

AMPLITUDE TÉRMICA E MAGNITUDE DAS ILHAS DE CALOR EM TEFÉ-AM, BRASIL

Thermal amplitude and magnitude of Heat Islands in Tefé-Amazonas, Brazil

Jennifer da Silva Guimarães Lopes*
Natacha Cíntia Regina Aleixo**
João Cândido André da Silva Neto***

***Universidade do Estado do Amazonas - UEA / Tefé, Amazonas**
jennifer.coruja@gmail.com

****Universidade Federal do Amazonas - UFAM / Manaus, Amazonas**
natachaaleixo@yahoo.com.br

*****Universidade Federal do Amazonas - UFAM / Manaus, Amazonas**
joakandido@yahoo.com.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar as diferenças da temperatura do ar em pontos da cidade de Tefé, com vistas a identificar a magnitude das ilhas de calor. Foram utilizados os dados de temperatura do ar, das estações meteorológicas instaladas em diferentes áreas da cidade, uma delas no Centro de Estudos Superiores de Tefé (CEST-UEA) representativa da área urbana densamente construída e outra na 16ª Brigada de Infantaria de Selva (Comando Militar da Amazônia) área considerada o entorno da malha urbana. Foram analisados os dados de temperatura do ar referentes a dois períodos do ano, julho e agosto de 2015 e janeiro e fevereiro de 2016. Esses dados foram tratados por meio de técnicas estatísticas descritivas. Os resultados demonstraram que as maiores temperaturas médias mensais ocorreram na estação meteorológica do CEST/UEA, porém, sob influência de condições sinóticas estáveis, a amplitude térmica horária entre as estações foi superior a 6°C. Conclui-se que mesmo em cidades de médio porte como Tefé, rodeada por Floresta Equatorial, as modificações na natureza em decorrência da expansão da malha urbana, influenciam no balanço de energia na cidade. Deste modo, pesquisas como esta podem contribuir para o melhor entendimento do comportamento climático local, auxiliando na busca por ações e políticas públicas para melhorar a qualidade ambiental nas cidades interioranas da Amazônia Brasileira.

Palavras-chave: Temperatura do ar. Clima urbano. Tefé.

ABSTRACT

The goal of this survey was to verify air temperature fluctuations in different areas of the city of Tefé - AM (Brazil) to quantify heat island magnitudes. Air temperature data were gathered from weather stations at different sites within the city. One of them is located in the Center for Higher Education Studies in Tefé (CEST-UEA), representing high-density urban areas, and another at the 16th Jungle Infantry Brigade (Military Command of Amazon Rainforest), which is considered urban outskirts. Air temperature data were analyzed for two periods: between July and August 2015, and from January to February 2016. These data were treated using descriptive statistical techniques. The highest average monthly temperatures were recorded at CEST/UEA station due to stable synoptic conditions, the hourly thermal difference between the two stations that was higher than 6°C. Therefore, even in medium-sized cities such as Tefé, which is surrounded by Equatorial Forest, deforestation due to urban sprawl may disturb the energy balance within the city area. Thus, studies like this could assist in understanding climate changes locally; and since then, public actions and policies to improve environmental quality can be taken in the inner cities of the Brazilian Amazon region.

Keywords: Air temperature. Urban climate. Tefé.

1 INTRODUÇÃO

Diferentes estudos realizados desde a década de 1970 no Brasil têm demonstrado as modificações do campo térmico, hídrico e da qualidade do ar nas cidades do país. Com enfoque preliminar nas áreas metropolitanas e posteriormente nas cidades de porte médio e pequeno.

O modo de vida urbano faz com que ocorra a alteração do balanço de energia entre a atmosfera e a superfície terrestre, bem como modifica o balanço hidrológico. Essa alteração ocasiona a modificação do ritmo habitual dos elementos climáticos.

As pesquisas de clima urbano na ciência geográfica brasileira tiveram impulso com a obra Teoria e Clima Urbano de Monteiro (1976), que considerou o clima urbano como um sistema aberto, que envolve e transforma, de maneira complexa e adaptativa os fluxos de matéria e energia.

No Brasil, a partir da década de 1960, o acelerado crescimento urbano, juntamente com a explosão demográfica, o aumento do fluxo de pessoas, mercadorias e o aumento do consumo, trouxe aos habitantes das cidades uma série de impactos devido à produção desigual do espaço, sem medidas de planejamento que abarcassem a totalidade socioambiental em suas múltiplas facetas. Com isso, o impacto na qualidade de vida das pessoas foi evidente e os trabalhos na escala mesoclimática e topoclimática, necessários.

O espaço urbano é um reflexo tanto de ações que se realizam no presente como também daquelas pretéritas e que deixaram suas marcas impressas nas formas espaciais do presente (CORREA, 1989). As modificações no espaço urbano, podem ocorrer pela ação direta dos processos naturais ou humanos. As atividades dos agentes sociais acarretam a expansão territorial urbana e à produção do espaço.

Estas modificações podem alterar o clima local, regional e até mesmo global. O clima urbano é uma combinação complexa entre a dinâmica atmosférica e a produção do espaço urbano. É uma construção social geradora de novas territorialidades (SANT'ANNA NETO, 2011).

Para se detectar a geração do clima urbano na perspectiva do subsistema termodinâmico, uma primeira análise pode ser realizada a partir da comparação da temperatura urbana com a do campo circundante. Entretanto, a cidade não é um todo homogêneo e possui especificidades intraurbanas, seja do ponto de vista dos fatores físicos, mas especialmente das diferenças existentes nas características do uso e da ocupação do solo no interior da cidade. (AMORIM, 2010, p.72).

As ilhas de calor influenciam no conforto térmico dos cidadãos que por consequência, afetam a saúde, por favorecer a poluição do ar, que faz com que ocorram problemas relacionados ao calor, como a desidratação, irritabilidade, desconcentração, câibras, desmaios, exaustão pelo calor e outras doenças relacionados à qualidade do ar.

Esses problemas não afetam igualmente os indivíduos, pois, a situação econômica e social pode agir como fator atenuante ou não, porém, existem grupos de riscos como os idosos, as crianças, as mulheres grávidas, os cardíacos e os asmáticos que por complicações do estado de saúde podem chegar à morbidade hospitalar e a óbito.

Neste contexto, as pesquisas de clima local podem auxiliar pela análise das principais áreas que necessitam de intervenção para melhoria da qualidade ambiental e conforto térmico dos habitantes, subsidiando políticas públicas para produção do espaço de maneira mais adequada e igualitária.

Em diversas cidades brasileiras, o clima urbano e arborização urbana não foram levados em consideração de maneira adequada no processo de planejamento e produção dos espaços urbanos (AMORIM, 2013; FIALHO, 2012).

Nas cidades da Amazônia Legal, o crescimento urbano fez com que os espaços se modificassem, transformando os ambientes naturais em espaços construídos. Desta forma,

influenciando o balanço de energia nas cidades de grande, pequeno e médio porte e potencializando alterações na escala climática local e regional.

Da mesma forma, isso se repete nas cidades interioranas, em é possível verificar que os impactos ocasionados pelo clima urbano são percebidos pela população, influenciando no conforto/desconforto térmico, na maior utilização de climatizadores artificiais, na mudança do comportamento de consumo e em problemas de saúde pública.

Uma característica da Amazônia Brasileira é a dificuldade da realização de estudos sobre climas urbanos nas cidades interioranas, pela escassez de estações meteorológicas instaladas nos municípios e amplas distâncias dos recortes territoriais.

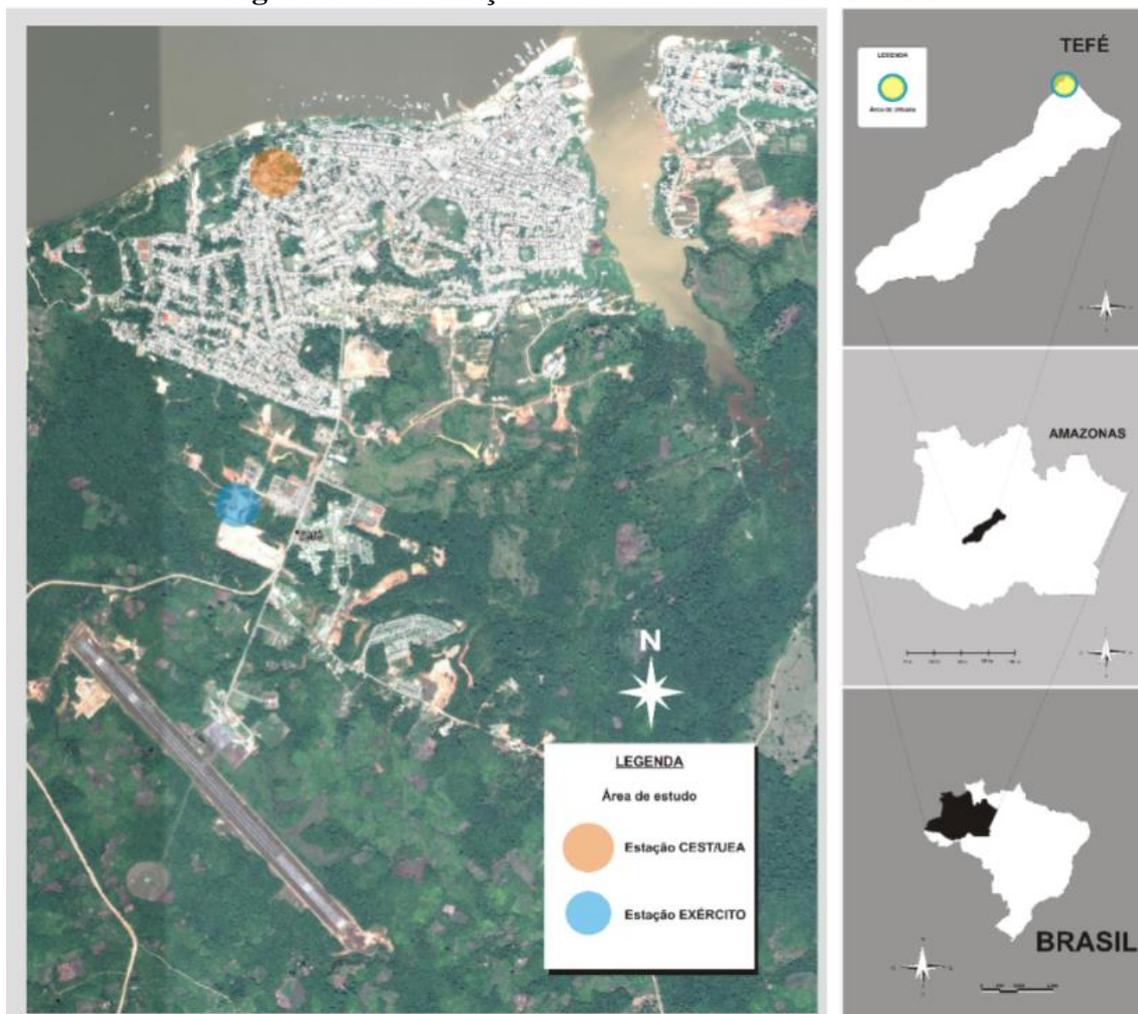
Particularmente em Tefé, no estado do Amazonas, estudos desta natureza são escassos, deste modo, essa pesquisa pode contribuir para o melhor entendimento do comportamento climático local.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a amplitude térmica e a magnitude das ilhas de calor na cidade de Tefé no estado do Amazonas como subsídio ao entendimento do clima urbano em área interiorana da Amazônia.

2 RECORTE ESPACIAL DO ESTUDO

O município de Tefé localiza-se na região do Médio Solimões no estado do Amazonas, conforme figura 1, possui área territorial de 23.692,223 km² e 61.453 habitantes, segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Figura 1 – Localização da área de estudo em Tefé-AM



Fonte: Autores (2016).

Rodrigues (2011) caracterizou Tefé como uma “cidade de responsabilidade territorial”, por ter uma função de entreposto comercial, essa característica se dá, pela proximidade com outras cidades menores e por possuir estruturas como: aeroporto, agências bancárias e outras instituições. “A presença desses e outros equipamentos urbanos e a articulação deles, fortalecem a caracterização de “cidade média”, sendo percebida sua centralidade na região do Médio Solimões” (RODRIGUES, 2011, p. 127).

A malha urbana de Tefé tem se expandido principalmente por sua localização no Médio Solimões, um importante “nó” na rede e sua característica comercial. “A ocupação da zona urbana, desde 1940, vem crescendo consideravelmente, sem planejamento urbano adequado, sem abertura legal de bairros e implantação de infraestrutura física e social” (PORTO, 2011, p. 25). Outra característica que fez a cidade se expandir foi à instalação de bases oficiais do Exército, Marinha e Aeronáutica subordinadas ao Comando Militar da Amazônia, o que aumentou o fluxo de pessoas e a expansão territorial urbana.

Na década de 1980, observou-se um crescimento significativo da população total do município de Tefé. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 1940 a população de Tefé era de 15.657, na década de 1980 a população de Tefé foi de 53.570 habitantes e no ano de 2010 foi de 61.453 habitantes. Na década de 1980 a população urbana ultrapassou a rural no município.

A produção do espaço urbano sem o planejamento adequado das infraestruturas e equipamentos, integradas aos condicionantes físico-naturais, fazem com que a cidade de Tefé, seja um “locus” evidente de problemas socioambientais, dentre eles a geração do clima urbano e seus *feedbacks* complexos.

O clima de Tefé é classificado como equatorial favorecido pela intensa insolação durante todo ano e chuvas abundantes. Pertencente ao domínio quente e bastante úmido em todos os meses do ano. A sazonalidade climática é definida pela alternância dos períodos com maiores e menores totais pluviais, denominados popularmente de cheia e seca (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Conforme a normal climatológica (1961-1990), o município de Tefé apresenta o período com maiores totais pluviais entre os meses de janeiro a maio e o período de diminuição das chuvas entre julho e setembro (INMET, 2010).

O clima do município de Tefé apresenta pouca amplitude térmica. Por localizar-se próxima à faixa equatorial, recebe durante todo ano alta quantidade de energia solar, que se reflete em temperaturas elevadas independentemente das estações do ano, com exceção dos dias com a presença de friagens e com considerável nebulosidade (ALEIXO e SILVA NETO, 2015).

Segundo Aleixo e Silva Neto (2014), os valores anuais de temperatura média máxima e mínima mensais de Tefé dos últimos vinte anos (1993-2012) apresentaram tendência de aumento desde o ano 2000. No período de 1993-2002, a temperatura média máxima anual foi de 32,6 °C e aumentou para 33 °C no período de 2003-2012.

A temperatura mínima média também apresentou tendência de aumento, no período de 1993-2003, foi de 22,3 °C e aumentou para 23,1 °C no período de 2003-2012. O aumento de temperatura na cidade pode estar relacionado às mudanças do uso e ocupação do solo ao redor da estação meteorológica que “possui no entorno maior impermeabilização do solo com as construções de vilas de moradias militares, fato que altera o balanço de energia da superfície-atmosfera” (ALEIXO e SILVA NETO, 2014, p.8).

Dessa maneira, é importante compreender como os diferentes espaços na área intraurbana e do entorno da cidade têm demonstrado alteração no balanço de radiação entre a superfície-atmosfera em decorrência do uso do solo, uma vez que as alterações no uso do solo podem ter reflexos diretos no microclima, como por exemplo no aumento de temperatura do ar.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O referencial teórico baseou-se no sistema clima urbano de Monteiro (1976) com enfoque no subsistema termodinâmico que relaciona as mudanças na produção e uso do solo urbano com os fluxos de energia, que modificam o albedo, compondo a atmosfera urbana.

Além disso, foram coletados dados de temperatura do ar dos meses característicos da sazonalidade climática na área, julho e agosto de 2015, representativos da época seca e janeiro e fevereiro de 2016, representativos da época chuvosa em Tefé. Os dados analisados foram oriundos de duas estações meteorológicas da marca DRIA, obtidas com recurso do Projeto Universal (485971/2013-5) do CNPq e instaladas em diferentes áreas da cidade.

Nesse trabalho, optou-se por classificar a área instalada da estação meteorológica do CEST/UEA como representativa da área densamente construída da cidade, enquanto a estação meteorológica instalada em área militar (16ª Brigada de Infantaria de Selva/Exército do Brasil) como entorno imediato, por ter características diferentes do uso do solo. Para a comparação entre as características das áreas analisadas, além da ida a campo, utilizou-se imagens e ferramentas do site Google, traçando um perímetro de 619 m² (Figura 2).

Figura 2 – Localização das estações meteorológicas em Tefé



Fonte: Autores (2016).

Por analisar duas áreas com características distintas, nesta pesquisa nomeou-se como “urbano” e “entorno imediato”, pois, a área do CEST/UEA é claramente parte do urbano, pois é densamente construída, enquanto a segunda estação está instalada dentro do perímetro urbano, entretanto, com a localização mais próxima a floresta e poucas alterações na sua morfologia original.

A tabela 1 quantifica as áreas analisadas demonstrando as diferenças entre elas e levando em consideração características como: vegetação, edificações e a presença de corpos d’água.

Além disso, podem-se observar na figura 3, os aspectos geoambientais nas proximidades das áreas analisadas.

Os dados de temperatura do ar das duas estações meteorológicas foram analisados com técnicas estatísticas clássicas como: média, amplitude, valor máximo e mínimo.

Baseou-se em Fernandez Garcia (1996), no intuito de classificar a intensidade da ilha de calor: fraca magnitude, quando as diferenças entre os pontos oscilam entre 0°C e 2°C, média

magnitude entre 2°C e 4°C, forte entre 4°C e 6°C e muito forte quando as diferenças forem superiores a 6°C.

Tabela 1 – Características das áreas das estações meteorológicas

Característica	Área construída (CEST/UEA)	Entorno (16ª Brigada)
<i>Vegetação</i>	Aproximadamente 25% de presença de vegetação de Pequeno Porte (2 a 3 metros), na frente ou fundos nas áreas internas dos lotes.	90% de vegetação de médio a grande porte (3 a 6 metros) na área externa.
<i>Edificações e pavimentação</i>	75% modificado com presença de ruas e edificações.	25% modificado, com edificações.
<i>Corpos d'água</i>	Presença à aproximadamente 228.86 metros em linha reta	Presença à aproximadamente 170.52 metros em linha reta

Fonte: Autores (2016).

Figura 3 – Vista parcial ao redor das estações. Estação Meteorológica da 16ª Brigada (Entorno) e CEST/UEA (Urbana)



Fonte: Autores (2016).

Para melhor compreensão dos resultados, foram elaborados gráficos de análise rítmica dos meses estudados com dados de órgãos oficiais como o INMET e CPTEC/INPE, com o objetivo de verificar quais foram os tipos de tempo atuantes durante o período analisado.

4 ADENTRANDO EM TEFÉ-AM PARA TOMAR-LHE A TEMPERATURA

Para entendermos o clima local, é preciso observar o comportamento dos elementos climáticos e relacioná-los as características da cidade, mais especificamente das áreas onde as estações estão instaladas. Nos gráficos e quadros, nomeados como CEST/UEA são representativos do espaço construído (urbano), o que chamamos de “Brigada”, são dados da estação meteorológica instalada na área da 16ª Brigada de infantaria de selva que representam o entorno imediato da área construída da cidade, esse espaço adjacente possui menores modificações, e características mais semelhantes ao espaço rural.

De acordo com o quadro 1, o menor valor da temperatura mínima ao longo dos meses analisados ocorreu na estação do Entorno e o maior valor das temperaturas máximas nos meses analisados ocorreu na estação do CEST/UEA.

No mês de julho a temperatura mínima mensal no entorno foi de 21,7°C e no urbano 22,5°C. A temperatura máxima em julho foi de 32°C no entorno e 38,9°C no urbano. No mês de agosto a temperatura mínima mensal no entorno foi de 22,5°C e no urbano 23,6°C. A temperatura máxima em agosto foi de 38,3°C no entorno e 39,4°C no urbano.

No mês de janeiro a temperatura mínima mensal no entorno foi de 23,2°C e no urbano 23,9°C. A temperatura máxima em janeiro foi de 37,2°C no entorno e 38,7°C no urbano. No mês de fevereiro a temperatura mínima mensal no entorno foi de 23,3°C e no urbano 23,5°C. A temperatura máxima em fevereiro foi de 37,6°C no entorno e 37,8°C no urbano. Ressalta-se que em fevereiro ocorreu na maior parte do mês dias chuvosos que homogeneizaram as diferenças de temperatura do ar nas áreas em decorrência da alta nebulosidade e maior radiação difusa.

Quadro 1 – Temperatura mínima e máxima mensal no entorno e urbano

Temperatura do ar Mínima e Máxima Mensal	Entorno (16º Brigada)	Urbano (CEST/UEA)
Temperatura Mínima (julho)	21,7°C	22,5°C
Temperatura Mínima (agosto)	22,5°C	23,6°C
Temperatura Mínima (janeiro)	23,2°C	23,9°C
Temperatura Mínima (fevereiro)	23,3°C	23,5°C
Temperatura Máxima (julho)	37,2°C	38,9°C
Temperatura Máxima (agosto)	38,3°C	39,4°C
Temperatura Máxima (janeiro)	37,2°C	38,7°C
Temperatura Máxima (fevereiro)	37,6°C	37,8°C

Fonte: Autores (2016).

Com relação a temperatura média, no mês de julho de 2015, o CEST/UEA apresentou 28,93°C, no mês de agosto de 2015 o valor foi 30,56°C. Em janeiro de 2016 o valor de 29,13°C e fevereiro do mesmo ano 28,44°C.

A estação localizada no Entorno (16º Brigada de Infantaria de Selva) apresentou temperatura média de 27,7°C em julho, no mês de agosto de 2015 o valor foi 29°C, em janeiro 2016 foi de 28,2°C, e em fevereiro do mesmo ano 27,9°C. Em todos os meses coletados a temperatura média foi superior no CEST/UEA, com maior amplitude em julho (0,34°C) e agosto de 2015 (1,51°C), esses meses fazem parte do período menos chuvoso na região Norte do Brasil.

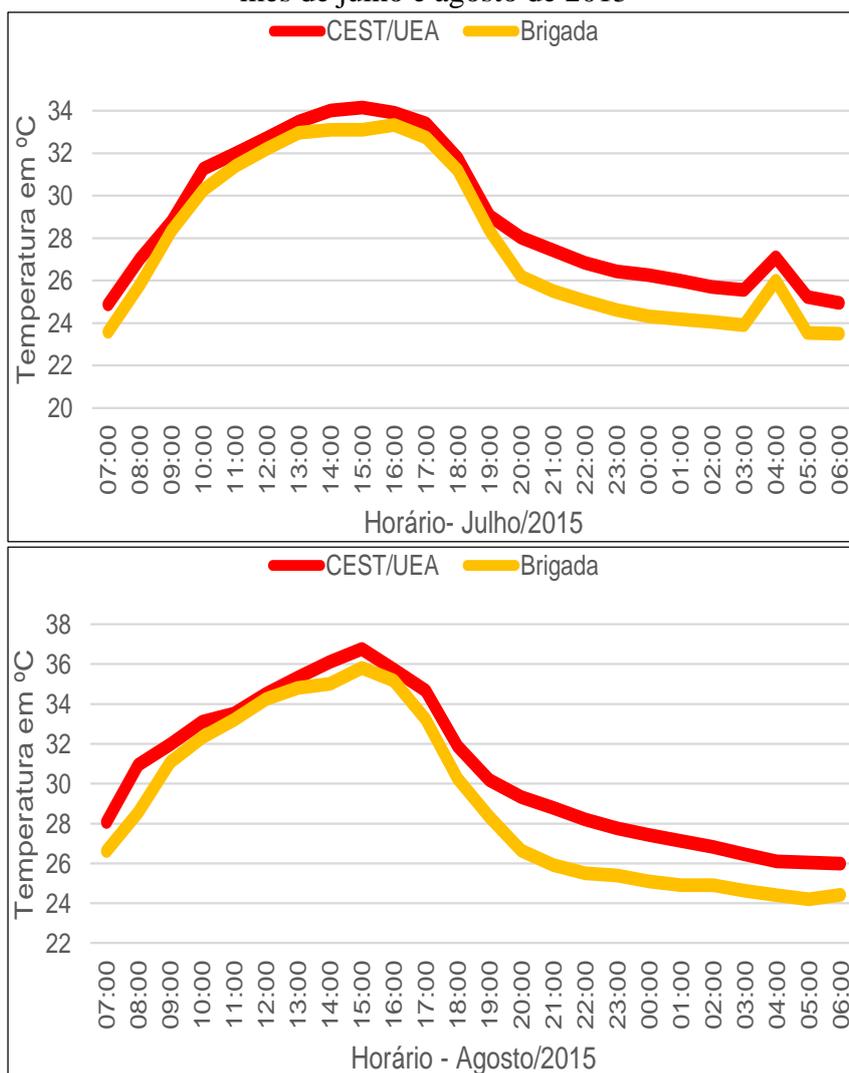
As variações da temperatura do ar entre as áreas ocorreram no período noturno e diurno.

Segundo Ayoade (1996), durante o dia outros fatores podem influenciar na amplitude diurna da temperatura de determinada superfície e incluem a velocidade do vento e capacidade condutiva, essa amplitude é mais elevada na superfície da Terra e diminui rapidamente com a altitude acima do solo, outra característica é que o índice de variação térmica é bastante pequeno no início da manhã e torna-se acentuado no início da tarde, como resultado do aquecimento solar.

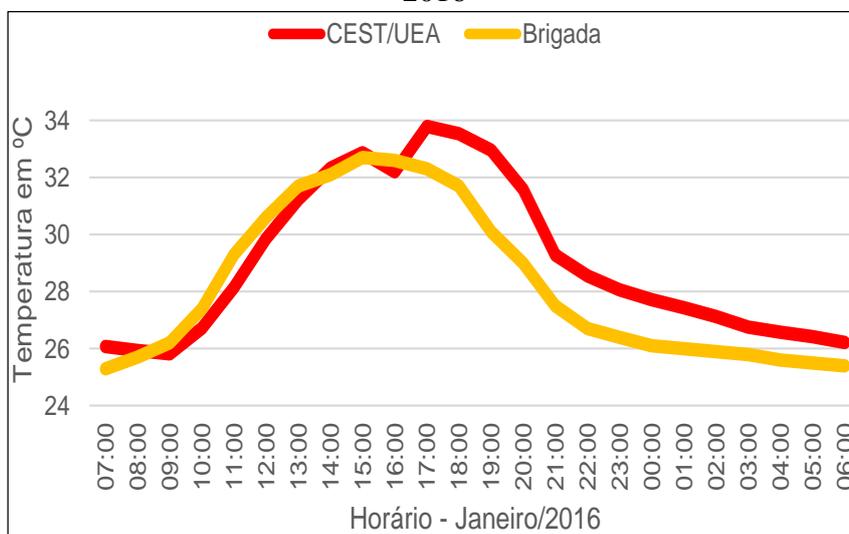
Podemos verificar o comportamento do aquecimento e resfriamento diário nos meses de julho e agosto de 2015 e janeiro e fevereiro de 2016, conforme os gráficos 1, 2, 3 e 4. O aquecimento se intensifica a partir de 7h00min da manhã, no período menos chuvoso da nossa região.

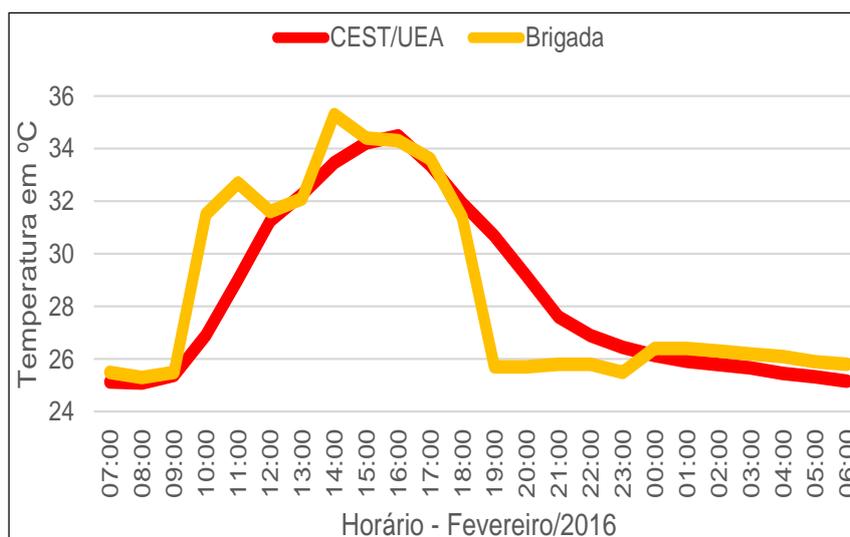
Nos meses de julho e agosto o CEST/UEA apresentou o maior aquecimento e o resfriamento mais lento, nos meses de janeiro e fevereiro de 2016, o maior aquecimento foi na estação da 16º Brigada, porém, o resfriamento também foi mais rápido.

No mês de fevereiro observamos uma oscilação no aquecimento e resfriamento diário na estação da Brigada, que poderá ser compreendido, por uma análise nos sistemas atmosféricos atuantes durante nesse mês.

Gráficos 1 e 2 – Temperatura média horária nas estações do CEST/UEA e Brigada (entorno) no mês de julho e agosto de 2015

Fonte: Autores (2016).

Gráficos 3 e 4 – Temperatura média horária da UEA e Brigada no mês de janeiro e fevereiro de 2016



Fonte: Autores (2016).

Com relação à amplitude térmica, verificou-se que valores horários eram bastante distintos, variaram de 0°C a 10,3°C. Para entendermos como se comporta essa diferença térmica em horários e meses aplicamos a classificação de magnitude das ilhas de calor Garcia (1996) representada na tabela 2.

No mês de julho de 2015, as medidas da amplitude de 0-2°C, ocorreram em maior quantidade numa frequência constante em todos os horários, de 2-4°C, também há ocorrência em todos os horários, porém, em menor quantidade. A amplitude de 4-6°C aconteceu 17 vezes distribuídas de 4h00min à 20h00min, dados de diferença térmica superior a 6°C ocorreram 4 vezes entre 14h00min a 16h00min.

No mês de agosto de 2015, as medidas da amplitude de 0-2°C, ocorreram em todos os horários em todos os dias, de 2-4°C, não ocorre apenas as 13h00min. A amplitude de 4-6°C aconteceu 22 vezes distribuídos de 7h00min à 20h00min, amplitude superior a 6°C ocorreu 8 vezes nos horários 7h00min e 8h00min.

Em janeiro de 2016, a diferença térmica de 0-2°C e de 2-4°C ocorreu em todos os horários, de 4-6°C, aconteceu 28 vezes distribuídos de 9h00min às 20h00min, dados de diferença térmica superior a 6°C ocorreram 12 vezes (1) às 17h00min, (6) às 19h00min e (5) às 20h00min.

Em fevereiro de 2016, a diferença térmica de 0-2°C e de 2-4°C também aconteceu em todos os horários, de 4-6°C, ocorreu 38 vezes distribuídas de 9h00min às 21h00min, dados de diferença térmica superior a 6°C ocorreram 28 vezes de 9h00min à 20h00min.

Os dados demonstraram diferenças de temperatura que são indicativos de ilhas de calor de forte magnitude. Porém, o estudo precisa de maior aprofundamento no âmbito dos sistemas atmosféricos atuantes nos dias de maior amplitude entre os pontos e dos aspectos geoecológicos. Deste modo, realizamos essa análise englobando o ritmo climático dos meses analisados.

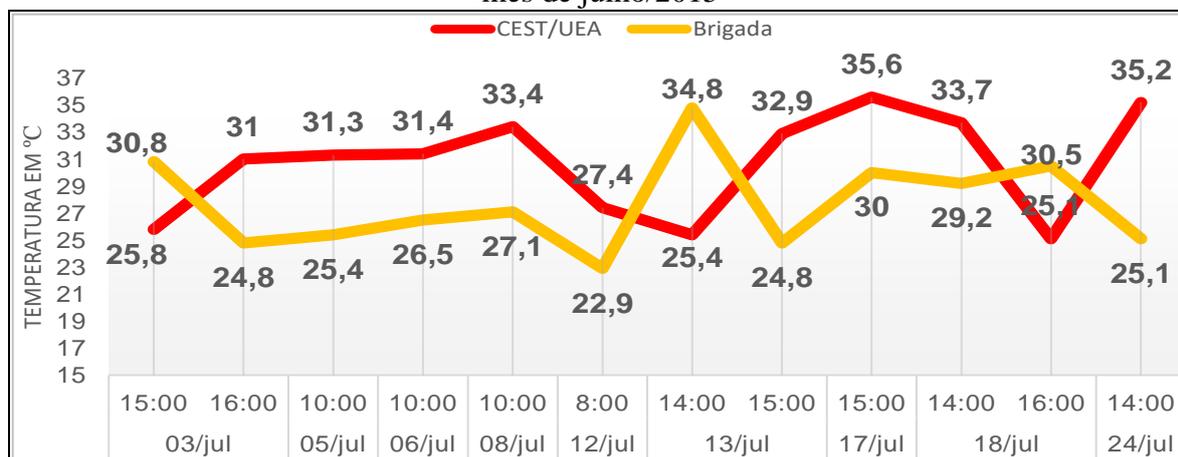
Ressalta-se, a importante necessidade de analisar o ritmo climático, pois, ajuda a entender o clima urbano, uma vez que a influência dos sistemas atuantes pode determinar a frequência e a intensidade da ilha de calor. Por outro lado, sob a atuação de sistemas atmosféricos instáveis que podem provocar alta velocidade do vento e precipitações, as ilhas de calor se desfazem, havendo a homogeneização da temperatura nos diferentes pontos da cidade.

O gráfico 5, demonstra os doze episódios de maiores amplitudes nas duas estações analisadas no mês de julho de 2015, estes episódios apresentam diferenças térmicas de 4,5°C a 10,1°C. A média da amplitude do mês de julho foi 1,22°C. As maiores temperaturas encontradas foram na estação meteorológica do CEST/UEA em 9 casos, porém, como apresentado no gráfico em alguns dias/horários a Estação instalada na 16ª Brigada apresentou a maior temperatura, isso aconteceu em três episódios.

Tabela 2 – Classificação da amplitude por horário do CEST/UEA e 16^o Brigada nos meses de julho e agosto/2015 e janeiro e fevereiro/2016

Horário	Julho/2015				Agosto/2015				Janeiro/2016				Fevereiro/2016			
	0 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6	0 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6	0 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6	0 - 2	2 - 4	4 - 6	> 6
0:00	16	12			5	13			19	12			26	3		
1:00	18	10			8	10			21	10			26	3		
2:00	21	7			8	10			23	8			25	4		
3:00	18	10			10	8			28	3			26	3		
4:00	18	9	1		9	9			29	2			27	2		
5:00	12	12			9	10			27	4			28	1		
6:00	20	8			14	5			30	1			28	1		
7:00	11	3			12	3	1	3	30	1			27	2		
8:00	18	7	3		11	1	2	5	30	1			27	2		
9:00	17	9	1		14	1	4		25	3	3		13	6	4	2
10:00	19	5	3		15	3	1		24	6	1		9	11	7	2
11:00	21	5	1		16	2	1		21	8	2		10	17	2	
12:00	20	7			17	2			25	3	3		19	8	2	
13:00	22	5			38				27	3	1		19	9	1	
14:00	21	2	2	2	14	5			30	1			24	5		
15:00	19	5	2	1	18	1			29	2			24	4	1	
16:00	21	4	1	1	32	1	1		27	4			16	7		6
17:00	23	2			10	9			20	9	1	1	12	5	5	5
18:00	24	2	1		3	10	5		16	13	2		9	9	7	4
19:00	16	10	1		7	7	4		17	4	4	6	11	6	4	7
20:00	18	8	1		7	8	3		19	3	4	5	12	8	2	6
21:00	17	9			4	12			20	6	5		17	9	3	
22:00	18	8			4	14			16	13	2		23	6		
23:00	16	11			6	12			18	13			24	6		

Fonte: Autores (2016).

Gráfico 5 – Maiores amplitudes térmicas encontradas na estação do CEST/UEA e 16^o Brigada no mês de julho/2015

Fonte: Autores (2016).

No dia 03 as 15h00min, com a presença da massa equatorial continental que tem como característica elevada temperatura do ar e umidade, sem chuva, favoreceu a amplitude térmica entre as áreas. Dia 18 de julho as 16h00min, teve-se a presença de um aglomerado convectivo com chuva de 12mm.

No dia 13 as 14h00min a que a Brigada registrou 34,8°C e o CEST/UEA 25,4°C, ou seja, a amplitude foi de 9,4°C observou-se nesse dia a presença de um aglomerado convectivo que ocorreu em consequência do calor e umidade em níveis altos, provocando o surgimento de grandes nuvens

do tipo cumuliformes, que devido a continuidade no aquecimento podem provocar chuvas rápidas de grande intensidade normalmente no fim da tarde, porém, nesse dia a chuva foi fraca, apenas de 2mm.

Outro dado relevante ocorreu no dia 24 de julho, em que o CEST/UEA registrou 35,2°C, enquanto a 16ª Brigada foi de 25,1°C, amplitude de 10,1°C, com a presença de um aglomerado convectivo, sem chuva.

No mês de agosto de 2015, nos 12 episódios demonstrados no gráfico 6, a temperatura do CEST-UEA foi superior em todos os casos, as diferenças variam de 5°C a 9,5°C.

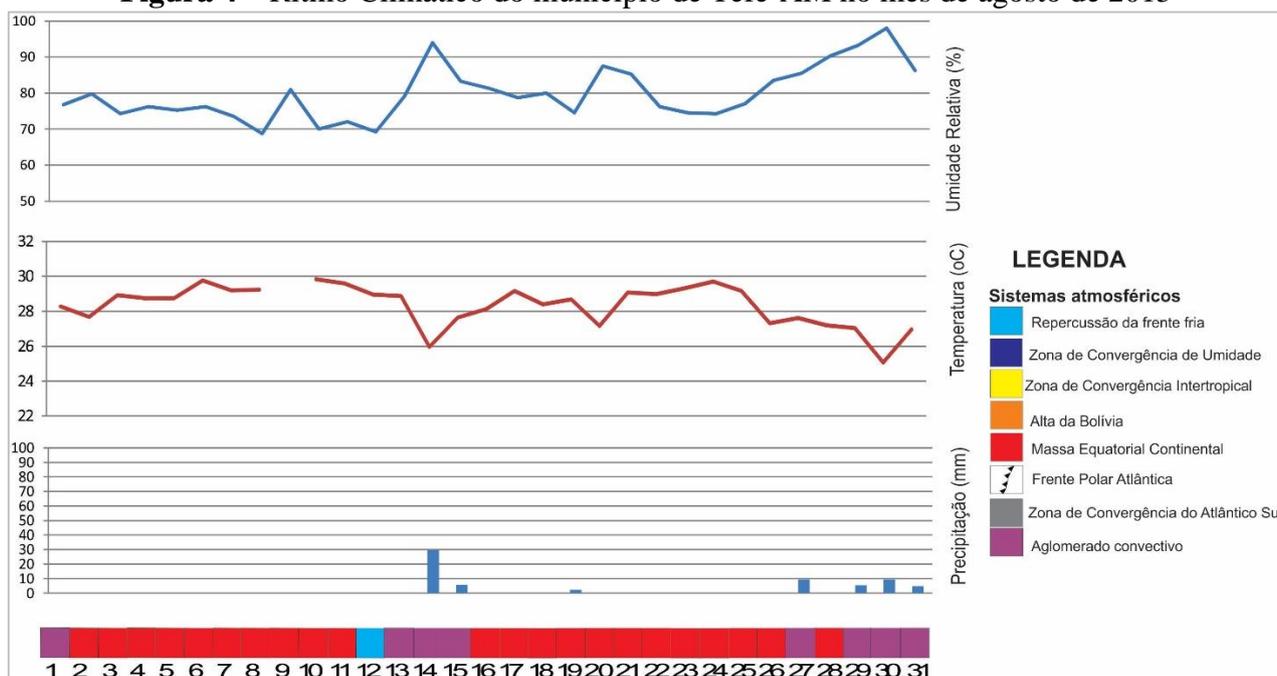
Gráfico 6 – Amplitudes térmicas entre CEST/UEA e Brigada no mês de agosto/2015



Fonte: Autores (2016).

Os dias de maiores amplitudes foram dia 5 de agosto com 9,5°C e dia 8 de agosto com 8,8°C. Nos dois dias citados, há presença da massa equatorial continental, que favoreceu a elevação da temperatura e alta umidade, sem ocorrência de chuva (Figura 4). Os aglomerados convectivos e as linhas de instabilidade se relacionam a termodinâmica regional e ocasionam aumento da nebulosidade, também podem provocar eventos de precipitação pluvial.

Figura 4 – Ritmo Climático do município de Tefé-AM no mês de agosto de 2015

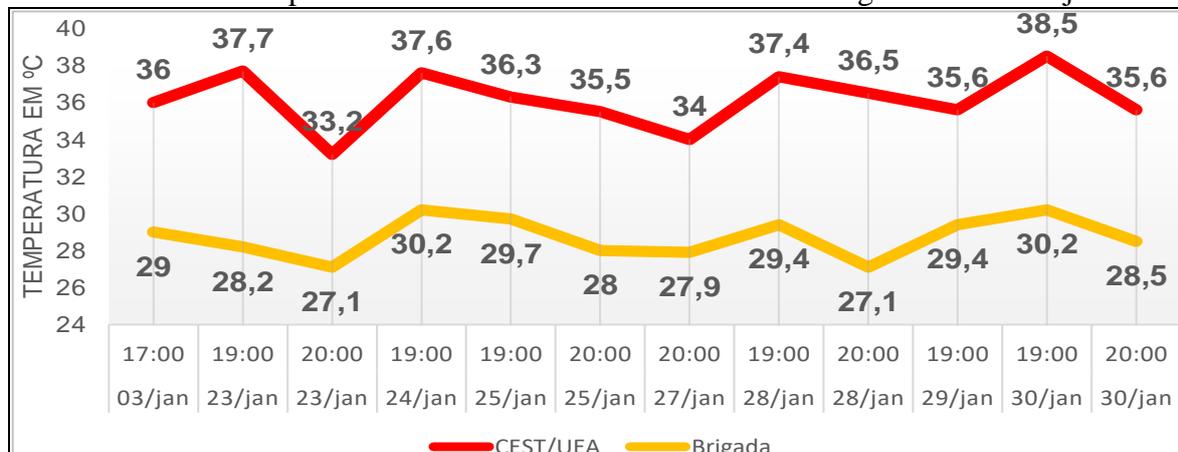


*A linha da temperatura do ar apresenta lacuna devido à falta do dado no INMET.

Fonte: INMET, Imagens de Satélite GOES e Boletim Climaanálise do INPE. Org.: Autores (2016).

No mês de janeiro de 2016 (gráfico 7), as maiores temperaturas encontradas foram na estação meteorológica do CEST/UEA. As diferenças térmicas nesse gráfico variaram de 6,1°C a 9,5°C. A média da amplitude deste mês foi 1,38°C.

Gráfico 7 – Maiores amplitudes encontradas entre CEST/UEA e Brigada no mês de janeiro/2016



Fonte: Autores (2016).

No dia 23 as 19h00min a amplitude foi de 9,5°C com o predomínio da atuação do Sistema massa equatorial continental, este dia não apresentou chuva.

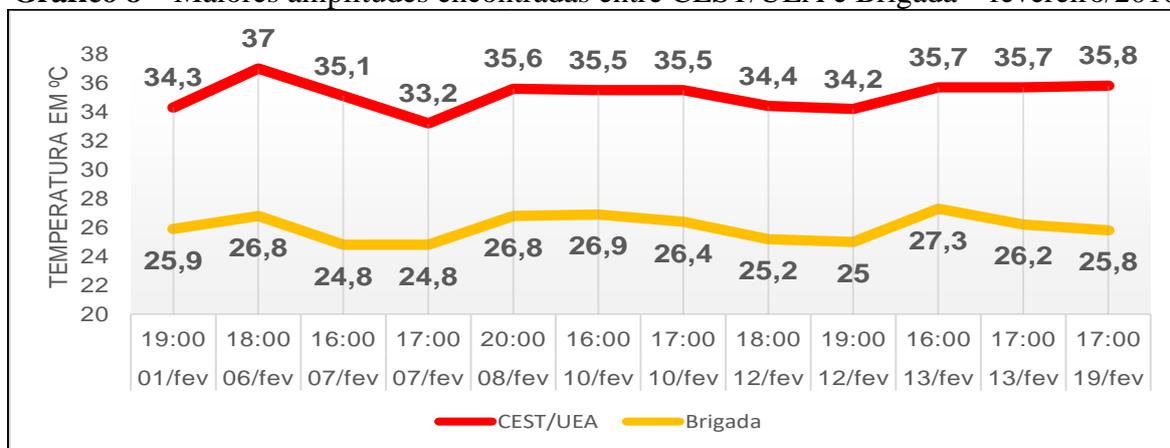
No dia 28 às 20h00min a amplitude foi de 9,4°C com a presença do sistema atmosférico alta da Bolívia que é um sistema de alta pressão atmosférica (circulação anticiclônica) que atua na região, potencializando as chuvas.

Os maiores valores encontrados no mês de janeiro, foram 8,3°C dia 30 as 19h00min com a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), porém, não foram registradas chuvas em Tefé.

Nesse mês observamos que as maiores diferenças térmicas ocorreram na maioria as 19h00min e 20h00min, que se devem ao calor acumulado durante o dia e liberado durante a noite, outro indicativo de ilha de calor.

No mês de fevereiro de 2016, conforme o gráfico 8, o CEST/UEA apresentou as maiores temperaturas. As diferenças térmicas nesse gráfico vão de 8,4°C a 10,3°C. A média da amplitude do mês de julho foi 1,72°C.

Gráfico 8 – Maiores amplitudes encontradas entre CEST/UEA e Brigada – fevereiro/2016



Fonte: Autores (2016).

Um dos episódios de maior diferença térmica ocorreu no dia 6 de fevereiro, com amplitude de 10,2°C às 18h00min e chuva de 50 mm no dia, sendo um episódio pluvial intenso que ocorreu no período noturno.

No dia 7 de fevereiro às 16h00min a maior amplitude térmica foi de 10,3°C e no dia ocorreu o total de 2 mm de chuva.

No dia 19 de fevereiro a amplitude foi de 10°C às 17h00min, ocorreu chuva de 9 mm diários.

Nesses três dias citados, o sistema atmosférico atuante foi a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Apesar da ocorrência de instabilidade na atmosfera e com episódios pluviais, o balanço de radiação superfície-atmosfera demonstrou amplas diferenças na temperatura do ar em decorrência da absorção e albedo de radiação ultravioleta e remissão da radiação infravermelha, em decorrência dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

5 CONCLUSÃO

Pelas análises realizadas na pesquisa ficou caracterizado a existência de uma ilha de calor na área urbana de Tefé, esta anomalia sob influência de condições sinóticas estáveis, é superior a 6°C, classificada como muito forte, amenizada em alguns dias pela precipitação e/ou sistemas atmosféricos que favorecem a formação de nebulosidade.

O estudo demonstrou importância fundamental para o entendimento da relação das da estrutura da cidade e sua influência no clima local, potencializando consequências negativas na qualidade de vida dos cidadãos. Deste modo, pode também subsidiar possíveis ações de políticas públicas na melhoria do ambiente urbano visando o conforto térmico.

Além disso, os resultados encontrados nesta pesquisa pioneira na área urbana de Tefé podem subsidiar mais estudos de climatologia em outros contextos espaciais da cidade e em cidades interioranas na Amazônia Brasileira.

Nessa perspectiva, vale destacar que a cidade de Tefé merece atenção especial no seu planejamento ambiental urbano, para que os efeitos do clima urbano sejam amenizados, uma vez que, os elementos que o compõem comprometem a qualidade ambiental e o bem-estar dos cidadãos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, N.; SILVA NETO, J. C. Variabilidade climática do município de Tefé/Amazonas/Brasil. In: VIII Simpósio Latino-Americano de Geografia Física. **Anais...** 2014. 1635-1643.

ALEIXO, N. SILVA NETO, J. C. Variabilidade climática e transformação da paisagem em Tefé. In: da Silva, A. L. C.; Benini, S. M.; Dias, L. S. **Fórum ambiental: uma visão multidisciplinar da questão ambiental** – Tupã: ANAP, 2015, p. 225-240. Disponível em: <<http://www.amigosdanatureza.org.br/biblioteca/livros/livro/cod/114>>. Acesso em: 20 nov. de 2015.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Revista Mercator**, v9, n. 1, p.71-90, 2010.

AMORIM, M. C. C. T. Clima urbano: estrutura térmica e ilhas de calor. In.: AMORIM, M. C. C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Orgs.). **Climatologia Urbana e Regional: questões teóricas e estudos de caso**. 1 ed. São Paulo: Outras expressões, 2013.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 4ª Ed. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos- Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 1996.

CORREA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Editora Ática S.A., 1989.

FERNANDEZ GARCÍA. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid, ES: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p.

FIALHO, E. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. p.61-76.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades-informações, censo (2010)**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/cidades>. Acesso em: 10 jun. de 2014.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2010). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1976.

PORTO, K. S.; **Impactos Socioambientais do Processo de Ocupação da Orla do Município de Tefé/Amazonas – O Bairro do Juruá**. Dissertação de mestrado em Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2011.

RODRIGUES, E. A. **Rede urbana do Amazonas: Tefé como cidade média de responsabilidade territorial na calha do médio Solimões**. 133 f. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Amazonas, 2011.

SANT'ANNA NETO, J. L. O clima urbano como construção social. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol.8, p. 45-60, 2011.

Data de submissão: 29.08.2017

Data de aceite: 30.10.2018

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.