

DETERMINAÇÃO DAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE (1967) THORNTWHAITE (1948) EM DIFERENTES CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO CENTRO OESTE DO BRASIL

João Antonio Lorençone¹, Guilherme Botega Torsoni¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul do Sul– Naviraí-MS

joao.lorencone@estudante.ifms.edu.br, guilherme.torsoni@ifms.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é classificar o clima da região Centro-Oeste do Brasil nos diversos cenários de mudanças climáticas do IPCC através dos sistemas de Thornthwaite (1948) e Holdridge (1967). Foi utilizada uma série histórica de 30 anos (1989-2019) de dados climáticos de temperatura média do ar (°C) e precipitação pluvial (mm) para a região Centro-Oeste do Brasil, obtidos através da plataforma National Aeronautics and Space Administration/Prediction of World Wide Energy Resources – (NASA/POWER). Os cenários utilizados foram baseados pelas projeções do IPCC (2014) e no trabalho de Pirttioja et al. (2015). No cenário atual para a classificação de Thornthwaite (1948) o clima predominante na região é o tipo B2 – úmido em 31% e a classe predominante é a B2wB'4a' em 21% do território e para Holdridge (1967) a zona de vida tropical floresta úmida basal teve ocorrência em 70%. A redução na precipitação provoca expansão da classe C2 – subsumido e da zona de vida tropical floresta seca premontano nos cenários C1, C6, C11, C16 e C21, já o aumento causa o predomínio dos climas úmidos nos cenários C10, C15, C20, C25. Os sistemas de classificação climática são eficazes em avaliara anomalias climáticas na região Centro-Oeste do Brasil.

Palavras-chave: Caracterização Climática; IPCC; Agrometeorologia; Agricultura; Balanço Hídrico.

Introdução

A região Centro-Oeste é composta pelos Estados de Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF), é a segunda maior do Brasil em extensão territorial, e a menos populosa (SILVA, SILVA, COUTO, 2018). Com uma participação de aproximadamente 10% no produto interno bruto (PIB) do Brasil, (MIRAGAYA, 2014) o Centro-Oeste vem ganhando cada vez mais destaque para a produção agropecuária, sendo o maior produtor de grãos com 119.999 Toneladas (47,7%) (CONAB, 2020; IBGE,2020) e de gado de corte com um rebanho de 73.838.407 (34,58%) cabeças (IBGE, 2015; IBGE, 2020). A região ainda apresenta uma alta promissora no setor energético com o uso de biomassa, sendo a soja, milho, algodão e cana-de-açúcar as principais culturas produzidas na região (CASTRO, 2014; BARRETO et al., 2016; SILVA, SILVA, COUTO, 2018). As condições edafoclimáticas da região favorecem o bom desenvolvimento agropecuário da região (BARBOSA e SHIKIDA, 2019).

A região Centro-Oeste é composta pelos Estados de Goiás (GO), Mato Grosso (MT), Mato Grosso do Sul (MS) e o Distrito Federal (DF), é a segunda maior do Brasil em extensão territorial, e a menos populosa (SILVA, SILVA, COUTO, 2018). Com uma participação de aproximadamente 10% no produto interno bruto (PIB) do Brasil, (MIRAGAYA, 2014) o Centro-Oeste vem ganhando cada vez mais destaque para a produção agropecuária, sendo o maior produtor de grãos com 119.999 Toneladas (47,7%) (CONAB, 2020; IBGE,2020) e de gado de corte com um rebanho de 73.838.407 (34,58%) cabeças (IBGE, 2015; IBGE, 2020). A região ainda apresenta uma alta promissora no setor energético com o uso de biomassa, sendo a soja, milho, algodão e cana-de-açúcar as principais culturas produzidas na região (CASTRO, 2014; BARRETO et al., 2016; SILVA, SILVA, COUTO, 2018). As condições edafoclimáticas da região favorecem o bom desenvolvimento agropecuário da região (BARBOSA e SHIKIDA, 2019).

A fim de relacionar as mudanças climáticas o com a vegetação local e seus efeitos sobre a produção agrícola, o objetivo deste trabalho é classificar o clima da região centro-oeste do Brasil, utilizando os sistemas de Thornthwaite (1948) e Holdridge (1967) nos diversos cenários de mudanças climáticas do IPCC.

Metodologia

O trabalho foi realizado na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1) seguindo um fluxograma de atividades (Figura 3). O Centro-Oeste é a segunda maior região do Brasil em extensão territorial e tem uma participação em torno de 10% no PIB (produto interno bruto) de todo país, além de ser a maior região exportadora de grãos do Brasil (MIRAGAYA, 2014; CONAB, 2020), produzindo principalmente as culturas milho, soja e algodão.

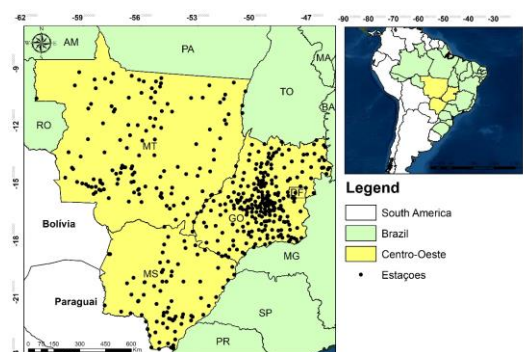


Figura 1. Localização das estações meteorológicas no Centro-Oeste do Brasil.

Para contemplar toda a região Centro-Oeste do Brasil foram coletados dados climáticos para os 467 municípios localizados nessa região. Os elementos climáticos coletados foram temperatura média (T_m), máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) do ar ($^{\circ}\text{C}$), e precipitação pluvial (P , mm) em escala diária do período de 1989-2019. Os dados foram obtidos pela plataforma National Aeronautics and Space Administration/Prediction of World Wide Energy Resources - NASA/POWER (STACKHOUSE, 2015). Esta plataforma de dados foi desenvolvida para fornecer informações meteorológicas derivadas em grids com resolução espacial de 1° (latitude-longitude).

Os cenários de mudanças climáticas foram elaborados com base em pesquisas referentes aos conjuntos de simulações climáticas para o século XXI. a temperatura média do ar foi aumentada em 0°C , $1,5^{\circ}\text{C}$, 3°C , $4,5^{\circ}\text{C}$, e 6°C como aplicado por Pirttioja et al. (2015), e a precipitação anual variado de -30% , -15% , 0% , $+15\%$ e $+30\%$ a fim de simular projeções futuras extraídos do quinto relatório emitido pelo IPCC (IPCC-AR5) (IPCC, 2014) (Figura 2).

		Δ PRECIPITATION (mm)				
		-30%	-15%	0%	+15%	+30%
Δ TEMPERATURE ($^{\circ}\text{C}$)	+0	C1	C2	C3	C4	C5
	+1,5	C6	C7	C8	C9	C10
	+3	C11	C12	C13	C14	C15
	+4,5	C16	C17	C18	C19	C20
	+6	C21	C22	C23	C24	C25

Figura 2. Cenários de mudanças climáticas.

O primeiro critério (equação 3) corresponde a adequação da umidade (primeira letra da classificação) responsável por determinar os nove grandes tipos climáticos, a obtenção dessa classe se dá pelo cálculo do índice hídrico (IU) indicando em forma de porcentagem a relação entre o excesso hídrico com a necessidade hídrica. O segundo critério (segunda letra da classificação) distribuição sazonal da umidade, (equações 1 e 2) faz correspondência a classe anterior determinando a subclasse climática da região para o fator hídrico, através do cálculo dos índices de aridez (IA) correspondendo em forma de porcentagem a uma relação entre o déficit hídrico e a necessidade hídrica e umidade (IH).

O terceiro e o quarto critério, são responsáveis por adequar os valores de características termais da região, através do cálculo da eficiência térmica, obtidos pela evapotranspiração potencial de forma anual (ETP anual), e concentração da eficiência térmica no verão (ETPver) gerando a evapotranspiração potencial no verão ($\text{ETPver} = ((\text{ETPver} / \text{ETPanual}) * 100)$).

$$Ih = \left(\frac{EXC \text{ anual}}{ETP \text{ anual}} \right) * 1 \quad (1)$$

$$Ia = \left(\frac{DEF \text{ anual}}{ETP \text{ anual}} \right) * 100 \quad (2)$$

$$Iu = Ih - 0,6 * Ia \quad (3)$$

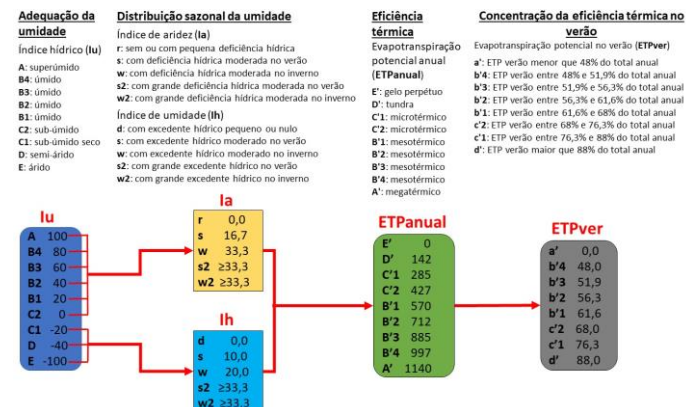


Figura 3. Chave de classificação climática de Thornthwaite (1948).

A biotemperatura anual (T_{bio}) foi calculada para corresponder a faixa de temperatura em que os processos fisiológicos das plantas não se tornem inativos (0 a 30°C). Temperatura inferior a 0°C e superior a 30°C causam redução nos processos fisiológicos e no crescimento das plantas, dessa forma temperatura médias $< 0^{\circ}\text{C}$ foram corrigidas para 0°C e temperaturas médias $> 30^{\circ}\text{C}$ foram corrigidas para igual a 30°C (Equações 4-6) seguindo a adaptação de Derguy et al. (2019) para o sistema de Holdridge (1967).

$$T_{bioM} = \begin{cases} 0 & , se T_m < 0 \\ T_m & , se T_m \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$T_{bioM} = \begin{cases} 30 & , se T_m > 30 \\ T_m & , se T_m \leq 30 \end{cases} \quad (5)$$

$$T_{bio} = \frac{\sum_{x=1}^{12} T_m}{12} \quad (6)$$

Em que T_{bioM} é a biotemperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$); T_m é a temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$); T_{bio} é a biotemperatura anual ($^{\circ}\text{C}$).

Os limites latitudinais (Figura 4) foram determinados pelo cálculo da biotemperatura basal anual (T_{bioBA}) que considera uma alteração na T_{bio} da região ao nível do mar utilizando uma taxa de $-0,6^{\circ}\text{C}/\text{Km}$. Essa taxa (Equação 14) foi aplicada para cada T_m da região usando dados de altitude (m) resultando na temperatura média basal mensal (TMBM). os dados obtidos pela correção foram adequados (Equações 15-16) a faixa de 0 a 30°C para alterá-los a biotemperatura basal média mensal (T_{bioBM}), e com a média calculada sobre a T_{bioBM} obteve-se a T_{bioBA} (Equação 17). Os pisos altitudinais foram calculados utilizando a altitude do local (em metros) relacionada com os limites latitudinais.

variação ocorre principalmente pelas diferenças de altitude e distanciamento latitudinal entre esses Estados (CARDOSO, MARCUZZO, BARROS 2014; OLIVEIRA, CAVAZZANA, SOUZA, 2019).

O pior cenário de aumento na temperatura pode prejudicar o desenvolvimento de diversos cultivos, de acordo com Djanaguiraman et al. 2019 níveis de temperatura média do ar superiores a 30 °C limitam o desenvolvimento fisiológico, sistema reprodutivo e a produção de soja.

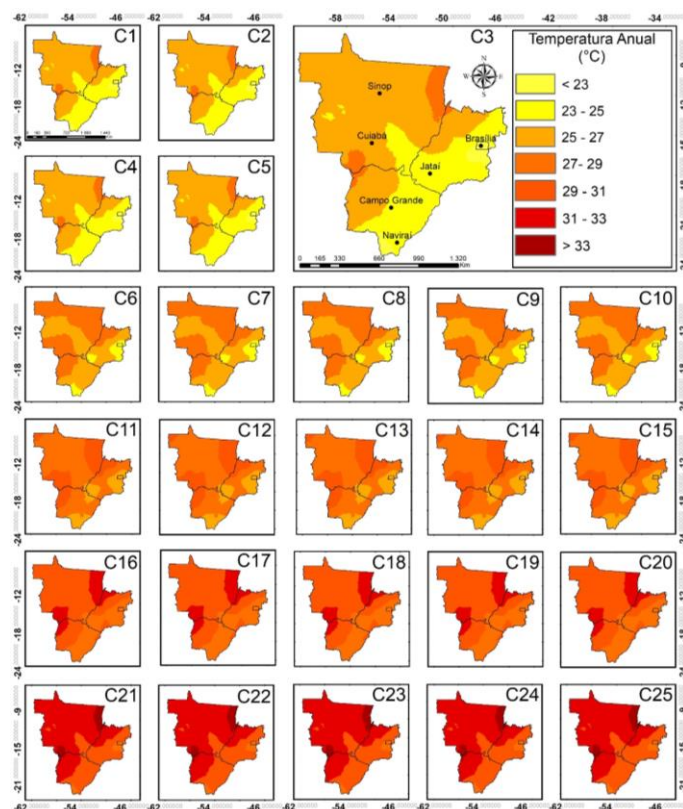


Figura 7. Mapa de temperatura média anual para cada cenário.

A média da precipitação pluviométrica para o cenário atual no Centro-oeste (Figura 8) 1470 (± 182) mm com maiores volumes nas regiões norte (Figura 8 C3), e uma menor distribuição ao leste, com 1000 mm e 1600 mm respectivamente. Há uma variação entre os estados, com 1405 (± 86) mm para Goiás, 1336 (± 49) mm para o Distrito federal. Campos e Chaves (2020) encontraram uma faixa de precipitação anual entre 1442 mm a 1780 mm anuais para a região de Goiás e Brasília no Distrito Federal. para o Mato Grosso do Sul a média de Precipitação é de 1374 (± 113) mm Oliveira, Cavazzana e Souza (2019) obtiveram medias anuais de 1500 mm. Já no Mato Grosso a precipitação anual é de 1639 (± 221) mm, Pessi et al. (2019) constatou um acumulado anual de 2000 mm para a região.

Com a redução de 30% na precipitação pluviométrica (Figura 8), os cenários C1, C6, C11, C16 e C21, apresentaram média de 1029 mm. Já os cenários mais

positivos C5, C10, C15, C20 e C25 a média foi de 1911 mm. A precipitação pluvial média anual da região representa o principal item utilizado no cálculo do balanço hídrico climatológico, uma vez que está diretamente ligado com disponibilidade de água no solo para as plantas, conforme essa disponibilidade aumenta os níveis de EXC da região mantem-se elevados, consequentemente reduzem os níveis de DEF.

As consequências advindas das mudanças climáticas na distribuição das chuvas, na temperatura e outros fatores que interfiram no ciclo de produção e na vegetação podem implicar menores safras e baixa qualidade dos produtos (IPCC, 2014). Cramer et al (2018) avaliando efeitos de mudanças climáticas no mediterrâneo constatou um aumento futuro de 30% na temperatura média até o final do século, capaz de afetar as chuvas da região e aumentar em 18% a necessidade de irrigação, aumento assim o custo de produção agrícola na região.

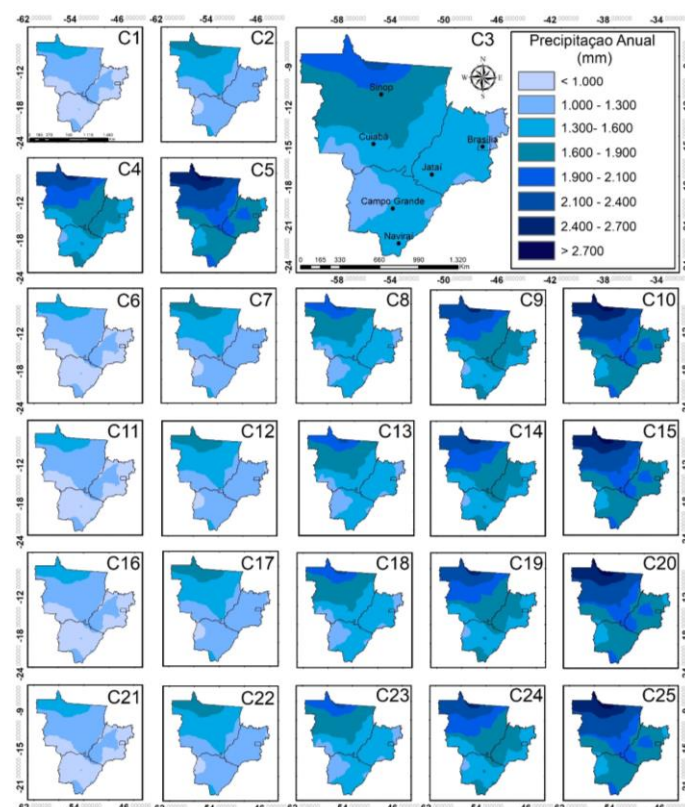


Figura 8. Mapa de precipitação anual para cada cenário de mudanças climáticas.

No SCC de Thornthwaite (1948) a precipitação está diretamente ligada com a determinação dos tipos climáticos por influenciar o índice hídrico e na adequação posterior destes pela determinação dos índices de umidade e aridez. No SCC de Holdridge (1967) os níveis de precipitação influenciam a determinação das zonas de vidas através da delimitação de níveis de umidade e a precipitação pluviométrica para cada região. Altas temperaturas e

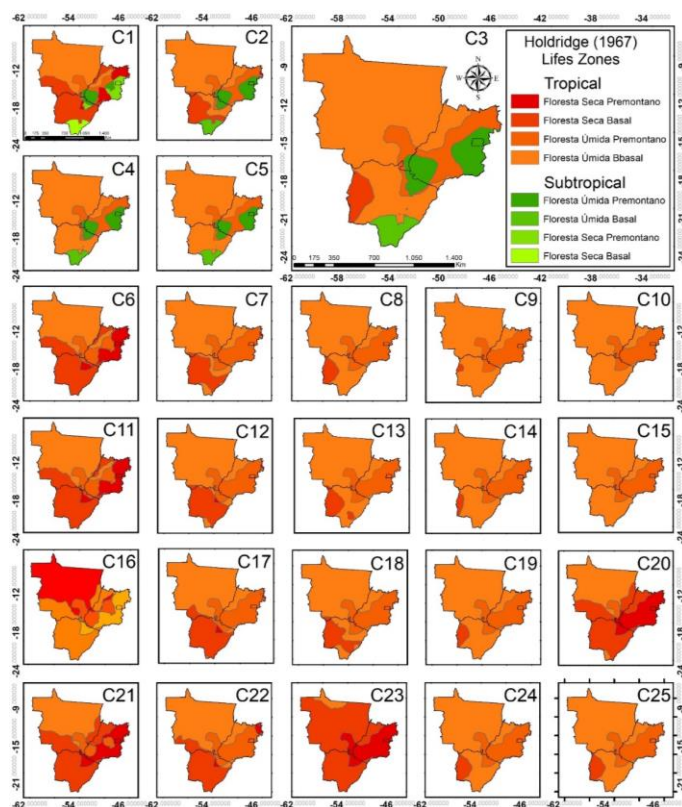


Figura 10. Mapa de classificação climática de Holdridge (1967)

Considerações Finais

Os sistemas de classificação climática de Thornthwaite (1948) e Holdridge (1966), mostraram-se eficazes em avaliar anomalias climáticas na região Centro-Oeste do Brasil devido ao grande número de estações utilizadas.

Os cenários mais secos foram: C1, C6, C11, C16 e C21 e os mais úmidos: C5, C10, C15, C20, C25. A classificação de Thornthwaite (1948) apresentou as classes climáticas B2wB'4a' em 21%, B3wB'3a' em 17% e C2rA'a' com 13% em ocorrência para o clima atual do Centro-Oeste. A classe B1wB'3a' foi mais recorrente nos cenários de menor precipitação, e as classes B3wB'4a' e B2wA'a' nos cenários de maior precipitação.

A classificação de Holdridge (1967) para o Centro-Oeste apresentou cinco zonas de vidas, com predomínio da tropical floresta úmida basal com ocorrência em 70%. As variações nos valores de precipitação proporcionaram o predomínio das zonas de vidas tipo tropical floresta seca basal e tropical floresta seca premontana para a redução de 30% na precipitação e tropical floresta úmida basal e tropical floresta úmida premontana para o acréscimo de 30% na precipitação.

O cenário 21 (C21) foi caracterizado como o mais extremo, apresentando secas severas e temperaturas elevadas causando perdas no setor agropecuário da região e diversos

impactos negativos para a fauna e flora principalmente no bioma pantaneiro, a classificação de Thornthwaite (1948) enquadra toda a região de estudo no tipo C2 (Sub-úmido) e o sistema de Holdridge (1967) nas zonas de vidas Tropical floresta seca basal (31,15 %) Tropical floresta úmida basal (39,46%).

Agradecimentos

Agradecemos ao IFMS e CNPq pelo auxílio financeiro para realização desse trabalho.

Referências

- CARDOSO, M. R. D., & MARCUZZO, F. F. N. Mapeamento de três décadas da precipitação pluviométrica total e sazonal do bioma Pantanal. 2010.
- CARDOSO, M. R. D., MARCUZZO, F. F. N., & BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. Acta geográfica, v. 8, n. 16, p. 40-55, 2015.
- CARVALHO, Luís, G., CARVALHO alves, M., OLIVEIRA, M. S., VIANELLO, R. L., SEDIYAMA, G. C., & CARVALHO, Luís, M. T. Multivariate geostatistical application for climate characterization of Minas Gerais State, Brazil. Theoretical and applied climatology, v. 102, n. 3-4, p. 417-428, 2010.
- CASTRO, C. N. A agropecuária na região Centro-Oeste: limitações ao desenvolvimento e desafios futuros. Texto para Discussão, 2014.
- CASTRO, M., GALLARDO, C., JYLHA, K., & TUOMENVIRTA, H. The use of a climate-type classification for assessing climate change effects in Europe from an ensemble of nine regional climate models. Climatic Change, v. 81, n. 1, 329-341, 2007.
- CHAKRABORTY, A., JOSHI, P. K., GHOSH, A., & AREENDRAN, G. Assessing biome boundary shifts under climate change scenarios in India. Ecological indicators, v. 34, p. 536-547, 2013.
- CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2019/20. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 30 mai. 2020.
- CONTRACTOR, S., DONAT, M. G., ALEXANDER, L. V., ZIESE, M., MEYER-CHRISTOFFER, A., SCHNEIDER, U., RUSTEMEIER, E., BECKER, A., DURRE, I., and. VOSE, R. S. Rainfall Estimates on a Gridded Network (REGEN)—a global land-based gridded dataset of daily precipitation from 1950 to 2016. Hydrology and Earth System Sciences, v. 24, n. 2, p. 919-943, 2020.
- CRAMER, W., GUIOT, J., FADER, M., GARRABOU, J., GATTUSO, J. P., IGLESIAS, A., LANGE, M. A., LIONELLO, P., LLASAT, M. C., PAZ, S., PEÑUELAS, J., SNOUSSI, M., TORETI, A., TSIMPLIS, M. N., & XOPLAKI, E. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nature Climate Change, v. 8, n. 11, p. 972-980, 2018.
- CUADRA, S. V., HEINEMANN, A. B., SANTOS, P. M., OLIVEIRA, P. P. A., KEMENES, A., GUIMARÃES, L. J.

- M., MAGALHÃES, C. A. S., CAMARGO, L. S. A., ANGELOTTI, F., PETRERE, V. G., ANDRADE, C. L. T., PEREIRA, L. G. R., STEINMETZ, S., PACKER, A. P. C., HIGA, R. C. V., MONTEIRO, J. E. B. A., RAMOS, N. P., SAMPAIO, F. G., NECHET, K. L., ANDRADE, C. A., BATISTA, E. R., PELLEGRINO, G. Q. Resiliência e adaptação da agropecuária às mudanças climáticas. Embrapa Clima Temperado-Capítulo em livro científico (ALICE), 2018.
- DENTZ, E. V. Produção agrícola no estado do Mato Grosso e a relação entre o agronegócio e as cidades: o caso de Lucas do Rio Verde e Sorriso. *Ateliê Geográfico*, v. 13, n. 2, p. 165-186, 2019.
- DERGUY, M. R., FRANGI, J. L., DROZD, A. A., ARTURI, M. F., & MARTINUZZI, S. Holdridge Life Zone Map: Republic of Argentina. General Technical Report, v. 51, 2019.
- Dias, G. V. S., da Silva, E. H. F. M., Antolin, L. A. S., Junior, N. A. V., & Marin, F. R. Simulação da pegada hídrica da soja no Mato Grosso baseada em projeções de mudanças climáticas. *Agrometeoros*, v. 27, n. 1, 2020.
- DJANAGUIRAMAN, M., SCHAPAUGH, W., FRITSCHI, F., NGUYEN, H., & PRASAD, P. V. Reproductive success of soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars and exotic lines under high daytime temperature. *Plant, cell & environment*, v. 42, n. 1, p. 321-336, 2019.
- DOURADO, C. D. S., OLIVEIRA, S. D. M., & AVILA, A. M. H. Analysis Of Rainfall Homogeneous Areas In Time Series Of Precipitation In The State Of Bahia, Brazil [análise De Zonas Homogêneas Em Séries Temporais De Precipitação No Estado Da Bahia]. *Bragantia*, 2013.
- DUBREUIL, V., FANTE, K. P., PLANCHON, O., & SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. *International Journal of Climatology*, v. 39, n. 3, p. 1446-1456, 2018.
- FLOHN, H. Neue Anschauungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und ihre klimatische Bedeutung. *Erdkunde*, v. 4, n. 3/4, p. 141-162, 1950.
- GALLARDO, C., GIL, V., HAGEL, E., TEJEDA, C., & CASTRO, M. Assessment of climate change in Europe from an ensemble of regional climate models by the use of Köppen-Trewartha classification. *International Journal of Climatology*, v. 33, n. 9, p. 2157-2166, 2013.
- GIARETTA, J.; SILVA, D. J. Expansão do cultivo da soja na capital nacional do agronegócio-Sorriso/MT: 1985 a 2014. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 152-161, 2017.
- GRUDA, N., BISBIS, M., & TANNY, J. Influence of climate change on protected cultivation: Impacts and sustainable adaptation strategies-A review. *Journal of cleaner production*, 2019.
- HOLDRIDGE, L. R. Ecologia basada em zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura, 2000.
- HOLDRIDGE, L. R. Life zone ecology. Life zone ecology., n. rev. ed.), 1967.
- IBGE. Produção da Pecuária Municipal-2015. 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, SIDRA. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>> Acesso em 30 mai. 2020
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>>. Acesso em: 30 mai. 2020.
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IVASKO JÚNIOR, S., MASTELLA, A. D. F., TRES, A., TETTO, A. F., WENDLING, W. T., & SOARES, R. V. CLASSIFICAÇÃO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL SEGUNDO SISTEMA DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, 2020.
- JACOBET, J. Classifications in climate research. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, v. 35, n. 9-12, p. 411-421, 2010.
- JUNIOR, M., DUARTE, A., SILVA SILVEIRA, C. CHAGAS VASCONCELOS JÚNIOR, F., GUIMARÃES, S. O., & COSTA, J. M. F. Thornthwaite Climate Classification for Brazil Under IPCC-AR5 Climate Change Scenarios. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(4), 647-664, 2018.
- JYLHÄ, K., TUOMENVIRTA, H., RUOSTEENOJA, K., NIEMI-HUGAERTS, H., KEISU, K., & KARHU, J. A. Observed and projected future shifts of climatic zones in Europe and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate, and Society*, v. 2, n. 2, p. 148-167, 2010.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm, 1928.
- .KRIGE, D. G. A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand: By DG Krige. Diss. University of the Witwatersrand, 1951.