Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE TANGARÁ DA SERRA/MT – BR, A PARTIR DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA [TRY] E DAS NORMAIS CLIMATOLÓGICAS DO MUNICÍPIO

Analysis of the climate features of Tangará da Serra/MT – BR, from the climate year of reference [TRY] and the climate normals of the city

Análisis de las características del clima de Tangará da Serra/MT – BR, a partir del año climáticos de referencia [TRY] y las normales climatológicas del município

Mauricio Dallastra
Universidade do Vale do Taquari/UNIVATES
mauricio.dallastra@universo.univates.br

Amanda Karoliny Arruda da Silva
Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT
amanda.karoliny@unemat.br

Simone Silva Frutuoso de Souza
Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT
simone.souza@unemat.br

Odorico Konrad
Universidade do Vale do Taquari/UNIVATES
okonrad@univates.br

Resumo: As características climáticas de uma região podem ser consideradas cruciais para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos sustentáveis, uma vez que construções projetadas para o clima local propiciam a redução da demanda energética, tanto no verão quanto no inverno. Deste modo, o artigo tem como objetivos determinar o ano climático de referência (TRY) para o município de Tangará da Serra, Mato Grosso; desenvolver a carta bioclimática a partir dos dados do ano correspondente e comparar os resultados aos oriundos das normais climatológicas. Para isto, realizou-se o tratamento dos dados históricos provenientes de registros das estações meteorológicas do

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de biodísel – CETEGEO-SR; instaladas na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, em Tangará da Serra; sendo elaborados gráficos e tabelas a partir dos mesmos, de modo a compor a interpretação dos resultados atingidos. Como resultados, obteve-se o ano de 2009 como o ano climático de referência, e os valores percentuais correspondentes as zonas bioclimáticas em que o município encontra-se inserido em relação a este ano. Assim, pode-se concluir que o munícipio apresenta condições climáticas confortáveis, estando inserido na Zona 01 (Conforto) em 53,36% horas/ano. Identificou-se como principais estratégias: a ventilação natural (26,36% horas/ano), a ventilação natural associada à alta inércia térmica e o resfriamento evaporativo (16,49% horas/ano). As conclusões foram semelhantes as atingidas com as normais climatológicas, dado que as principais estratégias bioclimáticas evidenciadas por esta foram iguais as propostas com a utilização do TRY.
Palavras-chave: Variáveis climatológicas. Estratégias bioclimáticas. Sustentabilidade.

Abstract: Climate features of a region can be considered crucial for the development of sustainable architecture projects, since buildings designed for local climate provide reduction in energy demand, both in summer and winter. This way, the article aims to determine the reference climatic year (TRY) for Tangará da Serra, Mato Grosso; develop the bioclimatic chart from the data of the corresponding year and compare the results to those derived from the climatological normals. For this, it was performed the treatment of historical data from records of weatherstations of the National Institute of Meteorology (INMET) and the Technological Center of Geoprocessing and Remote Sensing applied to the production of biodiesel - CETEGEO-SR; installed at the University of the State of Mato Grosso – UNEMAT, in Tangará da Serra. Graphs and tables were created based on them, in order to compose the interpretation of the achieved results. As results, 2009 was obtained as the climate year of reference and the percentage values corresponding to the bioclimate zones in which the city is inserted in relation to this year. This way, it can be concluded that the city has comfortable climate conditions, being inserted in Zone 01 (Comfort) in 53.36% hours/year. The following main strategies were identified: natural ventilation (26.36% hours/year), and natural ventilation associated with high thermal inertia and evaporative cooling (16.49% hours/year). The conclusions were similar to those reached with climatological normals, given that the main bioclimate strategies evidenced by this were the same as those proposed with the use of TRY.
Keywords: Climate variables. Bioclimatic strategies. Sustainability.

Resumen: Las características climáticas de una región pueden considrarse cruciales para el desarrollo de proyectos arquitectónicos sostenibles, ya que los edifícios diseñados para el clima local proporcionan uma reducción de la demanda energética, tanto en verano como en invierno. Así, el artículo tiene como objetivo determinar el año climático de referencia (TRY) para el município de Tangará da Serra, Mato Grosso; elaborar el mapa bioclimático a partir de los datos del año corrspondiente y comparar los resultados con los resultados con los derivados de las normales climatológicas. Para ello, se realizo el tratamiento de datos históricos provenientes de registros de estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología (INMET) y del Centro Tecnológico de Geoprocessamiento y Teledetección aplicado a la producción de biodiesel – CETEGEO-SR; instalado en la Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, en Tangará da Serra; a partir de ellos se crearon gráficos y tablas, con el fin de componer la interpretación de los resultados alcanzados. Como resultado se obtuvo el año 2009 como año climático de referencia, y los valores porcentuales correspondientes a las zonas bioclimáticas en las que se inserta el município en relación a este año. Así, se puede concluir que el município presenta condiciones climáticas confortables, insertándose en la Zona 01 (Confort) en 53,36% horas/año. Se identificaron las siguientes estratégias principales: ventilación natural (26,36% horas/año), y ventilación natural associada a alta inercia térmica y enfriamiento evaporativo (16,49% horas/año). Las conclusiones fueron similares a las alcanzadas con

normales climatológicas, dado que las principales estratégias bioclimáticas evidenciadas por esta fueron las mismas que las propuestas con el uso de TRY.
Palabras clave: Variables climatológicas. Estrategias bioclimáticas. Sustentabilidad.

Submetido em: 02/12/2022
Aceito para publicação em: 08/06/2023
Publicado em: 27/06/2023

1. INTRODUÇÃO

A abordagem bioclimática pode ser descrita como a condução do projeto de uma edificação fundamentada no aproveitamento das potencialidades climáticas locais, com o intuito de proporcionar o conforto humano com a mínima utilização de condicionamento artificial, em outras palavras, preconiza a construção de edificações com a natureza e não contra ela (MANZANO-AGUGLIARO et al., 2015). Dito isto, entender os principais parâmetros que caracterizam o clima local coloca-se como fator primordial para a concepção do projeto de uma edificação, uma vez que a adequação do mesmo a uma determinada localidade resulta, também, na propiciação de conforto térmico aos ocupantes deste espaço quando construído (PEÑA, C. C.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D., 2008).

Dentre as maneiras utilizadas para representação das características climáticas de uma região, encontram-se as normais climatológicas, que correspondem a média de dados climáticos medidos em séries de 30 anos, atualizadas a cada 10 anos. Contudo a falha existente nos dados climáticos aos quais se tem acesso, dificulta a reunião de dados equivalentes a este período; mediante esta situação, há a possibilidade de determinação das normais provisórias, estas podem ser calculadas tendo-se os dados climáticos de ao menos 10 anos consecutivos (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2022).

As variáveis climáticas externas são determinantes para a efetuação de projetos de sistemas de condicionamento de ar, uma vez que correspondem ao requisito básico para a realização de cálculos simplificados do consumo de energia e para as simulações termo energéticas de edificações (DOE, 2015). No Brasil, dentre os arquivos climáticos existentes e disponíveis para a simulação computacional, destaca-se o ano climático de referência *[Test Reference Year* (TRY)], preparado pelo National Climatic Center ASHRAE (1993). Em conformidade com STAMPER (1977) citado por Libos (2007) o procedimento para a determinação do TRY depende da disposição de dados climáticos coletados em um período de, no mínimo, 10 anos; e de posse dos dados em questão a metodologia apresentada por Goulart et al (1998) propõe a análise da temperatura de Bulbo Seco do Ar, de maneira a elencar os anos em virtude do registro de extremos de temperatura, desta forma o TRY trata-se de um ano que exprime as características climáticas da região analisada. Para Carlo (2005) o ano climático de referência pode ser compreendido como aquele que melhor aproxima-se

dos resultados obtidos pelas normais climatológicas, sendo adequado e eficiente por descartar anos com extremos de temperatura.

Deste modo o presente estudo tem como objetivo analisar o clima de Tangará da Serra, Mato Grosso, mediante tratamento dos dados históricos fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a fim de determinar o ano climático de referência para o município, bem como desenvolver a carta bioclimática a partir das variáveis climatológicas do ano correspondente e efetuar a comparação dos resultados obtidos por meio desta metodologia aos provenientes das normais climatológicas elaboradas por Dallastra et. al (2019). Adicionalmente aplica-se uma análise estatística utilizando o desvio padrão e o coeficiente de correlação de Pearson para validação dos resultados.

1.1 Carta bioclimática

A carta bioclimática surge a partir dos irmãos Olgyay na década de 1960, os quais utilizaram de conceitos que envolvem clima e conforto para compreender a importância da climatologia aplicada a arquitetura; estes relacionaram a biologia, a climatologia, a tecnologia e a arquitetura para construção de edificações adaptadas ao contexto climático do local. O gráfico proposto pelos mesmos, estabelecia a relação entre umidade relativa e temperatura de bulbo seco do ar para a análise das condições de conforto térmico (OLGYAY, 1963).

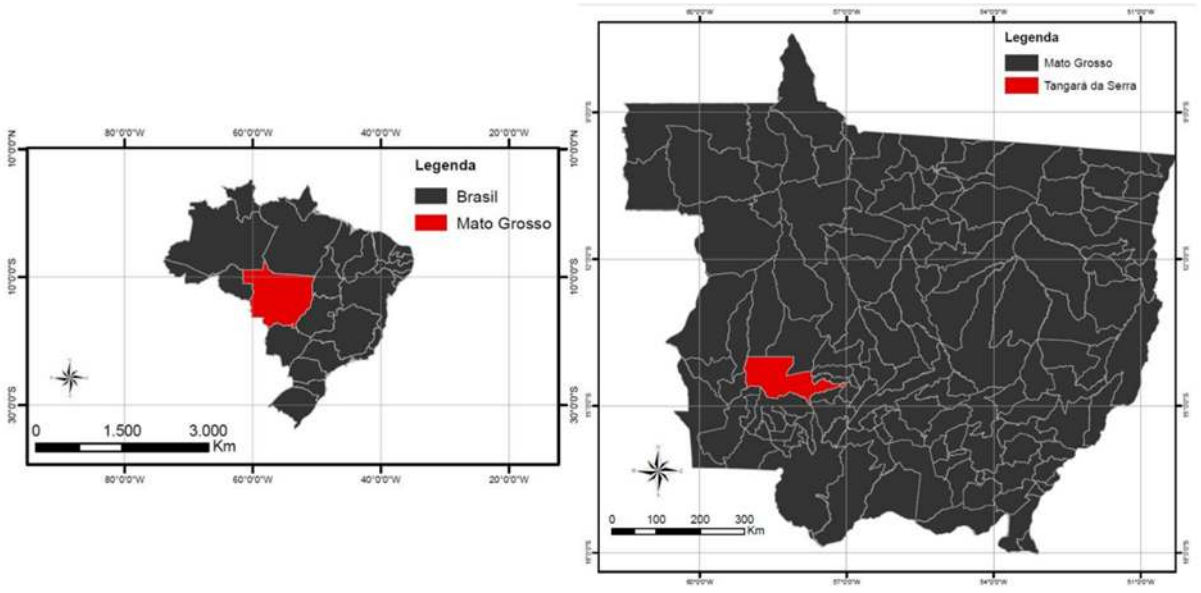
Em 1991, Givoni desenvolve a carta psicrométrica, tomando como base os conceitos de termodinâmica e revisando os trabalhos desenvolvidos pelos irmãos Olgyay, com o intuito de traçar estratégias passivas para as edificações, inicia uma relação de aplicabilidade dessas estratégias, direcionando-as ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos, enunciando, também, estratégias não especificadas pelos irmãos mencionados. Esta relaciona as temperaturas de bulbo úmido e seco a umidade relativa do ar. Para a elaboração da mesma, foram realizadas entrevistas a fim de estabelecer uma zona de conforto representativa no diagrama psicrométrico em questão, delimitando-se estratégias - passivas e artificiais - bioclimáticas adequadas ao clima analisado, ou seja, que corrijam os pontos localizados fora da zona de conforto (GIVONI, 1992).

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização do local de estudo

A área que compreende o local de estudo deste trabalho é a cidade de Tangará da Serra, a qual está localizada geograficamente entre as serras Tapirapuã e Parecis, no estado de Mato Grosso, Brasil (Figura 1). O município, com população estimada de 107.631 habitantes, é o sexto mais populoso do estado, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2021). O clima típico da região é o Tropical quente e subúmido, tendo períodos bem marcados de chuva e seca ao longo do ano (DALLACORT et al., 2011). Isto se deve ao fato de o município estar localizado no bioma Cerrado, onde as chuvas concentram-se nas estações de primavera e verão (SOUSA; NERY 2002), as quais correspondem, respectivamente, às temperaturas mínimas e máximas no município (DALLASTRA et al, 2019). De acordo com Dallastra et. al (2019), Tangará da Serra apresenta temperaturas médias anuais entre 23,26 ºC e 26,40 ºC, com máxima de 33,68 ºC e mínima de 16,96 ºC.

Figura 1 – Mapa com a localização do estado de Mato Grosso em relação ao país e localização de Tangará da Serra em relação ao estado, respectivamente.



Fonte: Dallastra, et. al (2019).

2.2. Análise climatológica

A obtenção dos dados deu-se a partir de registros do Instituto Nacional de Meteorologia, o qual coleta informações climáticas no município desde 2004 por meio da

estação meteorológica automática (Figura 2) e da estação meteorológica do Centro Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto aplicado à produção de biodísel – CETEGEO-SR. Ambas estão instaladas em terreno plano e com ampla visão do horizonte, nas imediações da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, campus Prof. Eugênio Carlos Stieler, cujas coordenadas geográficas são: latitude 14°39' S, longitude 57°25'53,5"W, com altitude de 321,5 metros. De posse destes dados, estabeleceu-se as médias de pressão atmosférica, temperatura de bulbo seco do ar e umidade relativa do ar.

Figura 2 – Foto da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, à esquerda e estação meteorológica do CETEGEO-SR, da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, à direita.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Por meio do método normatizado pela ASHRAE (1993), para definição do Ano Climático de Referência (*Test Reference Year* – TRY), utilizou-se da temperatura de bulbo seco do ar, com o intuito de identificar o ano com menor ocorrência de temperaturas extremas. Deste modo, considerando para análise, um período de dez anos, que se trata do estabelecido na norma em questão, foram selecionados os dados climáticos de 2005 a 2014. A seleção do

período de dados ocorreu em função da disponibilidade de informações, tendo em vista que os anos mais recentes, especialmente 2021 e 2022, não contemplam registros das variáveis climáticas necessárias para a realização da pesquisa. Inicialmente, as médias mensais da temperatura de bulbo seco do ar foram organizadas de maneira cronológica, conforme a Tabela 1.

Tabela 1- Dados climáticos: médias mensais da Temperatura de Bulbo Seco do Ar (ºC) dos anos 2005 a 2014.

	2005	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**
JAN	24,51	24,61	24,85	24,00	25,25	24,69	24,28	24,20	25,24	24,50
FEV	25,15	24,67	24,49	24,33	24,60	25,28	23,95	24,25	24,73	24,08
MAR	24,83	24,60	25,48	24,20	24,45	25,44	24,25	24,23	25,59	24,53
ABR	24,18	23,92	25,23	23,42	24,92	24,99	25,28	24,83	24,15	24,79
MAI	25,02	21,53	22,21	22,17	23,36	23,00	23,45	23,63	23,90	23,27
JUN	24,67	23,81	23,68	21,82	23,98	24,50	23,64	23,06	24,96	23,27
JUL	22,65	23,90	22,83	25,22	23,92	22,61	23,99	23,07	23,12	22,52
AGO	25,41	27,41	23,87	26,66	25,12	25,18	25,20	25,77	24,20	25,83
SET	23,93	25,11	27,90	25,65	25,06	28,22	27,02	27,40	26,52	27,23
OUT	25,95	24,89	25,80	25,68	26,00	25,90	25,55	26,62	26,21	27,14
NOV	25,50	25,53	25,17	25,78	25,56	24,54	25,63	25,51	25,40	25,64
DEZ	24,55	24,65	24,75	24,91	24,60	24,80	24,56	25,67	24,77	24,67
Média anual	24,70	24,55	24,69	24,49	24,74	24,93	24,73	24,85	24,90	24,79

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Em seguida, verificou-se a maior temperatura registrada, bem como seu mês e ano de ocorrência; de maneira similar se sucedeu o procedimento para evidenciar a menor temperatura, destacando, também, seu mês e ano de registro. Posteriormente, o mesmo foi feito para a segunda maior temperatura e para a segunda menor, e assim, sucessivamente, até o décimo segundo mês, permitindo a classificação dos meses em ordem de importância, de acordo com o ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2- Disposição dos meses em ordem de importância.

Mês	Ano	TBS (°C)	Mês	Ano	TBS (°C)
Setembro mais quente	2010	28,22	Setembro mais frio	2005	23,93
Maio mais frio	2006	21,53	Maio mais quente	2005	25,02
Agosto mais quente	2006	27,41	Agosto mais frio	2007	23,87
Junho mais frio	2008	21,82	Junho mais quente	2013	24,96
Outubro mais quente	2014	27,14	Outubro mais frio	2006	24,89
Julho mais frio	2014	22,52	Julho mais quente	2008	25,22
Novembro mais quente	2008	25,78	Novembro mais frio	2010	24,54
Abril mais frio	2008	23,42	Abril mais quente	2011	25,28
Dezembro mais quente	2012	25,67	Dezembro mais frio	2005	24,55
Fevereiro mais frio	2011	23,95	Fevereiro mais quente	2010	25,28
Março mais quente	2013	25,59	Março mais frio	2008	24,20
Janeiro mais frio	2008	24,00	Janeiro mais quente	2009	25,25

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com isso, para definir o TRY, deve-se eliminar os meses com extremos de temperatura, conforme a ordem em que aparecem dispostos na Tabela 2, ou seja, o ano em que ocorreu a maior temperatura é descartado primeiro, o que apresentou a menor temperatura em segundo, isto para que reste apenas um ano, o denominado TRY.

Tendo-se definido o ano climático de referência, os dados climáticos evidenciados neste ano foram usados para elaboração de uma carta bioclimática, por meio da inserção dos mesmos no programa de simulação Analysis Bio - empregado na geração de dados bioclimáticos com maior detalhamento - seguindo o método aplicado por Dallastra et al (2019), a fim de comparar os resultados obtidos a partir das normais climatológicas provisórias aos dados referentes ao TRY. Para tanto, utilizou-se das médias de temperatura mínima, média e máxima do ar, da umidade relativa do ar e da pressão atmosférica. Este software permite que sejam inseridos manualmente os dados climáticos médios correspondentes a cada mês, totalizando doze conjuntos de variáveis climáticas, gerando uma carta psicrométrica. O relatório gerado pelo software expõe, principalmente, a zona bioclimática

em que a localidade, da qual os dados inseridos no sistema são provenientes, está inserida e, em forma de porcentagem, as estratégias bioclimáticas recomendadas para cada mês do ano. Tornando possível a análise dos resultados de ambas, bem como a verificação de convergência ou diferenças entre as estratégias já identificadas.

2.3. Análise estatística

Visando realizar uma validação dos resultados a partir de uma análise estatística utilizou-se o desvio padrão para medir a homogeneidade dos dados e o coeficiente de correlação de Pearson para medir a correlação entre os resultados obtidos pelos métodos TRY e normal climatológica.

O desvio padrão (S) é definido como: uma medida de dispersão, a qual indica o grau de variação de um conjunto de elementos. O desvio padrão pode ser calculado usando a seguinte equação (Castanheira, 2005):

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

onde: n é o número total de elementos da amostra, x_i representa cada elemento da amostra, $\bar{x}$ é a média da amostra.

Através da equação 1 mede-se o desvio padrão de uma amostra e quando o resultado é zero ou próximo de zero, significa que a amostra é homogênea, isto é, não apresenta variabilidade. Este parâmetro será utilizado para identificar o ano com menor variabilidade nas temperaturas de bulbo seco do ar.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. É um índice adimensional com resultados situados entre -1,0 e 1,0. Inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. O coeficiente de correlação de Pearson é calculado conforme equação a seguir (Larson, 2010; Barbetta, 2002):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

onde: n é o número total de elementos da amostra, x_i representa cada elemento da amostra, $\bar{x}$ é a média da amostra.

Este coeficiente, assume apenas valores entre -1 e 1. Assim, quando r for igual a 1 ou próximo de 1, significa uma correlação positiva entre as duas variáveis. Quando r for igual a -1 ou próximo de -1, significa uma correlação negativa entre as duas variáveis. Isto é, são inversamente proporcionais. E se r for igual a 0, significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra, ou podem representar dados não lineares. Assim, se o resultado for igual a 0, deve ser investigado por outros métodos de correlação. Neste trabalho a correlação será utilizada para determinar a força de relação entre os dados obtidos pelo método TRY e pelo método das normais climatológicas.

O Coeficiente de determinação (r^2) identifica o quanto se explica a variação de uma variável em função da outra. Ou seja, é a razão entre a variação explicada e a variação total. O coeficiente de determinação (r^2) é calculado elevando-se o coeficiente de correlação (r) ao quadrado (Montgomery; Runger, 2012). Neste trabalho o coeficiente de determinação será utilizado para explicar a variação (erros) entre os dados obtidos pelo método TRY e pelo método das normais climatológicas.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. Resultados da Análise Climatológica

Identificando que a problemática do trabalho consiste na caracterização do clima da cidade de Tangará da Serra, o emprego dos métodos descritos na seção anterior propiciou a definição do ano de 2009 como sendo o ano climático de referência; a análise das informações obtidas, bem como a confrontação com os resultados discutidos por Dallastra; et al (2019), com o intuito de verificar a existência de concordâncias e/ou discordâncias entre estes.

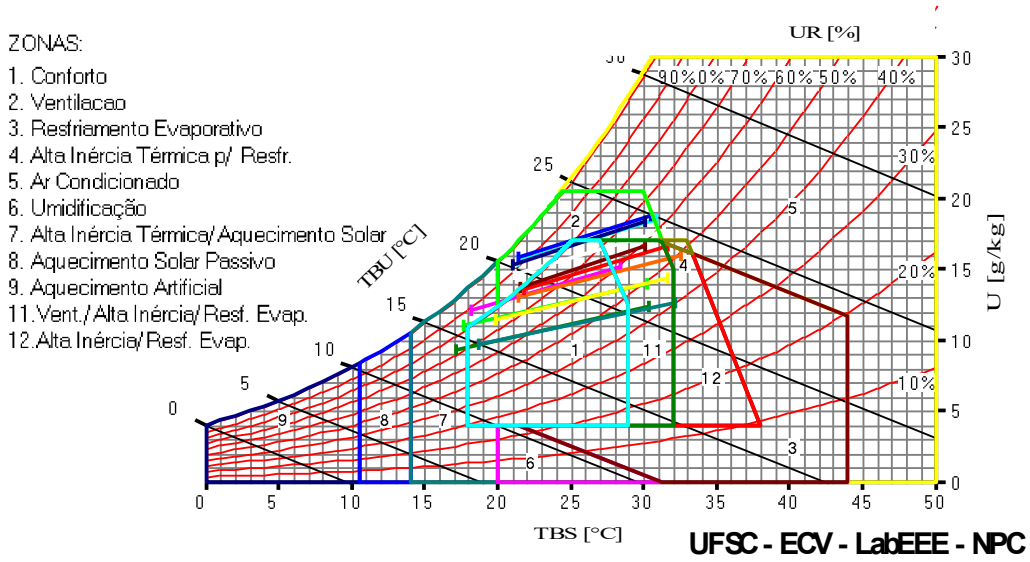
Tabela 3- Dados climáticos referentes ao ano de 2009.

	Temperatura média - TBS (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	U.R (%)	Pressão
Janeiro	25,25	31,47	21,13	75,78	960,00
Fevereiro	24,60	30,91	21,39	82,89	961,00
Março	24,45	30,45	21,45	84,69	961,00
Abril	24,92	30,09	21,01	80,39	962,00
Maio	23,36	28,48	18,23	71,86	964,00
Junho	23,98	30,19	17,73	63,48	965,00
Julho	23,92	30,37	17,11	55,36	965,00
Agosto	25,12	32,14	18,76	53,21	964,00
Setembro	25,06	31,64	19,83	61,33	963,00
Outubro	26,00	32,60	21,39	65,19	961,00
Novembro	25,56	31,61	21,85	69,66	960,00
Dezembro	24,60	30,07	21,53	73,81	960,00
Média anual	24,74	30,84	20,12	69,80	962,17

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Na Tabela 3 estão organizados os dados climáticos registrados no ano de 2009 que, inseridos no software Analysis Bio, acarretaram na geração da carta bioclimática do município (Figura 3).

Figura 3 – Carta psicrométrica, gerada a partir do TRY, para o município de Tangará da Serra, Mato Grosso.



Fonte: Elaborado no software Analysis Bio, adaptado pelos autores (2022).

A partir da Figura 3, observa-se que a carta psicrométrica dispõe de doze zonas bioclimáticas, as quais são enumeradas de maneira crescente; cada uma destas zonas, com exceção da Zona 1, que se trata da zona de conforto, exprimem as estratégias passivas e/ou artificiais a serem adotadas para que os pontos verificados fora da zona de conforto, passem a compor a mesma. Pode-se inferir, também, que a maior parte dos meses encontram-se inseridos na Zona 1 (Conforto); entretanto, o estudo individual do diagrama psicrométrico não esclarece, de forma efetiva, as estratégias a serem exercidas para o melhoramento das condições térmicas a que a edificação está ou estará sujeita. Assim sendo, o Analysis Bio gera, em conjunto ao mesmo, um relatório que indica, em porcentagem, o quantitativo de horas em que o mês se situa na zona de conforto, e da estratégia a qual deve ser utilizada para o reestabelecimento do conforto nos pontos verificados fora desta zona; a Tabela 4 expõe estes percentuais.

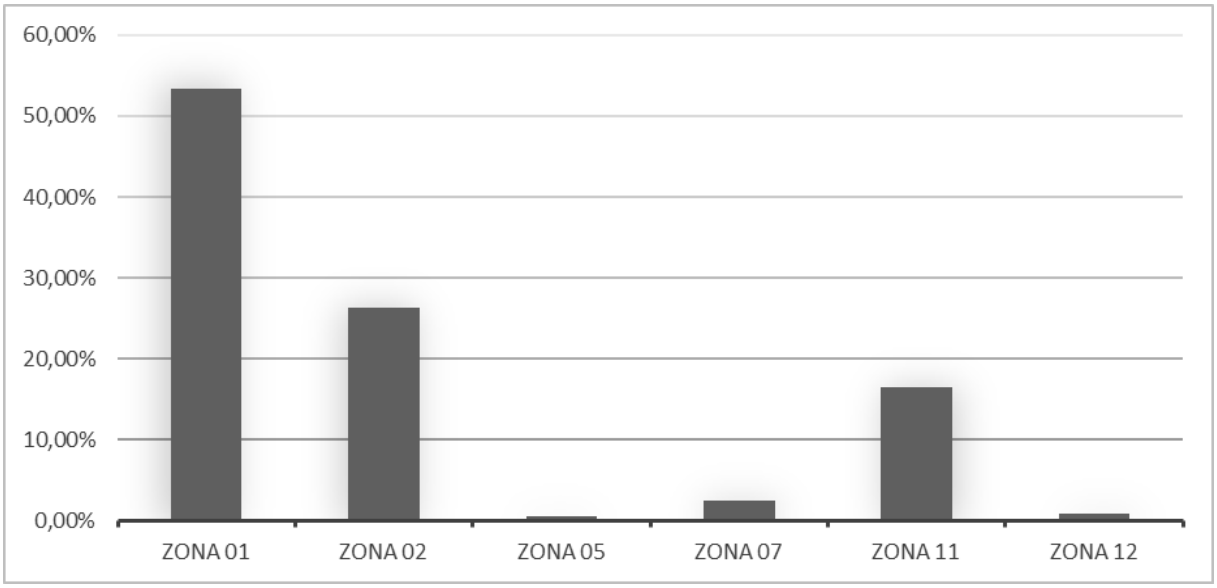
Tabela 4- Estratégias bioclimáticas para Tangará da Serra, Mato Grosso a partir dos TRY.

	ZONA 01	ZONA 02	ZONA 05	ZONA 07	ZONA 11	ZONA 12
JAN	36.25%	40.88%	3.79%		19.09%	
FEV	13.89%	84.33%	1.78%			
MAR	0.97%	99.03%				
ABR	15.02%	84.98%				
MAI	70.99%	6.18%		17.27%	5.57%	
JUN	81.33%			5.32%	13.36%	
JUL	82.96%			6.72%	10.33%	
AGO	76.53%				22.42%	1.05%
SET	73.63%				26.37%	
OUT	58.94%				33.26%	7.80%
NOV	60.06%				38.19%	1.76%
DEZ	69.70%	0.97%			29.33%	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Utilizando-se os dados apresentados na Tabela 4, e o método apresentado por Spinelli; et al (2017) pode-se estabelecer a porcentagem equivalente a cada zona em relação ao ano. Deste modo, as porcentagens de cada zona, de maneira isolada, foram somadas e divididas por 12, respectivamente. As soluções podem ser visualizadas no gráfico ilustrado na Figura 4.

Figura 4 – Gráfico com a porcentagem correspondente às estratégias bioclimáticas geradas a partir do ano climático de referência para Tangará da Serra/MT.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Destacando as zonas bioclimáticas em que o município se encontra, majoritariamente, ressalta-se a significância que as estratégias indicadas possuem. Assim, evidencia-se a importância para que essas sejam adotadas ainda na fase de concepção de um projeto arquitetônico. Deste modo, quanto a Zona 2, que corresponde a ventilação natural, e trata-se da principal estratégia identificada para a cidade; esta sugere que no ambiente interno haja o fornecimento de ar advindo do espaço externo, de forma que se descarte a necessidade do uso de um sistema mecânico para isto. Considerando seu processo de ocorrência, o vento pode ser provocado por diferenças no terreno ou ainda pela presença de corpos de água e terra, com isso a ventilação natural em quaisquer ambientes está diretamente relacionada a orientação da implantação do edifício no terreno; outros fatores que podem influenciar na intensidade e modo em que o vento acomete a edificação são a vegetação e as superfícies edificadas que a rodeiam, uma vez que implicam no ângulo de incidência do mesmo; isto posto, o uso de copas altas propiciará melhores condições para o acesso do vento à edificação. Pode-se considerar, também, para a ventilação de um ambiente construído, a diferença de temperatura existente entre seu interior e seu exterior, pois nesta circunstância haverá um deslocamento da massa de ar da zona de maior para a zona de menor pressão, para gerar este processo pode-se instalar duas aberturas em diferentes alturas para que se estabeleça uma circulação de ar da abertura inferior para a superior (LAMBERTS et al., 2014). Por conseguinte, acerca da Zona 11, referente a ventilação, somada a alta inércia térmica e ao resfriamento

evaporativo, infere-se que a alta inércia térmica de uma edificação pode ser compreendida como a característica que propicia à esta, a diminuição das amplitudes térmicas de sua área interna, em virtude da capacidade de armazenamento do calor, com isto, torna-se perceptível a diferença entre a máxima temperatura apresentada internamente e a notada no ambiente externo, ou seja, a utilização da inércia térmica em um ambiente construído corrobora para a redução dos picos de calor externos, além de delonga-los. O resfriamento evaporativo, por sua vez, fundamenta-se no processo de evaporação da água, absorvendo, por meio desta, o calor do ambiente ou do material sobre o qual ocorrer; neste, a velocidade da evaporação determina maior diminuição da temperatura, valendo salientar que seu objetivo também é aumentar a umidade relativa do ar. Para elevar a inércia térmica da edificação, recomenda-se o uso de elementos construtivos com elevada capacidade térmica, para que o calor incida no ambiente interno apenas no período noturno, quando há a necessidade de aquecimento. Quanto ao resfriamento evaporativo, há maneiras diretas de implementação, dentre estas, a utilização de vegetação e fontes de água para a ocorrência direta da evaporação deste recurso no ambiente; e indireta, como a execução de tanques de água sombreados sobre a laje de cobertura (ANDRADE, S.F; 1996).

Como exposto por Carlo (2005), o TRY pode ser compreendido como o método que melhor aproxima-se das normais climatológicas, assim, com o intuito de validar esta inferência, e de posse da Tabela 5, a qual expõe os dados do relatório obtido por meio das normais climatológicas, efetuou-se a comparação dos dados em questão.

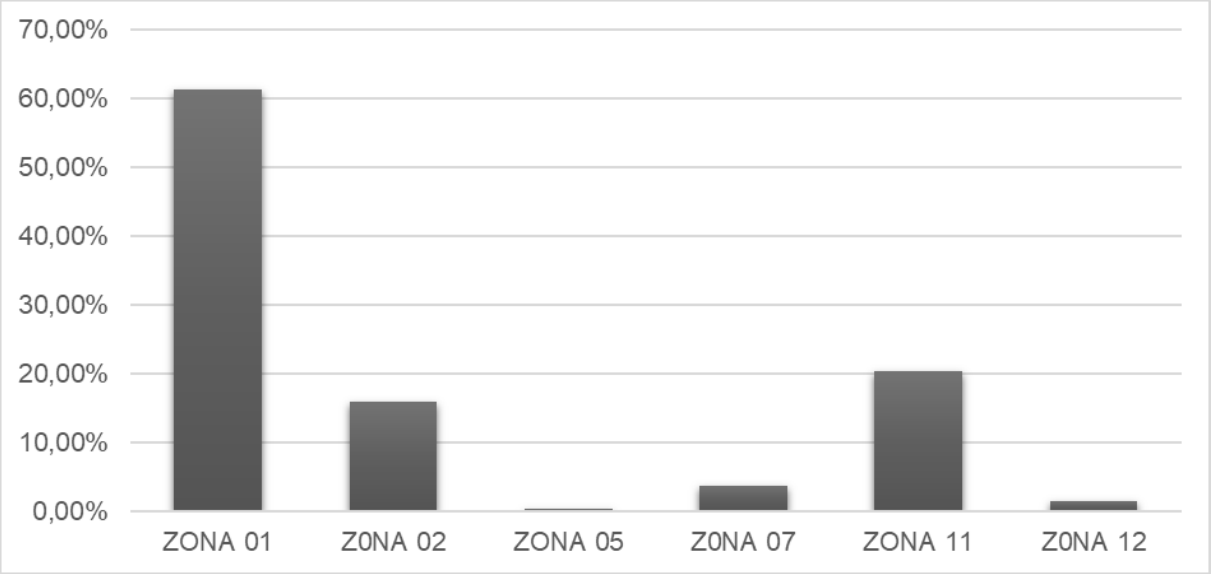
Tabela 5- Estratégias bioclimáticas para Tangará da Serra/MT a partir das normais climatológicas provisórias.

	ZONA 01	ZONA 02	ZONA 04	ZONA 07	ZONA 11	ZONA 12
JAN	47,64%	39,92%			12,46%	
FEV	45,25%	34,83%			19,92%	
MAR	49,95%	24,25%			28,83%	
ABR	48,94%	25,75%			25,80%	
MAI	98,06%	10,06%		20,01%	1,87%	
JUN	80,04%			9,23%	10,74%	
JUL	78,57%			14,29%	7,14%	
AGO	73,34%				20,00%	6,67%
SET	67,04%				25,27%	7,70%
OUT	48,53%	11,46%	3,08%		34,44%	2,51%
NOV	44,24%	27,47%			28,29%	
DEZ	54,76%	16,60%			28,64%	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para isto, realizou-se o mesmo procedimento efetuado para os dados provenientes do TRY, quanto a obtenção das porcentagens das zonas bioclimáticas em relação ao ano, para os advindos das normais climatológicas provisórias. A Figura 5 evidencia os resultados desta ação.

Figura 5 – Gráfico com a porcentagem correspondente às estratégias bioclimáticas geradas a partir das normais climatológicas provisórias para Tangará da Serra/MT.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O relatório das porcentagens correspondentes a cada estratégia bioclimática, planilhado e organizado em forma de gráfico (Figura 4), demonstrou similaridade aos resultados já identificados por Dallastra et al (2019) a partir das normais climatológicas provisórias. Neste, predomina a Zona 01, com 53,36% de ocorrência ao longo do ano, seguido, em ordem decrescente, das Zonas 02 (26,36%), 11 (16,49%), 07 (2,44%), 12 (0,88%) e 05 (0,46%). Estas compreendem as estratégias, respectivamente: Conforto térmico, ventilação natural, ventilação natural associada à alta inércia térmica e resfriamento evaporativo, alta inércia e aquecimento solar passivo, alta inércia associada ao resfriamento evaporativo e alta inércia térmica para resfriamento. Já para a carta bioclimática gerada a partir do ano de 2019, os resultados foram, conforme apresentados na Figura 5: 61,36% para Zona 01; Zona 02 com 15,86%; Zona 11 com 20,28%; Zona 07 com 3,63%; Zona 12 com 1,41% e; Zona 04 com 0,26%. Tais zonas correspondem, respectivamente, à: conforto térmico; ventilação natural; ventilação natural associada à inércia térmica e resfriamento evaporativo; alta inércia térmica e aquecimento solar passivo; alta inércia e resfriamento evaporativo e; condicionamento artificial do ar.

Conforme exposto e, comparando os resultados, verifica-se similaridade entre as cartas. Esta, feita a partir do ano climático de referência apontou, embora em pouca porcentagem, a estratégia de Ar Condicionado, a qual não é sugerida na anterior. Dallastra et al (2019) identificaram esta estratégia apenas na carta desenvolvida a partir dos valores máximos, onde a Zona 05 é sugerida com 6,86%, além da estratégia de resfriamento evaporativo (9,90%) a qual não foi proposta pelas demais cartas aqui analisadas.

3.2. Resultados da Análise Estatística

Nesta seção apresentam-se os resultados da análise estatística. O desvio padrão foi aplicado aos dados disponíveis na Tabela 1, onde são apresentados os valores de temperatura de bulbo seco ao longo dos anos de 2005 a 2014. A tabela 6 apresenta os valores calculados.

Tabela 6- Resultados do desvio padrão.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Desvio Padrão	0,86	1,35	1,48	1,47	0,74	1,40	1,03	1,37	0,98	1,47

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

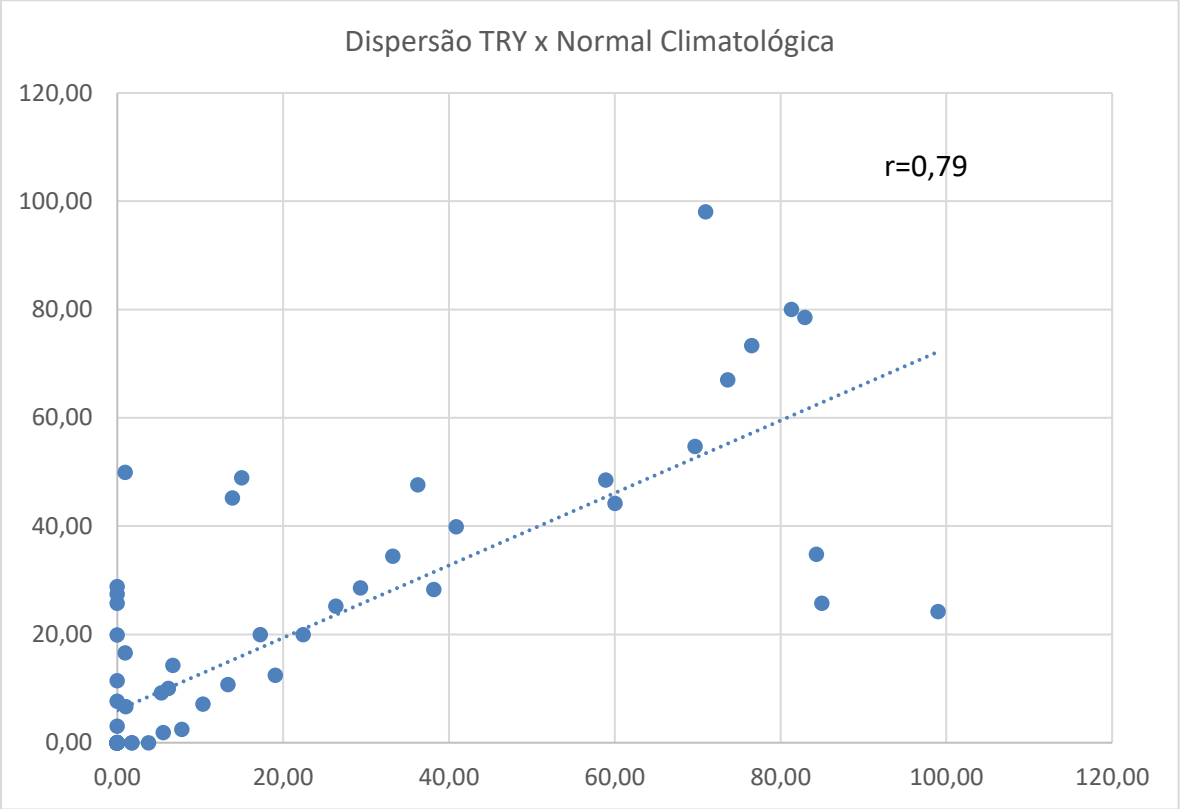
Conforme Tabela 6, o ano de 2009 apresenta o menor valor de desvio padrão, sendo 0,74. Desta forma, pode-se comprovar e validar os resultados apresentados anteriormente que definiram o ano de 2009 como sendo o ano de referência. Assim o ano de 2009, é o ano com menor variabilidade de temperatura de acordo com a análise estatística.

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para medir a correlação entre os resultados do método TRY e do método das normais climatológicas. Inicialmente foi feita uma avaliação com todos os dados gerados pelos métodos, que são apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Desta forma comparando os dados das tabelas 4 e 5, o coeficiente de correção de Pearson deu como resultado o valor de 0,79. Ou, 79% de correlação entre os dados analisados. Isto significa que existe uma relação linear forte entre os resultados obtidos pelos métodos TRY e normais climatológicas.

A Figura 6 ilustra o diagrama de dispersão gerado a partir da comparação entre os resultados obtidos pelo método TRY (Tabela 4) e os resultados obtidos pelo método das normais climatológicas (Tabela 5).

Figura 6 – Diagrama de Dispersão.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

E conforme pode ser observado a correlação é linear, com 79% dos dados incidindo, ou muito próximo da reta de tendência linear. Isto só comprova que os resultados obtidos pelos dois métodos são relacionados e validam a discussão deste artigo. Neste sentido, pode-se dizer que os resultados obtidos pelo método TRY são muito próximos, ou similares aos obtidos pelo método das normais climatológicas.

Adicionalmente, visando investigar melhor os dados, foi feita uma análise de correlação mês a mês, entre as duas estratégias bioclimáticas. Assim comparou-se os dados das tabelas 4 e 5, mês a mês. Os resultados desta comparação são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Resultados da análise de correlação mês a mês.

Correlação de Pearson	
JAN	0,97
FEV	0,57
MAR	0,18
ABR	0,36
MAI	0,997
JUN	0,998
JUL	0,99
AGO	0,996
SET	0,99
OUT	0,96
NOV	0,83
DEZ	0,96

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme os dados apresentados na Tabela 7, os resultados do método TRY para os meses de março e abril possuem correlação fraca em relação aos obtidos pelo método das normais climatológicas. No entanto, a partir do coeficiente de correlação de Pearson, pode-se validar estes resultados e comprovar que as estratégias bioclimáticas obtidas para os meses de março e abril são diferentes entre os dois métodos.

Adicionalmente, vale destacar que por estes dois meses apresentarem valores de correlação mais próximos de zero, os mesmos contribuem para que a correlação geral, isto é, a correlação de todos os dados, tenha dado o valor de 79%. E também podemos assumir que os valores mais dispersos apresentados do diagrama de dispersão, são referentes aos meses de março e abril.

Conforme observa-se nas tabelas 4 e 5, para as zonas 04, 07, 11 e 12, os valores obtidos pelo método TRY e pelas normais climatológicas são praticamente todos nulos, ou seja, não há indicação de evidências correlacionais em ambos os métodos.

Assim visando fazer uma análise mais detalhada para encontrar uma justificativa para tais resultados, emprega-se o coeficiente de determinação (r^2). Então para a correlação total, o coeficiente de determinação é de 62%. Isto indica que para os 79% de correlação entre os resultados obtidos pelo método TRY e normais climatológicas, 62% da relação é explicada pela variação entre os resultados das duas cartas, e 38% não pode ser identificado, ou podem ser referentes a outros fatores que não fazem parte da relação destas variáveis.

Na tabela 8, apresenta-se o coeficiente de determinação calculado para todos os meses de 2009, utilizando os valores de correlação apresentados na tabela 7.

Tabela 8- Resultados da análise do coeficiente de determinação mês a mês.

	Coeficiente de determinação
JAN	0,93
FEV	0,32
MAR	0,03
ABR	0,13
MAI	0,99
JUN	1,00
JUL	0,99
AGO	0,99
SET	0,99
OUT	0,93
NOV	0,68
DEZ	0,92

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme observa-se para os meses de março e abril, meses que possuem baixa correlação, o coeficiente de determinação é de 0,03 e 0,13 respectivamente. Estes valores podem ser interpretados como nulos, ou seja, a baixa correlação entre os resultados apresentados pelos métodos TRY e normais climatológicas não é explicada pela relação entre as duas cartas. Isto é, são determinados por outros fatores, ou pode-se subentender que não há correlação nestes meses, e estes resultados não contribuem para explicar a correlação total entre os dois métodos de análise climatológica. Indicando que para estes meses, uma carta apresenta um tipo de resultado, e a outra carta apresenta outro tipo de resultado.

No entanto, analisando os dados percebe-se que a principal variação para o método TRY está na zona referente a ventilação natural. E para o método das normais climatológicas existe valores associados a conforto térmico, ventilação natural e a alta inércia e resfriamento evaporativo. Indicando uma grande diferença de resultados para estes meses.

Por fim, destaca-se que a análise estatística, através do coeficiente de correlação de Pearson, validou matematicamente os resultados obtidos pelo método TRY, quando comparados com os resultados obtidos pelo método das normais climatológicas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento da presente pesquisa foram abordados conceitos acerca da bioclimatologia e das variáveis climatológicas necessárias para definição do ano climático de referência e das normais climatológicas provisórias, da mesma maneira que fora evidenciada a aplicabilidade destes na elaboração de projetos arquitetônicos fundamentados na sustentabilidade, propiciando a análise das características climáticas do município de Tangará da Serra, Mato Grosso, sob duas perspectivas metodológicas. Conforme o método normatizado pela ASHRAE, pode-se concluir que, o ano de 2009 traduz as características climáticas local, sendo definido como o ano climático referência para Tangará da Serra, por apresentar menor ocorrência de temperaturas extremas. Além disto, as estratégias bioclimáticas correspondente a este ano indicam que o clima local do objeto de estudo é considerado confortável em boa parte do ano, além de demonstrar que a ventilação natural e a alta inércia térmica (tanto para resfriamento quanto para aquecimento) são as estratégias fundamentais para a promoção de conforto no ambiente construído no município. As cartas bioclimáticas geradas em conjunto a seus, respectivos relatórios, com a utilização do software Analysis Bio possibilitou a interpretação da série de dados registrados pelas estações meteorológicas do INMET e do CETEGEO-SR correspondentes a este ano.

Assim, ao atestar que as principais estratégias bioclimáticas apontadas pelo TRY, são as mesmas propostas por meio das normais climatológicas provisórias, a carta bioclimática gerada a partir do TRY ratifica a anterior.

Por fim, ressalta-se que a análise estatística validou e comprovou os resultados, onde o desvio padrão identificou o ano de 2009 como sendo o ano com menor variabilidade de temperatura, isto é, o ano de referência. E a partir do coeficiente de correlação de Pearson, pode-se atestar que os resultados das estratégias bioclimáticas obtidos pelo TRY são correlacionados com as estratégicas obtidas pelas normais climatológicas. E a correlação é forte, apresentado um valor de 79%.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S.F. **Estudo de estratégias bioclimáticas no clima de Florianópolis.** Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, SC.

ASHRAE, (1993). Weather Data and Design Conditions. In: ASHRAE **Handbook - Fundamentals, New York, cap. 24**, 1993.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 5° Ed. Editora da UFSC, 2002.

CARLO, J. C. **Processamento de aquivos climáticos para simulação do desempenho energético de edificações**. Florianópolis: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 28 de fevereiro de 2005.

CASTANHEIRA, N. **Estatística aplicada a todos os níveis**. 2. Ed. Curitiba: Ibpex, 2005.

DALLACORT, R, et al. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringá, v. 33, n2, p. 193-200, 2011. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/asagr/v33n2/01.pdf >, acesso em janeiro de 2019.

DALLASTRA, M. et al. BIOCLIMATIC STRATEGIES FOR THE CITY OF TANGARÁ DA SERRA / MT - BRAZIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, p. 399–423, Vol. 25, jul/dez 2019.

DOE. United States Department of Energy. Weather data. Disponível em: http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata_about.cfm, 2015.

GIVONI, Baruch. **Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines**. Energy and Buildings, 1992.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção; UFSC, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento. **Normais Climatológicas do Brasil**. Diposnível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas >, acesso em setembro de 2022.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** ELETROBRAS/ PROCEL. Rio de Janeiro. 2014.

LARSON, R. **Estatística Aplicada**. 4. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2010.

LIBOS, P. R. R.: **Estudo das condições térmicas e lumínicas em três habitações unifamiliares no Conjunto Habitacional Grande Morada da Serra – Cuiabá - MT**. 2007. 139 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; SABIO-ORTEGA, A.; GARCÍA-CRUZ, A. **Review of bioclimatic architecture strategies for achieving termal comfort. Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Elsevier, v. 49, p. 736-755. 2015. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115003652?via%3Dihub >, acesso em abril de 2019.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5°. Ed. LTC, 2012.

OLGYAY, V. **Design with Climate. Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism**. 1963. 4th ed. Princeton, New Jersey. U. S. A.: Princeton University Press.

PEÑA, C. C.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D. Comparação entre necessidade e disponibilidade de vento e radiação solar para fins de análise bioclimática de edificações em Florianópolis. **Ambiente Construído**, p. 87–101, 12 fev. 2008.

SOUSA, P.; NERY, J. T. Análise da variabilidade annual e interannual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná**. Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 6, p. 1707-1713, 2002.

SPINELLI, Rodrigo; KONRAD, Odorico; CAMBEIRO, F.Patiño; AHLERT, Edson; SPINELLI, Fabiana; QUADROS, Eric Augusto. Bioclimatic strategies for the city of Lajeado/RS-Brazil, using data analysis of regional climate. **Revista Brasileira de Climatologia**. Curitiba, ano 13, v. 21, p. 153-171, jul/dez. 2017, ISSN 2237-8642. Disponível em < http://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50554 >, acesso em novembro de 2018.