forma mais significativa, chegando a apresentar diferenças de até 5,7°C na sensação térmica (Figura 9).

Figura 9. Gráfico dos índices IDT, ITU, TE e TEv no ano de 2014



Fonte: Autores (2020).

Quando os valores de velocidade do vento são próximos de 0,2m/s o TEv indica resultados bem semelhantes aos demais índices, contudo quando a velocidade do vento é zero ou bem próxima disso, o TEv aponta resultados maiores de sensação térmica do que os outros índices, atingindo até 2,0°C a mais. É o índice que apresenta a maior amplitude anual de sensação térmica para esta análise.

Os índices TE e TEv utilizam a mesma faixa de classificação para a sensação de conforto, no entanto os valores obtidos são bem distintos ocasionando indicações de sensação térmica particulares para cada um.

Apesar da semelhança entre os valores obtidos, as faixas de classificação dos índices IDT, ITU e TE se diferem principalmente no que se refere à categorização dos valores de sensação térmica abaixo de 21,0°C, como demonstra a Figura 10. Além disso, os índices TE e TEv são mais refinados ao classificar o desconforto gerado tanto pelo calor quanto pelo frio.



Figura 10. Frequência das faixas de classificação da sensação de conforto térmico dos índices IDT, ITU, TE e TEv

	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11
IDT	Muito desconfortável 0										Desconf. 0	Parc. Confort. 4	Confortável 361													
ITU	Extremamente desconfortável 0										Levem. Desconf. 7	Confortável 130	Sem classificação 228													
TE	Muito quente 0	Quente 0	Quente moderado 0	Ligeiramente quente 1	Confortável 55	Ligeiramente frio 150	Frio moderado 118	Frio 41	Muito frio 0																	
TEv	Muito quente 0	Quente 0	Quente moderado 0	Ligeiramente quente 0	Confortável 9	Ligeiramente frio 90	Frio moderado 123	Frio 90	Muito frio 53																	

Fonte: Autores (2020).

A faixa de confortável do ITU (21,0-24,0°C) e do TE/TEv (22,0-25,0°C) são bem próximas, com a diferença de 1,0°C. Porém, as sensações de 26,0 a 28,0°C que o TE/TEv consideram como ligeiramente quente, o ITU já especifica como extremamente desconfortável.

Avaliando a frequência das faixas de classificação da sensação de conforto dos índices observa-se que de acordo com o IDT o ano de 2014 em Viçosa se encaixaria como confortável (361 dias). Para o ITU a maioria do ano (228 dias – 62,4%) estaria sem classificação e 35,6% (130 dias) do ano se encaixaria na faixa de confortável. Já para o índice TE a maioria dos dias do ano (268 dias – 73,4%) se enquadraram em ligeiramente frio e frio moderado. E no TEv, o ano de 2014 tem o predomínio dos dias (303 dias – 83,0%) categorizados como ligeiramente frio, frio moderado e frio.

Avaliando a representação da sensação térmica na cidade de Viçosa no ano de 2014 percebe-se que os índices IDT e ITU não seriam adequados por não classificarem desconforto em relação ao frio, considerando que os resultados apontaram valores abaixo de 24,0°C para praticamente todo o ano, chegando a indicar sensações entre



12,0°C e 14,0°C nesses índices. Mesmo que a população de Viçosa já esteja habituada a temperaturas mais baixas, conforme defende a corrente adaptativa, o indivíduo não conseguiria manter a neutralidade térmica sem necessitar utilizar seu mecanismo de termorregulação em valores tão baixos de sensação térmica.

Em estudos na cidade de São Paulo e no Rio Grande do Sul, Gobo e Galvani (2012, p. 408) e Monteiro e Alucci (2009, p. 19) respectivamente, utilizam as mesmas faixas de classes de conforto térmico na qual classificam como sensação de neutralidade os valores de 19,0°C a 27,0°C para a Temperatura Equivalente Percebida, sendo que Gobo e Galvani (2012, p. 403) avaliam o conforto térmico por meio do TEv.

Nos meses do verão, onde as temperaturas médias ficam em torno de 24,0°C com temperaturas máximas ao redor de 30,0°C, o TEv classifica a maioria dos dias como ligeiramente frio e frio moderado, enquanto o TE indica sensações térmicas de conforto e ligeiramente frio. Assim como indica Gobo e Galvani (2012, p. 411) em estudo realizado no Rio Grande do Sul, a consideração da velocidade do vento no TEv tende a mascarar o calor, não representando adequadamente as situações de verão e primavera.

‘ Sendo assim, na comparação dos quatro índices de conforto térmico a partir das médias diárias feita neste estudo, o que melhor representa a situação da cidade de Viçosa no ano de 2014 foi o TE, caracterizando a estação chuvosa com sensações entre 19,0°C e 25°C e, a estação seca, que em 2014 se estendeu até outubro, com sensações variando entre 13,0°C e 19,0°C.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clima influencia as atividades cotidianas dos seres humanos. Tanto assim, que os efeitos climáticos podem dificultar a sobrevivência. E por conta disso, a humanidade sempre desenvolveu mecanismos de adaptação ao meio ou buscou lugares e situações favoráveis para seu melhor conforto.

O estudo do conforto térmico surge para estabelecer parâmetros que possam indicar quais os ambientes ou as melhores maneiras de estabelecimento de grupos humanos que possam ser dignas para a habitação ou lugares de trabalho, analisando padrão construtivo, variáveis climáticas e efeitos fisiológicos humanos.

Deste modo, os índices climáticos são desenvolvidos e aperfeiçoados, visando melhor caracterizar as condições às quais os homens podem sentir-se em estado de conforto. Nesta pesquisa foram elencados quatro métodos para avaliação do conforto térmico humano que foram: IDT, ITU, TE e TEv para Viçosa-MG, localizada na Zona da Mata Mineira. No caso, foi identificado que o TE exibiu melhor sensibilidade para expressar as sensações térmicas nas condições climáticas do ano de 2014.

A avaliação de índices de conforto ademais pode esbarrar na predileção térmica do indivíduo, com isso sugere-se, para estudos futuros, a calibração de um índice a partir também de variáveis pessoais e conceitos subjetivos, considerando também as amplitudes diárias experimentadas pela população da cidade de Viçosa.



REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editora, 2003. 159p.

ALVES, Elis Dener Lima; BRÚSSLO, Rafael Gotardi; NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo. **Clima urbano**: Contribuições teóricas e aplicadas em cidades de pequeno e médio porte. In: VECCHIA, Francisco Arthur da Silva; TECH, Adriano Rogério Bruno; NEVES, Gustavo Zen de Figueiredo (ORG). *Climatologia Dinâmica: conceitos, técnicas e aplicações*. São Carlos: RiMa Editora, 2020. 288p. p. 110 – 161.

COELHO, Dayana Debossan. (Con)fluências da política habitacional no bairro nova viçosa- viçosa, minas gerais (1995-2000). In: VII Seminário de Pós-graduação em Geografia "A Geografia e os desafios contemporâneos, 2019, Juiz de Fora. *Anais...*, Minas Gerais, 2019, p. 38-47. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/ppgeografia/files/2019/08/ANAIS-VII-SEMIN%C3%81RIO-DO-PPGEO.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2020.

CPTEC. Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. **Banco de dados de imagens**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes/formulario.logic>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

FANGER, Povel Ole. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. New York: McGraw Hill, 1972.

FIALHO, Edson Soares. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: Um caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. 259f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/pt-br.php>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

FIALHO, Edson Soares. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (Org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica**. Dourados: UFGD, 2012, v. 1, p. 83-114.

FIALHO, Edson Soares; QUINA, Robson Rodrigues; ALVES, Rafael de Souza; MIRANDA, Jorge Daniel Enrique Camargo. O campo térmico em situação sazonal de verão, no município de Viçosa-MG. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, Edição Especial III SEGEO, v. 1, p. 80-98, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/15836/12827>>. Acesso em: 15 nov. 2020.



FIALHO, Edson Soares; QUINA, Robson Rodrigues. Análise das diferenças térmicas entre o campo e a cidade em situação sazonal de verão, em 2014, no município de Viçosa (MG). **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 7, n. 14, p. 13-35, dez. 2016. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8145>>. Acesso em: 16 nov. 2020.

FIALHO, Edson Soares. O que é um transect e sua utilização nos estudos climáticos. **Revista GEOUERJ**, Rio de Janeiro, n. 34, v. 1, p. 1-29, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/RPV/article/view/9214>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

FIALHO, Edson; QUINA, Robson. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, Lisboa-POR, n. 12, p. 127-151, 2017.

FIALHO, Edson Soares; FURTADO, Julia Borges; XAVIER, Tatiana Camello. Análise do (des)conforto térmico da cidade de Viçosa (MG) no ano de 2014. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria-RS, v. 25, n. 1, 23p. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/46846>>. Acesso em: 2 set. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo**. 7.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GOBO, João Paulo Assis; GALVANI, Emerson. Aplicação do índice de temperatura efetiva com vento (TEv) nos estudos de conforto térmico para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 1, n. 5, p.403 – 413, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/e>>. Acesso em: 1 set. 2020.

GOBO, João Paulo Assis. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013, 184f. Dissertação (mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-12092013-115803/pt-br.php>>. Acesso em: 1 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/93/cd_2010_caracteristicas_po_pulacao_domicilios.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população



residente com data de referência 1º de julho de 2019. Disponível em:
<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama>>. Acesso em: 25 jul. 2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Estações Automáticas**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTUxMA==>. Acesso em: 17 mai. 2020.

IPEA. Ipea-Data. Disponível em: <<http://ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

JAUREGUI, Ernesto. The human climate of tropical cities: an overview. **International Journal of Biometeorology**, Heidelberg, v. 35, n. 3, p. 151-160, 1991. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01049061>>. Acesso em: 1 set. 2020.

LAMBERTS, Roberto. **Conforto e Stress térmico**. Universidade Federal de Santa Catarina – Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Civil, 2011.

LEAL, Laiz Reis *et al.* 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, Lisboa. **Anais...**, 2017, p. 363-372. Disponível em: <<http://lpp.ufes.br>>. Acesso em: 03 ago. 2020.

MAIA, João André; GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira. Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo - parte 1. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Paraná, 2002, p. 305-314.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **O estudo do SCU – Sistema Clima Urbano – no Brasil**: aplicações e avanços. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (ORG). A construção da climatologia geográfica no Brasil. Campinas: Editora Alínea, 2015. 194p. p. 155 – 166.

MISSENARD, Andre. **A thermique des ambiances: équivalences de passages, equivalences de séjours**. Chaleur et industrie, 4. p.159-183. 1948.

MONTEIRO, Leonardo Marques; ALUCCI, Maria Peinado. Territorios y espacios urbanos sostenibles: confort ambiental en espacios abiertos. **Ambiente Construído** (Online), v. 3, p. 1-26, 2009.

NASCIMENTO, Janduy Gonçalves do *et al.* Índice de conforto térmico da malha urbana em pontos representativos da cidade de Bayeux (PB). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Recife-PE, v. 7, n. 3, p. 53 – 62, 2017. Disponível em:



<<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/5559>>. Acesso em: 2 set. 2020.

NEDEL, Anderson Spohr *et al.* Climatology of the human thermal comfort on São Paulo metropolitan area: indoors and outdoors. **Revista Brasileira de Geofísica**, São Paulo-SP, v. 33, n. 2, p.185 – 204, 2015. Disponível em: <<https://sbgf.org.br/revista/index.php/rbgf/article/view/713>>. Acesso em: 3 ago. 2020.

NÓBREGA, Ranyére Silva; LEMOS, Thiago Verçosa da Silva. O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 28, n. 1, 2011.

PAULA, Karine Almeida. O processo de verticalização na zona central da cidade de Viçosa-MG: Uma análise a partir da expansão da Universidade Federal de Viçosa e do seu impacto na estruturação do espaço urbano. **Revista GeoTextos**, Salvador-BA, v. 15, n. 1, p. 65-87, 2019. Disponível em: <<https://cienciasmedicasbiologicas.ufba.br/index.php/geotextos/article/viewFile/30473/19134>>. Acesso em: 3 set. 2020.

RUAS, Álvaro César. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Ministério do Trabalho/FUNDACENTRO. 96 p. São Paulo, 1999.

SANCHES, Fábio de Oliveira; FIALHO, Edson Soares; QUINA, Robson Rodrigues. Evidências de Mudanças Climáticas em Viçosa (MG). **Revista do Departamento de Geografia USP**, São Paulo, v. 34, p. 122-136, 2017. Disponível em <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/138581>>. Acesso em: 4 set. 2020.

SANTOS, Joel Silva dos *et al.* Campo Térmico Urbano e a sua Relação com o Uso e Cobertura do Solo em Cidade Tropical Úmida. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 540-557, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/232851>>. Acesso em: 5 set. 2020.

SOUZA, Débora Moreira de; NERY, Jonas Teixeira. O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, Londrina-PR, v. 21, n. 2, p. 65-83, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/28195/15781>>. Acesso em: 1 set. 2020.

SUPING, Zhang; GUANGLIN, Meng; YANWEN, Wang; JI, Li. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race and of meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, n. 1, p.63-68, 1992. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01208915>>. Acesso em: 3 set. 2020.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. Departamento de Engenharia
Agrícola. Estação Climatológica Principal de Viçosa. **Boletim meteorológico 2014.**

Disponível em:

<<http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2020/07/Boletim-Meteorol%C3%B3gico-2014.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2020.