



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

BALANÇO HÍDRICO E INDICAÇÃO CLIMÁTICA EM UMA ÁREA PILOTO SOB CULTIVO
DE PASTAGEM *Panicum maximum* NO CERRADO MARANHENSE

THALYS VASCONCELOS LIMA

CHAPADINHA-MA

2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

BALANÇO HÍDRICO E INDICAÇÃO CLIMÁTICA EM UMA ÁREA PILOTO SOB CULTIVO
DE PASTAGEM *Panicum maximum* NO CERRADO MARANHENSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado do Curso de Agronomia do Centro de
Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade
Federal do Maranhão (UFMA).

Graduando: Thalys Vasconcelos Lima

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Raissa Rachel Salustriano
da Silva Matos

CHAPADINHA-MA

2018

Vasconcelos Lima, Thalys.

BALANÇO HÍDRICO E INDICAÇÃO CLIMÁTICA EM UMA ÁREA
PILOTO SOB CULTIVO DE PASTAGEM *Panicum maximum* NO
CERRADO

MARANHENSE / Thalys Vasconcelos Lima. - 2018.

27 f.

Orientador(a): Raissa Rachel Salustriano da Silva
Matos.

Monografia (Graduação) - Curso de Agronomia,
Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2018.

1. Climatologia. 2. Deficiência hídrica. 3.
Mombaça.
4. Sustentabilidade. I. Salustriano da Silva
Matos, Raissa Rachel. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE AGRONOMIA

BALANÇO HÍDRICO E INDICAÇÃO CLIMÁTICA EM UMA ÁREA PILOTO SOB CULTIVO
DE PASTAGEM *Panicum maximum* NO CERRADO MARANHENSE

Monografia apresentada ao Colegiado do Curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e
Ambientais da Universidade Federal do Maranhão –
UFMA.

Graduando: Thalys Vasconcelos Lima

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Prof^ª. Dr^ª. Carliane Diniz e Silva

MSc. Nítalo André Farias Machado

Chapadinha, 11 de julho de 2018

A Jeová Deus,

Ofereço

Aos meus pais Cleomar F. Lima e M^a Ivane de Melo, meus irmãos Thalyson Vasconcelos e M^a de Fátima da Silva, por todo o amor e dedicação para comigo, à minha família pelo carinho e apoio dispensados em todos os momentos que precisei.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Jeová Deus, que foi e sempre será meu guia, que ilumina meus caminhos e de toda minha família, me dando forças e coragem para continuar nos momentos difíceis dessa árdua e longa caminhada. Aos meus pais, Cleomar Ferreira Lima e Maria Ivane de Melo Vasconcelos Lima, que são meu porto seguro, pelo exemplo de vida, perseverança, superação e vitória, pelos anos de dedicação, pelo incentivo, apoio incondicional e financeiro, sem os quais eu não estaria aqui hoje.

Aos meus avós paternos Elias Ferreira Lima (*in memoriam*) e Domingas Ferreira Lima (*in memoriam*), meus avós maternos Vicente Ferreira de Vasconcelos e Maria Cardoso de Melo, pelo imenso carinho dedicado a mim.

Ao professor Dr. Celso Yoji Kawabata (*in memoriam*) por ter dado início a essa pesquisa, com toda sua dedicação e sabedoria, deixando um legado inspirador no qual seguimos adiante.

Aos meus irmãos, Thalyson Vasconcelos Lima e Maria de Fátima da Silva Moraes, em especial a Thalyson, que sempre me ajudou, incentivou e esteve comigo em todas as decisões da minha vida.

Aos meus tios e familiares, em especial à Josimar de Melo Vasconcelos pelos momentos de descontração, conversas, ensinamentos, conselhos e pelo apoio incondicional aos meus estudos e na minha vida, durante todos esses anos, no qual serei sempre grato.

À Universidade Federal do Maranhão (UFMA) pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Agronomia.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos, pela orientação, paciência e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho. Pelos ensinamentos oferecidos durante o período em que estivemos juntos, que servirão para toda minha vida profissional.

Ao meu amigo MSc. Nítalo André Farias Machado pela ajuda, auxílio, conhecimentos transmitidos e incentivo constante que contribuiu imensamente para o êxito desse trabalho.

Aos todos grandes amigos nesse período de graduação conquistados, em especial a duas amigas, Sibebe Amorin e Emanuelle Lima, que estiveram sempre comigo desde o início, me apoiando e incentivando, aos quais lhes desejo muitas felicidades e muito sucesso a cada um de vocês na vida pessoal e profissional.

À todos os professores do curso de graduação, pelos ensinamentos e dedicação ao que tiveram grande importância na minha vida acadêmica, contribuindo para minha formação. A todos aqueles que porventura não tenham sido citados, mas que com certeza contribuíram imensamente para a concretização desse sonho.

Meu muito obrigado!

“O sucesso é uma jornada e não um destino. Tenha fé na sua capacidade.”
Autor desconhecido

RESUMO

O balanço hídrico climatológico (BHC) pode servir como uma ferramenta para maior sustentabilidade no uso de solo de pastagens cultivadas, principalmente em regiões de Cerrado, que possuem baixa fertilidade natural. Nesse sentido, objetivou-se determinar o balanço hídrico climatológico e a classificação climática para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem mombaça (*Panicum maximum*) no cerrado maranhense. Foram coletados dados de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento ($m.s^{-1}$) por meio de dez sensores datalogger equipados com anemômetro digital, programados para registro a cada 4 horas, sendo posteriormente calculado os valores médios diários e mensais em uma série histórica de três anos. No mesmo período, coletou-se dados da precipitação pluviométrica. O BHC foi calculado, considerando a capacidade de água disponível no solo de 100 mm, pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) e a classificação climática como proposto por Thornthwaite (1948) por meio dos índices: hídrico, aridez e umidade, por ser o mais utilizado no âmbito agrícola. Os resultados foram analisados por meio do software Infostat[®], sendo comparados pelo teste Tukey, quando não apresentaram normalidade, pelo teste de Kruskal-Wallis. Há uma distribuição sazonal das chuvas com duas estações climáticas definidas, sendo o período chuvoso de novembro a abril, onde há maior biomassa de Mombaça disponível, nos meses de maio a outubro (período seco), deve adotar estratégias alimentares alternativas, como fenação, silagem ou confinamento, uma vez que ocorre um déficit na produção de biomassa na pastagem. A precipitação pluviométrica anual mais provável é 1174,6 mm, com excedente hídrico no final de janeiro a março e um período de deficiência hídrica de maio a outubro, e o clima foi classificado como subsumido seco, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno.

Palavras-chave: Climatologia. Deficiência hídrica. Mombaça. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The climatological water balance (BHC) can be a tool for greater sustainability in the use of cultivated pasture soil, especially in Cerrado regions, which have low natural fertility. In this sense, the purpose was to determine the climatic water balance and the climatic classification for a pilot area under conventional Mombasa (*Panicum maximum*) pasture in the cerrado of Maranhão. Data were collected from temperature, relative humidity and wind velocity (ms^{-1}) by means of ten datalogger sensors equipped with digital anemometer, programmed for recording every 4 hours, and then calculated the daily and monthly average values in a historical series of three years. During the same period, rainfall data were collected. BHC was calculated by considering Thornthwaite and Mather (1955) and the climatic classification as proposed by Thornthwaite (1948) using water, dryness and dryness, as the most used in agriculture. The results were analyzed using the Infostat software, and were compared by the Tukey test, when they were not normal, by the Kruskal-Wallis test. There is a seasonal distribution of rainfall with two defined climatic seasons, with the rainy season from November to April, where there is more available Mombasa biomass, from May to October (dry season), should adopt alternative food strategies such as fenagem, silage or confinement, since there is a deficit in the production of biomass in the pasture. The most probable annual rainfall is 1174.6 mm, with water surplus at the end of January to March and a period of water deficiency from May to October, and the climate was classified as dry, megahermitic sub-humid with great water deficit in winter.

Keywords: Climatology. Water deficit. Mombasa. Sustainability.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Localização da área experimental: mapa do Brasil com destaque no para o estado do Maranhão (A), estado do Maranhão com ênfase ao município de Chapadinha (B).	18
Figura 2. Croqui da disposição especial dos equipamentos para coleta de dados	19
Figura 3. Representação gráfica do balanço hídrico para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.	23
Figura 4. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.....	24

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Balanço hídrico: temperatura (T), precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.	22
---	----

LISTA DE ABREVIações

Armazenamento de água no solo (ARM)

Balanço Hídrico Climatológico (BHC)

Capacidade de água disponível no solo (CAD)

Deficiência hídrica (DEF)

Evapotranspiração potencial (ETP)

Evapotranspiração real (ETR)

Excedente hídrico (EXC)

Índice de Aridez (Ia)

Índice de Umidade (Iu)

Índice Hídrico (Ih)

Massa seca (MS)

Precipitação pluviométrica (P)

Temperatura (T)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. Considerações iniciais.....	15
3.2 O Bioma Cerrado.....	16
3.3 <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça.....	16
3.4 Balanço hídrico e classificação climática.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 Localização e coleta dos dados.....	18
4.2 Cálculos do balanço hídrico.....	19
4.3 Classificação climática.....	20
4.4 análises estatísticas.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS.....	26

1. INTRODUÇÃO

O cerrado brasileiro é considerado um dos maiores centros de produção de alimentos no mundo, nesta região, a produção de proteína animal a partir da carne bovina vem ganhando destaque cada vez maior no cenário internacional pelo elevado potencial produtivo e qualidade, sua principal fonte alimentar são as pastagens, que são totalmente dependentes das condições climáticas, especialmente a chuva (CARVALHO et al., 2014).

A maior parte das pastagens cultivadas é representada por gramíneas do gênero *Brachiaria*, porém nos últimos anos o capim *Panicum maximum* cv. Mombaça veem sendo introduzido em substituição a essas pastagens pelo menor grau de exigência em relação à acidez e fertilidade do solo (CARNEIRO et al., 2017). Contudo, grande parte das pastagens, seja cultivada ou nativa, encontra-se em algum estágio de degradação que decorre de diversos fatores, entre eles o manejo inadequado das pastagens (ANDRADE et al., 2011).

Nessa perspectiva, o estudo agroclimático pode servir como uma ferramenta para o planejamento de uso de solo, a fim de garantir um maior índice de sustentabilidade nas pastagens cultivadas, principalmente em regiões de Cerrado, que possuem baixa fertilidade natural (MATOS et al., 2014), pois a disponibilidade hídrica pode ser quantificada por meio do balanço hídrico climatológico (BHC), determinando-se as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e retirada da água do solo, como também a classificação climática, e assim identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço-tempo (FRANCISCO et al., 2015)

Essas informações contribuem para elucidação da dinâmica hídrica do sistema de uso do solo, sendo fundamental para a preparação do calendário agrícola, na tomada de decisões para o manejo sustentável das pastagens, como a época de semeadura, dimensionamento dos sistemas de irrigação suplementares e para a implantação de projetos, possibilitando o uso racional dos recursos hídricos nos empreendimentos agropecuários (FRANCISCO et al., 2015; PASSOS et al., 2016; PASSOS et al., 2017).

Pesquisas atuais vem sendo desenvolvidas a fim de utilizar o mecanismo do BHC de área para direcionar informações para o melhor manejo e uso de solo, como em alguns estados do Brasil, como a Paraíba (MEDEIROS et al., 2015) e Mato Grosso (SOUZA et al., 2013) e de pontos mais específicos como bacias hidrográficas (MEDEIROS et al., 2013) e em municípios com potenciais agrícolas (PASSOS et al., 2017; PASSOS et al. 2016). Diante disso, objetivou-se determinar o balanço hídrico climatológico e a classificação climática para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar o balanço hídrico climatológico e a indicação climática para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem *Panicum Maximum* no cerrado maranhense.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Registrar dados de temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica da área piloto;
- b) Mensurar as taxas de evapotranspiração real e potencial da área piloto;
- c) Determinar os meses de excedente, retirada e escassez de umidade no solo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Considerações iniciais

Os estudos do balanço hídrico são de fundamental importância para o entendimento dos ambientes naturais e das alterações desencadeadas pela ocupação humana, que possibilitam ao longo do tempo a geração de desequilíbrio aumentando assim a fragilidade dos ecossistemas. O uso das terras de forma indiscriminada e sem estudo prévio das potencialidades e graus de limitação ambiental dos diferentes agroecossistemas é uma das principais causas da degradação do solo e conseqüentemente da perda de sua capacidade produtiva, exercendo uma pressão sobre os recursos ambientais que podem ser traduzidos por meio da sua degradação, podendo gerar impactos negativos por meio da perda das camadas superficiais dos solos por meio de erosão (MATOS et al., 2014; FRANCISCO et al., 2015).

O clima pode ser entendido como as condições atmosféricas médias de uma região em um determinado período (FRANCISCO et al., 2015). Em geral, os fatores climáticos e a produção agrícola estão correlacionados, de tal forma que para a obtenção do máximo rendimento de culturas agrícolas, é imprescindível o monitoramento dos elementos meteorológicos em todas as fases fenológicas da lavoura (PASSOS et al., 2016).

Assim, o estudo agroclimático consiste em uma das principais etapas do planejamento de sistemas produtivos sustentáveis na utilização do solo e água (MATOS et al., 2014). Segundo Passos et al. (2016) a disponibilidade hídrica de uma determinada região pode ser quantificada por meio do balanço hídrico climatológico, sendo possível determinar as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo e também a classificação climática, e assim identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo.

De acordo com Medeiros et al. (2015) o balanço hídrico climatológico avalia os parâmetros mencionados acima por meio das relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, especialmente precipitação pluvial e evapotranspiração potencial. Nesse sentido, devido a carência de informações para áreas de pastagens no cerrado maranhense, e considerando a constante expansão da agropecuária do estado, a elucidação da dinâmica hídrica pode proporcionar informações sobre cruciais para o uso do solo e planejamento dos empreendimentos agrícolas para garantir um crescimento sustentável.

3.2 O Bioma cerrado

O Bioma cerrado é constituído por uma grande diversidade de climas, solos, fitofisionomias e topografia que existem na porção do Planalto Central do Brasil, e por isso resulta em diferentes paisagens que vão do “cerradão”, com árvores altas, densidade maior e composição distinta, passando pelo “cerrado stricto sensu” com árvores baixas e esparsas, até o campo cerrado, campo sujo e campo limpo (com progressiva redução da densidade arbórea) pelos estados do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia, Goiás, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e o Distrito Federal (PINHEIRO, 2008; SILVA et al., 2008).

O sistema do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística apresenta uma classificação da vegetação brasileira adaptado a um sistema universal, denomina de Savana florestada o “cerradão”, Savana Arborizada para “Cerrado strictu sensu”, Savana Gramíneo Lenhosa para “campo sujo” e Estepe Gramíneo Lenhosa para “campo limpo”. Além disso, conceitua a vegetação na região do Araguaia na Ilha do Bananal como “Savana Parque”, as Matas de Galerias como Floresta Estacional Semidecidual e Aluvial, as Matas Ciliares de Florestas Estacionais Deciduais e as Veredas de formação pioneira com influência fluvial (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

As savanas ocorrem associadas às zonas tropicais, recobrem um quinto da superfície do planeta e são responsáveis por 30% da produção primária de toda a vegetação terrestre. Na África, compreendem cerca de 15,1 milhões de km², o que representa 50% desse continente. Extensas áreas de savana podem ser encontradas também na Índia, Austrália, sudeste da Ásia, América Central e ilhas do Pacífico. Na América do Sul as savanas ocupam cerca de 2,1 milhões de km², sendo que a maior parte está localizada no Brasil (PINHEIRO, 2008).

Atualmente, o cerrado brasileiro vem sendo utilizado para prática de agricultura moderna, baseados no cultivo de soja, milho e proteína animal por meio da bovinocultura de corte. Sua relevância ocorre por ser uma das últimas fronteiras agrícola do mundo, e por isso medidas sustentáveis são fundamentais para maximizar a qualidade de uso de solo e água (LIMA et al., 2016).

3.3 *Panicum maximum* cv. Mombaça

O gênero *Panicum* é originário do continente africano, e foi difundido através do capim colômbio e posteriormente, pelas cultivares Tobiata, Tanzânia, Mombaça, Aruana (FREITAS et al., 2005), principalmente pelas suas características morfológicas que proporcionam uma elevada produção de massa seca (MS) e ampla adaptabilidade às diversas condições edafoclimáticas (JANK, 1995). Entretanto, produzem melhor em solos de média à alta fertilidade, e são menos flexíveis que

as gramíneas do gênero *Brachiaria* por apresentarem limitações e/ou dificuldades para serem manejadas sob lotação contínua, prevalecendo, de modo geral, o seu uso na forma de pastejo rotacionado (OLIVEIRA et al., 2007).

Entretanto, o capim-mombaça, planta ereta e cespitosa, com altura média de 1,60 a 1,65 m, alta porcentagem de folhas quebradiças com 3,0 cm de largura, é considerada uma das forrageiras tropicais mais produtivas à disposição dos pecuaristas, podendo atingir produção de massa seca anual em torno de 33 a 41 t.ha⁻¹, apresentando, em média, 81,9% de folhas, 13,4% de proteína bruta nas folhas e 9,7% nos colmos (JANK et al., 1995; BRÂNCIO et al., 2002).

Além disso, nutricionalmente o capim Mombaça possui características vantajosas, apresenta cerca de 10 a 13% teores de proteína bruta nas folhas e colmos, respectivamente, Fibra em Detergente Neutro (FDN) em torno de 69% e Fibra em Detergente Ácido (FDA) em torno de 35% (BRÂNCIO et al., 2002). Por isso, o capim Mombaça está cada vez mais presente no pasto, pois além disso, apresenta menor grau de exigência em relação à acidez e fertilidade do solo (CARNEIRO et al., 2017).

3.4 Balanço hídrico e classificação climática

O balanço hídrico é uma ferramenta que pode ser utilizada como fonte de dados para estabelecer projetos agrícolas, pois busca elucidar questões sobre a dinâmica hídrica no solo de uma determinada área, sendo possível determinar as épocas de deficiência e excedente hídrico, a reposição e a retirada da água do solo, e assim identificar períodos cruciais, dentro de um determinado espaço de tempo (PASSOS et al., 2016). De fato, o conhecimento dos padrões da precipitação pluviométrica contribui para compressão da dinâmica hídrica de uma determinada região, auxiliando na tomada de decisões de manejo, como a época de semeadura e o dimensionamento dos sistemas de irrigação suplementares, possibilitando o uso racional dos recursos hídricos nos empreendimentos agropecuários (BARRETO et al., 2014, FRANCISCO et al., 2015; PASSOS et al., 2017).

A classificação climática também é uma informação importante, pois leva em consideração as relações da evapotranspiração e características do clima e solo. O Sistema de Classificação Climática proposto por Thornthwaite (1948) é o mais utilizado no âmbito agrícola, por considerar a planta como um meio físico, sendo, portanto, capaz de conduzir água à atmosfera (ROLIM et al., 2007; SOUZA et al., 2013; MEDEIROS et al., 2013; FRANCISCO et al., 2016). De acordo com Souza et al. (2013) as metodologias para definição das classificações climáticas e balanço hídrico climatológico podem ser consideradas como critérios muito apropriados para definir as características

climáticas do local e, para tanto, se utilizam os valores médios mensais normais, ou quando aplicadas para séries temporais menores, perfazem como indicativo da tendência climática da região.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e coleta dos dados

A pesquisa foi realizada em uma área piloto sob cultivo convencional de capim-Mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça), com cinco hectares, com solo classificado como Latossolo Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013), com pH em CaCl₂ = 5,6; M.O = 27,9 g.dm⁻³; CTC = 9,97 cmolc dm⁻¹; V (%) = 19,2; com textura média, formado por 45% de areia grossa, 20% de areia fina, 11% de argila e 24% de silte. Esta área está situada em uma propriedade rural (03° 44'33"S, 43° 21' 21" W com 106 m de altitude) do município de Chapadinha, Mesorregião Leste, Maranhense e Microrregião de Chapadinha, no estado do Maranhão, Brasil (Figura 1).

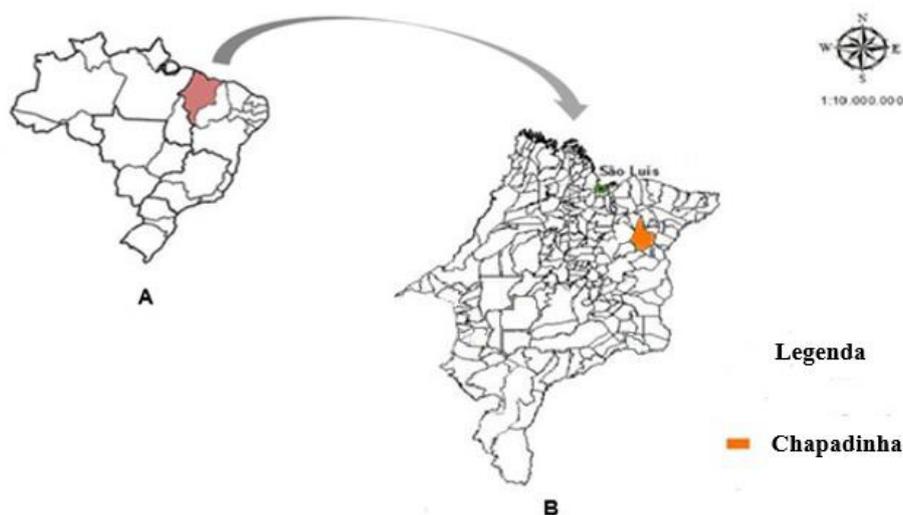


Figura 1. Localização da área experimental: mapa do Brasil com destaque para o estado do Maranhão (A), estado do Maranhão com ênfase ao município de Chapadinha (B).

Foram coletados dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), temperatura de globo negro (°C) e velocidade do vento (m.s⁻¹) por meio de dez sensores datalogger UX120-006M equipados com anemômetro digital AD1733, distribuídos em um espaçamento de 70 x 70 m na área piloto. Os dados foram coletados em um período de três anos. Os equipamentos foram programados para registro a cada 4 horas, sendo posteriormente calculado os valores médios diários e mensais. No mesmo período, coletou-se dados da precipitação pluviométrica, diariamente, por meio de cinco

pluviômetros digitais Incoterm® 4760, distribuídos em um espaçamento de 100 x 100 m, conforme o croqui (Figura 2).

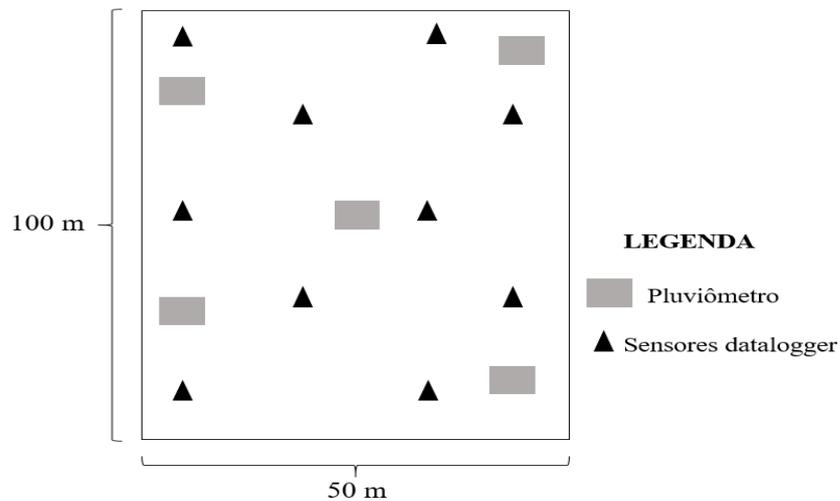


Figura 2. Croqui da disposição especial dos equipamentos para coleta de dados

4.2 Cálculos do balanço hídrico

O balanço hídrico climatológico (BHC) foi calculado pelo método proposto por Thornthwaite & Mather (1955), considerando a capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm, tendo como base outros trabalhos. Assim, inicialmente determinou-se o índice térmico anual e a constante “a” para a área piloto por meio das equações 1 e 2, respectivamente:

$$I = 1,049 \times (T \text{ anual})^{1,514} \quad (1)$$

Em que:

I = índice térmico anual (-);

T anual = temperatura média anual (°C).

$$a = (6,75 \times 10^{-7} \times I^3) - (7,71 \times 10^{-5} \times I^2) + (1,792 \times 10^{-2}) \times (I + 0,49239) \quad (2)$$

Em que:

I = índice térmico anual (-).

Logo após isto, foram utilizado os valores do índice térmico anual, constante “a” e temperatura média mensal para estimar a evapotranspiração potencial (ETP) por meio da equação 3. Estas equações foram empregadas utilizando dados mensais, obtendo-se resultados médios respectivos a cada mês e, por conseguinte uma estimava anual pela soma das médias mensais.

$$ETP = 16 \times \left(\frac{t_i}{I}\right)^a \quad (3)$$

Em que:

ETP = evapotranspiração potencial (mm);

t_i = temperatura média mensal (°C);

I = índice térmico anual (-);

a = constante que depende do local (-).

Os valores de precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial foram utilizados para estimar a evapotranspiração real (ETR), o armazenamento de água no solo (ARM), a deficiência hídrica (DEF) e o excedente hídrico (EXC) no solo por diferença conforme Passos et al., (2016).

4.3 Classificação climática

A classificação climática foi obtida com os dados históricos diários por meio dos valores do índice hídrico (I_h), que depende do EXC e da ETP total anual, do índice de aridez (I_a), a partir da relação entre a DEF e ETP total, do índice de umidade (I_u), calculado em função do I_h e do I_a e da ETP total anual e de verão hídrico pelo método de classificação climática proposto por Thornthwaite (1948), por ser o mais usual no âmbito agrícola (Rolim et al., 2007).

O índice Hídrico (I_h), Índice de Aridez (I_a) e Índice de Umidade (I_u) foram calculados por meio das equações 4, 5 e 6, respectivamente, sendo os resultados obtidos confrontados com os valores estabelecidos por Thornthwaite (1948), conforme Francisco et al., (2016).

$$I_h = \frac{EXC}{ETP} \times 100 \quad (4)$$

Em que;

I_h = Índice Hídrico, (mm)

EXC = excedente hídrico, (mm);

ETP = evapotranspiração total, (mm).

$$I_a = \frac{DEF}{ETP} \times 100 \quad (5)$$

Em que:

I_a = Índice de Aridez, (mm)

DEF = deficiência hídrica, (mm);

ETP = evapotranspiração total, (mm).

$$I_u = I_h - 0,6 \times I_A \quad (6)$$

Em que:

I_u = Índice de Umidade, (mm)

I_h = Índice Hídrico, (mm);

I_a = Índice de Aridez, (mm).

4.4 Análises estatísticas

Os dados meteorológicos coletados e estimados por meio dos cálculos do balanço hídrico climatológico foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilks) e homocedasticidade (Levene) a 5% de significância. Quando satisfeitas estas pressuposições efetuou-se a análise de variância (ANOVA) conforme o modelo estatístico: $Y_j = \mu + M_j + \text{Erro}_j$, onde Y_j é qualquer variável depende, μ é o média geral, M_j é o efeito o j – ésimo mês do ano e Erro_j é o erro experimental. Posteriormente os valores médios foram comparados pelo teste Tukey a 5% de significância. Os dados que não cumpriram as pressuposições da ANOVA foram tratados como não-paramétricos, e foram comprados pelo teste Kruskal-Wallis a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mês de setembro apresentou a temperatura média (28,9 °C) mais elevada, e os meses de janeiro e fevereiro, as médias mais baixas (25,8 e 25,9 °C, respectivamente), durante o ano a temperatura apresentando baixa variabilidade temporal, sendo o valor médio anual estimado em 26,8°C. No entanto, a precipitação pluviométrica apresentou elevada variabilidade, evidenciando uma má distribuição pluviométrica do volume total de 1174,61 mm, sendo os meses de janeiro e março com maiores volumes seguidos pelo mês de fevereiro. A oscilação da precipitação pluviométrica demonstra grande irregularidade nos seus índices, devido à grande imprevisibilidade do volume de chuva, devido a fatores meteorológicos atuantes no Meio Norte do Brasil, os quais ocasionam chuvas anômalas e de altas intensidades induzidas por fenômenos de larga escala la Ninã (MEDEIROS, 2013) (Tabela 1).

Tabela 1. Balanço hídrico: temperatura (T), precipitação pluviométrica (P), evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR) para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.

Meses	T (°C)	P ^l (mm)	ETP (mm)	ETR (mm)
Janeiro	25,8 e ± 0,59	202,7 a ± 124,63	127,6 bc ± 8,52	127,6 a ± 9,70
Fevereiro	25,9 e ± 0,81	171,3 b ± 101,92	116,2 c ± 9,38	116,2 ab ± 8,50
Março	26,1 de ± 0,69	189,8 a ± 99,79	130,4 bc ± 8,22	130,4 a ± 8,78
Abril	26,5 de ± 0,85	122,1 c ± 79,02	133,6 bc ± 8,94	133,0 a ± 9,04
Mai	26,8 cd ± 0,84	45,1 e ± 42,54	141,3 bc ± 8,46	100,2 bc ± 8,72
Junho	26,2 de ± 1,28	5,2 g ± 9,75	126,2 c ± 9,24	29,1 d ± 6,62
Julho	26,4 de ± 0,85	2,0 g ± 6,50	133,5 bc ± 8,68	9,4 d ± 8,86
Agosto	27,6 bc ± 1,09	3,6 g ± 6,99	156,9 ab ± 8,65	5,8 d ± 6,96
Setembro	28,9 a ± 0,93	26,4 f ± 30,56	184,7 a ± 8,50	26,9 d ± 6,78
Outubro	28,2 ab ± 1,14	88,2 d ± 55,54	175,1 a ± 8,56	88,3 c ± 8,32
Novembro	26,8 cd ± 1,02	140,8 c ± 83,73	142,4 bc ± 8,34	140,8 a ± 6,92
Dezembro	26,2 de ± 0,86	177,3 b ± 96,91	135,3 bc ± 9,44	135,3 a ± 8,36
Total	26,8	1174,61	1703,65	1043,12

Médias de T, ETP e ETR seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, médias de P^l seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Kruskal-Wallis.

Esse panorama estabelece duas períodos bem definidas durante o ano, uma “estação chuvosa” que se estende entre os meses de novembro a abril, a qual representa aproximadamente 85% do

volume total da precipitação pluviométrica anual e uma “estação seca”, correspondente ao período de maio a outubro, com aproximadamente 15 %, o que pode ser atribuído em função da posição geográfica da área (próximo a linha do equador), especialmente a baixa latitude e elevação. Esse comportamento influenciou na evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR).

Ainda sobre a Tabela 1, a evapotranspiração potencial (ETP) anual foi estimada em 1703,65 mm, sendo os meses com maiores médias setembro e outubro e os meses de fevereiro e junho com menores médias. Entretanto, a evapotranspiração real (ETR) anual foi estimada em 1043,12 mm, sendo o mês de novembro com maior média (140,8 mm) e o mês de agosto com a menor (5,8 mm) apesar do mês de agosto possuir uma temperatura média mensal elevada, o baixo valor na ETR é justificado pelo baixo volume de chuvas, o que proporciona falta de umidade no solo, os meses de junho e julho apresentaram uma discrepância considerável nos valores de ETR pelo mesmo motivo.

Vale ressaltar que na “estação chuvosa” a evapotranspiração potencial (ETP) e a evapotranspiração real (ETR) são relativamente iguais, porém na “estação seca” a ETR é consideravelmente menor que a ETP (Figura 3). Logo, implica-se dizer que durante o período da “estação chuvosa” foi atingido a evaporação máxima, principalmente devido à grande quantidade de água disponibilizada no solo (PASSOS et al., 2016), pelo intenso volume de chuva nesse período, informação crucial para o manejo sustentável de pastagens.

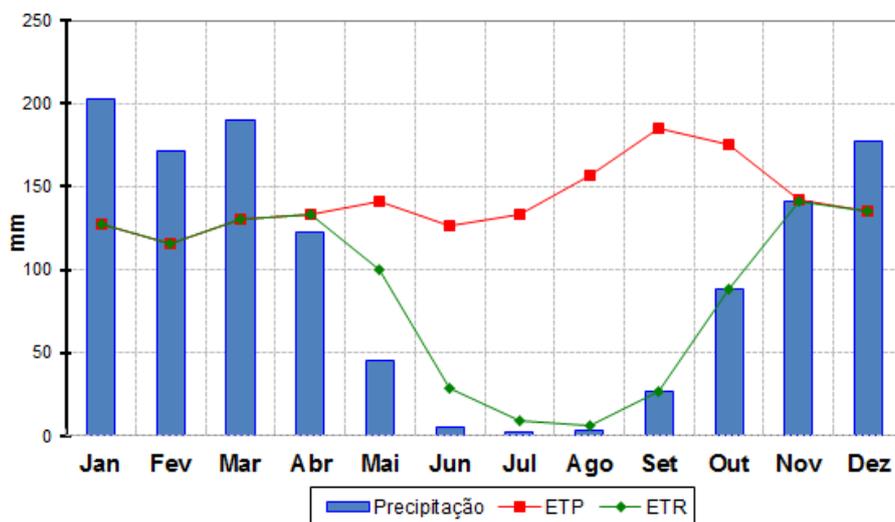


Figura 3. Representação gráfica do balanço hídrico para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.

Estima-se uma deficiência hídrica (DEF) de 660,6 mm por ano, distribuído entre os meses de maio a outubro. Os meses com maior DEF foram setembro e agosto (157,8 e 151,2 mm). O período de que abrange o mês de dezembro à meados de janeiro caracteriza-se como um período de reposição de água no solo. A última semana de janeiro à março configura-se como um período de excedente

hídrico (EXC). Tal comportamento está relacionado à precipitação pluviométrica, pois o volume de chuva foi significativamente superior nos meses com EXC (Figura 4).

Portanto, as chuvas do início da “estação chuvosa” são destinadas para reposição de água no solo e, na ETR, quando o solo está plenamente abastecido, há um excedente de água neste, com início na última semana de janeiro. Na estiagem, verifica-se nitidamente a retirada de água do solo, estendendo-se de abril a julho (Figura 4). Estas informações são importantes para a época de plantio (formação de pastos), definição de da taxa de lotação do piquete, e práticas agrícolas como: adubação, calagem e atividades com implementos agrícolas.

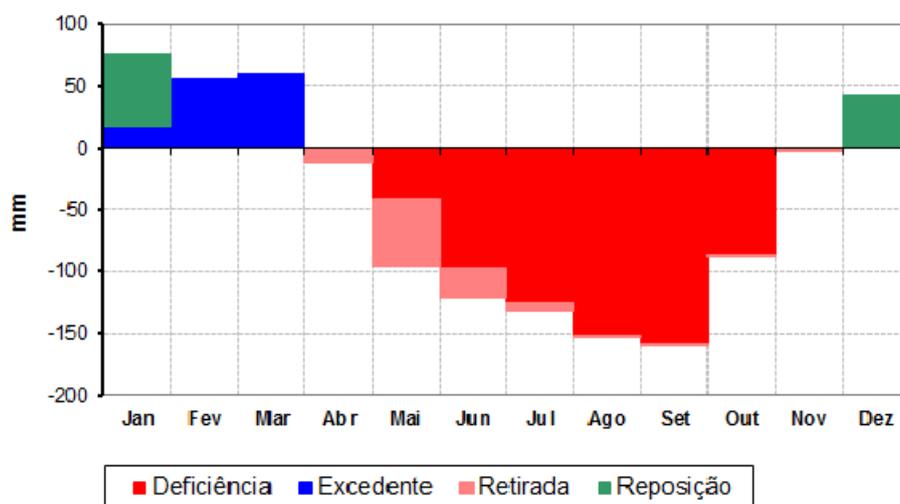


Figura 4. Deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano para uma área piloto sob cultivo convencional de pastagem Mombaça no cerrado maranhense.

É importante destacar que o processo de perda de água por evapotranspiração, ação conjunta da evaporação do solo e transpiração das plantas, é a variável que causa o maior impacto no ciclo hidrológico, além de ser o principal componente no balanço hídrico da agricultura (CARVALHO et al., 2015). Portanto, é um parâmetro essencial nos estudos de avaliação de qualidade ambiental nas lavouras, pastagens e para o manejo de bacias hidrográficas, de forma a garantir maior eficiência no uso dos recursos hídricos.

Os valores obtidos para o índice hídrico (Ih), o índice de aridez (Ia) e índice de umidade (Iu), utilizados para obter a classificação climática, foram respectivamente de 7,71; 38,8 e -15,54 mm. Logo, o clima enquadra-se na tipologia C1, o que indica clima sub úmido seco. O subtipo, com base no Ia (38,8 mm), é classificado como S2, o que indica grande deficiência hídrica no verão. O fator térmico é classificado como “A”, ou seja, megatérmico, uma vez que a evapotranspiração potencial (ETP) foi estimada em 1703,66 mm, superior aos 1140 mm (Tabela 1). A relação percentual entre a ETP período quente (maio à outubro) com evapotranspiração anual foi de 32%, ou seja, classificada

no subtipo a'. Sendo assim a formula completa segundo Thonhwaite é C1S2A a, ou seja, subsumido seco, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno.

6. CONCLUSÕES

Há uma distribuição sazonal das chuvas com dois períodos climáticas definidas, sendo o período chuvoso de novembro a abril, onde há maior biomassa de Mombaça disponível, nos meses de maio a outubro (período seco), deve adotar estratégias alimentares alternativas, como fenação, silagem ou confinamento, uma vez que ocorre um déficit na produção de biomassa na pastagem.

A precipitação pluviométrica anual mais provável é 1174,6 mm, com excedente hídrico no final de janeiro a março e um período de deficiência hídrica de maio a outubro, e o clima foi classificado como subsumido seco, megatérmico com grande deficiência hídrica no inverno.

7. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, W.R.; SILVA, M.F.; PORTO, E.M.V.; VITOR, C.M.T.; PINTO, F.S. Densidade Populacional de perfilhos de cultivares de *Brachiaria Brizantha* submetidas a doses crescentes de nitrogênio. **5º Fórum de Ensino, Pesquisa, Extensão e Gestão (FEPEG)**, Universidade Estadual de Montes Claros, 2011.
- BARRETO, H.B.F.; PEREIRA, G.M.; BARRETO, F.P.; FREIRE, F.G.C.; MAIA, P.M.E. Relação Intensidade duração-frequência para precipitação extrema em Mossoró – RN. **Global Science and Technology**, Goiânia, v.7, n.3, p.103-109, 2014.
- BRÂNCIO, P. A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; EUCLIDES, V. P. B.; REGAZZI, A. J.; ALMEIDA, R. G.; FONSECA, D. M.; BARBOSA, R. A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição química e digestibilidade da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n.4, p.1605-1613, 2002.
- CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, P. S. S.; SANTOS, A. C. M.; FREITAS, G. A.; SILVA, R. R. Respostas do capim Mombaça sob efeito de fontes e doses de fósforo na adubação de formação. **Journal of bioenergy and food science**, Macapá, v.4, n,1, p12-25, 2017.
- CARVALHO, I. S. H. A pecuária geraizeira e a conversação da biodiversidade no cerrado do Norte de Minas. **Sustentabilidade em Debate**, Brasília, v.5, n.3, p.19-36, 2014.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R. M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.9, n.4, p. 1006-1016, 2015.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; BANDEIRA, M. M.; GUIMARÃES, C. L.; CABRAL, D. E. C. Aptidão climática do sorgo (*Sorghum bicolor*) para o estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.9, n.4, p. 1043-1057, 2016.
- FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L.; HEINEMAM, A. B.; FERREIRA, P. H.; MACEDO, R. Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 83-89, 2005.
- LIMA, G. P.; NETO-PEIXOTO, C. A. A.; AMARAL, Y. T.; SIQUEIRA, G. M. Biogeographical characterization of the maranhense eastern mesoregion (Brazil). **Journal of Geospatial Modelling**, São Luís, v.1, n.1, p. 1-12, 2016.
- MATOS, R. M.; SILVA, J. A. S.; MEDEIROS, R. M. Aptidão climática para a cultura do feijão caupi do município de Barbalha – CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.8, n.6, p.422-431, 2014.
- MEDEIROS, R. M.; FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.8, n.4, p. 1068-1084, 2015.
- MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D. C. dos; SOUSA, F. A. S.; GOMES FILHO, M. F. Análise Climatológica, classificação o climática e variabilidade do balanço hídrico climatológico na Bacia do Rio Uruçuí Preto, PI. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.6, n.4, p.652-664, 2013.
- MEDEIROS, R.M. Estudo agrometeorológico para o Estado da Paraíba. Ed. Avulsa, 2013, p. 138.

- OLIVEIRA, A. B.; PIRES, A. J. V.; MATOS NETO, U.; CARVALHO, G. G.P.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F. Morfogênese do capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.4, p.1006-1013, 2007 (supl.).
- PASSOS, M. L. V.; RAPOSO, A. B.; MENDES, T. J. Estimativa da distribuição da precipitação pluviométrica provável em diferentes níveis de probabilidade de ocorrência. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.1, p.1016-1115, 2017.
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.10, n.4, p. 758-766,2016.
- PINHEIRO, Eduardo da Silva. **Análises Ecológicas e sensoriamento remoto aplicados à estimativa de fitomassa de cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP**. 192 f. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Carlos. São Carlos, SP. 2008.
- ROLIM, G.S.; CAMARGO, M.B.P.; LANIA, D.G.; MORAES, J.F.L. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.711-720, 2007.
- SANTOS, R.B.; SOUZA, A.P.; SILVA, A.C.; ALMEIDA, F.T.; ARANTES, K.R.; SIQUEIRA, J.L. Planejamento da pulverização de fungicidas em função das variáveis meteorológicas na região de Sinop – MT. **Global Science and Technology**, Goiânia, v.6, n.1, p.72-88, 2013.
- SILVA, H. G.; FIGUEIREDO, N.; ANDRADE, G. V. Estrutura da vegetação de um cerradão e a heterogeneidade regional do Cerrado do Maranhão, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.5, p.921-930, 2008.
- 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. **Pesquisa Agrárias e Ambientais**, Cuiabá, v.1, n.1, p. 34-43, 2013.
- THORTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographical Review**, London, v.38, p.55-94, 1948.
- THORTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Publications in Climatology. **New Jersey: Drexel Institute of Technology**; p.104, 1955.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação Brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p. 1991.