ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DEL AGUA EN EL MUNICIPIO DE NOVA MUTUM DEL ESTADO DE MATO GROSSO

Tadeu Miranda de Queiroz[1],Daniela Moreira Costa Araújo[2], Rigoberto Moreira de Matos[3],Heloisa Miranda Duarte[4],Fernanda Lourenço Dipple[5], Bárbara Davis Brito dos Santos[6]

RESUMEN: El balance hídrico orienta la planificación agrícola al indicar períodos de exceso y falta de agua en el suelo, apoyando las estrategias de gestión, especialmente en regiones que dependen del riego.El objetivo de este estudio fue analizar las condiciones hídricas del municipio de Nova Mutum en el estado de Mato Grosso, utilizando la herramienta balance hídrico climatológico (BHC).El estudio se centra en el municipio de Nova Mutum, una región de transición entre los biomas Cerrado y Amazonia.Se utilizaron datos históricos de 2003 a 2021 sobre precipitación pluvial (P) del Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos y temperatura media del aire (T) del Instituto Nacional de Meteorologia. El BHC se determinó utilizando la metodología de Thornthwaite y Mather. La capacidad hídrica disponible de 50 mm se estimó considerando la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente de la muestra de suelo y la profundidad efectiva del sistema radical de los principales cultivos de la región: soja, maíz, algodón, frijol, ajonjolí y garbanzo.T anual 24,8 ºC, P anual 1.796,0 mm, almacenamiento de agua en el suelo 30,2 mm, evapotranspiración potencial 1.329,0 mm, evapotranspiración real 986,0 mm, déficit hídrico -343,0 mm, excedente hídrico 810,0 mm, extracción de agua -50,0 mm y reposición de agua del suelo 50,0 mm anuales.Nova Mutum presenta déficit hídrico en la estación seca (mayo a septiembre) y excedentes en los meses de lluvia (noviembre a abril), lo que influye en la gestión hídrica y agrícola de la región.Se recomienda el uso del riego durante períodos de déficit hídrico del suelo para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos. Esta información sirve como base para la planificación de las actividades agrícolas en la región.

PALABRAS CLAVE: Thornthwaite, balance hídrico, déficit y retención de agua.

[1]Prof. Doutor em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso,tdmqueiroz@unemat.br
[2]Graduanda em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso,daniela.araujo@unemat.br
[3]Pós-doutorando em Produção Vegetal Sustentável, Universidade do Estado de Mato Grosso,Nova Mutum, Mato Grosso, rigobertomoreira@gmail.com
[4]Graduanda em Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, heloisa.miranda@unemat.br
[5]Profa. Mestre em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso, fernanda.dipple@unemat.br
[6]Doutoranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba,bdavis.2340@gmail.com

ANALYSIS OF WATER CONDITIONS IN THE MUNICIPALITY OF NOVA MUTUM IN THE STATE OF MATO GROSSO

ABSTRACT: The water balance guides agricultural planning by indicating periods of excess and lack of water in the soil, supporting management strategies, especially in regions that depend on irrigation.The aim of this study was to analyze the water conditions of the municipality of Nova Mutum in the state of Mato Grosso, using the climatological water balance (BHC) tool.The study focuses on the municipality of Nova Mutum, a transition region between the Cerrado and Amazon biomes.Historical data from 2003 to 2021 on rainfall from the Sistema Nacional de InformaçõessobreRecursosHídricos and average air temperature from the Instituto Nacional de Meteorologia were used.BHC was determined using the Thornthwaite and Mather methodology.The available water capacity of 50 mm was estimated considering the field capacity and permanent wilting point of the soil sample and the effective depth of the root system of the main crops in the region: soybean, corn, cotton, beans, sesame and chickpea.The average annual air temperature is 24.8 ºC, rainfall 1,796.0 mm, soil water storage 30.2 mm, potential evapotranspiration 1,329.0 mm, actual evapotranspiration 986.0 mm, water deficit -343.0 mm, water surplus 810.0 mm, soil water withdrawal -50.0 mm and soil water replenishment 50.0 mm annually.Nova Mutum has water deficits in the dry season (may to september) and surpluses in the rainy months (november to april), influencing the water and agricultural management of the region.The use of irrigation is recommended during periods of soil water deficit to meet the water needs of crops.This information serves as a basis for planning agricultural activities in the region.
KEYWORDS: Thornthwaite, water balance, water deficit and water retention.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las condiciones del agua es esencial para la planificación agrícola y la gestión de los recursos hídricos en regiones con fuerte expansión agrícola. Ante esto, comprender la dinámica de entrada y salida de agua en el sistema suelo-planta-atmósfera a través del balance hídrico climatológico (BHC) se vuelve aún más relevante, dada la influencia de las variaciones estacionales típicas del Cerrado (QUEIROZ et al., 2024).

Estudios recientes resaltan la importancia del análisis de BHC para determinar períodos de exceso y déficit de agua en el suelo, indicando escenarios donde el riego puede ser esencial

para garantizar la productividad de los cultivos (CASSETTARI & QUEIROZ, 2020). La información del BHC permite una mejor gestión del riego, garantizando un uso eficiente del agua y contribuyendo a la sostenibilidad hídrica de la región (SANTOS et al., 2010). Sin embargo, las investigaciones centradas en el Cerrado Mato-grossense, especialmente en municipios estratégicos para la producción de granos como Nova Mutum, aún son escasas, lo que destaca la necesidad de estudios que evalúen en detalle las condiciones hídricas de la región a lo largo del año (SOUZA et al., 2013).

Debido a la expansión agrícola en esta región, el problema de investigación se centra en identificar cómo se distribuye el régimen hídrico, con el fin de detectar posibles déficits que puedan comprometer el desarrollo y rendimiento de los cultivos. El uso de riego adecuado en períodos de déficit hídrico del suelo puede ser decisivo para reducir las pérdidas y asegurar la productividad de los cultivos, destacando el papel crucial del BHC en la toma de decisiones(THORNTHWAITE & MATHER, 1955).

Este estudio se justifica por la necesidad de brindar apoyo técnico a la planificación agrícola y al uso racional de los recursos hídricos en la región. Al conocer los periodos en que hay exceso o déficit de agua, los agrónomos y productores podrán desarrollar estrategias de manejo más eficientes, ajustando calendarios de siembra y cosecha, así como implementar sistemas de riego.

Dicho esto, asumimos que las condiciones hídricas de Nova Mutum presentan períodos de marcado déficit hídrico, reforzando la relevancia del riego como herramienta para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos y garantizar la máxima productividad. Por tanto, el objetivo fue analizar las condiciones hídricas del municipio de Nova Mutum, en el estado de Mato Grosso, utilizando el BHC, con el fin de proporcionar información que apoye mejoras en la planificación y gestión de la agricultura regional.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio abarca el municipio de Nova Mutum, ubicado en el Centro-Norte del Estado de Mato Grosso, una región de transición entre los biomas Cerrado-Amazonía. Nova Mutum se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: Latitud Sur 13º 49' 44”, Longitud Oeste 56º 05' 16” y altitud media 460 m.

Según la clasificación climática de Köppen, el clima de la región es de tipo Aw, tropical cálido y semihúmedo. En Mato Grosso hay dos estaciones distintas, una estación lluviosa de

octubre a abril y una estación seca de mayo a septiembre (SOUZA et al., 2013). Se puede observar que en esta región la temperatura media del aire es de 24 ºC y la precipitación media anual es de 1.900 mm (NOGUEIRA et al., 2010).

La mayor parte de los suelos de la región están compuestos por latosol (80%) y arenas de cuarzo (20%). La vegetación del cerrado domina el paisaje, cubriendo el 70% del territorio, mientras que el 30% restante corresponde a zonas de bosque(NOVA MUTUM, 2025).

Para calcular el balance hídrico climático (BHC) se utilizaron datos mensuales de precipitación (P) y temperatura media del aire (T) del periodo histórico de 2003 a 2021, totalizando 19 años de datos climáticos para el área de análisis.

Los datos de lluvia (P) ocurridos en el municipio de Nova Mutum fueron del Portal HidroWeb, una herramienta del Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH, 2025). Considerando que los valores de temperatura del aire (T) fueron ordenados a partir de la base de datos meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología (INMET, 2025), más concretamente de una estación meteorológica ubicada en el vecino municipio de São José do Rio Claro - MT.

Los datos recopilados fueron analizados para verificar su consistencia y corrección de errores. Luego, se utilizó una hoja de cálculo Excel para calcular el BHC del municipio de Nova Mutum - MT, región de transición Cerrado-Amazonía.

La metodología sugerida por Thornthwaite (1948) yThornthwaite& Mather (1955) Se utilizó para determinar el BHC, donde los resultados del BHC permiten analizar las condiciones hídricas de la región y planificar actividades agrícolas, tales como: elección de cultivos y cultivares, mejor época de siembra y necesidad de riego.

Según la metodología, la precipitación (P) corresponde a un aumento y la evapotranspiración (ET) a una disminución de la humedad del suelo. Además, se calcularon los valores de exceso de agua del suelo (S) y deficiencia de agua del suelo (D). Se utilizaron hojas de cálculo de Microsoft Excel para establecer el equilibrio entre la entrada y la salida de agua del suelo en el área de estudio.

La capacidad hídrica disponible (CAD) se estimó considerando la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente de una muestra de suelo de la región, además se realizó una revisión de la literatura, concluyendo que la profundidad efectiva del sistema radicular de la mayoría de los cultivos de la región es de un máximo de 555 mm, por lo tanto, la CAD para esta profundidad es de 50 mm, valor capaz de satisfacer las necesidades de los cultivos locales, tales como: soya, maíz, algodón, frijol, ajonjolí y garbanzo (Ecuación 1).

$$CAD = (CC - PMP) * Z \quad (1)$$

Donde: CAD = capacidad de agua disponible (mm); CC = humedad volumétrica a capacidad de campo (cm^3/cm^3); PMP = humedad volumétrica en el punto de marchitez permanente (cm^3/cm^3); y Z = profundidad efectiva del sistema radicular del cultivo (mm).

La estimación de la evapotranspiración potencial (ETp) siguió el método sugerido por Thornthwaite (1948), como se indica en la Ecuación 2.

$$ETp = Fc \cdot 16 \cdot \left(10\frac{T}{I}\right)^{a} \quad (2)$$

Donde: ETp = evapotranspiración potencial (mm/mes); Fc = factor de corrección (Tabla 1); T = temperatura media mensual del aire (°C); I = índice de calor anual, refleja la suma de los doce índices mensuales; y a = función cúbica del índice de calor anual, dada por:6,75*10-7*I3-7,71*10-5*I2+0,01791*I+0,492.

Los factores de corrección (Fc) para cada mes del año se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de corrección de Thornthwaite (1948) aplicados a cada mes del año.

Factor de corrección											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1,80	0,97	1,05	0,99	1,01	0,96	1,00	1,01	1,00	1,06	1,05	1,10

Fuente: Unesco (1982).

Los datos obtenidos dieron como resultado la creación de gráficos que presentan información sobre las variables climáticas y el BHC. En la estimación del BHC se tomaron en cuenta los promedios mensuales de los datos recopilados durante el período de estudio. Así, los cálculos generaron datos gráficos de fácil comprensión, que pueden servir como base para la planificación de las actividades agrícolas en la región (SOUZA et al., 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 muestra los datos promedio mensuales de temperatura del aire (T) y precipitaciones (P) de 2003 a 2021 para el municipio de Nova Mutum - MT.

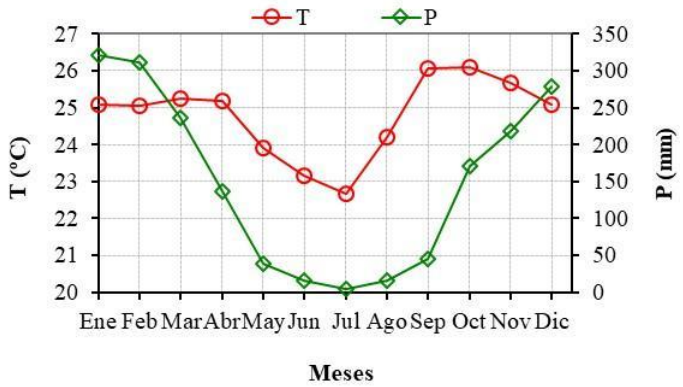

Figura 1. Oscilación de T y P de 2003 a 2021 en Nova Mutum en el estado de Mato Grosso.

Los datos climáticos presentados para los años 2003 a 2021 muestran variaciones estacionales tanto en la temperatura como en las precipitaciones. La temperatura media mensual oscila entre los 22,7 °C en julio, el mes más frío, y los 26,1 °C en septiembre y octubre, los meses más cálidos. Las precipitaciones son más abundantes en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, con valores superiores a los 200 mm, mientras que los meses de mayo a agosto son significativamente más secos, con precipitaciones inferiores a los 50 mm.

El análisis de la correlación entre la temperatura y las precipitaciones sugiere que no existe una relación directa y fuerte entre las variables. En general, los meses más calurosos no son necesariamente los más lluviosos, y viceversa. Por ejemplo, septiembre y octubre son los meses más calurosos, pero no tienen las mayores precipitaciones, que ocurren en enero y febrero. Este patrón está en línea con estudios que indican que la relación entre temperatura y precipitación puede ser compleja e influenciada por varios factores, como la altitud y la influencia de las masas de aire(FREITAS et al., 2012).

La región de Mato Grosso presenta una importante diversidad climática, influenciada por su ubicación geográfica y la presencia de diferentes biomas, como el Pantanal, el Cerrado y la Amazonia. Por lo tanto, los estudios sobre la distribución espaciotemporal y la estacionalidad de las precipitaciones en esta región resaltan la importancia de comprender cómo varían las precipitaciones en diferentes escalas temporales y espaciales (MARCUZZO et al., 2011). Este tipo de análisis puede ayudar a identificar patrones estacionales y tendencias a largo plazo que son esenciales para la gestión de los recursos hídricos.

La figura 2 presenta los resultados obtenidos de la variación del almacenamiento de agua del suelo (ARM), evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR) promedio mensual de 2003 a 2021 para el municipio de Nova Mutum en el estado de Mato Grosso.

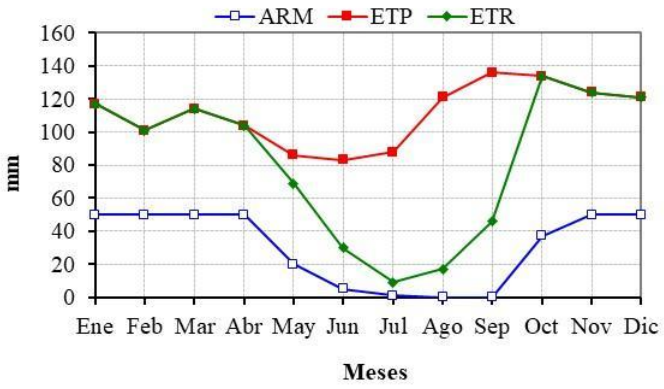

Figura 2. Variación de ARM, ETP y ETR de 2003 a 2021 en Nova Mutum en el estado de Mato Grosso.

Estos datos proporcionan información detallada sobre cómo fluctúan estos parámetros climáticos a lo largo del año, lo que es crucial para comprender la dinámica del agua local y planificar las actividades agrícolas. La ARM presenta los valores más altos (50 mm) de noviembre a abril, mientras que en los meses de mayo a agosto el almacenamiento es significativamente menor, llegando a cero en agosto y septiembre. Esto sugiere que la disponibilidad de agua del suelo es limitada durante la estación seca, lo que puede afectar la agricultura y la vegetación locales. De mayo a septiembre el cultivo sólo es posible con el uso de riego.

La ETP alcanza sus valores más altos en septiembre y octubre, meses de altas temperaturas. En septiembre, la combinación de altas temperaturas, alta ETP y falta de almacenamiento de agua en el suelo dan como resultado las condiciones más desfavorables para el cultivo. La ETR sigue un patrón similar a la ETP, pero con valores más bajos durante la estación seca, especialmente en julio y agosto, cuando alcanza sólo 9 y 17 mm, respectivamente. Esto sugiere que la vegetación no puede evapotranspirar completamente debido a la cantidad limitada de agua disponible en el suelo. La variabilidad de ETR en relación con ETP puede verse influenciada por la ARM y las condiciones climáticas locales. Esto es consistente con estudios que muestran que la ETR puede verse limitada por la disponibilidad de agua en el suelo, especialmente en regiones con una estación seca significativa (BORGES et al.,2023).

La variabilidad mensual media del BHC compuesta por déficit hídrico (DEF), exceso de agua (EXC), extracción de agua (RET) y reposición de agua del suelo (REP) durante el período de 2003 a 2021 para Nova Mutum - MT, se muestra en la Figura 3.

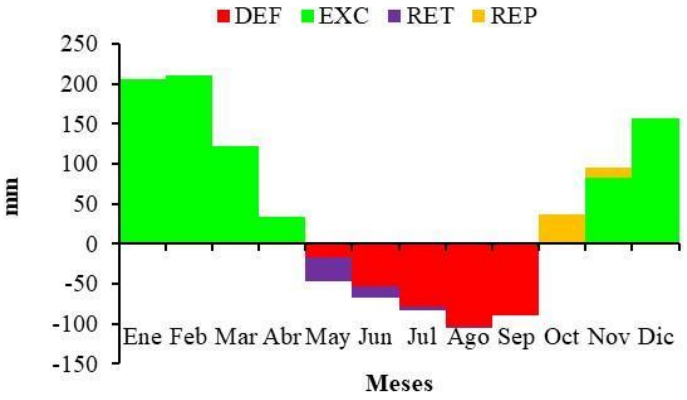

Figura 3. Variabilidad del BHC de 2003 a 2021 en Nova Mutum en el estado de Mato Grosso.

Estos datos son esenciales para comprender la dinámica hídrica local y planificar la gestión de los recursos hídricos. Se observa que el DEF es significativo durante los meses de mayo a septiembre, alcanzando un pico de -104 mm en agosto. Esto indica que durante este

período la demanda de agua supera la disponibilidad, lo que afecta la agricultura local. Una solución para la agricultura es utilizar el riego durante este período. La EXC ocurre de noviembre a abril, con valores máximos en enero (205 mm) y febrero (211 mm). Estos resultados indican que, durante estos meses, existe un excedente hídrico, favoreciendo la reposición de los embalses y la reposición de agua en el suelo.

La RET ocurre de mayo a agosto, con un total en el período de -50 mm y disminuyendo simultáneamente con ARM, DEF y ETR. La REP se presenta en octubre y noviembre, con valores de 37 y 13 mm, respectivamente. Esto sugiere que estos meses son importantes para recargar los depósitos subterráneos y reponer el agua en el suelo. Los resultados obtenidos están en línea con estudios que analizan el balance hídrico en regiones de Mato Grosso y de las regiones de transición Cerrado-Selva y Pantanal, destacando la importancia de comprender la variabilidad hídrica para la planificación agrícola y la gestión de los recursos hídricos(SOUZA et al., 2013; FENNER et al., 2014).Además, comprender el déficit y el exceso de agua es crucial para implementar prácticas agrícolas sustentables y una gestión eficiente de los recursos hídricos, como lo demuestran los estudios sobre cultivos de maíz, donde el déficit durante la polinización reduce significativamente la producción (BERGAMASCHI et al., 2006).

CONCLUSIONES

Nova Mutum presenta déficit hídrico en la estación seca (mayo a septiembre) y excedentes en los meses de lluvia (noviembre a abril), lo que influye en la gestión hídrica y agrícola de la región.

Se recomienda el uso del riego durante períodos de déficit hídrico del suelo para cubrir las necesidades hídricas de los cultivos.

Esta información sirve como base para la planificación de las actividades agrícolas en la región.

EXPRESIONES DE GRATITUD

Damos lasgracias a la Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por la bolsa de Pós-Doutorado Júnior (PDJ) y a Fundação de Amparo à Pesquisa do

Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) por apoyar el proyecto a través del Aviso Público FAPEMAT/CNPq nº 001/2022 Programa de Apoio à Fixação de Jovens Doutores no Brasil y de la Termo de Concessão FAPEMAT-PRO.000074/2023.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BORGES, P. H. M.; MORAIS, P. H. M.; MENDOZA, Z. M.S. H.; BEZERRA, D. N. Balanço hídrico climatológico normal na microrregião do Alto Teles Pires - MT. **Brazilian Applied Science Review**, v. 7, n. 2, p. 429-447, 2023.

CASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. Balanço hídrico e classificação climática na bacia dorio Jauguara, região de transição entre a Amazônia e o Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, n. 1, p. 70-88, 2020.

FENNER, W.; MOREIRA, P. S. P.; SILVA FERREIRA, F.; DALLACORT, R.; QUEIROZ, T. M.; BENTO, T. S. Análise do balanço hídrico mensal para regiões de transição de Cerrado-Floresta e Pantanal, Estado de Mato Grosso. **Acta Iguazu**, v. 3, n. 1, p. 72-85, 2014.

ROLDÃO, A. F.; SANTOS, J. G.; OLIVEIRA, L. A.Correlação entre as variáveis climáticas (altitude, temperatura e precipitação) na mesorregião sul e sudoeste de Minas Gerais – MG. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 8, p. 515-525, 2012.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos**. 2025. Disponível em: https://bdmep.inmet.gov.br/. Acesso em: 05 jan. 2025.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. D. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso.**Revista Brasileira de Recursos Hídricos**,v. 16, n.4, p. 157-167, 2011.

NOGUEIRA, S. F.; GREGO, C. R.; QUARTAROLI, C. F.; ANDRADE, R. G.; HOLLER, W. A., VIDAL, D. M.**Estimativa de estoque de carbono em sistemas de produção de soja na**

região norte Mato-Grossense. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 15).

NOVA MUTUM. **Dados Geográficos**. 2025. Disponível em: https://www.novamutum.mt.gov.br/municipio/dados-geograficos. Acessoem: 04 jan. 2025.

QUEIROZ, T. M.; RODRIGUES, L. N.; MATOS, R. M.; XAVIER, C. G. Water Balance, Climate Classification and Empirical Distribution of the Probability of Rain for the Region of Tangará da Serra - MT. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. e04590, 2024.

SANTOS, G. O., HERNANDEZ, F. B. T., ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SNIRH - Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. **Banco de dadosPortal HidroWeb**. 2025. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas. Acesso em: 06 jan. 2025.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Revista Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, M. H. C.; SANTOS, R. D. S.; VENTURA, K. M.; BISPO, R. C.; BASSOI, L. H. Balanço hídrico normal e sequencial para o município de Petrolina. IV INOVAGRI International Meeting, 2017, **Anais...** Fortaleza - CE, Brasil.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Publications in Climatology. Drexel Institute of Technology, New Jersey, v. 1, p. 104, 1955.

UNESCO. 1982. **Mexico City Declaration on Cultural Policies World Conference on Cultural Policies Mexico City**, 26 July -6 August.