



Atualização da classificação climática de Boa Vista, Roraima, Brasil

Wellington Farias ARAÚJO *¹, João Luiz Lopes MONTEIRO NETO ¹, Carlos SANDER ¹,
José de Anchieta Alves de ALBUQUERQUE ¹, Thales Vinícius de Araújo VIANA ²,
Miguel Angel Maffei VALERO ³

¹ Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brasil.

² Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

³ Universidad de Los Andes, TR, Venezuela.

*E-mail: wellingtonufr@gmail.com

Submetido em 28/03/2023; Aceito em 15/04/2024; Publicado em: 03/05/2024.

RESUMO: As alterações climáticas amplamente relatadas pelo mundo apontam à necessidade de monitoramento e de atualização do clima em regiões de produção agropecuária, como no município de Boa Vista, Roraima, cujas bases climáticas de referência foram reportadas há mais de 20 anos. Nesse sentido, este trabalho avalia as tendências dos dados climáticos para o município de Boa Vista, RR, com base nas séries históricas de 1961 a 2020, e verifica se houve alteração da classificação climática local. Foi empregado o método do balanço hídrico climatológico (BHC) de Thornthwaite & Mather, nos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020. Após a extração das variáveis, realizou-se a classificação climática pelos métodos de Thornthwaite e de Köppen. Com isso, confirmamos, pelos dois métodos avaliados, que o clima do município de Boa Vista mudou. Pelo método de Thornthwaite, a mudança observada foi de B1WA 'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno) para B2WA 'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno). Pelo método de Köppen, a classificação climática passou de Aw (Tropical de Savana com inverno seco) para Am (Tropical úmido).

Palavras-chave: Amazônia; balanço hídrico climatológico; mudanças climáticas; Savana.

Update of the climate classification of Boa Vista, Roraima, Brazil

ABSTRACT: Climate changes widely reported worldwide point to the need to monitor and update the climate in agricultural production regions, such as in the municipality of Boa Vista, Roraima, whose reference climate bases were reported more than 20 years ago. In this sense, we aimed to evaluate trends in climate data for the municipality of Boa Vista, RR, based on historical series from 1961 to 2020, and verify whether the local climate classification has changed. For this, the climatological water balance (BHC) method by Thornthwaite & Mather was used in two periods (1961-1990 and 1991-2020). After the BHC, the climate classification was performed following the methods of Thornthwaite and Köppen. With this, we confirm, by the two methods evaluated, that the climate of the municipality of Boa Vista has changed. By Thornthwaite's method, the observed change was from B1WA 'a' (humid, with a moderate water deficit in winter) to B2WA 'a' (humid, with a moderate water deficit in winter). By the Köppen method, the climate classification changed from Aw (Tropical Savannah with dry winter) to Am (Wet Tropical).

Keywords: Amazon; climatological water balance; climate change; Savannah.

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária é uma atividade econômica intimamente dependente dos elementos climáticos e de suas interações. Devido a isso, as evidentes mudanças do clima tendem a afetar substancialmente as diferentes atividades agrícolas e, conseqüentemente, as demais cadeias produtivas (PAREDA; ALVES, 2018; SANTOS et al., 2022). Entre os parâmetros envolvidos no processo de mudanças climáticas, a dinâmica da água - com secas prolongadas e enchentes frequentes - e o aumento da temperatura do ar têm sido considerados os mais expressivos nas mudanças produtivas na agricultura (RATTIS et al., 2021), o que sugere a necessidade de monitoramento em qualquer região produtiva.

Em Roraima, Estado mais setentrional do Brasil e composto predominantemente por Floresta Tropical e Savana (IBGE, 2021), tem-se aproximadamente 1,0 milhão de

hectares aptos à exploração agropecuária. Essa condição torna o estado destino de produtores oriundos de outras regiões brasileiras. Atualmente, a base de dados climatológica de Roraima é pequena, com histórico de estudos ligados à precipitação (ARAÚJO et al., 2001; SILVA et al., 2015; BARNI et al., 2020), à evapotranspiração (ARAÚJO et al., 2007) e ao clima (SANDER et al., 2018; BARNI et al., 2020). Dependendo da região do Estado, segundo a classificação de Köppen, ocorre o tipo climático "Tropical Chuvoso" (A) e os sub-tipos de Monção (Am), de Áreas de Savana (Aw) e de Áreas de Floresta (Af).

Para o município de Boa Vista, Roraima, Araújo et al. (2001) indicavam a existência de dois períodos pluviais distintos, gerando o clima Aw: um período seco (outubro a março) e um chuvoso (abril a setembro). Segundo esses

autores, na estação chuvosa eram precipitados 82% do total anual, o que correspondia a aproximadamente 1.700 mm. Essas informações eram as principais bases meteorológicas discutidas em pesquisas agrícolas desenvolvidas na Savana de Roraima, e, transcorridos mais de 20 anos de sua publicação, faz-se urgente e necessária a sua atualização para planejamento e tomadas de decisão mais assertivas entre os produtores e pesquisadores locais.

Destaca-se ainda que em todo o estado de Roraima existem apenas duas estações oficiais ligadas ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): a de Caracará (maior município em extensão do estado) e a de Boa Vista. No entanto, apenas os dados de Boa Vista são compostos por duas séries históricas de monitoramento climático, justificando assim a análise específica das mudanças climáticas para apenas esse município no estado.

Entre os Sistemas de Classificação Climática (SCC), Rolim et al. (2007) destacaram que o SCC de Köppen é pouco eficiente aos componentes do balanço hídrico, o que contraindica sua utilização em estudos agrometeorológicos, embora seja amplamente utilizado na avaliação das mudanças climáticas em séries históricas (ALVARES et al., 2022). Já o SCC de Thornthwaite permite separar eficientemente os climas, demonstrando capacidade para determinação de zonas agroclimáticas, o que o torna indicado para o monitoramento das condições climáticas visando o manejo eficiente de culturas agrícolas.

Associado a isso, sabe-se que os solos de Savana são caracterizados pela reduzida capacidade de armazenamento de água e pela baixa fertilidade natural, tornando-se imprescindível o conhecimento das condições climáticas para um manejo adequado da irrigação e para o monitoramento das fontes hídricas dentro de uma macro programação de uso desses recursos.

Devido ao possível cenário de mudanças climáticas ocorrentes na região Amazônica, que vêm sendo observadas em séries históricas mensuradas em superfície, buscou-se avaliar se houve alteração no clima do município de Boa Vista, RR, com base em duas normais climatológicas locais. Nesse sentido, objetivou-se com o presente trabalho avaliar as alterações na classificação climática do município de Boa Vista, Roraima, por dois Sistemas de Classificação Climática (Köppen e Thornthwaite), considerando as duas séries históricas de dados disponíveis: 1961 a 1990 e 1991 a 2020.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos compreenderam o levantamento de dados diários pluviais e de temperatura do ar do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022) e da estação meteorológica de Boa Vista (02° 49' N, 60° 39' W e 90 m). A partir de bases diárias, foram realizadas análises dos valores máximos, médios e mínimos de dados mensais e anuais, distribuídos em duas normais climatológica: 1961 a 1990 e de 1991 a 2020. Os dados foram complementados com informações do Centro Nacional de Informação Ambiental (NOAA, 2022) para avaliação das térmicas anuais para as séries históricas.

O cálculo do balanço hídrico climatológico (BHC) foi realizado pelo método de Thornthwaite & Mather (1955), considerando uma capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. A evapotranspiração potencial padrão (ETp) foi estimada pelo método de Thornthwaite, conforme Pereira et al. (2002) (Equações 1 e 2).

$$ETp = 16 \left(10 \frac{Tn}{I}\right)^a \quad 0 \leq Tn < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (01)$$

$$ETp = -415,85 + 32,24Tn - 0,43Tn^2 \quad Tn \geq 26,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (02)$$

em que: ETp - evapotranspiração potencial padrão (mm.d⁻¹), Tn - temperatura média do mês 'n' (°C) e I - índice que expressa o nível de calor da região considerando a temperatura média anual normal (Ta) (Equação 3).

$$I = 12(0,2Ta)^{1,514} \quad (03)$$

em que: a é um índice térmico regional (Equação 4).

$$a = 0,49239 + 1,7912 \times 10^{-2} \times I - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 \quad (04)$$

O valor de ETp representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreu nas condições térmicas de um mês padrão de 30 dias, sendo cada dia considerado com 12 horas de fotoperíodo (N). A ETp foi corrigida (COR) em função de N e do número de dias do período (NDP) (Equação 5).

$$COR = \left(\frac{N}{12}\right) \times \left(\frac{NDP}{30}\right) \quad (05)$$

Em seguida, foram obtidas as estimativas de evapotranspiração real (ETr), de armazenamento de água (ARM), da deficiência hídrica (DEF) e do excesso hídrico (EXC) na escala mensal (Pereira et al., 2002).

Para as avaliações das classificações climáticas de Thornthwaite e de Köppen, foram utilizadas as séries temporais obtidas junto ao INMET (INMET, 2022). A temperatura do ar média do mês de janeiro da série de 1991 a 2020, não apresentada junto às normais, foi estimada pela média aritmética dos valores médios da estação automática obtidos do período de 14 anos.

Os índices empregados na metodologia de Thornthwaite para a classificação climática foram: índice hídrico (Ih), índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu) (Vianello & Alves, 2012). Também foram calculadas a razão entre a evapotranspiração de verão (ETp verão) e a evapotranspiração anual total (ETp total). As equações utilizadas para cálculo dos índices são apresentadas a seguir:

$$Ih = 100 \left(\frac{EXC}{ETp_{total}}\right) \quad (06)$$

$$Ia = 100 \left(\frac{DEF}{ETp_{total}}\right) \quad (07)$$

$$Iu = Ih - (0,6 \times Ia) \quad (08)$$

$$ETp_{\text{verão}} = \Sigma ETp_{\text{dos meses de verão}} / ETp_{total} \quad (09)$$

Após a obtenção dos dados, procedeu-se a classificação climática de Köppen conforme Vianello & Alves (2012), que se baseia nos valores de temperatura, de precipitação, de vegetação e das características sazonais. Nessa classificação, o Grupo Tropical (A) apresenta temperaturas acima de 18 °C no mês mais frio e acima de 22 °C no mês mais quente. O Subgrupo Af apresenta chuvas superiores a 55 mm no mês mais seco. Já os Subgrupos Aw e Am apresentam precipitações no mês mais seco menores do que 55 mm,

sendo o Aw referente ao Tropical com inverno seco e à área de Savana, e o Am referente ao Tropical com chuvas excessivas. Para melhor distinção entre Aw e Am, a precipitação total anual (P), considerando a precipitação do mês mais seco (PMS) (Equação 10).

$$P = 2500 - (27,7 \times PMS) \quad (10)$$

Assim, quando o resultado da precipitação anual da série foi menor do que o obtido na Equação 10, o clima considerado era o Aw. Caso o resultado fosse o contrário, o clima considerado era o Am. Salientamos que não foram verificadas discrepâncias entre as séries de dados apresentadas pelo INMET.

3. RESULTADOS

Na série histórica de 1961-1990, a temperatura do ar média anual foi de 27,4 °C, e as temperaturas médias mensais oscilaram entre 28,4 °C (março) e 25,8 °C (julho). Na série de 1991-2020, a temperatura média anual foi de 28,2 °C, com médias mensais oscilando entre 26,8 °C (julho) e 29,3 °C (outubro) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios mensais e anuais de Temperaturas do ar e de Precipitações para Boa Vista, RR, nos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020.

Mês	Temperatura (°C)		Precipitação (mm)	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Janeiro	27,5	28,1	25,1	29,1
Fevereiro	28,0	28,5	18,1	31,4
Março	28,4	29,0	30,9	39,2
Abril	28,0	28,5	88,5	147,7
Mai	26,9	27,3	213,0	347,3
Junho	25,9	26,8	321,3	335,7
Julho	25,8	26,8	267,8	308,1
Agosto	26,6	27,6	188,0	220,7
Setembro	27,7	28,8	99,4	98,1
Outubro	28,2	29,3	63,5	68,5
Novembro	28,0	29,2	60,8	75,3
Dezembro	27,6	28,5	44,0	58,7
Média	27,4	28,2	-	-
Total	-	-	1420,4	1761,8

Em relação às precipitações médias anuais totais, as normais climáticas de 1961-1990 apresentaram média de 1420,4 mm.ano⁻¹, com a menor e a maior precipitações pluviométricas mensais ocorridas em fevereiro (18,1 mm) e em junho (321,3 mm), respectivamente (Tabela 1). O recorte temporal foi caracterizado por Silva et al. (2015) em período de baixa pluviosidade, os quais observaram características semelhantes ao período de 1910 a 1941 ao identificarem média pluviométrica de 1461,5 mm.ano⁻¹. Conforme os autores, esse período foi separado por um ciclo de alta pluviosidade entre os anos de 1942 e 1956, com média de 2110 mm.ano⁻¹.

A segunda série de normais (1991-2020) apresentou uma média pluviométrica de 1761,8 mm.ano⁻¹, com a menor precipitação mensal ocorrida no mês de janeiro (29,1 mm), e a maior frequentemente observada em maio (347,3 mm). Comparando-se os dois períodos, observou-se uma alteração dos valores anuais e mensais, e uma alteração nas datas dos meses de precipitações extremas, sendo maio o mês de maior variação numérica (cerca de 134 mm).

O balanço hídrico climatológico (BHC) mostra importantes variações entre os períodos climático avaliados (Tabelas 2, 3 e 4). Para a série histórica de 1961-1990, a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETr) foram de 1468,7 mm e 997,4 mm, respectivamente (Tabela 2). A deficiência hídrica (DEF) foi de 468,9 mm, e o excesso hídrico (EXC) foi de 423,3 mm (Tabela 3). Na avaliação dos índices climáticos (Tabela 4), o índice hídrico anual (Ih) foi de 28,8%, o índice de aridez (Ia) foi de 31,9%, o índice de umidade (Iu) foi de 9,7% e a relação evapotranspiração potencial de verão sobre a evapotranspiração potencial anual foi de 24,4%.

Tabela 2. Evapotranspiração Potencial (ETP) e Evapotranspiração real (ETr) mensais de Boa Vista, RR, nos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020.

Table 2. Monthly Potential Evapotranspiration (ETP) and Actual Evapotranspiration (ETr) for Boa Vista, RR, from 1961 to 1990 and 1991 to 2020.

Mês	Evapotranspiração Potencial		Evapotranspiração Real	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Janeiro	120,2	122,8	30,9	35,7
Fevereiro	115,0	117,0	20,4	33,9
Março	134,3	137,1	32,3	40,3
Abril	129,2	131,5	88,5	131,5
Mai	124,0	125,9	124,0	125,9
Junho	110,6	114,5	110,6	114,5
Julho	112,7	117,0	112,7	117,0
Agosto	119,8	124,3	119,8	124,3
Setembro	125,5	130,5	122,4	125,8
Outubro	132,9	138,0	102,1	104,8
Novembro	123,6	128,8	78,8	90,3
Dezembro	121,1	125,0	55,0	68,9
Média	122,4	126,0	83,1	97,9
Total	1468,7	1512,4	997,4	1077,2

Para o BHC no período de 1991-2020, a ETP foi de 1512,4 mm, e a ETr foi de 1077,2 mm (Tabela 2). A DEF identificada foi de 399,8 mm, e o EXC observado foi de 649 mm (Tabela 3). Quanto aos índices climáticos (Tabela 4), o Ih foi de 42,9%, o Ia foi igual a 26,4%, o Iu observado foi de 27,0 e a relação ETP verão/ ETP anual foi de 24,5%.

Tabela 3. Deficiência Hídrica (DEF) e Excesso Hídrico (EXC) mensais em Boa Vista, RR, nos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020.

Table 3. Monthly Water Deficiency (DEF) and Water Excess (EXC) in Boa Vista, RR, from 1961 to 1990 and 1991 to 2020.

Mês	Deficiência Hídrica (DEF)		Excesso Hídrico (EXC)	
	1961-1990	1991-2020	1961-1990	1991-2020
Janeiro	89,1	87,1	0,0	0,0
Fevereiro	94,5	83,2	0,0	0,0
Março	102,4	96,8	0,0	0,0
Abril	40,5	0,0	0,0	0,0
Mai	0,0	0,0	0,0	140,3
Junho	0,0	0,0	200,0	221,2
Julho	0,0	0,0	155,1	191,1
Agosto	0,0	0,0	68,2	96,4
Setembro	3,1	4,7	0,0	0,0
Outubro	30,8	33,3	0,0	0,0
Novembro	44,8	38,6	0,0	0,0
Dezembro	63,7	56,1	0,0	0,0
Média	39,1	33,3	35,3	54,1
Total	468,9	399,8	423,3	649,0

Para os dados da série 1961-1990, e de acordo com a classificação climática proposta por Thornthwaite, o clima de Boa Vista, RR, era classificado como B1WA'a', ou seja, clima denominado úmido, com moderada deficiência no inverno, megatérmico e com cerca de 24,4% da evapotranspiração ocorrendo no verão. Pelos dados observados no período de 1991-2020, o clima de Boa Vista passa a ser classificado como B2WA'a', clima úmido, com moderada deficiência no inverno, megatérmico, e com cerca de 24,5% da evapotranspiração ocorrendo no verão (Tabela 4).

Tabela 4. Índices hídrico (Ih), de aridez (Ia) e de umidade (Iu) para Boa Vista, RR, nos períodos de 1961-1990 e de 1991-2020.

Table 4. Water (Ih), aridity (Ia) and humidity (Iu) indices for Boa Vista, RR, from 1961 to 1990 and 1991 to 2020.

Períodos	Ih	Ia	Iu	Classe Climática
1961-1990	28,8	31,9	9,7	B1WA'a'
1991-2020	42,9	26,4	27,0	B2WA'a'

4. DISCUSSÃO

O mês de julho apresentou, em ambas as séries históricas, os menores valores de temperatura média, fato associado à maior precipitação pluvial e à consequente nebulosidade, que, quando frequentes, implicam menor quantidade de radiação solar incidente no solo. Os maiores valores de temperatura média ocorreram após o período chuvoso, no mês de outubro, em ambas as séries históricas.

De modo geral, registra-se uma elevação de 0,8 °C da temperatura média anual entre as duas séries históricas ocasionada pela elevação mensal observada em todos os meses de avaliação (Tabela 1). Nota-se que a escala de evolução da temperatura na área de estudo também foi observada a nível global, com acréscimos que se intensificaram a partir da segunda metade do Século XX, confirmadas na região Amazônica e no estado de Roraima (Silva et al., 2015). De acordo com o NOAA (2022), considerando a escala global, todos os anos do Século XXI (2000 a 2021) apresentaram as temperaturas médias anuais mais altas já registradas (série histórica de 1880 a 2021).

A diferença pluviométrica entre o período chuvoso (abril-setembro) e o período seco (outubro-março) se manteve elevado, porém, com percentuais aproximados ao apontado em outros estudos (Silva et al., 2015; Sander et al., 2018), e o período chuvoso para as duas séries correspondeu a aproximadamente 83% do total anual precipitado (Tabela 1).

Pela classificação de Köppen, as alterações expostas demonstram uma eventual transição climática na região de Boa Vista, RR. A série de normais de 1961-1990 representou um padrão típico de clima Aw (Tropical Semiúmido ou Tropical de Savana, com chuvas concentradas nos meses de verão), com estiagem média de 5 meses.ano⁻¹ (novembro-março) correspondente a médias mensais inferiores a 60 mm.

Com a análise das normais de 1991-2020, um padrão do tipo climático Am (Clima Tropical úmido) passa a ser identificado, com estiagem média de 4 meses (dezembro-março), sendo que o mês de dezembro apresentou precipitações de 58,7mm, muito próximas a 60 mm. Esses resultados confirmam os propostos por Alvares et al. (2014), que já apresentaram a classificação de Am para a região de Boa Vista, RR. Já Sander et al. (2018) destacaram o reposicionamento dos tipos climáticos de Roraima, com crescimento da expansão das fronteiras do clima Af sobre o

tipo Am. Segundo os autores, o mesmo processo se observou com o clima Am, que migrou para posições associadas à zona climática Aw.

De modo geral, em se tratando das condições climáticas locais, as normais climatológicas de Boa Vista, Roraima, apontam uma elevação na temperatura do ar e na precipitação mensais em todos os meses do ano quando se compara as séries históricas em estudo (1961 a 1990 e 1991 a 2020) (INMET, 2022), fato que confirma as supostas mudanças climáticas na região. Logo, os dois sistemas de classificação climática utilizados no estudo indicam mudança do clima para o município de Boa Vista, Roraima.

5. CONCLUSÕES

Pelo método de Thornthwaite, os dados da série histórica (1991-2020) apontam semelhança climática na região de Boa Vista, RR, com leve alteração, passando de B1WA'a' para B2WA'a' (úmido, com moderada deficiência hídrica no inverno).

Pela classificação climática por Köppen, o clima anteriormente classificado como Aw (Tropical de Savana com inverno seco) passa a ser reclassificado como Am (Tropical chuvoso com curta duração seca).

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; SENTELHAS, P. C.; DIAS, H. B. Southeastern Brazil inland tropicalization: Köppen system applied for detecting climate change throughout 100 years of meteorological observed data. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 149, p. 1431-1450, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04122-4>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L. M.; APAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S. A. A.; SANTOS, A. E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ETO) para Boa Vista, RR. **Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 84-88, 2007.
- ARAÚJO, W. F.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; MEDEIROS, R. D.; SAMPAIO, R. A. Precipitação pluviométrica provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 563-567, 2001. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662001000300032>
- BARNI, P. E.; BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; FEARNESIDE, P. M. Precipitation in northern Amazonia: Spatial distribution in Brazil's state of Roraima. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 439-456, 2020. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-52769>
- IBGE_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas Territoriais**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15819-amazonia-legal.html>>. 2021. Acesso em: 18 Jun. 2023.
- INMET_Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso: 21 jun. 2023.
- NOAA_National Centers for Environmental Information. 2022. Disponível em:

<<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series>>.

Acesso em: 11 Jun. 2022.

- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 1 ed. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.
- PAREDA, A.; ALVES, D. Climate and weather impacts on agriculture: the case of Brazil. **Economia Aplicada**, v. 22, n. 3, p. 5-26, 2018. <http://dx.doi.org/10.11606/1980-5330/ea119584>
- RATTIS, L.; BRANDO, P. M.; MACEDO, M. N.; SPERA, S. A.; CASTANHO, A. D. A.; MARQUES, E. Q.; COSTA, N. Q.; SILVERIO, D. V.; COE, M. T. Climatic limit for agriculture in Brazil. **Nature Climatic Change**, v. 11, p. 1098-1104, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01214-3>
- ROLIM, G. D. S.; CAMARGO, M. B. P. D.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. D. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 11-720, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>
- SANDER, C.; WANKLER, F. L.; CARVALHO, T. M. Uma análise primária sobre a variação espaço-temporal de chuvas e a atuação de episódios de El Niño e La Niña no Estado de Roraima. In: Beserra Neta, L.C; Holanda, E.C. (Ed.). **Geociências de Roraima**. Boa Vista: EDUFRR, 2018, v.1, p.191-216.
- SANTOS, C. V.; OLIVEIRA, A. F.; FERREIRA FILHO, J. B. S. Potential impacts of climate change on agriculture and the economy in different regions of Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, e220611, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.220611>
- SILVA, D. A.; SANDER, C.; ARAÚJO JR, A. C. R.; WANKLER, F. L. Análise dos ciclos de precipitação na região de Boa Vista – RR nos anos de 1910 a 2014. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 35-49, 2015.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance: publications in climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p.
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2012. 480p.

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelas orientações e pela disponibilidade dos dados utilizados neste estudo; ao Dr. Glauco de Souza Rolim pelo apoio na planilha de Balanço Hídrico Normal e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa.

Contribuição dos autores: W.F.A. - aquisição, análise e interpretação dos dados obtidos e revisão do manuscrito; J.L.L.M.N. e J.A.A.A. - redação, revisão e edição do manuscrito; C.S., T.V.A.V. e M.A.M.V. - revisão e correções do manuscrito.

Financiamento: CAPES (Auxílios nº 510160/2020-00 e nº 510167/2020-00).

Disponibilização de dados: Os dados do estudo poderão ser disponibilizados mediante solicitação ao primeiro autor.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses. As entidades de apoio não tiveram qualquer papel na concepção do estudo; na coleta, análise ou interpretação de dados; na redação do manuscrito ou na decisão de publicação dos resultados.