

Morfologia urbana e a dinâmica com as zonas climáticas locais em Cuiabá-MT

Diana Carolina Jesus de Paula

Professora Doutora, UNIVAG, Brasil.
diana.paula@univag.edu.br

Flávia Maria de Moura Santos

Professora Doutora, UFMT, Brasil.
flavia_mms@hotmail.com

Natallia Sanches e Souza

Professora Doutora, UNIVAG, Brasil.
natallia@univag.edu.br

Fernanda Miguel Franco

Professora Doutora, IFMT, Brasil.
fermigfran@gmail.com

Fabio Friol Guedes de Paiva

Professor Doutor, UNIVAG, Brasil.
fabio.paiva@univag.edu.br

Recebido: 6 de maio de 2024

Aceito: 31 de julho de 2024

Publicado online: 28 de agosto de 2024

RESUMO

É sabido que serão nas áreas urbanas que eventos extremos como ondas de calor ocorrerão de maneira mais intensa como consequência das mudanças climáticas, tendo como consequência as ilhas de calor, tais eventos serão mais desafiadores em países em desenvolvimento de clima tropical. Ilhas de calor Urbana em período noturno na cidade de Cuiabá-MT já foram identificadas por diversos pesquisadores, inclusive o aumento da intensidade, portanto o objetivo deste estudo foi aplicar o sistema de classificação de zonas climáticas locais (LCZs), que visam classificar em escala local a morfologia e a textura urbana, relacionando com o campo térmico durante os anos de 2011, 2016 e 2019, para corroborar com o monitoramento dos efeitos das mudanças climáticas em cidades de clima tropical.

Palavras-chave: zonas climáticas locais, ilha de calor urbana, planejamento urbano

1 INTRODUÇÃO

A principal causa do aquecimento global é o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, que absorvem e re-emitem a radiação térmica, resultando em mais calor retido na atmosfera e, assim, em um aumento da temperatura média global da superfície terrestre. Provocando mudanças nas características do clima, como temperatura, umidade, precipitação, vento, e eventos climáticos severos durante períodos longos (OMM).

Neste contexto, dados disponibilizados sobre o crescimento populacional em área urbana é de 70% até 2050 em escala mundial, e no Brasil 85,7% (ONU, 2020). Em visto disso, estão as consequências físicas das mudanças climáticas sobre a população urbana, os eventos extremos como ondas de calor, precipitação extrema, inundações interiores e costeiras, deslizamentos de terra, aumento da aridez, escassez de água e poluição do ar. Desta maneira, a mudança climática nos desafia a repensar nossos sistemas urbanos (incluindo transportes e edifícios).

Diante deste cenário, o período compreendido entre os anos de 2015 a 2019 foram os cinco anos mais quentes, até então registrados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), o aumento em relação à média histórica foi de 1,3°C, tornando o mês de fevereiro de 2016 o mais quente dos últimos 130 anos, do mesmo modo, o mês de julho de 2016 foi o mais quente em relação a outros julho nos últimos 136 anos (NASA, 2016).

Já no Brasil em 2020 novos recordes históricos de temperatura do ar foram registrados: 44°C em Cuiabá em 110 anos (30/09/2020), 35,5°C em Curitiba em 110 anos (02/10/2020); 41,2°C em Goiânia em 83 anos (07/10/2020) (ONU, 2020).

Neste sentido, são enfatizadas estratégias como respostas aos extremos climáticos atuais e futuros no contexto urbano, voltadas à mitigação são estratégias relacionadas à redução das emissões de Gases que compõe o Efeito Estufa (GEE), nesta perspectiva Braga (2012), aponta que o planejamento urbano tem papel fundamental a partir da forma urbana, baseados nos padrões de uso do solo, que geram demandas de deslocamentos. Sendo reforçada por Bianco et al. (2011), que dizem que a estrutura, orientação e a condição dos edifícios e ruas tendem a aumentar a necessidade de resfriamento e aquecimento das edificações devido ao processo de balanço de energia entre a radiação solar que é absorvida e dissipada, consoante as propriedades dos materiais existentes no ambiente construído.

Sendo assim, pesquisas envolvendo o clima como instrumento para o planejamento urbano voltado a adaptação às mudanças climáticas em cidades tropicais é urgente, devido à demanda por resfriamento ser a principal estratégia (EMMANUEL, 2016). Por esta razão, as estratégias de planejamento urbano como medidas de adaptação devem abranger estudos sobre: temperatura e

ondas de calor, precipitação, inundações e secas, promovendo alterações nos códigos de edificações, nas leis de uso e ocupação do solo, restringindo a expansão da malha urbana em áreas vulneráveis (PBMC, 2016).

Neste seguimento, Stewart & Oke (2012), apresentam um novo método de classificação universal baseado em Zonas Climáticas Locais (LCZs), visando padronizar os estudos sobre ilhas de calor, o sistema compreende a classificação de 17 Zonas Climáticas Locais, sendo 10 definidas por tipologias e adensamento das construções e 07 tipos de cobertura do solo além de propriedades de superfícies, que exemplificam a morfologia urbana e os diversos usos da terra nos processos de transformação e produção de energia.

Estudo recente sobre Cuiabá–MT ao considerar os últimos 20 anos, aponta que o período quente-seco (outono-inverno) apresenta 30% a mais de ocorrências que o período quente-úmido (primavera-verão), sendo os meses de agosto e setembro com maior número de ocorrências, meses estes de maior registro de baixa umidade e queimadas na região, ou seja, ocorreram com maior frequência durante o período quente-seco em 404 dias e no período quente-úmido em 289 dias, as temperaturas do ar variaram entre 37,4°C a 42°C (ROSSO et al., 2023).

Desta forma, esta pesquisa visa relacionar as classes LCZs que predominaram na Cidade de Cuiabá–MT, cidade situada em área continental do Brasil de latitude média, durante os anos de 2011, 2016 e 2019 com os dados de ilha de calor urbana encontrados para corroborar com estudos de mudanças climáticas em centros urbanos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Cuiabá-MT, é conhecida pelo seu rigor climático, com elevadas temperaturas durante todo ano. A área do município é de 3.538,17km², sendo que 254,57km² correspondem a área urbanizada ocupada por uma população urbana estimada de 650.877 (IBGE, 2022).

O bioma predominante no município (Figura 1) é o Cerrado. O perfil climático é o tropical continental semi-úmido do tipo Aw segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, uma quente-seca (outono-inverno) e uma quente-úmida (primavera-verão) e máximas diárias de temperatura do ar que oscilam entre 30°C e 36°C.

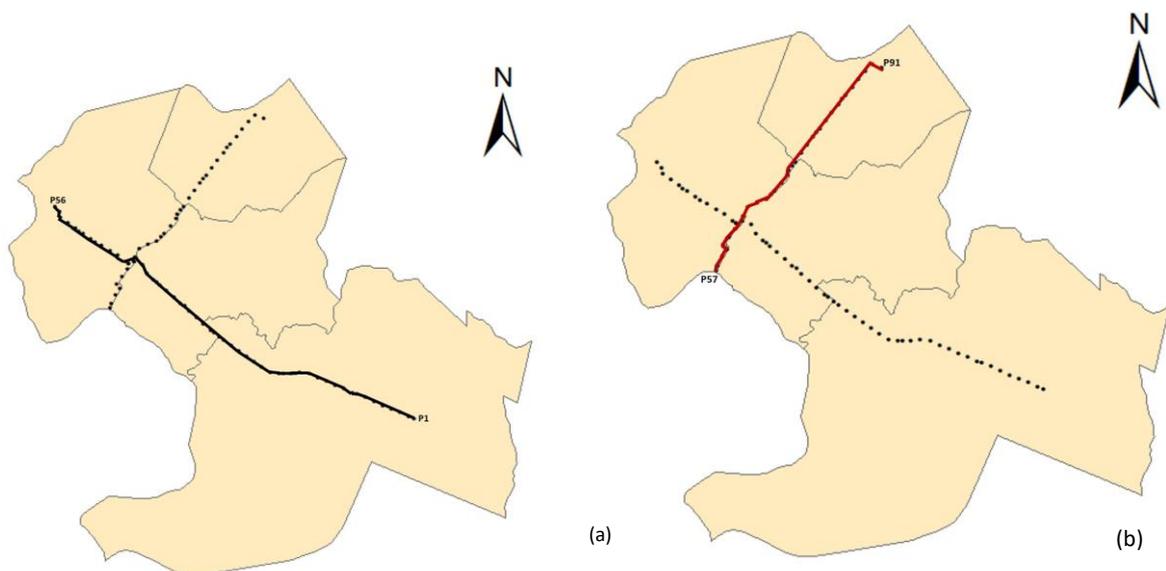
Figura 1 - Localização do município de Cuiabá no estado de Mato Grosso - Brasil



Para as coletas das variáveis climáticas adotou-se a metodologia de transecto móvel noturno, com veículo automotor, protocolo adotado quando o percurso a ser realizado é muito extenso. As aferições iniciavam sempre às 20 horas com velocidade do veículo variando entre 30 e 40 km/h, em dias com condições climáticas estáveis, com ventos leves e céu claro (OKE, 2004; AMORIM, 2005; VALIN Jr., 2019) durante os anos de 2011, 2016 e 2019.

Devido à extensão da área de estudo, optou-se por fazer a coleta de dados dividindo em dois transectos, sendo o transecto 1 - Leste/Oeste (Figura 2a) com 56 pontos compreendendo 19,76km e o transecto 2 - Sul/Norte (Figura 2b) com 35 pontos compreendendo 11,6km, totalizando 91 pontos.

Figura 2 - Transecto 1 (a) e transecto 2 (b)



A coleta de dados das variáveis climáticas faz parte de uma pesquisa iniciada no ano de 2011, continuada em 2016 e finalizada em 2019. Utilizou-se um Datalogger com GPS, modelo GK_V02, também se utilizou o sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar, modelo DHT22 para

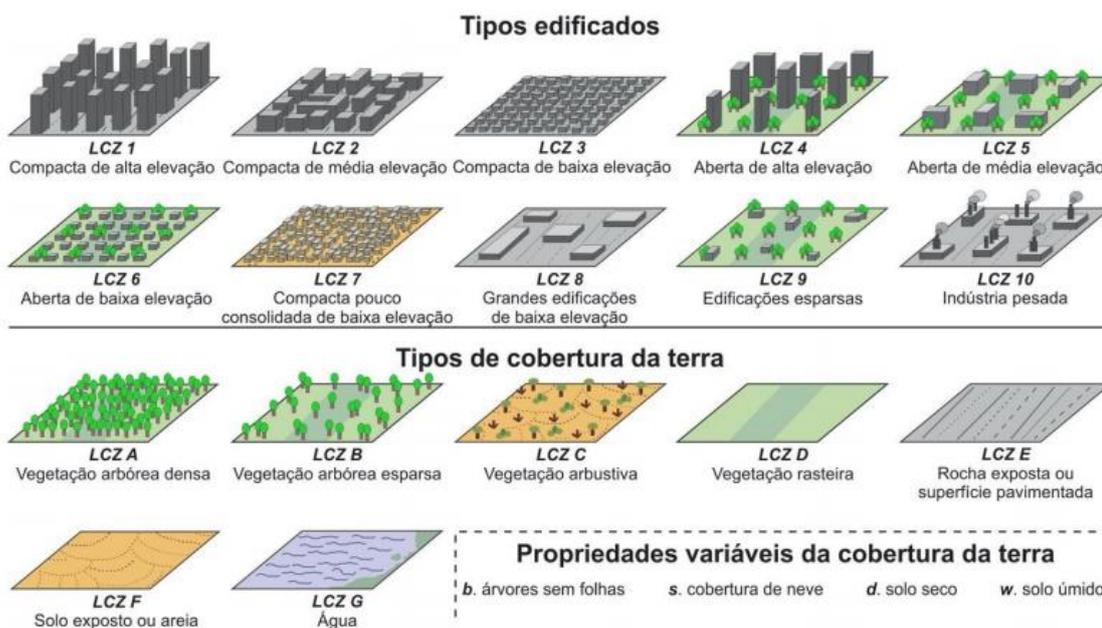
medir a temperatura nas escalas de -40 a 125°C e a umidade do ar nas faixas de 0 a 100%. O datalogger foi programado em placa microcontroladora Raspberry Pi 3. O módulo de GPS acoplado é o modelo GY-GPS6MV2 Ublox.

As coordenadas eram passadas para UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 21S, para precisão dos locais de medição dos pontos. Todos os sensores foram protegidos por abrigo, acoplado na lateral do veículo, fixado a aproximadamente 2,00m do solo. Para a validação dos dados, foi utilizado como dados de referência os valores obtidos da estação automática do INMET (Código OMM: 86705), de cada ano nos dias medidos, localizada em Cuiabá-MT.

2.2 Classificação a partir das Zonas Climáticas locais (LCZ)

Para a classificação LCZ foi utilizada método empírico de análise visual de cada um dos 91 pontos, a partir de um diâmetro de 400m para verificação das tipologias construtivas padronizadas de LCZ 1 a 10, e para a cobertura da terra que possui padronização de LCZ A à G (figura 3).

Figura 3 - Tipologias edificadas e de cobertura do solo das Zonas Climática Locais (LCZ)



Fonte: Adaptado de Stewart e Oke (2012) apud Pinton et al. (2021)

Foram gerados os mapas temáticos empregando o método de classificação supervisionada, através da técnica MAXVER (máxima semelhança), utilizando imagens do software Google Earth, obtendo as porcentagens referentes a cada classe de interesse conforme Stewart e Oke (2012), isto é, porcentagem de cobertura edificada, impermeável e permeável (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de propriedades geométricas, cobertura de superfície, propriedades térmicas, radiativas e metabólicas das Zonas Climática Locais (LCZs)

LCZ	FVC(a)	Razão do canyon urbano (b)	Razão superfície edificada (c)	Razão da área impermeável (d)	Razão da área permeável (e)	Altura dos elementos de rugosidade (f)	Classe de rugosidade do terreno (g)
LCZ 1	0.2-0.4	>2	40-60	40-60	<10	>25	8
LCZ 2	0.3-0.6	0.75-2	40-70	30-50	<20	10-25	6-7
LCZ 3	0.2-0.6	0.75-1.5	40-70	20-50	<30	3-10	6
LCZ 4	0.5-0.7	0.75-1.25	20-40	30-40	30-40	>25	7-8
LCZ 5	0.5-0.8	0.3-0.75	20-40	30-50	20-40	10-25	5-6
LCZ 6	0.6-0.9	0.3-0.75	20-40	20-50	30-60	3-10	5-6
LCZ 7	0.2-0.5	1-2	60-90	<20	<30	2-4	4-5
LCZ 8	>0.7	0.1-0.3	30-50	40-50	<20	3-10	5
LCZ 9	>0.8	0.1-0.25	10-20	<20	60-80	3-10	5-6
LCZ 10	0.6-0.9	0.2-0.5	20-30	20-40	40-50	5-15	5-6
LCZ A	<0.4	>1	<10	<10	>90	3-30	8
LCZ B	0.5-0.8	0.25-0.75	<10	<10	>90	3-15	5-6
LCZ C	0.7-0.9	0.25-1.0	<10	<10	>90	<2	4-5
LCZ D	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3-4
LCZ E	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1-2
LCZ F	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<0.25	1-2
LCZ G	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	-	1

Fonte: Adaptado de Stewart e Oke (2012)

c- Proporção da área do plano de edificado para a área total do terreno (%)

d -Razão da área plana impermeável (pavimentada, rocha) em relação à área plana total do terreno (%)

e - Razão da área plana permeável (solo descoberto, vegetação, água) para a área total do terreno (%)

Cada LCZ será nomeada individualmente, ordenada por uma ou mais classes, tipologias construídas e tipologias de cobertura solo, assim o código para as subclasses é LCZ **Xa**, onde **X** é a classe mais predominante do conjunto padrão LCZ, **a** é a classe inferior (se aplicável) do conjunto padrão.

As propriedades de cobertura de superfície serão utilizadas para verificar a influências da textura urbana com as variáveis microclimáticas.

2.3 Calculo de Ilha de Calor

Stewart e Oke (2012) propõem que a ilha de calor seja representada pela diferença da temperatura do ar entre as LCZs, sendo possível analisar as superfícies comuns e as características das tipologias construídas e cobertura do solo na comparação de casos, evidenciando e facilitando o reconhecimento das influências urbanas sobre a temperatura do ar.

$$ICU = LCZX - LCZY \quad (\text{equação 01})$$

A magnitude da ilha de calor urbana observada será relacionada com as LCZs no intuito de verificar quais as tipologias construtivas têm colaborado no aquecimento dentro da área de estudo.

2.4 Estatística dos dados

Para análise dos dados foram feitas planilhas separadas por pontos, relacionando os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, ilha de calor urbana, cobertura do solo com as LCZs identificadas.

A análise estatística adotada, foi inicialmente a verificação da normalidade dos dados, por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, para avaliar se a distribuição dos dados adere a Normal, sendo rejeitada a aderência com sig.<0,05. Após a rejeição da hipótese da normalidade, adotou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação entre as medianas dos grupos, sendo detectadas diferenças significativas com sig.<0,05, ou seja, os grupos evidenciam diferenças entre si (TORMAN et. Al, 2012).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Classificação LCZ

Na classificação de cada LCZ nos pontos durante os anos de estudo identificou-se 33 tipologias em 2011, 34 em 2016 e 35 em 2019, desta maneira procurou-se observar a existência de LCZX que persistem em todos os anos. Assim as LCZX são 2, 4, 8, 9 e A.

A quantidade de pontos em cada uma das classes em 2011 foram: 47 pontos como LCZ8, seguido de 9 pontos como LCZ2 e A, 7 pontos como LCZ9, 5 pontos como LCZ4, conforme Tabela 2

Tabela 2 - Classificação LCZ durante os anos de 2011, 2016 e 2019

Figuras	Descrição LCZs potenciais	Pontos									
		2011				2016			2019		
	2 – Elevado adensamento de média altura	P43 P70	P44	P46	P67	P43 P47 P67	P44 P63	P45 P66	P40 P63	P44 P67	P47
	2 _A – Elevado adensamento de média altura com vegetação arbórea densa	P42				P42	P64		P43	P64	
	2 _C – Elevado adensamento de média altura com vegetação arbustiva								P34		
	2 _D – Elevado adensamento de média altura com vegetação rasteira					P46					
	2 _E – Elevado adensamento de média altura com superfície pavimentada	P47		P63	P68				P22	P33 P45 P71	P39 P68
	4 – Médio adensamento de elevada altura	P48	P49 P71	P50 P73		P48	P49 P72	P50	P48	P49 P65	P50 P72
	4 ₂ – Médio adensamento de elevada altura com elevado adensamento de média altura								P70		
	4 _E – Médio adensamento de elevada altura com superfície pavimentada					P51 P70	P68 P71	P69	P51	P69	
	8 - Grandes edificações de baixa altura	P21 P69	P34	P62		P34	P85 P86		P20	P36 P38 P85	P37
	8 ₂ - Grandes edificações de baixa altura com elevado adensamento de média	P39				P39	P59 P76	P61 P62	P59	P61 P62	



altura									
8 ₃ .Grandes edificações de baixa altura com elevado adensamento de baixa altura	P31 P60	P36 P61	P40	P25 P40	P31	P36	P60		
8 ₄ .Grandes edificações de baixa altura com médio adensamento de elevada altura	P37	P38		P37	P38				
8 ₅ .Grandes edificações de baixa altura com médio adensamento de média altura							P29	P76	
8 ₆ .Grandes edificações de baixa altura com médio adensamento de baixa altura							P25	P28 P6	
8 _A .Grandes edificações de baixa altura com vegetação arbórea densa	P18 P64	P27 P75	P5	P26			P13 P5	P17 P84	P18 P26
8 _B .Grandes edificações de baixa altura com vegetação arbórea esparsa	P10 P28 P84	P11 P6	P20 P82	P14 P28 P6	P15 P29 P9	P18 P5	P10	P82 P9	
8 _C .Grandes edificações de baixa altura com vegetação arbustiva	P1 P19 P3 P86	P13 P2 P4	P16 P23 P85	P16	P17 P23		P19	P2 P3 P35	
8 _D .Grandes edificações de baixa altura com vegetação rasteira	P57	P58		P10 P24	P11 P4	P22	P24		
8 _E .Grandes edificações de baixa altura com superfície pavimentada	P15 P33 P65	P22 P35 P66	P30 P59 P74	P1	P13 P20 P30 P35 P58	P19 P2 P21 P3 P32 P57 P60	P1	P15 P23 P31 P57 P86	P21 P30 P32 P58
8 _F .Grandes edificações de baixa altura com solo exposto	P24						P16	P4	



9 - Edificações esparsas	P52	P53		P81					
9 ₃ . Edificações esparsas com elevado adensamento de baixa altura							P12		
9 ₄ . Edificações esparsas com médio adensamento de elevada altura							P52	P53	
9 ₆ . Edificações esparsas com médio adensamento de baixa altura							P11		
9 _A . Edificações esparsas com vegetação arbórea densa	P32	P76	P77	P27	P54		P27	P77 P81	
9 _B . Edificações esparsas com vegetação arbórea esparsa	P17			P84					
9 _C . Edificações esparsas com vegetação arbustiva	P72								
9 _F . Edificações esparsas com solo exposto				P74					



A - Vegetação arbórea densa	P55	P78		P55	P79 P80		P55	P80	
A ₅ . vegetação arbórea densa com médio adensamento de média altura				P78					
A ₈ . Vegetação arbórea densa com Grandes edificações de baixa altura	P14	P81		P12					
A ₉ . Vegetação arbórea densa com edificações esparsas	P54 P80	P56 P83	P79	P56	P83		P14	P56 P79 P83	P78

Em 2016, a quantidade de pontos em cada classe é: LCZ8 e 2 estão com 45 e 10, respectivamente. Observando aumento nas classes LCZ4 com 9, já as classes com queda foram LCZA com 7 pontos e LCZ9 com 5 pontos.

No ano de 2019 observa-se que a LCZ8 ainda continua com a maior quantidade de pontos, porém caindo para 40. As classes que expressaram aumento são a LCZ2 totalizando 12 pontos, LCZ9 com 7 pontos e LCZ4 com 8 pontos. No entanto, a LCZA mantém 7 pontos desde 2016.

Portanto, as tipologias edificadas que foram adotadas com mais frequência são as do tipo elevado adensamento de média altura (LCZ2) e médio adensamento de elevada altura (LCZ4) em área mais central da cidade, construções largas de baixa altura (LCZ8), escassamente construído (LCZ9) em áreas mais afastadas do centro, a vegetação arbórea densa (LCZA) presente em área de parque urbano ou de preservação permanente.

Demonstrando que o planejamento urbano da cidade tem promovido áreas com altas taxas de ocupação devido à identificação da classe LCZ8 no maior número de pontos, além de áreas com potencial de verticalização e adensamento em consequência do aumento de pontos na LCZ2 e LCZ4. Entretanto, como potencial positivo observa-se a manutenção de pontos em área com vegetação arbórea densa.

Ferreira & Ugeda Júnior (2020), identificaram classificação semelhante utilizando o sistema LCZ a partir sensoriamento remoto no perímetro urbano de Cuiabá, sendo na região central LCZ 2, em áreas mais isoladas e afastadas da região central LCZ 4 e LCZ A próxima a vias de alto trafego.

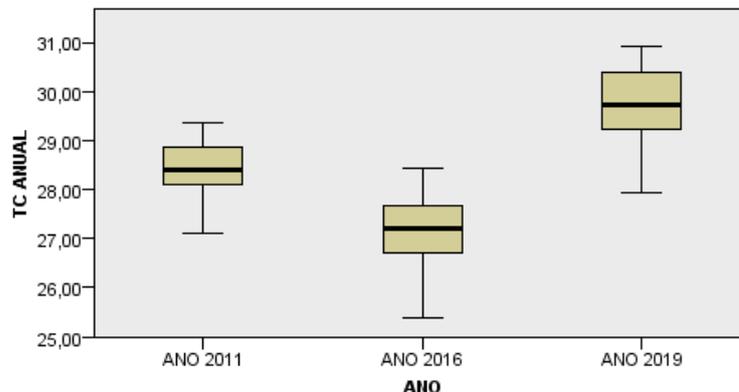
Após as coletas e tratamento dos dados das variáveis microclimáticas, obteve-se média dos valores anuais de Temperatura do ar (TC anual) e cobertura do solo. Posteriormente, investigaram-se os efeitos das propriedades de superfície a partir dos dados de cobertura do solo e a relação das LCZs durante os anos de estudo com a ICU.

3.2. Análise da temperatura do ar com as LCZs e as propriedades de superfície

A temperatura do ar (TC ANUAL) em 2011 registrou média de 28,40°C e em 2016 média de 27,10°C, nota-se diminuição de média de TC de 1,3°C em relação a 2011. Entretanto, em 2019 a média foi de 29,72°C.

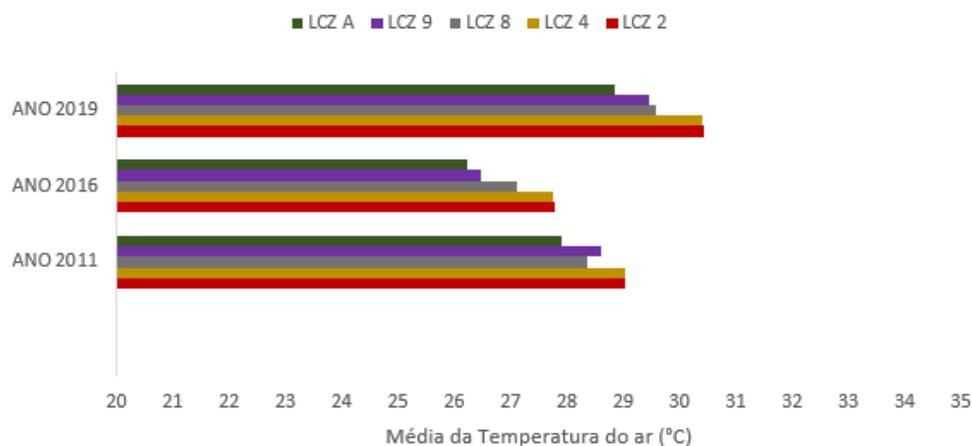
Observa-se aumento de média de TC de 2,62°C em relação a 2016, correspondendo a aumento de 9,66%. No período de 8 anos, ou seja, entre 2011 a 2019, houve aumento de média de TC de 1,32°C. Sendo possível inferir que ao longo de 8 anos a média de TC teve elevação de aproximadamente 5%, isto é, passando de 28,40°C para 29,72°C, conforme figura 4.

Figura 4 - Temperatura do ar (TC ANUAL) em 2011, 2016 e 2019



Analisando a temperatura do ar média de cada ano com as LCZs (figura 5), observa-se que as temperaturas mais elevadas estão na LCZ2 e 4, podendo estar relacionado a morfologia urbana do tipo médio adensamento de média a alta elevação. Os menores registros são observados na LCZA, onde o campo térmico sofre influência da presença de vegetação arbórea densa devido aos efeitos de sombreamento e evapotranspiração.

Figura 5- Relação da Temperatura do ar com as LCZs entre 2011, 2016 e 2019



As comparações das propriedades de superfície de cada ano com os valores de referência das classes LCZs identificadas, salientam que as LCZs 2, 4 e 8 são as que apresentam maiores valores de adensamento conforme as referências sugeridas por Stewart & Oke (2012) variando apenas a altura da edificação.

As LCZs 9 e A, são as que apresentam os menores valores para adensamento construído, assim na LCZ9 em 2011 e 2019 foram observadas porcentagens acima dos valores de referência, porém identifica-se queda em 2016. Todavia, a LCZA ultrapassou os limites de referência a partir de 2016, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3 - As comparações das propriedades de superfície de cada ano, com os valores de referência das classes LCZs

<i>LCZs</i>	% EDIF 2011	% EDIF 2016	% EDIF 2019	% EDIF REF.	% PERM. 2011	% PERM. 2016	% PERM. 2019	% PERM. REF.	% IMP 2011	% IMP 2016	% IMP 2019	% IMP. REF.
2	40.90	42.36	46.61	40-70	26.16	22.81	20.32	<20	32.93	34.88	33.07	30-50
4	31.03	36.16	46.41	20-40	35.85	25.07	23.95	30-40	32.92	38.77	29.64	30-40
8	29.30	36.32	34.55	30-50	42.81	34.56	39.42	<20	27.76	29.14	26.03	40-50
9	25.89	14.14	25.24	10.-20	43.55	62.23	50.28	60-80	30.56	23.63	24.47	<20
A	8.75	13.04	10.58	<10	75.41	72.68	73.74	>90	15.85	14.29	15.67	<10

Sendo possível fazer as seguintes observações, em 8 anos, entre 2011 e 2019, a permeabilidade demonstra queda de 4,85%, podendo estar associado ao aumento de 6,13% de fração edificada.

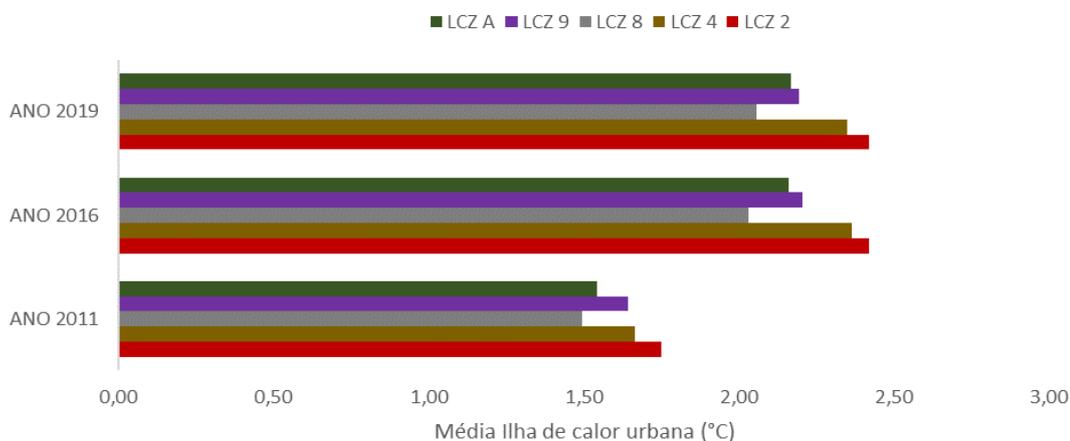
3.3. Análise da relação da ilha de calor (ICU) com as classes LCZs entre os anos de estudo.

Em 2011 a ilha de calor média variou de 1,49 a 1,66°C dentre as classes LCZs, sendo que a tipologia de elevado adensamento de média altura (LCZ2) expressou a maior média de ICU de 1,75°C, seguida da tipologia de médio adensamento de elevada altura (LCZ4) de 1,66°C e de edificações esparsas (LCZ9) de 1,64°C, contudo a tipologia de grandes construções de baixa altura (LCZ8) presente na maioria dos pontos manifestou ICU de 1,49°C a menor média observada, porém a tipologia vegetação arbórea densa (LCZA) manifesta média de ICU de 1,54°C.

Em 2016 as médias variaram entre 2,03 a 2,42°C, as maiores médias de ICU continuam na LCZ2 e LCZ4 de 2,42 e 2,36°C, respectivamente. Seguida, da tipologia de edificações esparsas (LCZ9) com ICU de 2,21°C e na LCZA foi de 2,16°C, mantendo a LCZ8 a menor média de 2,03°C.

No ano de 2019 as médias variaram entre 2,06 a 2,42°C, observa-se que a maioria das classes não expressara alteração na média da ICU, como a LCZ2 de 2,42°C, LCZ4 de 2,35°C, LCZ 9 de 2,19°C e LCZA de 2,17°, entretanto, observa-se uma leve alta na LCZ8 chegando a 2,06°C, conforme figura 6.

Figura 6 - Relação da ilha de calor com as classes LCZs entre 2011, 2016 e 2019.



Na análise da magnitude da ICU em relação as LCZs observa-se que em 5 anos, as maiores diferenças encontradas são na LCZ4 expressando alta de 0,70°C e LCZ2 de 0,67°C com pico de 2,42°C. Evidencia-se que a maioria das tipologias identificadas em 2016 manifestam valores médios de ICU em intensidade moderada, isto é, maiores que 2°C.

Em 3 anos, entre 2016 e 2019, a LCZ2 mantém a maior intensidade de ICU de 2,42°C, assim como LCZ9 e LCZA chegando a 2,19°C mesmo tratando de tipologia com área predominantemente de vegetação arbórea densa. Em 8 anos, entre 2011 e 2019, o maior aumento de ICU é na LCZ4 de 0,69°C, seguida da LCZ2 de 0,67°C e o menor é na LCZ9 de 0,55°C.

Observa-se que as maiores magnitudes de ICU foram observadas entre 2011 e 2016, na tipologia de elevado adensamento de média altura (LCZ2) atingindo 2,42°C, seguido das tipologias médio adensamento de elevada altura (LCZ4) expressando 2,36°C. As tipologias que expressaram maior variação foram as grandes construções de baixa altura (LCZ8), edificações esparsas (LCZ9) e vegetação arbórea densa (LCZA), variando entre 1,49 a 2,21°C.

Corroborando com a pesquisa de Perera & Emmanuel (2018) em Colombo no Sri Lanka, onde classes de elevado e médio adensamento tendem a uma maior intensidade de ICU, porém as grandes construções de baixa altura, edificações esparsas e as coberturas do solo A à F, contribuem na variação da intensidade de ICU.

Desta maneira, observa-se que a tipologia de arranjo compacto e aberto com edifício de média elevação (LCZ2) tende a ter maior influência na manutenção da intensidade da ICU. Já as Tipologias de arranjo aberto com edifícios de média altura (LCZ4) combinados aos edifícios grandes em arranjos esparsos juntamente as coberturas do solo A tendem a influenciar na variação da intensidade de ICU.

Resultados semelhantes foram encontrados em Cuiabá/MT por Ferreira & Ugeda Júnior (2020), quando analisaram a Temperatura de superfície e a LCZ durante o período noturno, identificando que as LCZs que apresentam elevado adensamento edificado (LCZ2) expressaram maior temperatura de superfície.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao rigor climático característico da cidade de Cuiabá/MT é imprescindível o planejamento do município de modo a apontar estratégias de adaptação as mudanças climáticas voltado a mitigação das ilhas de calor urbanas. Neste sentido, a utilização da metodologia baseada na classificação LCZ visando identificar as variações térmicas influenciadas pela morfologia e textura urbana, demonstrou ser eficaz.

Sendo possível identificar que a tipologia de elevado adensamento de média altura (LZC2) tende a ter maior influência na manutenção da intensidade da ICU, entretanto as Tipologias de médio adensamento de elevada altura (LCZ4), construções largas de baixa altura (LCZ8), escassamente construída (LCZ 9) tendem a influenciar na variação da intensidade de ICU, corroborando assim com pesquisas do efeito da ilha de calor em cidades de clima tropical.

Nesta perspectiva o planejamento urbano baseado nos aspectos climáticos para Cuiabá, sugerem a utilização de tipologias construtivas que adotem o médio adensamento de média a baixa altura, com presença de área permeável, estas tipologias favorecem as trocas térmicas por convecção e o balanço de energia devido ao fator cânion urbano, promovendo arrefecimento na ilha de calor noturna. Consequentemente, torna-se necessário alterações na lei de uso e ocupação do solo por meio dos índices urbanístico e definição de gabarito de altura para as edificações.

Adicionalmente a isto, promover a criação de mais áreas com as características de LCZA configurarão oásis por expressarem as temperaturas mais amenas, permitindo a mitigação do efeito da ilha de calor.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIANCO, H. et al. The role of urban land in climate change. In: ROSENZWEIG, c. et. alli. **Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network..** New York: Cambridge University Press, 2011. pp 217-248.
- BRAGA, R. **Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade.** In: Encontro Nacional da Anppas- 4, 2012. Belém-PA-Brasil.
- FERREIRA, H. V. L.; UGEDA JÚNIO, J. C. Variação da temperatura da superfície através de imagens ASTER em Zonas Climáticas Locais da cidade de Cuiabá, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia.** v.26, 2020. p.393-410. ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/cuiaba/panorama>. Acessado em 06.06.2022.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5. 2014b.
- SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise da influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica por meio de transectos noturno em Cuiabá-MT. **Revista Caminhos de Geografia**, v.13, 2012. p.187-194.
- PERERA, N. G. R.; EMMANUL, R. A "Local Climate Zone" based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka. **Urban Climate**, vol. 23, pp. 188-203. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.11.006>
- PINTON, L. G.; RIBEIRO, M. C. A.; SUIZU, T. M.; AMORIM, M. C. T. Magnitudes do fenômeno da ilha de calor urbana em sacramento (mg): perspectivas de aplicação do sistema das zonas climáticas locais em cidade de pequeno porte. **Revista caminhos da geografia.** v.22, 2021, p.161-179. <http://doi.org/10.14393/RCG227953890>
- STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. Bull. **American Meteorological Society**, v. 93, p. 1879–1900, 2012. doi: 10.1175/BAMS-D-11-00019.1

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>

OMM. Organização Meteorológica Mundial. Disponível em: <https://news.un.org/pt/tags/omm>

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observation at urban sites**. Geneva: WMO. 2004.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. 542p. ISBN 9781107429536

PBMC, 2016: Mudanças climáticas e cidades. **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** (Ribeiro, S. K.; SANTOS, A. S. (eds)). PBMC, COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 116p. ISBN: 978-85-285-0344-9.

ROSSO, R. F.; ENORE, P. T. S.; SOUZA, N. S.; PAULA, D. C. J. Análise de frequência de eventos extremos de temperatura do ar em centro urbano no cerrado brasileiro. **PERIÓDICO TÉCNICO E CIENTÍFICO CIDADES VERDES**, v. 11, p. 117-186, 2023.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. **Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não paramétricos por simulação**. Revista HCPA, 2012. p.227-234.

VALIN Jr., M. O. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis**. Cuiabá, 2019. 118f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, 2019.