

Análise de frequência de eventos extremos de temperatura do ar em centro urbano no cerrado brasileiro

Rafaela Ferreira Rosso

Mestranda, UNIVAG, Brasil.
arq.rossorafaela@gmail.com

Priscilla Tábida Silva Enoré

Mestranda, UNIVAG, Brasil.
prienore0@gmail.com

Natallia Sanches e Souza

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

Diana Carolina de Paula

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

RESUMO

O aumento da temperatura do ar média do planeta nos últimos anos, influenciam o padrão dos fenômenos naturais climáticos, com níveis fora do padrão normal, com a ocorrência de secas prolongadas, chuvas torrenciais e ondas de calor. Devido à crise climática os eventos extremos tornaram-se cada vez mais frequentes e de maior intensidade. Tendo isso em vista, este artigo teve como objetivo analisar a frequência de ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar dentre os anos de 2003 a 2023 em Cuiabá-MT-Brasil, além de compreender a relação desses eventos extremos de ondas de calor as ocorrências e intensidade de eventos ENOS. Para tal foram analisados os eventos extremos a partir de dados de temperatura do ar máxima diária durante o período de 01 de janeiro de 2003 a 31 de outubro de 2023 obtidos pela estação automatizada do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Cuiabá - MT (CÓDA907), e dados de ONI (Oceanic Niño Index). Os resultados demonstraram um aumento expressivo de 86% de ocorrência de eventos extremos em 2020, em relação a 2007 ano com menor número de ocorrências. Sendo assim, é de extrema relevância que assuntos como emergência climática, mudanças climáticas, resiliência climática passem a ser discutidos como meio de políticas públicas, evitando que estes aumentos se agravem ainda mais em frequência e/ou intensidade.

PALAVRAS-CHAVE: Eventos Extremos. ENOS. Emergência Climática.

1 INTRODUÇÃO

Tratar de mudanças climáticas e aquecimento global, e com eles suas consequências como: ondas de frio e calor, enchentes, chuvas torrenciais, tem se tornado um dos principais desafios do século. De acordo com o Observatório de Clima e Saúde (2022), os eventos climáticos e meteorológicos extremos, geralmente são classificados como de origem hidrológica, geológica ou geofísica, meteorológicos e climatológicos, sendo que para a última classificação engloba-se estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e calor.

Ademais, segundo Araújo (2012), diversos cientistas atribuem a frequência de ocorrência desses eventos ao próprio processo de aquecimento global, que acaba por potencializar as fases de eventos de ENOS – El Niño Oscilação Sul. Sendo que os eventos ENOS se caracterizam por serem variações ou anomalias térmicas na superfície do oceano do Pacífico Equatorial (CPTEC/INPE, 2023; SUN et al., 2023).

Segundo a Organização das Nações Unidas - ONU (2020) os eventos climáticos extremos aumentaram significativamente em sua frequência, intensidade e gravidade, sendo assim necessárias medidas para conter o aquecimento urbano (WANG et al., 2022). A Adapta Clima (2023), plataforma do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, salienta que grande parte das cidades brasileiras apresentam problemas socioambientais relacionados ao seu padrão de desenvolvimento e as transformações do espaço, como: alta densidade demográfica, escassez de áreas verdes e a impermeabilização do solo, que acabam por influenciar no aumento de ondas de calor.

Cuiabá-MT-Brasil, objeto de estudo desta pesquisa, assim como diversas cidades brasileiras, vive o dilema e consequências de sua rápida expansão urbana, atribuída a uma forte influência de especulação imobiliária, tornando-se ambientalmente desfavorável sua área urbana, suprimindo suas áreas verdes, que hoje já não refletem o título que tinha de “Cidade Verde”. Ademais, naturalmente, dada sua localização: depressão cuiabana, Cuiabá, já

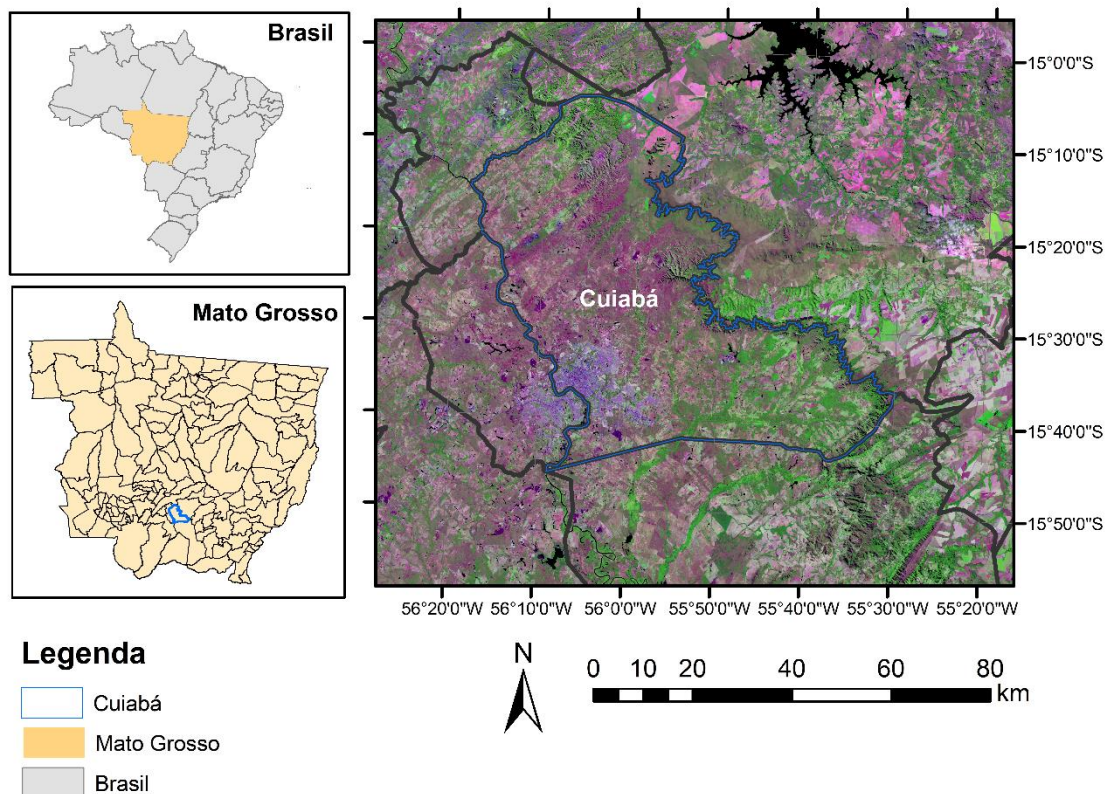
apresentava um rigor climático com altas temperaturas e baixas umidade relativa, sendo comumente considerada a cidade mais quente.

Sendo assim, este artigo surge com o objetivo geral de analisar a frequência de ocorrência de eventos extremos de temperatura do ar dentre os anos de 2003 a 2023 em Cuiabá-MT-Brasil, além de compreender a relação desses eventos extremos de ondas de calor as ocorrências e intensidade de eventos ENOS.

2 ÁREA DE ESTUDO

Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, se localiza na região sul do estado, com área total de 4 327,45 km² e altitude de 165 m, em uma região denominada de “depressão cuiabana” (SOUZA, 2019) (figura 1).

Figura 1 - Mapa do Brasil, com destaque para Mato Grosso, Cuiabá



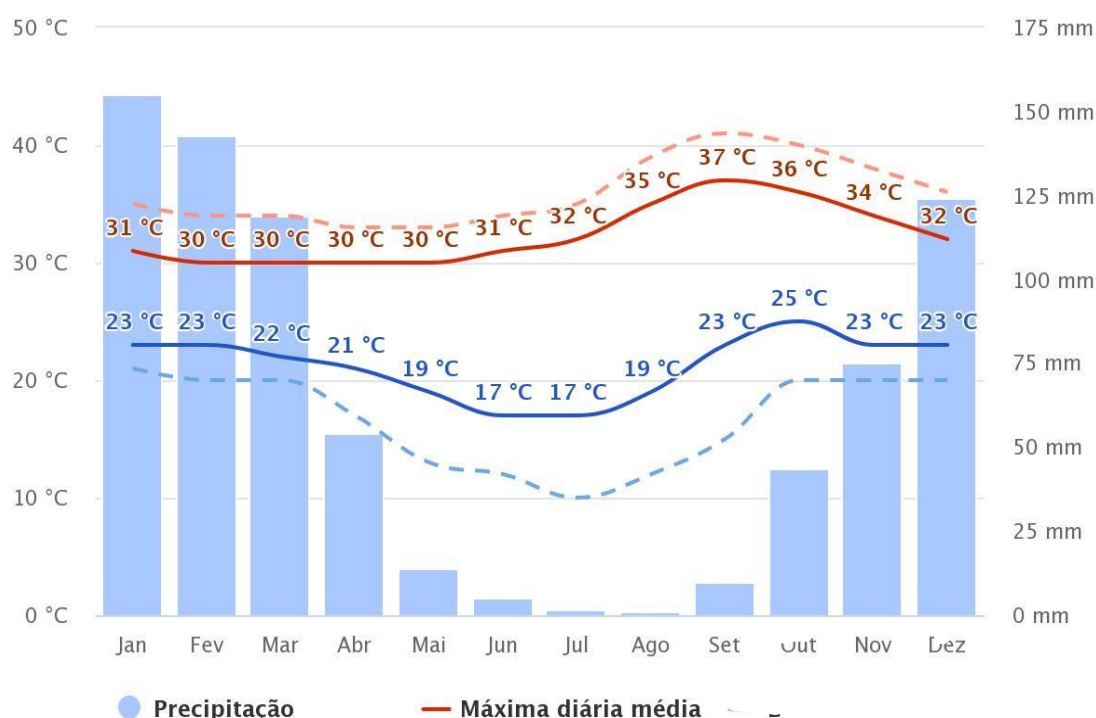
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Com uma população de 650.912 hab e uma densidade habitacional de 150,4 hab/km² (IBGE, 2022), Cuiabá se divide em quatro regiões administrativas (Oeste, Norte, Leste e Sul, com aproximadamente sua área urbana ocupando menos de 10% de sua área total (ROCHA et al., 2017). Apesar de se encontrar em uma depressão, é formada também por algumas planícies

aluviais dos rios Cuiabá, Pari, Coxipó, Aricá-Açu, entre outros (DANTAS et al., 2005). Tendo sua hidrografia composta também por diversos córregos como: Moinho, Barbado, Prainha e Salgadeira. O bioma predominante é o Cerrado com matas mais densas próximas aos cursos d'água (CALLEJAS, 2012).

Considerando sua classificação climática, Cuiabá é de clima tropical semi-úmido, tipo Aw, sendo que 'A' significa que as temperaturas médias mensais durante todo o ano são superiores a 18 °C e que em pelo menos um dos meses do ano há precipitação média total inferior a 60 mm, enquanto o subtipo 'w' determina ocorrência de chuvas no verão (KÖPPEN-GEIGER, 1928), indicando dois períodos bem definidos, período quente-seco (QS) entre maio e setembro e o período quente-úmido (QU) entre outubro a abril (MAITELLI, 1994) (figura 2).

Figura 2 – Mínimas e máximas médias diárias das temperaturas do ar e média mensais das precipitações de 1993 a 2023



Fonte: Meteoblue, adaptado pelas autoras, 2023.

Percebe-se uma maior concentração de chuvas durante o período entre outubro e abril, enquanto nos demais meses (maio-setembro) a precipitação não ultrapassa os 25mm, sendo este mesmo período a ocorrência das maiores mínimas e máximas temperatura.

A precipitação acumulada anual fica em torno de 1500mm/ano (SOUZA, 2019; SAMPAIO, 2006), sendo janeiro o mês com maior precipitação. Nos meses de menor precipitação a umidade relativa do ar atinge valores de aproximadamente 55%, por vezes marcando 15% em casos extremos, e no verão atingindo 80%. Com relação às temperaturas, nos meses de outubro a março a média mensal é 27 °C, enquanto nos meses mais frios, junho e julho é 22 °C, porém frequentemente as temperaturas ultrapassam os 40 °C.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como pressuposto a relação entre os eventos extremos de temperatura do ar e os eventos ENOS, além da relação da própria urbanização com o advento e aumento das ondas de calor em sua frequência e intensidade. Sendo assim, para os estudos de eventos extremos foram obtidos dados meteorológicos provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Código A901 - 15°33'S/56°03'O) localizada na 13ª Brigada de Infantaria Motorizada em área urbana de Cuiabá-MT.

Os dados de temperatura do ar máxima diária foram analisados durante o período de 20 anos de 01 de janeiro de 2003 a 31 de outubro de 2023, totalizando 7609 dias de observação. Entretanto, os dados apresentaram algumas falhas, que não foram consideradas nas análises (quadro 1).

Quadro 1 – Dias com falhas ocorridas durante no período janeiro de 2003 a outubro de 2023

Quantidade de dias com falhas no intervalo de 20 anos (2003-2023)	
Período quente e seco	Período quente e úmido
424 dias	446 dias

Desconsideradas as falhas, a análise de eventos extremos parte primeiramente de compreender qual a temperatura do ar máxima que seria limítrofe para classificar como evento extremo, sendo assim, foi realizado o percentil 90 (PETSCH, AMARAL, SANCHES, 2023). Com isso, foi encontrado o valor de 37,4°C, sendo assim, dados superiores a 37,4°C, nesta pesquisa, foram considerados como eventos extremos.

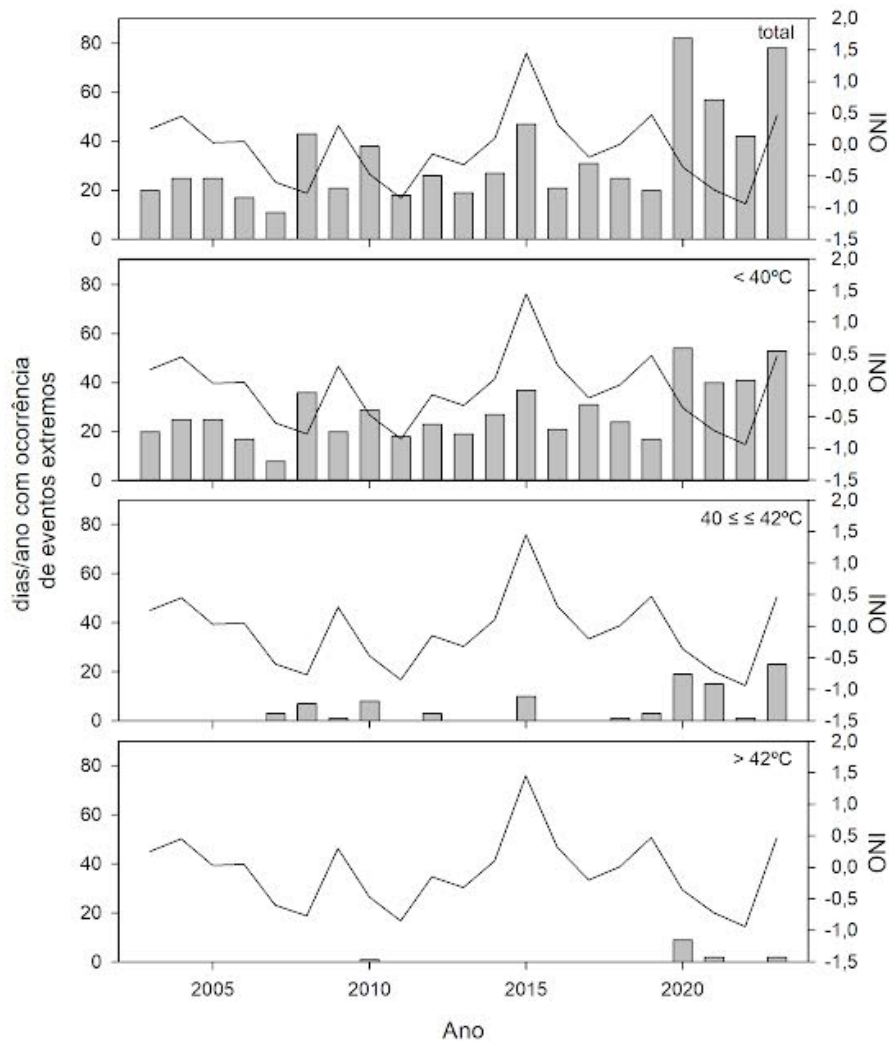
Com relação aos eventos ENOS (El Niño e La Niña), foram obtidos e analisados por meio do valor do indicador ONI (Oceanic Niño Index), que considera como El Niño valores de 0,50 ou superior, e considera como La Niña quando os valores são iguais ou menores a -0,50 (LINDSEY, 2009). Ressaltamos que para esta pesquisa foram considerados os valores de ONI médio anual obtidos por meio da plataforma *Climate Prediction Center*¹ (CPC) da *National Weather Service*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se na figura 3 uma grande influência do El Niño, obtendo valor médio anual de ONI de intensidade forte (1,5), maior valor obtido para o período entre 2003 e 2023. Ressaltando que estes valores considerados são a média do ano, observa-se La Niña no ano de 2022 porém com valor de intensidade moderada (0,50).

¹ *Climate Prediction Center* - https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Figura 3 – Dias/ano com ocorrências de eventos extremos e suas intensidades. A linha preta demarca os valores médios anuais de ONI.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Com relação aos valores de eventos extremos, percebe-se que em suma maioria ficam entre valores de 37,4°C e 40°C, porém é possível perceber um aquecimento, sendo nos últimos três anos registrados eventos acima de 42°C. Desde 2020 os valores de intensidade, assim como a frequência de ocorrência de eventos extremos em Cuiabá-MT duplicaram em relação a sua tendência anterior.

Este aumento expressivo no ano de 2020, em torno de 76% em relação ao ano anterior, está relacionado com o aumento das queimadas no bioma Pantanal, na proximidade de Cuiabá. Segundo Instituto Centro de Vida (2020) entre janeiro e agosto de 2020, Cuiabá já registrava um aumento de 7% nos focos de calor em relação ao ano de 2019.

Conforme observado, durante os anos de 2021 e 2022, a quantidade de ocorrências de eventos extremos foram elevadas atingindo valores de 57 e 42 ocorrências respectivamente.

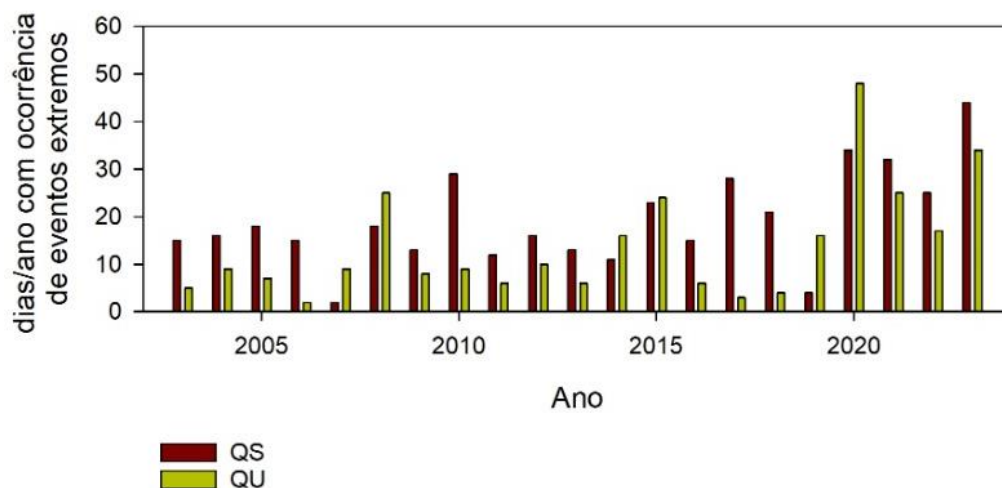
Porém ressalta-se que 2023 já apresenta ocorrência de 78 dias, sendo que nesta pesquisa somente foi analisado até a data de 31 de outubro (dia juliano 304), tendo assim 25% dos dias com ocorrência de eventos extremos.

Apesar dos valores de ONI serem apresentados como média anual, observando a partir dos valores da plataforma *Climate Prediction Center*² (CPC) da *National Weather Service* (CPTEC, 2023), desde os meses de junho-julho-agosto, Cuiabá está sobre efeitos do El Niño, com valores em torno de 0,92. Ademais Cuiabá também registra baixo índice pluviométrico favorecendo também o aumento de índices de queimadas e calor retido (INPE, INMET, ANA E CENAD, 2023). Segundo Guimarães e Reis (2012) Cuiabá sob efeito de El Niño passa a apresentar uma anomalia térmica de aproximadamente 0,6°C.

Considerando o ano de menor ocorrência de eventos extremos, 2007 com apenas 11 ocorrências, destaca-se que neste ano esteve sobre influência de La Niña, em que as águas do Oceano Pacífico Equatorial estão mais frias e por consequência há quedas nas temperaturas (INMET, 2023).

Considerando os períodos climáticos QS e QU, observa-se que há uma variação irregular entre as ocorrências por período e ano.

Figura 4 - Dias/ano com ocorrências de eventos extremos nos períodos quente-seco (QS) e quente-úmido (QU).



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Ao considerarmos as quantidades totais dos 20 anos analisados observa-se que o período QS apresenta 30% a mais de ocorrências que o período QU, sendo os meses de agosto e setembro com maior número de ocorrências, meses estes de maior registro de baixa umidade e queimadas na região.

Nos anos de 2016 e 2017 observa-se que o período QS representa em torno de 80% das ocorrências de evento extremo, enquanto no ano de 2019 e 2020 há uma inversão onde o período QU passa a representar maioria das ocorrências de evento extremo. Apesar do

² *Climate Prediction Center* - https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

comportamento ser variável em relação aos anos e períodos é nítido de observar que Cuiabá-MT sofre um aumento expressivo na intensidade e frequência de eventos extremos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cuiabá-MT dada sua localidade e classificação climática já apresenta um rigor climático comparado a outras localidades, porém esta pesquisa apresentou o aumento expressivo de intensidade e frequência de eventos extremos, demonstrando que desde 2019/2020 houve um aumento aproximado de 60% em relação aos anos anteriores. A análise dos períodos QS e QU demonstrou que o período QS apresenta maior ocorrência de eventos extremos, dada a relação com as queimadas do Pantanal (proximidade do local de estudo) e a baixa umidade relativa da época.

Conclui-se que a metodologia utilizada nesta pesquisa demonstra relação dos eventos ENOS com a frequência e intensidade dos eventos extremos em Cuiabá, porém, não o suficiente que justificasse o aumento de frequência e principalmente intensidade. Sendo assim, reforça-se que o processo de urbanização, a supressão de vegetação que Cuiabá vem passando ao longo destes anos (2003-2023) devem ser fatores relevantes para este aumento. Reforça-se que é de extrema relevância que assuntos como emergência climática, mudanças climáticas, resiliência climática passem a ser discutidos como meio de políticas públicas, evitando que estes aumentos se agravem ainda mais em frequência e/ou intensidade.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo financiamento a esta pesquisa, por meio dos processos nº88887.924260/2023-00 e nº88887.924163/2023-00.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, P. H. C. **Eventos climáticos extremos: os efeitos dos fenômenos El Niño e La Nina sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, MG, 2012.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. 2012. 242f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

CPTEC, Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos, INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Condições Atuais dos Enos: Caracterização do El-Niño**. Disponível em < <http://enos.cptec.inpe.br>>. Acesso em 29 de out de 2023.

DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. SCISLEWSKI, G. THOMÉ FILHO, J. J.; ROCHA, G. A.; CASTRO JUNIOR, P. R.; SALOMÃO, F. X. T. **Diagnóstico geoambiental da região de Cuiabá/Várzea Grande e entorno (MT)**. Repositório Institucional de Geociências, 2005. Disponível em < http://dspace.cprm.gov.br/bitstream/doc/643/1/SIG_CBG_resumo_exp.pdf>. Acesso em 12 de nov de 2023.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho do homem**. 4. ed. Porto Alegre, 1998.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. **Impactos do Fenômeno Enos Sobre a Temperatura no Brasil**. Revista Espinhaço, v 1 n1 p. 34-40, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados (2022)**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/cuiaba.html>>. Acesso em 12 de nov de 2023.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Fenômeno La Niña chega ao fim após três anos de duração**. 2023. Disponível em <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/fen%C3%B4meno-la-ni%C3%B1a-chega-ao-fim-ap%C3%B3s-tr%C3%AAs-anos-de-dura%C3%A7%C3%A3o>>. Acesso em 29 de nov de 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Programa Queimadas. **Situação Atual**. 2021. Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/situacao_atual/>. Acesso em 18 de nov de 2023.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Estação de Cuiabá – Climatologia Local**. Disponível em <http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/cuiaba_clima.html>. Acesso em 13 de nov de 2023.

INPE; INMET; ANA; CENAD. **Boletim Mensal nº 01 – Painel El Niño 2023-2024**. 2023. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/El-Ni%C3%B1o-2023_boletim-setembro.pdf>. Acesso em 19 de nov de 2023.

INSITUTO CENTRO DE VIDA - ICV. **Caracterização das áreas atingidas por incêndios em Mato Grosso**. 2020. Disponível em <<https://www.icv.org.br/website/wp-content/uploads/2020/09/caracterizacao-das-areas-atingidas-por-incendios-mt.pdf>>. Acesso em 20 de nov de 2023.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; WYKON, D. P.; LIAN, Z. **Effects of thermal discomfort in the office on perceived air quality, SBS symptoms, physiological responses, and human performance**. *Indoor air*, V. 21, nº 5, 2011. Disponível em <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21306437/>>. Acesso em 15 de nov 2023.

LINDSEY, R. **Variabilidade Climática: Índice de Niño Oceânico**. 2009. Disponível em <<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-nino-index>>. Acesso em 28 de nov de 2023.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. Tese (Doutorado) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA – Adapta CLIMA. **Cidades no Contexto da Mudança do Clima**. 2023. Disponível em <<http://adaptaclima.mma.gov.br/cidades-no-contexto-da-mudanca-do-clima>>. Acesso em 28 de nov de 2023.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Eventos climáticos extremos aumentam em frequência; relatório pede ação precoce**. 2020. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/95478-eventos-clim%C3%A1ticos-extremos-aumentam-em-freque%C3%Aancia-relat%C3%B3rio-pede-a%C3%A7%C3%A3o-precoce>>. Acesso em 19 de nov de 2023.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. **Análises da NASA e da NOAA revelam temperaturas recordes de aquecimento global em 2015**. 2016. Disponível em <<https://www.nasa.gov/news-release/nasa-noaa-analyses-reveal-record-shattering-global-warm-temperatures-in-2015/>>. Acesso em 18 de nov de 2023.

OBSERVATÓRIO DE CLIMA E SAÚDE. **Temas e Indicadores**. Disponível em <<https://climaesaude.iciict.fiocruz.br/eventos-extremos-0#:~:text=Os%20eventos%20clim%C3%A1ticos%20e%20meteorol%C3%B3gicos%20extremos%2C%20geralmente%2C%20s%C3%A3o,geadas%20e%20ondas%20de%20frio%20e%20de%20calor%29.>>>. Acesso em 15 de nov de 2023.

OMS – Organização Mundial da Saúde; OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. **Novas Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica**. 2021. Disponível em <<https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da>>. Acesso em 16 de nov de 2023.

PETSCH, C.; AMARAL, E. C.; SANCHES, F. O. **Eventos extremos de precipitação e sua relação com a erosão na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria (RS)**. *Revista Brasileira de Climatologia*. Dourados, 2023.

ROCHA, A. F.; PAULA, D. C. J.; SOUZA, N. S.; SILVA, P. C. B. S.; MIRANDA, S. A.; ZAMADEI, T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, N. G.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.4, p.246-257, dez/2015.

SAMPAIO, M. M. A. **Análise do desempenho térmico e lumínico de habitações populares em Cuiabá-MT.** Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

SOUZA, N. S. **Análise de Anomalias Térmicas em Função da Geometria Urbana em Cuiabá-MT.** Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

SUN, Q.; ZWIERS, F.; ZHANG, X.; TAN, Y. **The effect of greenhouse gas induced warming on the impact of El Niño and La Niña events on daily precipitation extremes in the boreal cold season.** *Journal of Climate*, 1-40, 2023.

WANG, M.; LI, L.; HOU, C.; GUO, X.; FU, X. **Building and Health: Mapping the Knowledge Development of Sick Building Syndrome.** *Buildings*, v. 287, 2022. Disponível em <<https://www.mdpi.com/2075-5309/12/3/287>>. Acesso em 19 de nov de 2023.