

ANÁLISE DA VARIABILIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÃO CHUVOSA DE PALMAS – TO (1995-2020)

Vinicius Cirqueira dos Santos ¹

Roberta Araújo e Silva ²

Girlene Figueiredo Maciel ³

Pedro Henrique da Conceição Silva ⁴

Mudanças Climáticas

Resumo

O objetivo deste estudo é investigar as tendências anuais e mensais da precipitação da estação chuvosa de Palmas - TO, para o período de 1995 a 2020. A análise de tendência foi obtida através de dois testes estatísticos não paramétricos, o teste de Mann-Kendall e o estimador de declividade de Sen. Os resultados da análise anual indicaram que a precipitação na estação chuvosa do município está diminuindo, apresentando decréscimo de 13 mm/ano, assim podendo-se estimar uma redução de 337,1 mm em 26 anos. Referente a análise mensal, foram identificadas tendências de decréscimo da precipitação para os meses de outubro, novembro, dezembro e março, sendo o mês de novembro o único a apresentar tendência significativamente estatística para nível de significância de 95%, apresentando um decréscimo de precipitação de 5,5 mm/ano podendo-se estimar uma redução de 144,4 mm nos 26 anos da série em estudo. Os demais meses da estação chuvosa (janeiro, fevereiro e abril) apresentaram tendência de acréscimo de precipitação, porém sem significância estatística, sendo o mês de janeiro o titular da maior magnitude de acréscimo observada, 3,1 mm/ano ou 81,5 mm estimados para o período de 26 anos, indicando uma possível redução do tamanho da estação chuvosa e aumento da ocorrência de eventos severos. A diminuição da precipitação anual da estação chuvosa encontrada neste trabalho evidencia as mudanças climáticas no contexto do bioma Cerrado, que além de correlatas à eventos atmosféricos, relacionam-se com ações antrópicas, possivelmente destacando-se o desmatamento.

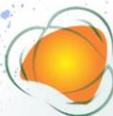
Palavras-chave: Estação chuvosa; Mann-Kendall; Inclinação de Sen.

¹Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, vinicius.cirqueira@mail.uft.edu.br

²Meteorologista, Doutora em Meteorologia, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, roberta.as@uft.edu.br

³Professor, Doutor em Recursos Naturais, Universidade Federal do Tocantins, Laboratório de Meteorologia e Climatologia, maciel@mail.uft.edu.br

⁴Professor, Mestre em Ciências, Inovação e Tecnologia para o Amazonas, Instituto Federal Goiano, pedro.conceicao@ifgoiano.edu.br



INTRODUÇÃO

A precipitação é reconhecida por muitos pesquisadores como a variável climatológica mais importante na região tropical (MORAES et al., 2005). Seu entendimento permite a definição da potencialidade hídrica superficial e subterrânea, recaindo sobre a disponibilidade de água disponível para a sociedade (SILVA e FERREIRA, 2011).

Em âmbito social, Júnior et al. (2021), apontaram em seu estudo que o aumento do acumulado de precipitação pode intensificar condições de vulnerabilidade socioambiental na sociedade, principalmente em regiões periféricas sujeitas ao regime de cheias como de rios e lagunas, ou áreas localizadas em depressões e encostas, enquanto a escassez de precipitação pode culminar no aumento de incêndios urbanos e queimadas.

Quanto à qualidade da água e a vazão hídrica, o regime de precipitação pode proporcionar uma mudança substancial, posto que dependendo do total precipitado causa o carreamento de material alóctone para corpos hídricos, diminuição ou aumento do tempo de retenção hidráulico, alteração nas concentrações de compostos químicos na coluna d'água, entre outros, possibilitando o assoreamento de corpos hídricos (MARQUES, 2011).

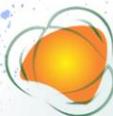
O atual cenário climático do país segue a mesma tendência de aquecimento global, onde se verificam as mudanças mais significativas no aumento de temperatura, alterações nos padrões de chuvas e modificações na distribuição e frequência de eventos extremos, que vem crescendo nos últimos anos e acabam favorecendo desastres naturais, como secas severas ou inundações (SILVA et al., 2016; COSTA et al., 2015).

Concomitantemente, é observável uma tendência de aumento do interesse da comunidade científica, da sociedade em geral e dos gestores por assuntos relacionados ao clima, bem como possíveis variabilidades e mudanças, devido à crescente onda de eventos extremos e seus impactos sobre o meio biótico (SENA e LUCENA, 2013).

O conhecimento sobre a variabilidade espacial e temporal da precipitação é crucial, com vista a delimitação de ações que intencionem a minimização da escassez hídrica, uma vez que há influência direta da precipitação sobre as plantas, animais, solos, entre outros. Tal conhecimento pode ser obtido pela análise de séries temporais, avaliando

Realização

Apoio



comportamentos passados para estabelecer tendências futuras (SILVA e FERREIRA, 2011; COSTA et al.,2015).

A cidade de Palmas – TO, localizada no centro do país, e desde o ano de 2001 margeada pelo reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE Lajeado), está inteiramente inserida no bioma Cerrado. Esse bioma é conhecido como berço das águas do Brasil e como a caixa-de-água do Brasil, tanto por ser divisor de águas das maiores redes hidrográficas do país tanto pela sua fundamental importância na contribuição para a recarga das águas subterrâneas (MARQUES, 2011; ROCHA e NASCIMENTO, 2021). Tendo em vista o bioma na qual está inserido o município de Palmas, a compreensão sobre o comportamento da precipitação é de considerável importância, pois recai na disponibilidade hídrica não somente em nível local ou regional, mas a nível nacional.

Perante o exposto, o presente trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade anual e mensal da precipitação da estação chuvosa de Palmas – TO, da série histórica de 1995 a 2020, através da análise estatística descritiva e identificação de tendências e magnitude, bem como suas influências sobre a disponibilidade e vulnerabilidade hídrica. Auxiliando a gestão e planejamento dos recursos hídricos.

METODOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS UTILIZADOS

O município de Palmas, capital do Estado do Tocantins, abrange uma área de 2.227,329 km² e possui uma população estimada de 313.349 habitantes (IBGE, 2021). Apresenta Plano Diretor bem definido, situando-se entre o lago formado pelo reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães e a Serra do Lajeado. Possui uma altitude média de 260 metros acima do nível do mar e apresenta todo o seu território inserido no Domínio Cerrado, apresentando clima tropical úmido com dois períodos bem definidos: a estação chuvosa e a estação seca (PIRES e VELOSO, 2019).

Para a realização desse estudo foram utilizados dados de precipitação diários, compreendendo uma série histórica de 1995 a 2020, da estação convencional pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) código 8303, estando localizada nas coordenadas geográficas 10°11'27,23" de latitude sul e 48°18'6,56" de longitude oeste de

Realização

Apoio



Greenwich (Figura 1), possuindo uma altitude de 290,7 metros acima do nível do mar.

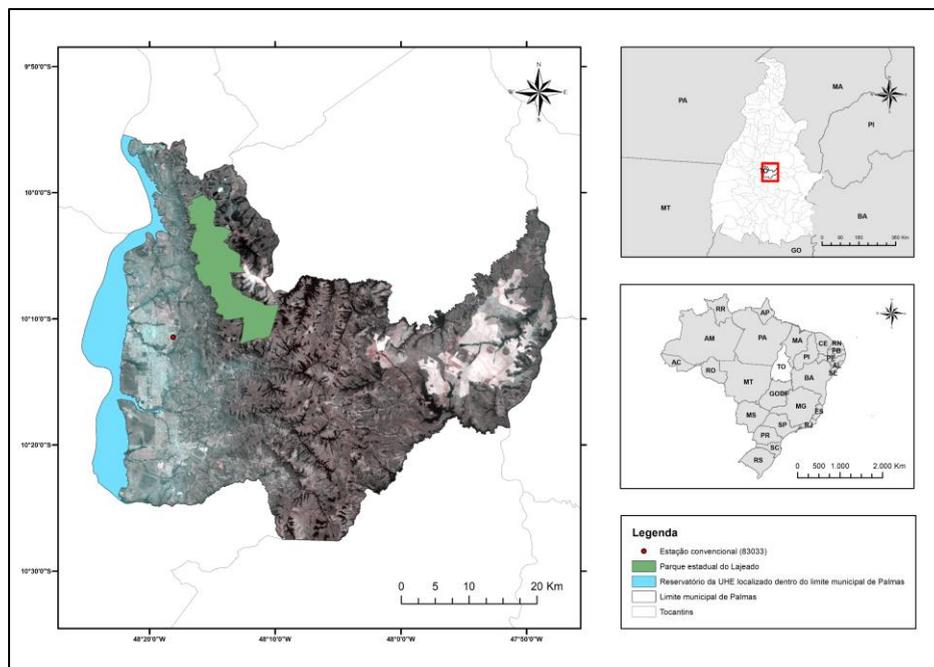


Figura 1: Área de estudo e localização da estação convencional.

CARACTERIZAÇÃO DA ESTAÇÃO CHUVOSA E TESTES ESTATÍSTICOS UTILIZADOS

Por estar inteiramente inserida dentro do bioma de cerrado, Palmas - TO tem como característica a concentração das chuvas no verão do hemisfério Sul. De acordo com Marcuzzo e Goularte (2013) e Penereiro, Martins e Beretta (2016) a estação chuvosa do município inicia-se em outubro se encerrando em abril, sendo esse intervalo o objeto de estudo do presente trabalho.

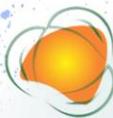
Nessa pesquisa foram utilizados dois métodos não-paramétricos para análise de tendência da precipitação total da estação chuvosa e dos meses que a compreendem: o teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) e o estimador de declive de Sen (SEN, 1968). A comparação entre os resultados desses dois métodos estatísticos permitirá a obtenção de resultados mais robustos.

TESTE DE MANN-KENDALL

O teste de Mann-Kendall (MK) é uma ferramenta estatística recomendada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) na avaliação de possíveis tendências em

Realização

Apoio



séries temporais de dados ambientais, no intuito de analisar possíveis mudanças climáticas (COSTA et al., 2015).

O teste de Mann-Kendall é calculado pelas Equações (1) e (2)

$$S = \sum_{i < j} a_{ij} \quad (1)$$

de modo que:

$$a_{ij} = \text{sinal}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } x_i < x_j \\ 0 & \text{se } x_i = x_j \\ -1 & \text{se } x_i > x_j \end{cases} \quad (2)$$

em que: considerando a estatística S, é o somatório dos sinais (sinal) da diferença, par a par, de todos os valores da série (x_i) em relação aos valores em que a ele são futuros (x_j).

Quando $n \geq 10$, a variável S pode ser comparada com uma distribuição normal, na qual a sua variância (Var(S)), pode ser obtida através da Equação (3):

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad (3)$$

em que: em que t_p representa a quantidade de repetições de uma extensão i e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p. O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

O teste estatístico parametrizado (Z_{MK}) é computado pela Equação (4). A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada usando o valor de Z_{MK} . Um valor positivo de Z_{MK} indica um aumento da tendência, quando negativa indica uma tendência decrescente. Para testar a significância da tendência crescente ou decrescente no nível de significância de p, a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto de Z for maior que $Z(1-p/2)$, obtida da tabela da distribuição normal cumulativa padrão. Será adotado o nível de significância de $\alpha = 0,05$, que corresponde respectivamente a 5%, quando a hipótese nula de não tendência é rejeitada se $|Z| > 1,96$.

Realização

Apoio



$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{se } S > 0 \\ 0; & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

ESTIMADOR DE DECLIVE DE SEN

De acordo com Silva et al. (2010), para estimar a magnitude da inclinação da tendência, através de uma estatística não paramétrica, utiliza-se o estimador de inclinação de Sen (SEN, 1968), obtido como Hirsch et al. (1993) através da estatística β (Equação 5). O estimador de tendência de Sen seleciona entre todas as linhas de inclinação formadas por cada par de pontos da amostra, aquela correspondente à inclinação mediana, assim possibilita identificar se houve, ou não, mudança de tendência e a magnitude na série.

$$\beta = \text{mediana} \left[\frac{x_j - x_i}{(j-i)} \right], \text{ para } i < j \quad (5)$$

em que: x_i e x_j representam os valores da variável em estudo nos anos i e j . O valor de β positivo indica tendência crescente e o valor negativo indica tendência decrescente, respectivamente.

O número de pares ordenados da série N , sendo o número de estimativas de inclinação, é dado pela equação (6), conforme apresentado por Tao *et al.* (2014), sendo:

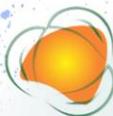
$$N = \left[\frac{n(n-1)}{2} \right] \quad (6)$$

Para determinar se a inclinação média é estatisticamente diferente de zero, deve-se calcular o intervalo de confiança de Q_{med} , sendo calculado pela equação (7), conforme utilizado por Lira *et al.* (2020) e Tao *et al.* (2014):

$$C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(S)} \quad (7)$$

Onde:

$\text{Var}(S)$ é a mesma definida pela equação (5);



$Z_{1-\alpha/2}$ é obtido através da tabela de distribuição normal padrão. O intervalo de confiança será, como mencionado anteriormente, para o nível de significância $\alpha=0,05$.

Os limites, inferior e superior, do intervalo de confiança Q_{min} (M_1) e Q_{max} (M_2) são dados pelas equações (8) e (9):

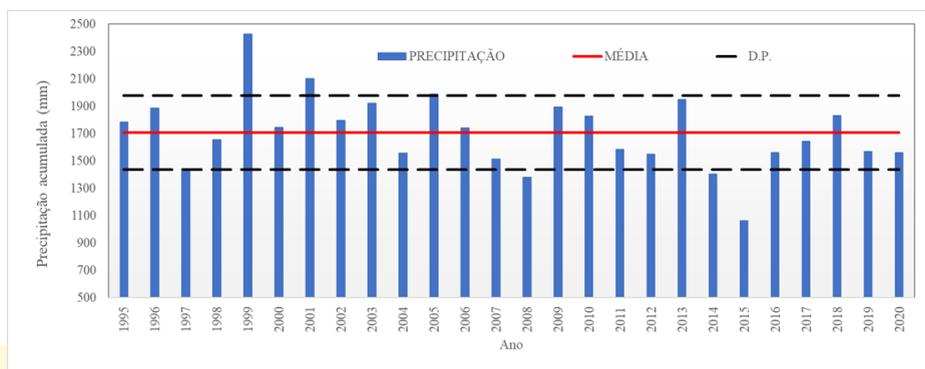
$$M_1 = \frac{(N - C_{\alpha})}{2} \quad (8)$$

$$M_2 = \frac{(N + C_{\alpha})}{2} \quad (9)$$

Desta forma, a inclinação Q_{med} é dita como estatisticamente diferente de zero se os dois limites (Q_{min} e Q_{max}) apresentarem o mesmo sinal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estação chuvosa (outubro a abril) de Palmas – TO, da série histórica de 1995-2020, apresenta precipitação média de 1.703,6 mm. Nos anos de 1999 e 2001 registrou-se, respectivamente, 2.424,8 mm e 2.100,0 mm, os maiores acumulados de precipitação da estação chuvosa para essa série histórica. Em 1999 choveu 42,3% acima da média (721,2 mm) e no ano de 2001 choveu 23,3% acima da média (396,4 mm). Por outro lado, nos anos de 2008 e 2015 os acumulados de precipitação ficaram abaixo do que é esperado para a estação chuvosa, 80,9% (1.378,9 mm) e 62,3% (1.061,5 mm), respectivamente, como mostra a Figura 2. Em acordo com Penereiro, Martins e Beretta (2016), constatou-se que cerca de 96% da precipitação total anual se concentra no período chuvoso, compreendendo os meses de outubro a abril.



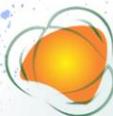


Figura 2: Acumulados de precipitação da estação chuvosa de Palmas – TO, no período de 1995 - 2020.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Na Tabela 1 apresenta-se a análise descritiva da precipitação anual da estação chuvosa e os resultados dos testes de Mann-Kendall e inclinação de Sen, no período de 1995 a 2020, e correspondem à análise da tendência e magnitude. O desvio padrão de 270,6 mm, indica que a precipitação anual da estação chuvosa está concentrada próximo a média. O coeficiente de variação observado foi de apenas 15,9% indicando baixa variabilidade anual de precipitação e, comportamento homogêneo. A análise da variação interanual da precipitação pelo método Mann-Kendall indicou presença de tendência negativa e não significativa na série temporal de precipitação da estação chuvosa de Palmas - TO. O método de inclinação de Sen mostra taxa decrescente de aproximadamente 13,0 mm/ano na precipitação anual. Assim, pode-se estimar que no período de 26 anos houve uma diminuição de 337,1 mm.

Série histórica	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	Coeficiente de variação (%)	Z_{MK}	Magnitude de Sen	
					mm.ano ⁻¹	mm.26anos ⁻¹
1995-2020	1.703,6	270,6	15,9	-1,6	-13,0**	-337,1

* tendência estatisticamente significativa para $\alpha = 0,05$.

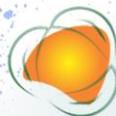
** inclinação da tendência estatisticamente diferente de zero.

Tabela 1 – Estatística descritiva, tendência e inclinação de Sen da precipitação anual da estação chuvosa de Palmas – TO, para o período 1995-2020.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Na Tabela 2 apresenta-se a análise descritiva da precipitação mensal da estação chuvosa, no período de 1995 a 2020. As séries mensais de precipitação apresentaram maior variação dos dados em relação à média, sendo os meses de janeiro e março aqueles que apresentaram os menores CV, de 38% e 35%, e desvio padrão de 117,4 mm e 94,2 mm, respectivamente. Enquanto os meses de outubro e abril tiveram os maiores CV, de 51% e 50%, e 75,1 mm e 90,9 mm de desvio padrão, respectivamente.

Os resultados dos testes de Mann-Kendall e inclinação de Sen, aplicados a série



mensal de precipitação da estação chuvosa de Palmas – TO, são apresentados na Tabela 2. Os resultados do teste de Mann-Kendall indicam tendências positivas de precipitação e não significativas, para os meses de janeiro, fevereiro e abril. Nos demais meses da estação chuvosa (outubro, novembro, dezembro e março) observa-se tendências negativas da precipitação, com significância estatística ao nível de significância de 95% apenas para o mês de novembro.

Meses (1995-2020)	Média (mm)	Desvio padrão (mm)	Coeficiente de variação (%)	Z_{MK}	Inclinação de Sen	
					(mm.ano ⁻¹)	(mm.26anos ⁻¹)
Outubro	146,6	75,1	51,0	-1,3	-2,8**	-72,1
Novembro	236,7	98,7	42,0	-1,9*	-5,5**	-144,4
Dezembro	266,2	109,6	41,0	-0,2	-0,9**	-24,5
Janeiro	306,8	117,4	38,0	0,6	3,1**	81,5
Fevereiro	260,0	117,1	45,0	0,5	1,2**	40,0
Março	271,6	94,2	35,0	-1,3	-3,5**	-91,2
Abril	181,5	90,9	50,0	0,8	2,2**	58,1

* tendência estatisticamente significativa para $\alpha = 0,05$.

** inclinação da tendência estatisticamente diferente de zero.

Tabela 2 – Estatística descritiva, tendência e inclinação de Sen da precipitação mensal da estação chuvosa de Palmas – TO, para o período 1995-2020.

Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Verifica-se pelo método da inclinação de Sen (Tabela 2), tendência estatisticamente significativa em todos os meses, com uma taxa crescente na precipitação nos meses janeiro (3,1 mm/ano), fevereiro (1,2 mm/ano) e abril (2,2 mm/ano). Nos demais meses observa-se taxa decrescente de 0,9 mm/ano (dezembro) a 5,5 mm/ano (novembro). Na série de 26 anos (1995 a 2020) houve um aumento de até 81,5 mm no mês de janeiro, e diminuição de 144,4 mm no mês de novembro. Observa-se que os meses de dezembro a março detêm a maior parte da precipitação acumulada, cerca de 66%, corroborando os resultados obtidos por Neto et al. (2021).

Campos e Chaves (2020) verificaram que os totais anuais de precipitação do bioma

Realização

Apoio



Cerrado estão decrescendo. Silva et al. (2010) identificaram que entre 1977 e 2006 está aumentando a irregularidade na distribuição da precipitação da estação chuvosa de Palmas – TO. Vários pesquisadores (DEBORTOLI et al., 2012; CAMPOS e CHAVES, 2019; FERIJAL, BATELAAN e SHANAFIELD, 2021), apontam como uma das possíveis causas da redução do volume de precipitação - além do aumento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) – seja o aumento do desmatamento, uma vez que esse propicia a diminuição da taxa de evapotranspiração, recaindo diretamente sobre o ciclo hidrológico. Segundo Rocha e Nascimento (2021) cerca de 41,3% da cobertura natural do bioma Cerrado já se encontra convertida para uso antrópico.

Debortoli et al. (2012) sugere que a diminuição da precipitação pode estender a estação seca, aumentando a emissão de partículas no ar oriundas da queima de biomassa pela atividade agropecuária, uma vez que ocorrem majoritariamente nesse período, reduzindo o total de radiação recebida pelas superfícies terrestres, recaindo na diminuição da intensidade do ciclo hidrológico, uma vez que as nuvens propícias a chuvas serão impactadas. Tais processos de queimada favorecerem, ainda, o aparecimento de doenças respiratórias na população local (SANTIAGO e LOPES, 2021).

Os resultados encontrados nesse trabalho indicam que o município de Palmas já sofre interferências no ciclo hidrológico, os acumulados de precipitação durante a estação chuvosa respondem por mais de 95,6 % da precipitação anual. Essa variável meteorológica interfere diretamente nas atividades humanas – como serviços de saneamento e atividades agrícolas - mas também sobre toda a biota em geral. Essas mudanças no regime hidrológico de Palmas - TO são, possivelmente, decorrentes do desmatamento, bem como da dinâmica climática global, que causa agravantes na gestão de recursos hídricos, o que pode estar causando impactos sobre o Parque Estadual no Lajeado, sendo esse o detentor dos mananciais que abastecem o município (GOVERNO DO TOCANTINS, s. d.).

Acompanhando os resultados observados, Palmas segue a mesma tendência observadas para grande parte dos municípios que se encontram inseridos no Cerrado. Observa-se uma diminuição da precipitação anual, estando relacionada, como apontado por Campos e Chaves (2020), com o desmatamento fortemente induzido na região por atividades agropecuárias.

Realização

Apoio



CONCLUSÕES

Por meio dos resultados, foi possível inferir que a precipitação apresenta baixa variabilidade anual, mas alta variabilidade mensal. Conjuntamente, o teste de Mann-Kendall e a inclinação de Sen indicam diminuição anual dos acumulados de precipitação na estação chuvosa de Palmas – TO. Tendência de diminuição mensal da precipitação é observada apenas no início e fim da estação chuvosa. Nos meses mais chuvosos da estação verifica-se tendência de aumento da precipitação. O que pode ser indício de redução do tamanho da estação chuvosa e aumento da ocorrência de eventos severos.

Os resultados observados são coerentes com outros estudos e demonstram mudanças no regime de precipitação não somente do município de Palmas, mas em todo o bioma Cerrado, considerado o berço de águas do país. Como adendo, sugere-se como trabalho futuro um estudo da identificação da tendência de ocorrências de chuvas torrenciais durante a estação chuvosa de Palmas, tendo em vista a influência dessas sobre a qualidade das águas superficiais e o aumento do acumulado nos meses mais chuvosos da estação chuvosa.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, J. O.; CHAVES, H. M. L. **Tendências e Variabilidades nas Séries Históricas de Precipitação Mensal e Anual no Bioma Cerrado no Período 1977-2010**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 35, n. 01, 157-169, 2020.

COSTA, M. S. et al. **Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 08, n. 05, 1321-1334, 2015.

DEBORTOLI, N., et al. **Análise Temporal do Período Chuvoso na Amazônia Meridional Brasileira (1971-2010)**. Revista Geonorte, Ed. Especial 2, v. 1, n. 5, 382-394, 2012.

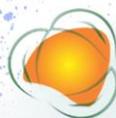
FERIJAL, T.; BATELAAN, O.; SHANAFIELD, M. **Spatial and temporal variation in rainy season droughts in the Indonesian Maritime Continent**. Journal of Hydrology, v.604, 2021.

JÚNIOR, J. F. O. et al. **Climatologia da Chuva em Maceió: Aspectos Climáticos e Ambientais**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 04, 2253-2264, 2021.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. **Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins**. Revista

Realização

Apoio



Brasileira de Geografia Física, v. 06, n. 01, 91-99, 2013.

MARQUES, A. K. **Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Ribeirão Taquaruçu Grande e da área de sua influência no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, TO.** Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, p. 229. 2011.

MORAES, B. C., et al. **Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará.** ACTA AMAZONICA, v. 35, n. 2, 207-214, 2005.

NETO, V. L. S., et al. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação no Estado do Tocantins, Brasil.** Research, Society and Development, v. 10, n. 3, 1-20, 2021. ISSN 2525-3409.

PENEREIRO, J. C.; MARTINS, L. L. S.; BERETTA, V. Z. **Identificação de variabilidades e tendências interanuais em medidas hidro-climáticas na Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia, Brasil.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 18, 219-241, 2016. ISSN: 2237-8642

PIRES, É. G.; VELOSO, G. A. **Variação da temperatura de superfície diurna e noturna no município de Palmas – TO.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 19, Santos. Anais [...]. Santos: INPE, 2019, p. 1449-1452.

ROCHA, M. I. S.; NASCIMENTO, D. T. F. Distribuição espaço-temporal das queimadas no bioma Cerrado (1999/2018) e sua ocorrência conforme os diferentes tipos de cobertura e uso do solo. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 03, 1220-1235, 2021.

SANTIAGGO, L. A. N.; LOPES, R. S. **Impactos na saúde humana devido à emissão de aerossóis causada por queimadas.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 1, 9069-9075, 2021. ISSN 2525-8762.

SENA, J. P. O.; LUCENA, D. B. **Identificação de tendência da precipitação na microrregião do Cariri Paraibano.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 6, n. 5, 1400-1416, 2013.

SILVA, F. B., et al. **Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 03, 330-336, 2016.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O. **Estação Chuvosa e Ocorrência de Veranicos em Araçuaí, Itamarandiba e Pedra Azul, na Porção Mineira da Bacia do Rio Jequitinhonha.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 05, 1068-1081, 2011. ISSN 1984-2295.

SILVA, R. A.; JÚNIOR, J. L. S; BATISTA, D. L. **Variabilidade da Precipitação no Município de Palmas – TO.** In: Congresso Brasileiro de Meteorologia: A Amazônia e o Clima Global, nº 16, 2010, Belém. Resumos. Belém: 2010.

Realização

Apoio