REDE
ISSN:1982-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI: 10.22411/rede2019.1301.07

MODELAGEM DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL DA PASTAGEM EM ÁREAS DO BIOMA CERRADO

Modeling of Real Evapotranspiration of Pasture in Cerrado Biome Areas

Modelado de Evapotranspiración Real del Pasto en las Áreas de Biome Cerrad

Gabriel Alves Veloso[1]
Manuel Eduardo Ferreira[2]
Érika Gonçalves Pires[3]

RESUMO:

Estimar a evapotranspiração do sistema solo-vegetação é reconhecidamente importante para caracterizar paisagens nativas ou antropizadas, auxiliando no adequado manejo do ambiente. Neste trabalho, objetivou-se estimar a evapotranspiração em áreas de pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho, estado de Goiás, por meio de dados satelitários. Foram utilizadas cinco imagens do satélite Landsat 8 OLI/TIRS, órbita/ponto 223/71, do ano de 2014 e 2015. A estimativa da evapotranspiração real diária foi obtida através do algoritmo METRIC (*Mapping evapotranspiration at high resolution and with internalized calibration*). Para a obtenção desses parâmetros, utilizou-se dados da estação meteorológica localizada na mesma cena Landsat (INMET/A014). Dentre os resultados, foram obtidos os valores médios da evapotranspiração em áreas de pastagem variando de 1,69 mm.dia-1 a 4,55 mm.dia-1. A técnica utilizada foi adequada para as análises, da mesma forma que o METRIC se mostrou uma ferramenta importante para a gestão e manejo das áreas de pastagem.

Palavras-chave: Evapotranspiração Real; Pastagem; METRIC; Cerrado.

ABSTRACT:

Estimating the evapotranspiration of the soil-vegetation system is admittedly important to characterize native or anthropized landscapes, assisting in the proper management of the environment. This paper aimed to estimate evapotranspiration in pasture areas in the Rio Vermelho River Basin, in the state of Goiás, using satellite data. We used five images of the satellite Landsat 8 OLI/TIRS, orbit/point 223/71, from the year 2014 and 2015. The estimation of the actual daily evapotranspiration was obtained through the METRIC algorithm (Mapping evapotranspiration at high resolution and with internalized calibration). The parameters were obtained through data the weather station located in the same Landsat scene (INMET/A014). Among the results, mean values of evapotranspiration in pasture areas were obtained ranging from 1.69 mm.day-1 to 4.55 mm. day-1. The technique used was adequate for the analysis, just as METRIC proved to be an important tool for the management and handling of pasture areas.

Keywords: Real Evapotranspiration; Pasture; METRIC; Cerrado.

RESUMEN:

La estimación de la evapotranspiración del sistema suelo-vegetación es ciertamente importante para caracterizar los paisajes nativos o antropizados, ayudando a la gestión adecuada del medio ambiente. Este trabajo tuvo como objetivo estimar la evapotranspiración en áreas de pastoreo en la cuenca del río Vermelho, estado de Goiás, utilizando datos satelitales. Utilizamos cinco imágenes del satélite Landsat 8 OLI/TIRS, órbita/punto

[1]Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. schacht@ufrb.edu.br
[2]Universidade Federal de Goiás, UFG. manuel@ufg.br
[3]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, IF-TO. erikapires@ifto.edu.br

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

223/71, a partir del año 2014 y 2015. La estimación de la evapotranspiración diaria real se obtuvo mediante el algoritmo METRIC (mapeo de la evapotranspiración a alta resolución y con calibración internalizada). Para obtener estos parámetros, se utilizaron datos de la estación meteorológica ubicada en la misma escena Landsat (INMET/A014). Entre los resultados, se obtuvieron valores medios de evapotranspiración en áreas de pasto que van desde 1.69 mm. dia-1 a 4.55 mm. dia-1. La técnica utilizada fue adecuada para el análisis, al igual que METRIC demostró ser una herramienta importante para el gestión y manejo de las áreas de pastoreo comprender aspectos relacionados con la creación y gestión de estas Unidades de Conservación. Se concluye por la ausencia de contacto entre el propietario y las agencias públicas, lo que genera una insatisfacción relativa de los propietarios y presenta defectos en el proceso de creación.

Palabras clave: Evapotranspiración Real; Pasto; METRIC; Cerrado.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o maior exportador de carne bovina no mundo, detendo o maior rebanho comercial, com cerca de 215 milhões de cabeças (PPM, 2015). Essa produção de carne é realizada, sobretudo, em pastos cultivados de forma extensiva (em geral, da espécie Braquiária), com área estimada em 175 milhões de hectares (FERREIRA et al, 2014); destes, estima-se que 100 milhões de hectares apresentam algum nível de degradação, o que implica em problemas ambientais, como o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs), perda de solos, e baixa produtividade (DIAS-FILHO, 2011), ou baixo aproveitamento de Unidade Animal (UA) por hectare (o que implica na expansão dos pastos sobre a vegetação nativa, normalmente no bioma Cerrado).

Compreender os processos envolvidos no armazenamento e liberação de água numa bacia hidrográfica seja no solo ou através da vegetação, é de extrema importância ambiental, com reflexo no planejamento e manejo em termos espaciais e temporais (LIMA et al., 2005). Dessa forma, a análise do processo de evapotranspiração em áreas de pastagem pode ser usada como indicativo do vigor da vegetação (Níveis de degradação).

Uma das grandes vantagens em se utilizar técnicas de sensoriamento remoto na estimativa da evapotranspiração é a análise da variação espacial desse fenômeno, especialmente em grandes áreas, devido às diferenças dos elementos que compõem a paisagem, bem como em virtude das variações dos componentes climáticos (variação temporal). Dessa forma, a determinação da evapotranspiração, levando-se em consideração sua variação espacial e temporal, vem ganhando cada vez mais importância para as análises ambientais.

Neste grupo, têm-se duas ferramentas muito utilizadas: 1) SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*), que se apresenta como um dos possíveis algoritmos (semi-empíricos) para o cômputo dos componentes do balanço de energia e fluxos da superfície, baseado em dados de estações meteorológicas (*in loco*) e nos parâmetros espectrais das imagens de satélites (SILVA et al

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

2005). 2) METRIC (*Mapping evapotranspiration at high resolution and with internalized calibration*), também desenvolvido para a estimativa do balanço de energia e evapotranspiração, apresentando procedimentos muito similares ao SEBAL, com algumas distinções quanto à escolha do pixel úmido e ao cálculo da diferença de temperatura nesse pixel. Outra diferença entre esses dois métodos diz respeito à estimativa da evapotranspiração diária (ALLEN et al., 2007). Diante do exposto, este artigo tem por objetivo estimar a evapotranspiração real diária na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (Oeste de Goiás), utilizando imagens do satélite Landsat 8 – OLI/TIRS, mediante aplicação do algoritmo METRIC para os anos-referência de 2014 e 2015.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) está localizada no oeste do Estado de Goiás, entre os paralelos 14°55’ e 16°20’ Sul e os meridianos 50°00’ e 51°30’ Oeste. Com uma área de 10.824,60 Km², perfaz uma extensão territorial de 11 municípios goianos de forma parcial e/ou completa (Goiás, Aruanã, Matrinchã, Britânia, Jussara, Santa Fé de Goiás, Fazenda Nova, Novo Brasil, Buriti de Goiás, Faina e Itapirapuã) (VIEIRA, 2013; SANTOS, 2014).

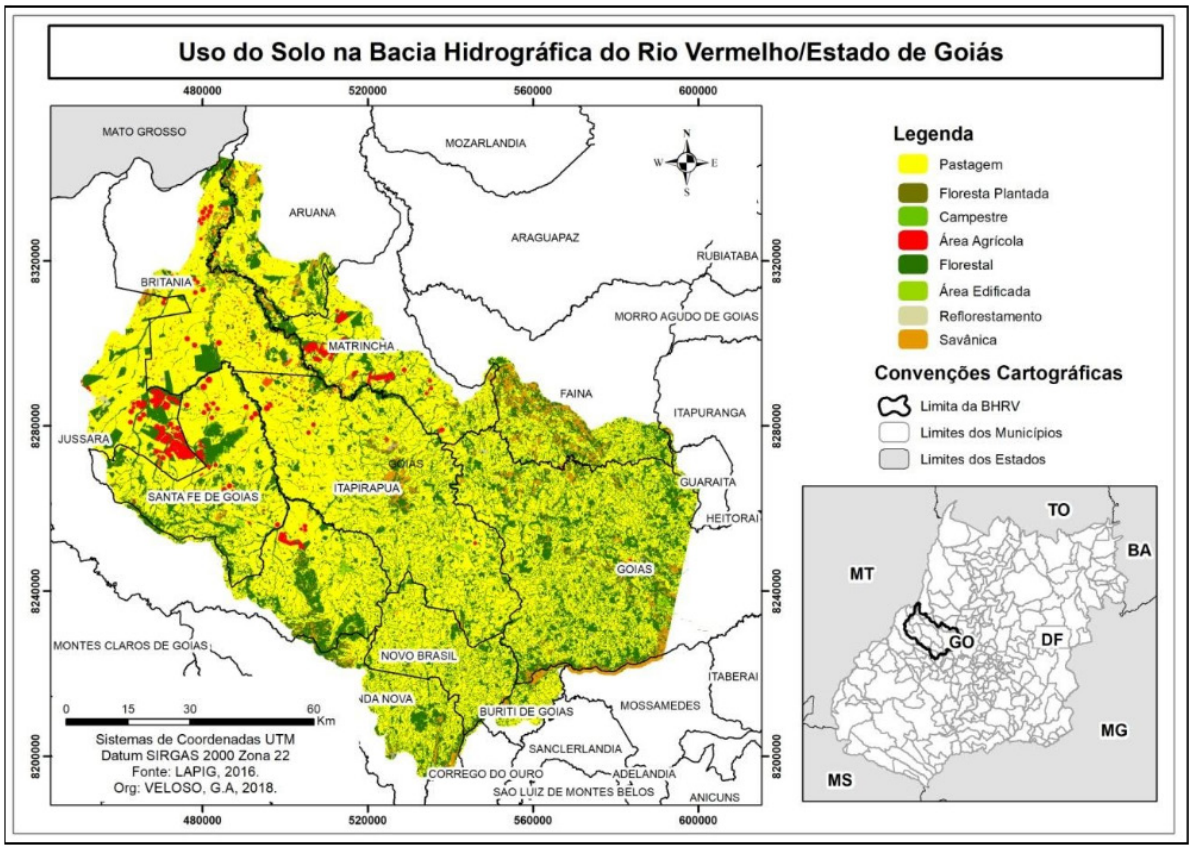


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho – BHRV no Estado de Goiás – Brasil.
Fonte: LAPIG, 2016.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10224 11/rede2019.1301.07

A BHRV está inserida totalmente no bioma Cerrado, apresentando as fitofisionomias de Cerradão, Cerrado Típico e Campo Cerrado, assim como pastagens naturais (SANTOS, 2014). Quanto à variabilidade das condicionantes climáticas do Estado de Goiás, podem-se determinar duas estações bem definidas: uma chuvosa, que se inicia entre os meses de setembro e outubro, e que vai até o mês de abril, e outra seca, marcada por profunda deficiência hídrica, entre maio e outubro, caracterizando seis meses de deficiência hídrica climática sobre o Estado.

2.2 Bases de dados e Procedimentos

Assim, foram processadas as imagens OLI/TIRS - Landsat 8, correspondentes à órbita 223 ponto 71, durante o período de 1 ano, selecionando-se aquelas com menor contaminação atmosférica, obtidas nos dias 18 de outubro de 2014, 06 de janeiro, 23 de fevereiro, 12 de abril, 30 de maio, 15 de junho, 17 de julho, 18 de agosto e 03 de setembro de 2015. Estes dias foram escolhidos por não apresentarem cobertura significativa de nuvens na área de estudo, durante a passagem do satélite. A Figura 2 apresenta das etapas do processamento das imagens.

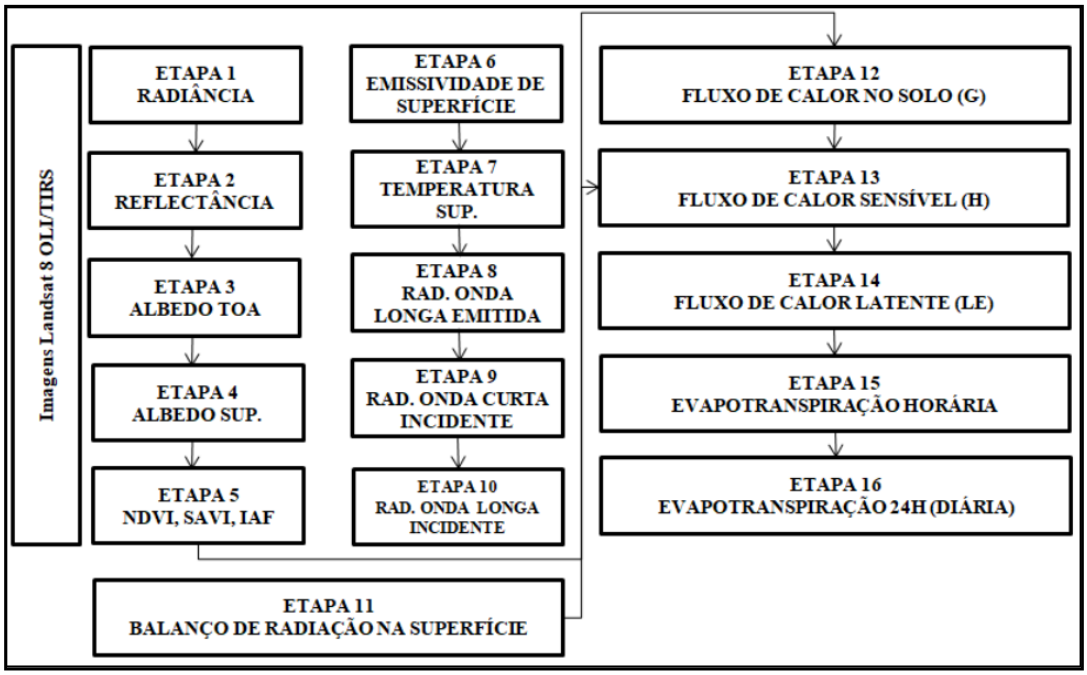


Figura 2 – Etapas do Processamento das imagens. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

Inicialmente, para a estimativa da evapotranspiração, foram computados os componentes do balanço de radiação na superfície. Detalhes deste procedimento são descritos em Silva (2011). Com a realização destas etapas, foi computado o saldo de radiação Rnà superfície, utilizando-se a equação 1.

$$Rn = Rs\ (1 - \alpha sup\ ) - Re + Rq - (1 - \varepsilon 0)Rq \qquad \text{Equação 1}$$

Onde: Rs é a radiação de onda curta incidente; αsup é o albedo corrigido de cada pixel; Rq

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção de cada pixel; Re é a radiação de onda longa emitida por cada pixel; e ε0 é a emissividade de cada pixel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação das técnicas de sensoriamento remoto na estimativa de dados biofísicos como a evapotranspiração real (ETR) é de grande relevância, dada a grande variabilidade deste fenômeno no espaço, principalmente em grandes áreas, condicionado a uma série de fatores e restrições ambientais (variabilidade temporal), tais como fatores climáticos, radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e vento, bem como fatores relacionados à planta, como estágio de desenvolvimento foliar, altura e profundidade do sistema radicular, de manejo e do solo, além da declividade do terreno. Dessa forma, devido às diferenças dos elementos que compõem a paisagem, a determinação da evapotranspiração, levando-se em consideração sua variabilidade espacial e temporal, é de significativa importância (VELOSO et al., 2017; FERNANDES, 2017).

Na Figura 3 são apresentados os mapas da ETR para as áreas de pastagem na BHRV, nos dias analisados, apresentando classes com magnitude ≤1,00 a 6,5 mm.dia^{-1}. Salienta-se que resultados semelhantes foram observados no estudo de VELOSO et al. (2017), no qual encontraram valores de ETR variando entre 1,02 mm dia^{-1} e 6,68 mm dia^{-1} durante todo um ciclo hidrológico, em áreas de pastagens na região norte do Estado de Minas Gerais.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

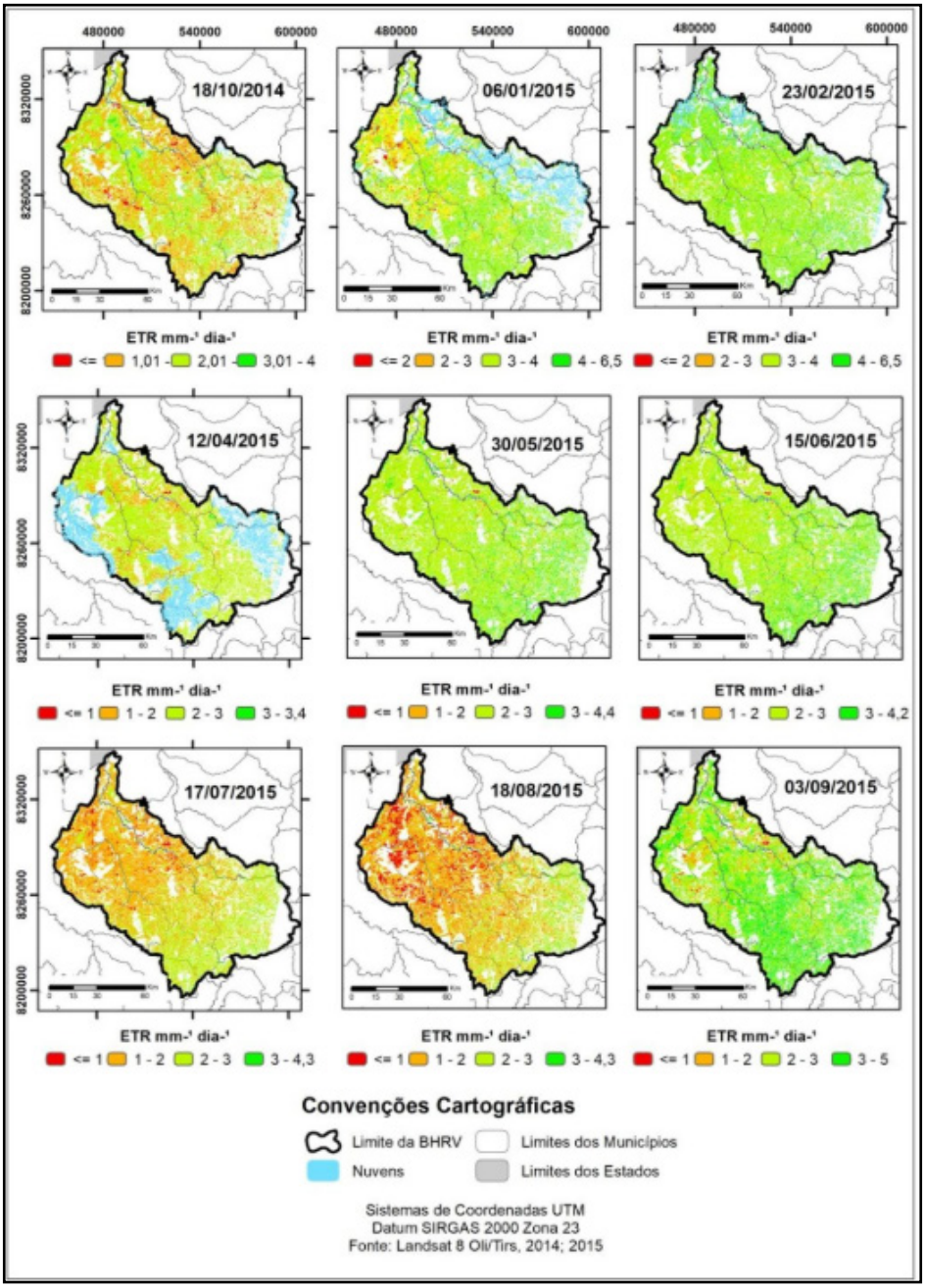


Figura 3 – Mapa da Evapotranspiração real diária para o período de estudo. **Fonte:** elaborado pelos autores.

A ETR referente aos dias 06 de janeiro e 02 de fevereiro de 2015 apresentaram os maiores valores no período analisado, variando de 1,0 a 6,5 mm.dia^{-1}, no qual aproximadamente 85% das áreas de pastagem apresentaram valores predominantes entre 3 e 5 mm.dia^{-1}.

Esse padrão de valores mais elevados está associado à estação chuvosa, na qual as áreas de pastagem estão em pleno desenvolvimento, apresentando valores de NDVI, em sua maioria, na ordem de 0,58 a 0,70 (ou seja, com elevada atividade fotossintética). Esse resultado está associado à dinâmica que o regime chuvoso provoca nessas áreas, pois a pastagem com boa disponibilidade hídrica, radiação solar e temperaturas ideais apresentam alta absorção da radiação na faixa de onda do espectro vermelho, por causa da clorofila nas folhas verdes, e alta refletância na faixa do infravermelho pró-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10224 11/rede2019.1301.07

ximo, apresentando com isso altos valores de NDVI (VELOSO et al., 2017). Nesse mesmo período, há uma maior incidência de radiação solar devido à menor inclinação do ângulo solar, apresentando um valor de radiação solar incidente de 24,45 MJ m-2, impactando no valor de saldo de radiação na ordem de 600 W/m^{-2}.

Observa-se que os valores elevados de ETR em áreas de pastagens estão diretamente relacionados à estação do ano, bem como à quantidade de energia disponível para este processo. Esse fato torna-se mais evidente quando são analisados os mapas (Figura 3) nos dias seguintes (dias 12 de abril, 30 de maio, 15 de junho, 17 de Julho e 18 de agosto), com uma diminuição nos valores de ETR, voltando a apresentar aumento no dia 03 de setembro. Essa diminuição do valor da evapotranspiração está associada à sazonalidade do clima local, marcada pela mudança no regime hídrico entre a estação chuvosa e de estiagem, bem como pela diminuição da radiação solar incidente.

Para esses dias os valores de ETR ficaram abaixo de 3 mm dia^{-1} em 80% das áreas de pastagem. Este resultado está associado à dinâmica que a estiagem imprime nessas áreas, pois encontra-se em estado de estresse hídrico e tende a absorver menos radiação solar, aumentando sua refletância na faixa do visível, e absorvendo mais na faixa do infravermelho. Dessa forma, a diferença da refletância tende a decrescer quando a pastagem está mais seca. Percebe-se que os maiores valores de evapotranspiração real acompanham as variações das condições pluviométricas, como demonstradas no gráfico da Figura 4.

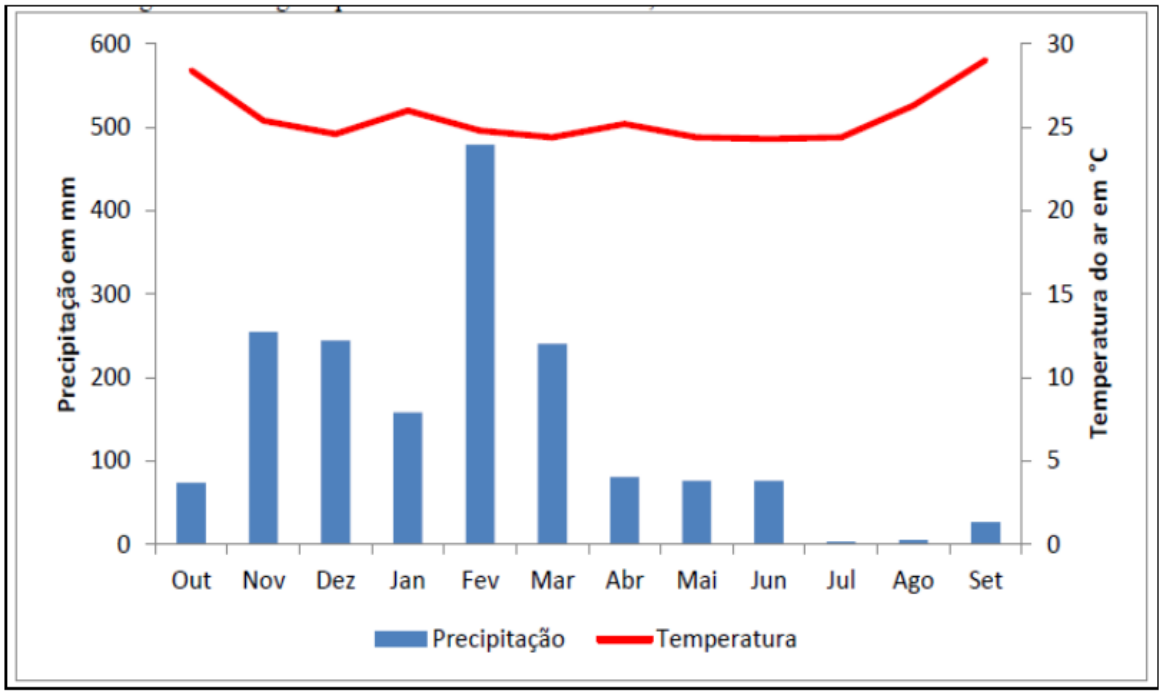


Figura 4: Regime pluviométrico da área BHRV entre outubro de 2014 a setembro de 2015.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Observa-se que os picos pluviométricos estão localizados entre os meses de novembro e março, com declínio acentuado a partir de abril, atingindo um aumento no mês de setembro. A quan-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

tidade de água precipitada em todo o período de estudo foi de aproximadamente 1.715 mm, no qual 85% deste montante encontram-se concentrados nos meses entre outubro e março, sendo que a partir de abril a precipitação torna-se cada vez mais escassa, atingindo os pontos mais baixos nos meses de julho e agosto. Esse fato foi constatado pelos dados apresentados na Figura 3 (dias 12 de abril, 30 de maio, 15 de junho, 17 de Julho e 18 de agosto), isto é, os menores valores médios de ETR no período analisado estão diretamente relacionados com a disponibilidade de chuva, sendo que no período de estiagem as áreas de pastagens apresentam significativas mudanças devido ao estresse hídrico.

Ainda com base nos mapas da Figura 3, no dia 03 de setembro há um aumento nos valores da ETR em relação aos dias anteriores, fato este associado a uma maior incidência de radiação solar global, e aumento na precipitação. Os valores médios de temperatura do ar para cada mês se mantiveram com boa estabilidade, apresentando variação entre 24 °C e 29 °C, sendo esse parâmetro de significativa importância para o desenvolvimento da planta. De acordo com Rosa e Sano (2013), a temperatura ideal para a produtividade em pastagem como a *Brachiaria Brizanta* encontra-se no intervalo de 15 °C a 25°C. Portanto, a variável temperatura não se mostrou um fator limitante para o desenvolvimento da planta no período analisado.

Para uma melhor análise do comportamento da evapotranspiração no período estudado, realizou-se uma análise estatística nas áreas de pastagem em cada dia do período, com o objetivo de melhor compreender a variação da evapotranspiração tanto no espaço quanto no tempo. A Tabela 01 apresenta os parâmetros estatísticos mínimo, máximo, médio e desvio padrão da ETR obtidos em áreas de pastagem na BHRV.

	PARÂMETROS DA ETR NA PASTAGEM			
Datas	Mínimo	Máximo	Médio	Desvio Padrão
18/10/2014	0,41	4,55	2,10	0,53
06/01/2015	0,63	6,53	4,15	0,73
23/02/2015	0,55	6,54	4,55	0,56
12/04/2015	0,23	3,45	2,20	0,27
30/05/2015	0,32	4,47	2,70	0,34
15/06/2015	0,21	4,22	2,72	0,32
17/07/2015	0,25	4,34	1,89	0,52
18/08/2015	0,34	5,53	1,69	0,66
03/09/2015	0,21	5,24	2,85	0,62

Tabela 1: Parâmetro estatístico dos valores de Evapotranspiração real (mm.dia-1) em áreas de pastagem na BHRV.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, os valores observados de evapotranspiração em áreas de pastagens para os dias analisados variaram entre 0,21 mm.dia^{-1} e 6,54 mm.dia^{-1}, o que permite inferir que existe um padrão nos maiores e menores valores de ETR para o período analisado, explicados pela correlação direta com a sazonalidade climática e a quantidade de radiação solar global. A ETR seguiu as varia-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

ções da precipitação e radiação solar incidente, com os maiores valores estimados no período chuvoso, obtendo valores de até 6,5 mm.dia^{-1}. De acordo com Baruch & Fernandez (1993), a taxa de evapotranspiração para a atmosfera em áreas de pastagem na estação chuvosa está relacionada à eficiência da produtividade da gramínea neste período.

Porém, na estação seca, com a escassez das precipitações ocorre uma diminuição significativa da ETR, apresentando valores próximos de 0,5 mm dia^{-1}, provocando a diminuição da área verde, devido à alta sensibilidade dos estômatos ao gradiente de pressão de vapor. Estudos realizado por Silva et al. (2005), em áreas de capim Tanzânia no município de Piracicaba - SP, observaram valores médios de evapotranspiração de 4,13 mm dia^{-1}. Já Meirelles *et al.*(2003) encontraram valores de evapotranspiração média de 5,9 mm dia^{-1} e com variação de 1,9 mm dia^{-1} para mais ou para menos em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* na região central do cerrado. Essas diferenças de valores de ETR encontradas nesta pesquisa e nas dos demais autores podem estar relacionadas a diferentes condições climáticas das localidades estudadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estimativa da ETR em áreas de pastagens da BHRV, com o uso das imagens do satélite Landsat 8 e a aplicação o algoritmo SEBAL, apresentou boa correlação com os dados de evapotranspiração encontrados na literatura em áreas de pastagem. A técnica aplicada possibilitou identificar diferenças nos elementos do balanço de energia e evapotranspiração no interior da cena de estudo, possibilitando uma maior compreensão da variação espacial e temporal desses parâmetros nas áreas de pastagens na BHRV.

A evapotranspiração real diária (equivalente a 24 horas) apresentou variação de 0 a 5 mm. dia-^{1} no período analisado. Essa variação pode ser explicada pela quantidade de energia disponível para o processo evaporativo, associado à disponibilidade hídrica, sendo perceptível a influência da sazonalidade climática nos componentes do balanço de energia e evapotranspiração nas áreas de pastagem.

Além disso, a ETR pode é um bom parâmetro de qualidade do pasto, no qual as áreas com maior ETR indicam alta atividade fotossintética e produção de biomassa. Por fim, fica evidente a importância do sensoriamento remoto e do algoritmo METRIC para o estudo da variabilidade da evapotranspiração em escala regional, sobretudo em áreas do bioma Cerrado.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.07

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; MORSE, A.; TREZZA, R.; WRIGHT, J. L.; BASTIAANSSEN, W. G. M.; KRAMBER, W.; LORITE, I,; ROBISON, C. W. Satellite-Base Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC) – Applications. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE, 395-406 p., 2007.

BARUCH, Z.; FERNÁNDEZ, D. S. Water relations of native and introduced C4 grasses in a neotropical savanna. **Oecologia**, [S.L], v. 96, p. 179-185, jul. 1993.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens:** processos, causas e estratégias de recuperação. 4 ed. Belém: MBDF, 2011. 215 p.

FERNANDES, F. H. S. **Estimativas da Degradação de Pastagens Cultivadas do Cerrado Mineiro com base na Técnica de Eficiência do Uso da Água (Wue - Water Use Efficiency)**. 2017. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geociências Aplicadas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

FERREIRA, L. G.; DE SOUSA, S. B.; ARANTES, A. E. **Radiografia das Pastagens do Brasil**. Goiânia, 2014. Disponível em: <http://eco-financas.web1325.kinghost.net/wp-content/uploads/2015/01/relatorio_sae_final-v8_10_12_14.pdf>. Acesso em: 19 set. 2018.

LIMA, E. P. **Evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, padrão FAO (1998), a partir de dados de temperaturas máxima e mínima de Minas Gerais**. 2005. 67 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

MEIRELLES, M. L., FARIAS, S. E. M., FRANCO, A. C. **Balanço de energia de uma pastagem cultivada no cerrado, 2003**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. 14p.

PPM – PESQUISA PECUÁRIA MUNICIPAL. **Efetivo dos rebanhos**. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2015. Acessoem: 20 de dezembro 2016.

ROSA, R.; SANO, E. Determinação da produtividade primária líquida (NPP) de pastagens da bacia do Rio Paranaíba, usando imagens MODIS. **Geofocus** (Madrid), v. 13, p. 367-395, 2013.

SANTOS, P. S. **Caracterização e mapeamento biofísico ambiental da bacia hidrográfica do rio Vermelho a partir de dados remotamente sensoriados**. - 2014. 157 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais, 2014.

SILVA, B. B.; BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo - PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga** (UFERSA. Impresso), v. 24, p. 145-152, 2011.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. A. Determinação do Albedo de Áreas Irrigadas com base em Imagens LANDSAT 5-TM. R**evista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, n.2, p.201-211, 2005.

SILVA, E. B,; FERREIRA Jr, L. G.; ANJOS dos, A. F.; FAUSTO, M. Análise da Distribuição Espaço Temporal das Pastagens Cultivados no Bioma Cerrado entre 1970 a 2006. **Revista IDeAs**, v. 7, n. 1, p. 174-209, 2013.

VELOSO, G. A; FERREIRA, M. E.; DA SILVA, B. B . Determinação da evapotranspiração real diária em Áreas irrigadas do projeto Jaíba (Minas Gerais, Brasil), mediante imagens Landsat 5 - TM. **REVISTA CERRADOS (UNIMONTES)**, v. 15, p. 53-76, 2017.

VIEIRA, P. A. **Dinâmica de ocupação, vulnerabilidades e cenários para bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás**. – 2013. 94 fls. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Instituto de Ciências Biológicas, 2013.