

Caracterização Microclimática do Complexo Esportivo Arena Pantanal

Pantanal Arena Sports Complex microclimatic characterization

Naiara Cristina Fank^a; Jonathan Willian Zangeski Novais^{*a}; Ana Cristina Hillesheim^a

^aUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

*E-mail: jonathan.novais@kroton.com.br

Resumo

O uso e ocupação do solo a fim de solucionar as demandas físicas e sociais das cidades alteraram a paisagem urbana e degradaram o meio ambiente. A retirada da vegetação nativa, o aumento no número de edificações e o aumento das superfícies impermeáveis, contribuem para a elevação da temperatura, acarretando o aumento do desconforto térmico. O Complexo Esportivo Arena Pantanal é uma das áreas urbanas mais importantes da cidade de Cuiabá-MT, com fins esportivos e de recreação para população, seu entorno é caracterizado por pouca arborização e muitas áreas impermeabilizadas. Neste contexto, o objetivo geral deste trabalho é a caracterização microclimática do entorno da Arena Pantanal de acordo com os dados coletados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, realizados nos períodos quente/seco e quente/úmido, em 12 pontos distintos do complexo esportivo e em três horários do dia, às 8:00h, às 14:00h e às 20:00h. É indicado nos resultados que ocorre no período quente/úmido os maiores valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar em comparação com a estação quente e seca, e que o tipo de material que reveste o solo interfere nas variáveis supracitadas, podendo aumentar o desconforto térmico dos usuários de áreas urbanas.

Palavras-chave: Temperatura do Ar. Umidade Relativa do Ar. Microclima Urbano.

Abstract

The use and occupation of land in order to solve the physical and social demands of cities altered the urban landscape and degraded the environment. The removal of native vegetation, the increase in the number of buildings and the increase in impermeable surfaces contribute to the rise in temperature, causing an increase in thermal discomfort. The Pantanal Arena Sports Complex is one of the most important urban areas in the city of Cuiabá, with sports and recreation purposes for the population, its surroundings are characterized by little afforestation and many waterproofed areas. In this context, the general objective of this work is the microclimatic characterization of the surroundings of the Arena Pantanal according to the collected data of air temperature and relative humidity, carried out in the hot/dry and hot/humid periods, in 12 different points of the complex. sports and at three times of the day, at 8:00h, 14:00h and 20:00h. The results indicated that the hot/humid period presented air temperature and relative humidity with higher values compared to the hot and dry season, and that the type of material that covers the soil also interferes in the variables of air temperature and relative humidity, which may increase the thermal discomfort of users in urban areas.

Keywords: Air Temperature. Relative Humidity. Urban Microclimate.

1 Introdução

A medida em que ocorrem mudanças climáticas, com o aumento da temperatura média do planeta, seus efeitos podem ser percebidos em diversas situações, destacando-se as cidades. O aquecimento das cidades acarreta o desconforto térmico, que pode ser prejudicial em diversos níveis para o ser humano. Assim, estudos sobre o clima urbano tem tido um papel muito importante, tanto para grandes cidades, como também pequenas e médias (AMORIM, 2010).

Oke (1978), aponta o clima urbano como a modificação do clima local, definidas pelas condições particulares de cada cidade, ou seja, rugosidade do tecido urbano, ocupação, permeabilidade das superfícies e pelas propriedades térmicas dos materiais utilizados. Este aquecimento inicialmente se dá pela radiação solar e segundo Lamberts et al., (2014), é responsável pela energia no planeta sendo sua principal fonte, e os movimentos de rotação e translação da Terra determinam a intensidade que a radiação solar atinge a superfície terrestre

ao longo do dia e do ano.

A absorção de radiação solar está relacionada diretamente com a o tamanho da área exposta e o albedo dos materiais que revestem a superfície do solo, em locais onde há maior absorção da radiação existe a probabilidade de se verificar aumento da temperatura do ar (MALAGUERRA, 2021). Assim a mudança de cobertura gerada pela urbanização muda como essa radiação será absorvida, mudando o balanço de energia citadino.

Estas alterações contribuem para elevação da temperatura do ar e armazenamento da energia térmica, podendo causar o efeito de Ilhas de Calor Urbano - ICU (MACIEL *et al.*, 2014). Os efeitos destas alterações são percebidos pela população por meio de questões ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e outras manifestações que podem interferir na qualidade de vida dos cidadãos (MONTEIRO, 1976).

Branco (2009), aponta que elementos como o tipo de solo,

vegetação, a presença de nuvens e posicionamento geográfico determinam na forma como a radiação solar atinge a superfície terrestre de um determinado local. Ou seja, influenciam a quantidade de radiação recebida e consequentemente as variações de temperatura do ar.

Em locais com grande umidade, a radiação solar é reduzida pois o vapor de água existente e as nuvens absorvem e redistribuem esta radiação na atmosfera, desta maneira em locais mais úmidos as temperaturas tendem a ser menores (LAMBERTS *et. al.*, 2014).

Para avaliação do conforto térmico do usuário a temperatura do ar é uma das principais variáveis utilizadas, pois a sensação de conforto é baseada na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, integrada a outros mecanismos termo-reguladores (LAMBERTS *et. al.*, 2016).

O conforto térmico nos espaços urbanos deve ser priorizado desde o seu planejamento, já que sua composição e o microclima destes espaços afetam na qualidade de vida de seus usuários e da população de seu entorno imediato. Neste contexto, busca-se analisar o comportamento das variáveis de temperatura do ar e umidade relativa do ar, a nível de microclima, no entorno da Arena Pantanal, nos períodos no quente/seco e quente/úmido.

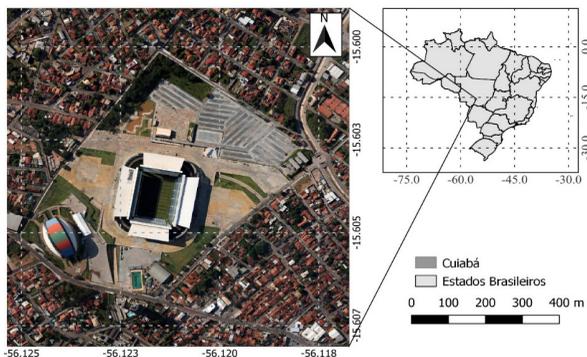
2 Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A cidade de Cuiabá é capital do Estado de Mato Grosso, pertence à região Centro-Oeste do Brasil, possui uma área 3.266,538km² (IBGE, 2020). Sendo considerada uma das cidades mais quentes do Brasil seu clima é classificado como Aw, segundo a escala climática de Köppen, representado por duas estações bem definidas, quente/úmido no verão e primavera; e quente/seco no inverno e outono (ALVARES *et al.*, 2013).

A área de estudo da qual se trata este trabalho é o Complexo Esportivo Arena Pantanal que está localizada no bairro Verdão no município de Cuiabá/MT (Figura 1).

Figura 1 - Localização da cidade de Cuiabá no estado do Mato Grosso e do Complexo da Arena Pantanal



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

O Complexo possui um espaço de 340 mil metros

quadrados, sendo considerado o maior e mais completo agrupamento de atividades esportivas no Estado de Mato Grosso. Grande parte das suas áreas são impermeabilizadas e poucas áreas vegetadas, principalmente as relacionadas ao sombreamento. As áreas calçadas no entorno da Arena Pantanal são os espaços mais utilizados pelos cidadãos, tanto para as atividades de lazer do dia a dia quanto para os eventos realizados no local. Nesta área nota-se a ausência total de vegetação e sombreamento.

2.2 Medições de campo

Para efetuar as medições foram escolhidos 12 pontos distintos ao longo de todo Complexo da Arena Pantanal. Estes pontos foram selecionados quanto a sua característica de cobertura de solo, possibilitando analisar o comportamento destas variáveis para os diferentes tipos de superfície. Dos 12 pontos escolhidos, foram divididos em 3 grupos, grama, calçada e asfalto, sendo 4 pontos por grupo, conforme Figura 2.

Figura 2 - Posição dos 12 pontos de coletas no Complexo da Arena Pantanal



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

Os pontos em áreas com calçamento se localizam ao redor da Arena Pantanal, apresentam a impermeabilização do solo por revestimento cimentício e ausência total de vegetação. Os pontos em áreas gramadas representam os locais com superfície permeável, e com presença de alguns indivíduos arbóreos que geram pouca sombra, como as palmeiras. Os pontos em áreas asfaltadas representam o estacionamento do complexo, ocorrendo duas situações: impermeabilização do solo por revestimento asfáltico e solo permeável revestido com pedra brita.

Os dados microclimáticos coletados foram: temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR) e temperatura de superfície. As coletas foram realizadas no dia do 23 de julho de 2020 representando período quente/seco, e no dia 22 de fevereiro de 2021 representando período quente/úmido. Os horários das medições foram às 8, 14 e 20 horas, em ambas as

datas o céu estava aberto, sem a ocorrência de precipitações. Foram feitas 4 medições contínuas das variáveis Tar e UR, sendo posteriormente calculada a média da medida para cada ponto, totalizando cerca de 2 minutos por ponto.

Para o registro térmico e higrométrico foram seguidas às recomendações da OMM (Organização Mundial de Meteorologia), sendo utilizados dois medidores portáteis de variáveis micrometeorológicas ambientais devidamente calibrados, o medidor ambiental profissional Kestrel 5200, NK Company, Pensilvânia, USA. E para o registro de temperatura de superfície foi utilizado o termômetro digital portátil infravermelho a laser modelo TI-550 da marca Instrutherm, São Paulo, Brasil.

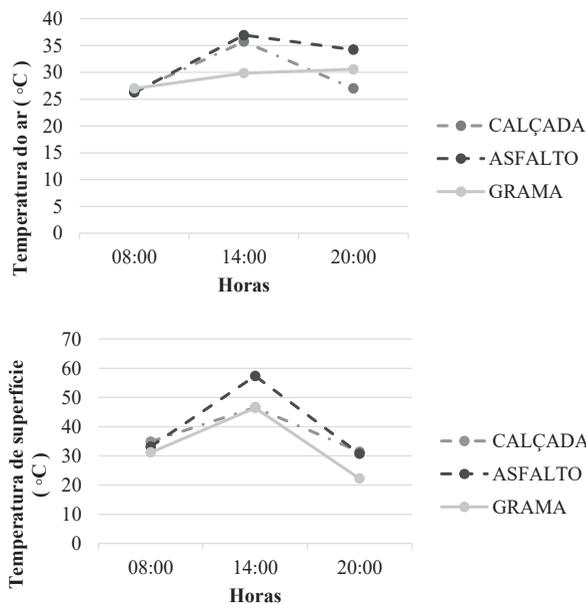
Para avaliar a utilização da estatística paramétrica ou não-paramétrica, aplicou-se ao conjunto de dados o teste de Shapiro-Wilk, constatando-se a não normalidade dos dados (p -valor $<0,05$). Assim para avaliar a sazonalidade utilizou-se o teste Mann-Whitney, e para a diferença entre as superfícies fez-se análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis.

3 Resultados e Discussão

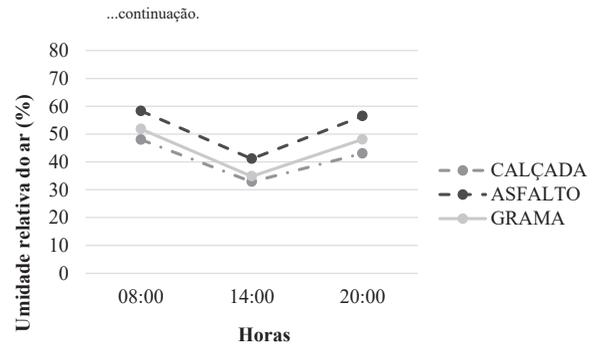
De forma a justificar a análise sazonal realizada, fez-se teste T para as variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar, para os períodos quente/seco e quente/úmido, verificando a ocorrência de diferença significativa (p -valor $<0,05$) para ambas as variáveis.

Observando as médias encontradas durante ao levantamento de dados, no período quente/seco ocorreram temperaturas elevadas, baixa umidade e grande variação da temperatura de superfície entre as diferentes coberturas de solo (Figura 3).

Figura 3 - Valores médios de temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura de superfície no período quente/seco para o entorno da Arena Pantanal



Continua....



Fonte: Dados da pesquisa

Ocorreram neste horário médias de temperatura do ar de 29,86 °C nas áreas gramadas, 35,73 °C em áreas calçadas e 36,9 °C nas áreas asfaltadas, local onde se localiza o estacionamento. Observa-se em uma análise comparativa que as maiores temperaturas do ar ocorreram no período vespertino, assim como nos estudos realizados por Hillesheim (2021) que encontrou resultado semelhante no Parque das Águas para cidade de Cuiabá.

É possível perceber ainda, que as maiores temperaturas do ar estão relacionadas aos locais em que a superfície do solo é coberta por materiais artificiais como o cimento e asfalto, pois este tipo de material possui como característica grande capacidade térmica. Nestas áreas foram registradas no período vespertino temperatura do ar 20% maior comparado aos locais com áreas gramadas.

A temperatura de superfície das áreas impermeabilizadas, asfaltadas e calçadas também se mostraram superiores em relação as áreas permeáveis, gramadas. As superfícies asfaltadas do estacionamento tiveram a maior variação de temperatura de superfície ao longo do dia, registrando o maior valor no período vespertino 57,33 °C e a menor valor no período noturno 30,70 °C, resultando em uma variação térmica de 26,63 °C.

Em relação à temperatura de superfície dos materiais Branco (2009), concluiu em seu estudo que o asfalto possui as maiores temperaturas, principalmente no período vespertino e que os materiais existentes sob as árvores apresentaram as menores temperaturas de superfície.

No período noturno ocorreram as menores médias de temperatura de superfície para os três revestimentos comparados, 22,23 °C nas áreas gramadas, 31,40 °C em áreas calçadas e 30,70 °C nas áreas asfaltadas. Sabendo que neste horário do dia não há mais a presença de radiação solar os materiais que revestem o solo já iniciaram o processo de dissipação da energia armazenada durante o dia.

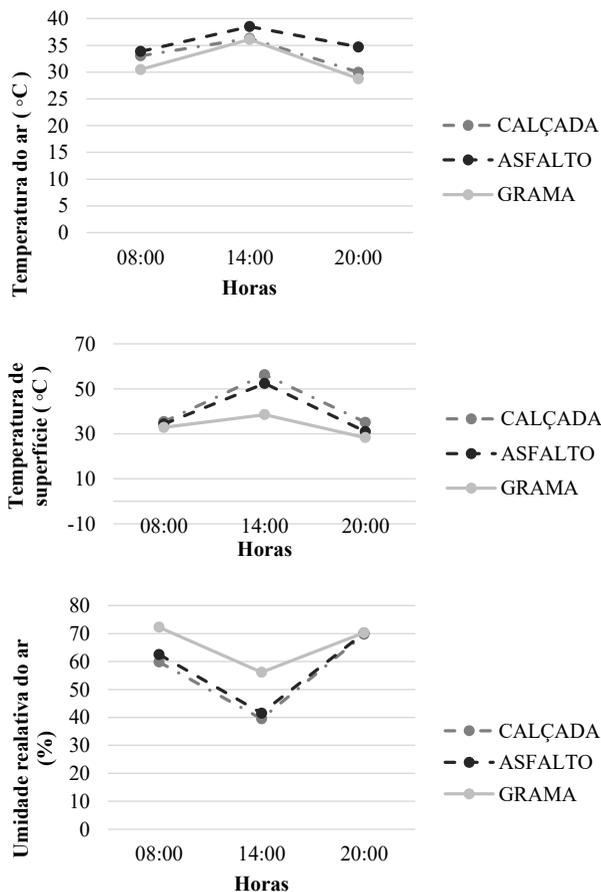
A umidade relativa do ar registrou os maiores valores no período matutino e menores valores no período vespertino, apresentando 58,3% e 32,8% respectivamente, notando-se que seu decréscimo está diretamente ligado ao aumento da temperatura do ar, o mesmo foi observado por Novais et al (2017) para a cidade de Várzea Grande – MT, cidade que conurba a capital Cuiabá-MT.

Percebe-se também que as áreas calçadas, espaço

totalmente impermeabilizado e com ausência de vegetação, foram registrados os menores valores de umidade relativa do ar nos três horários do dia em que os dados foram coletados. Percebe-se pela Figura 2 que as áreas vegetadas no entorno da arena estão mais próximas a área asfaltada, podendo justificar a ocorrência na área calçada de menor umidade relativa.

Ocorreu no período quente e úmido, verão no hemisfério Sul, os maiores valores de temperatura do ar, alta umidade relativa do ar e grande variação da temperatura de superfície entre os diferentes tipos de revestimento do solo (Figura 4).

Figura 4 - Valores médios de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) para os tipos de superfície no período quente/úmido para o entorno da Arena Pantanal



Fonte: Dados da pesquisa.

Em análise das médias de temperaturas do ar observou-se que o período noturno apresentou a menor média e o período vespertino a maior média, de 28,7 °C e 38,5 °C respectivamente. É possível observar ainda, que as maiores médias de temperaturas do ar estão relacionadas onde a superfície do solo é coberta por asfalto nos três horários do dia, registrando temperaturas do ar no período noturno 5,9 °C mais alta em relação as superfícies gramadas.

A temperatura de superfície das áreas calçadas se mostrou superiores em relação as áreas gramadas e asfaltadas nos três horários do dia, registrando a maior média as 14:00h e a menor as 20:00h, valores obtidos 56,27 °C e 35,1 °C respectivamente. As menores médias de temperatura de

superfície foram apresentadas no período noturno, 28,30 °C nas áreas gramadas, 35,1 °C em áreas calçadas e 31°C nas áreas asfaltadas.

Em relação a umidade relativa do ar no período matutino registrou-se a maior média de 72,3%, notando-se que nas áreas gramadas as médias de umidade relativa do ar são superiores as áreas a em que superfície do solo é coberta por materiais artificiais, como o cimento e asfalto. Como observado por Joaquim *et al.* (2018), em seu estudo para cidade de Cuiabá-MT encontraram variação de 16,59% de umidade relativa do ar das áreas vegetadas em relação as áreas pavimentadas.

No período vespertino ocorreram as menores médias de umidade relativa do ar, as áreas gramadas apresentaram uma diferença de 16,6% para as áreas calçadas e 14,5% para áreas com asfaltadas.

No período quente e úmido ocorrem os maiores valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar em relação a estação quente e seca. Em comparação da médias máximas de temperatura do ar obtidas o período quente e úmido apresenta uma diferença para mais de 5,90 °C no horário da manhã, 2,81 °C no horário da tarde e 0,55°C para a noite.

Souza (2016) encontrou em seu estudo sobre a relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em Cuiabá que a temperatura do ar no período quente seco possui maiores valores entre às 8h e 18h, nos demais horários o período quente-úmido apresenta valores superiores chegando a diferenças de até 2 °C entre os dois períodos.

No que diz respeito a umidade relativa do ar o período quente e úmido apresenta uma diferença para mais de 12,19% no horário da manhã, 9,50% no horário da tarde e 20,89% para a noite, sendo o horário noturno que apresenta maior variação em relação ao período quente e seco.

Em relação a temperatura de superfície as áreas gramadas apresentam os menores valores para ambos os períodos, quente e seco e quente e úmido, com média de 33,25 °C para as áreas gramadas, 39,81 °C para áreas asfaltadas e 39,92 °C para as áreas calçadas.

Apesar das diferenças encontradas, ao se fazer a análise de variância pelo teste de Kruskal-Wallis, não ocorreu diferença estatística significativa para temperatura do ar entre os 3 tipos de cobertura, podendo ser justificado pelas áreas abertas e próximas entre si. Porém ao se fazer o mesmo teste para umidade relativa do ar encontrou-se diferença estatística entre a área de calçada e asfaltada, justificado pela presença de vegetação e de uma lagoa, vide Figura 2, no entorno próximo a região asfaltada.

E possível identificar que nas áreas gramadas as temperaturas do ar são mais baixas, umidade relativa do ar mais alta e temperatura de superfície mais baixas, já os locais com superfície do solo impermeabilizada por calçadas cimentícias apresentam os piores valores para as variáveis coletadas, altas temperaturas do ar, os menores valores relacionados a umidade relativa do ar e altas temperaturas de superfície.

Conclusão

Encontrou-se sazonalidade nas medidas, ocorrendo no período quente e úmido as maiores temperaturas do ar e umidades relativas do ar quando comparados com a estação quente e seca, sendo 5,90 °C maior no horário da manhã, 2,81 °C no horário da tarde e 0,55°C para a noite.

No que diz respeito a umidade relativa do ar ocorre no período quente e úmido umidade relativa 12,19% maior no horário da manhã, 9,50% no horário da tarde e 20,89% para a noite, sendo no horário noturno a maior variação em relação ao período quente e seco.

Apesar da variável temperatura do ar não diferir estatisticamente, é possível identificar que nas áreas gramadas as temperaturas do ar são mais baixas, umidade relativa do ar mais alta e temperatura de superfície mais baixas, já os locais com superfície do solo impermeabilizada por calçadas cimentícias apresentaram os piores valores para as variáveis coletadas, altas temperaturas do ar, os menores valores relacionados umidade relativa do ar e altas temperaturas de superfície. Reforça-se dessa maneira a importância de se levar em conta os materiais de construção, uma vez que estes têm influência direta no microclima local e no conforto térmico dos usuários que frequentam os arredores da arena Pantanal. Salienta-se também a importância da presença de vegetação destes lugares, uma vez que geram sombra, aumentam a umidade relativa, diminuem a temperatura e embelezam este cenário de lazer dos municípios.

Referências

ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

AMORIM, M.C.C.T. Climatologia e gestão do espaço urbano. *Mercator*, v.9, n.1, p.71-90, 2010. doi: 10.4215/RM2010.0901.0005

BRANCO, C.L.M. B. Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília: o caso da Superquadra 108 Sul. Brasília: UnB, 2009.

HILLESHEIM, A.C. Proposta de adequação ao conforto térmico do usuário do Parque das Águas em Cuiabá-MT com o acréscimo de vegetação. Cuiabá: Unic, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: < http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64529_cap6.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

JOAQUIM, T.D.'O. et al. Thermo-hygro-metric modeling using ENVI-met® software to an urban park in Cuiabá–Brazil. *Ciênc. Nat.*, v.40, p. e37, 2018. doi: 10.5902/2179460X29510

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

LAMBERTS, R.; DUARTE, V.C.P.; Desempenho térmico de edificações. Florianópolis: LABEE, 2016.

MALAGUERRA, R.I.P. et al. Conforto térmico exterior em zonas urbanas: contributos de levantamentos expeditos na pré-avaliação de ações. Combras: Universidade de Coimbra, 2021.

NOVAIS, J.W.Z. et al. A melhoria climática e conforto térmico proporcionado pela arborização em uma escola estadual em Várzea Grande–MT. *Rev Soc. Bras. Arborização Urbana*, v.12, n. 3, p. 1-14, 2017. doi: 10.5380/revsbau.v12i3.63546

OKE, T.R. *Boundary layer climates*. London: Methuen, 1978.

SOUZA, N.S. Análise da relação da radiação solar na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá–MT. Cuiabá: UFMT, 2016.