

Variações do CWSI para pastagem em bom estado de conservação, em degradação e degradada

Mayklyns Marcos de Almeida Linhares ¹
Oscar Ivan De Oro Aguado ¹
Escléide Gomes Cabral ¹

¹ Universidade Federal de Goiás - UFG/IESA-LAPIG
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil
mayklyns@gmail.com
geoscar1988@gmail.com
escléide@hotmail.com

Abstract. This article aims to compare the behavior of three grassland conservation levels regarding the interaction of the plant with water. A case study was conducted in an area of 50 km² in the state of Mato Grosso, Brazil where the pasture is much of the vegetation cover. Three years were observed: 2013, 2014 and 2015. The interpretation of pasture and water relationship was by the Crop Water Stress Index (CWSI) that is based on the ratio of real by reference evapotranspiration. The real evapotranspiration was calculated using the SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) with the aid of satellite images and data from a weather station. The reference evapotranspiration was calculated by Penman-Monteith method. In the study area three points were known as being conserved pasture, agronomic degraded pasture and biologically degraded pasture. These points were used to understand the behavior of pasture at different levels regarding the relationship of the plant with water. The results show that the highest water deficit was found to the biologically degraded pasture followed by agronomic degraded pasture and conserved pasture. The pasture behavior observed in this study is agree with the expected based on literature and indicates that it is likely that there is a greater resilience on the part of the pasture more preserved fact that which reverses as the worsening degradation. This study also indicates that the CSWI can represent a good choice for a qualitative evaluation of the pasture.

Palavras-chave: water stress, grassland, remote sensing, estresse hídrico, pastagens, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A interação entre a planta e água que lhe é disponível, pode servir como um indicador qualitativo da qualidade da cobertura vegetal, uma vez que a planta é totalmente dependente da água para sobreviver. O monitoramento da cobertura vegetal ganhou muito com o avanço do Sensoriamento Remoto, desde o lançamento do primeiro satélite óptico em 1972, e a interpretação da resposta da planta em relação à água passou a contar com as imagens com a chegada do modelo SEBAL (MENESES & ALMEIDA, 2012; BASTIAANSSEN, 1998).

Dentre os métodos aplicados nas imagens de satélites, o SEBAL, tem sido avaliado com êxito na obtenção da Evapotranspiração de Referência - E_{Tr}, bem como, na estimativa do rendimento de culturas em diversos ecossistemas do globo. Podemos citar como estudos aplicados com SEBAL na detecção de processos de degradação de pastagens o Andrade et al. (2013) encontraram variação nos níveis de degradação conforme variavam os valores de L para a estimativa do SAVI, obtendo em pastagens boas IAF de (3,95 ± 0,69 m²m⁻²). Para as pastagens intermediárias IAF (2,48 ± 0,42 m²m⁻²) e para pastagens com alto grau de degradação IAF (1,20 ± 0,51 m²m⁻²). Leivas et al. (2011) utilizando o algoritmo SEBAL para estimar NDVI e E_{Td} em pastagens, obteve resultados de E_{Td} mais elevados (média de 2,6 mm d⁻¹) as quais foram encontrados sobre áreas com pastagens não-degradadas e superfície d'água. Os menores valores de E_{Td} (média 0,9 mm d⁻¹) foram obtidos em áreas de pastagens degradadas e urbanizadas. Ao realizar uma análise preliminar da variabilidade espacial da evapotranspiração diária de áreas de pastagens por meio da aplicação do algoritmo SEBAL e imagem TM - Landsat 5, Andrade et al. (2009) obteve resultados de ET que variaram de 0,51 a 2,50 mm d⁻¹, com média de 1,50 mm d⁻¹.

Portanto, o objetivo deste trabalho é comparar o estado de degradação em três áreas de pastagens em função da sua interação da cobertura vegetal e água.

2. O estudo de caso

2.1 Área de estudo

Adotou-se para a realização do estudo o recorte espacial de uma área de 50 km², bastante representativa em termos de presença da pastagem. A mesma abrange parte dos municípios de Diamantino, Alto Paraguai, Nobres e Rosário do Oeste, que estão localizados no centro do estado do Mato Grosso (Latitude: 14° 33' 26,84" e Longitude: 56° 15' 13,38") (Figura 1).

A região em questão apresenta diversidade de climas prevalecendo: o tropical super-úmido de monção, com temperatura média anual superior a 24 °C e alta pluviosidade de 2.000 mm anuais; e o tropical, com chuvas de verão e inverno seco, caracterizado por médias de 23 °C e pluviosidade que excede a média anual de 1.500 mm.

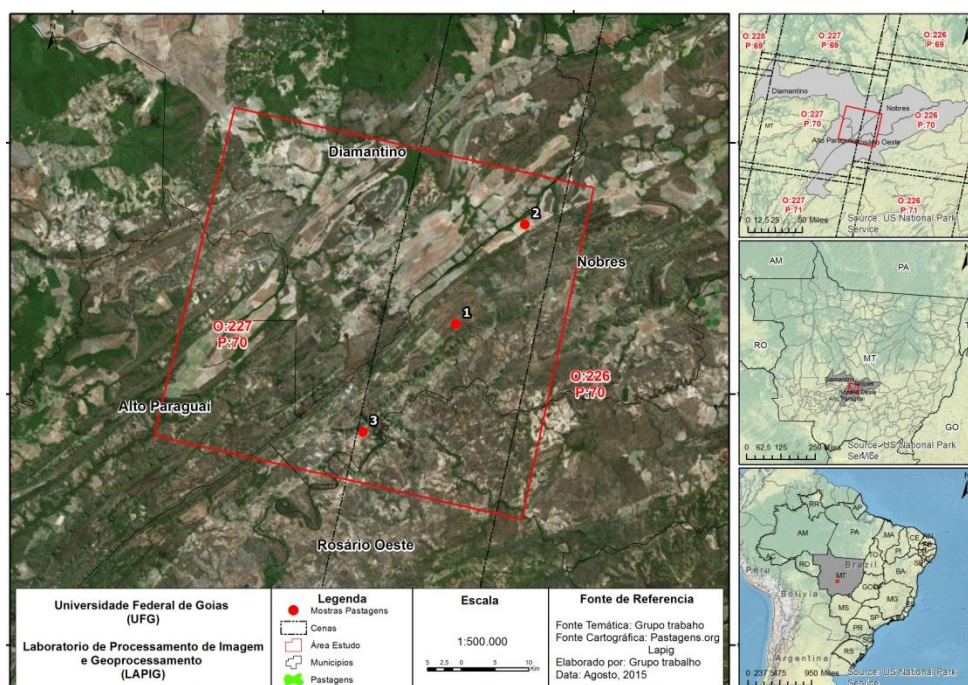


Figura 1. Localização da área de estudo e pontos coletados.

2.2 Dados utilizados

Os dados utilizados neste trabalho visaram o cálculo da evapotranspiração real e da evapotranspiração de referência - *E_{Tr}*, que compõem o índice *Crop Water Stress Index* - CWSI (conforme será explicado mais a frente no texto). Foram utilizados os dados da estação meteorológica de A902 (Tangará da Serra) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e imagens do satélite Landsat-8, cena de órbita 227 e ponto 070, foram fornecidas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

A Tabela 1 a seguir apresenta as datas de coleta, tanto para as imagens do satélite Landsat-8, quanto para os dados da estação meteorológica A902.

Tabela 1. Datas de coleta dos dados utilizados.

Datas
04 de maio de 2013
08 de junho de 2014
27 de junho de 2015

É válido ressaltar que o uso das imagens Landsat-8 só foi possível devido à correção dos problemas recorrentes ao sensor termal do satélite, evento que foi finalizado em maio de 2015 e foi realizado para todo o banco de dados disponível na USGS (http://landsat.usgs.gov/calibration_notices.php).

O software pelo qual todo o processamento de imagens foi realizado foi o QGIS 2.10®. A interpretação dos dados contou também com o uso de planilhas EXCEL.

2.3 Processamento de dados

2.3.1 Cálculo do *Crop Water Stress Index*

O índice de estresse hídrico da cultura (ou da vegetação) CWSI (sigla do termo em inglês, *Crop Water Stress Index*) foi em partes proposto por Jackson et al. (1981) e Idso et al. (1982) e trata-se da razão entre a Evapotranspiração Real (ET_r) e a Evapotranspiração de Referência (ET_o), conforme a Equação (1) a seguir.

$$CWSI = ET_r / ET_o \quad (1)$$

O CWSI foi adotado no presente estudo e calculado para os 50 km² que compõem a área de estudo para os anos de 2013, 2014 e 2015.

2.3.2 Cálculo da evapotranspiração de referência: método de Penman-Monteith

A Evapotranspiração de Referência (ET_o) adotada neste trabalho teve por base o método de Penman-Monteith, sendo utilizada a planilha da EMBRAPA para o seu cálculo (BEZERRA, 2010). Para um resultado mais propício a pastagem foi adotado o uso de um coeficiente de cultura (k_c) no ajuste da ET_o, equivalente a 0,8 (PEREIRA et al., 2007).

2.3.3 Cálculo da evapotranspiração real: modelo SEBAL

A Evapotranspiração Real (ET_r) baseou-se no algoritmo SEBAL, que é regido pela equação do fluxo de radiação (RN) conforme a Equação (2):

$$RN = G + H + LE \quad (2)$$

Em que: RN é a radiação de superfície (W m⁻²), G é o fluxo de calor de solo (W m⁻²), H é o fluxo de calor sensível (W m⁻²), e LE é o fluxo de calor latente (ALLEN et al., 2002; LIOU e KAR, 2014).

RN (W m⁻²) foi calculada mediante a Equação (3) de Bastiaanssen et al. (1998):

$$RN = R_{(s\downarrow)} (1-\alpha) + R_{(L\downarrow)} - R_{(L\uparrow)} - R_{(L\downarrow)} (1-\varepsilon_s) \quad (3)$$

Em que: R_(s↓) é a radiação de onda curta incidente, α é o albedo da superfície, R_(L↓) é a radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção de cada superfície, R_(L↑) é a radiação de onda longa emitida por cada superfície e ε_s é a emissividade de cada superfície (MELESSE et al., 2008).

O Fluxo de Calor de Solo (G) se estimou mediante a Equação (4) de Bastiaanssen (2000):

$$G = [T_s / \alpha (0,0038 \alpha + 0,0074 \alpha^2) (1 - 0,98 [NDVI]^4)] R_n \quad (4)$$

Em que: T_s é a temperatura da superfície ($^{\circ}\text{C}$) e o NDVI o índice da diferença normalizada da região espectral do infravermelho e do vermelho. Para efeitos de correção dos valores de G em corpos d'água se aplicou o coeficiente $G = 0,5 \cdot R_n$, segundo Allen et al. (2002).

Para o Fluxo de Calor Sensível (H) adotada a Equação 5 do Allen et al. (2002):

$$H = (P_{ar} \times C_P \times dT) / r_{ah} \quad (5)$$

Em que: P_{ar} é a densidade do ar ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), C_P é o calor específico do ar ($1004 \text{ Jkg}^{-1} \text{ K}^{-1}$), dT é a diferença de temperatura ($T_1 - T_2$) entre duas alturas ($Z_1 - Z_2$), e r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (sm^{-1}). Estimou-se o H considerando a atmosfera em uma estabilidade neutra. Depois, foi corrigido em função das características atmosféricas locais mediante o método de Monin-Obukhov em um processo iterativo, como acontece na Figura 2. A escolha do pixel frio foi de um corpo d'água, na ausência de superfícies muito irrigadas, e o pixel quente em áreas de solo nu.

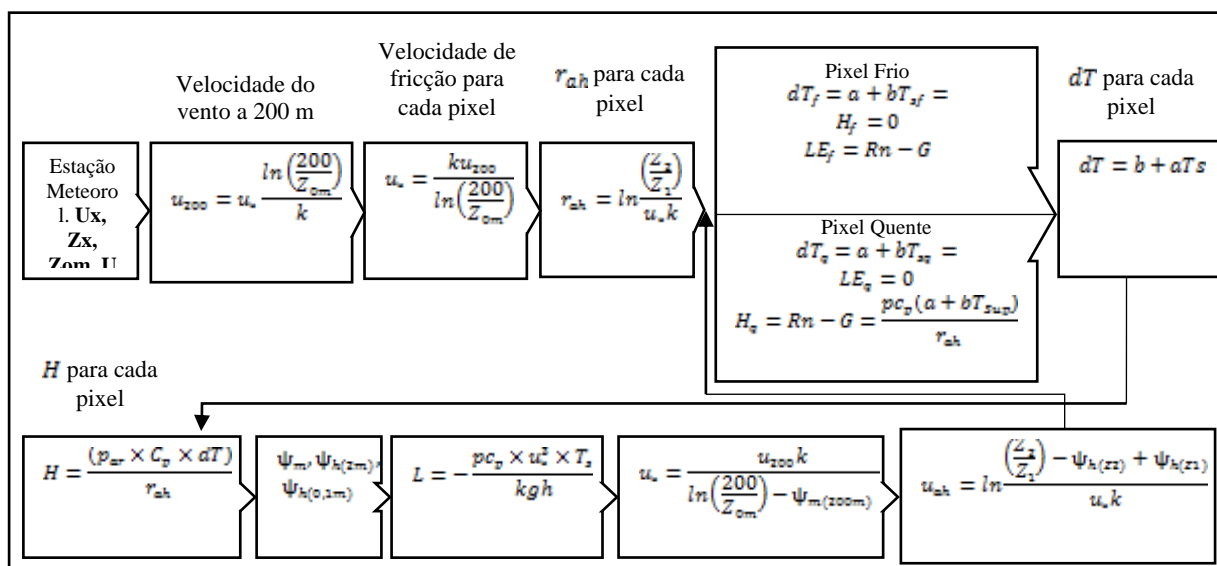


Figura 2. Fluxograma para a determinação do fluxo de calor sensível. Adaptado do Allen et al. (2002).

Estimados R_n , G e H , o fluxo de calor latente foi estimado como um residual do balanço de energia, conforme a Equação (6):

$$LE = R_n - G - H \quad (6)$$

Em que: LE é o fluxo de calor latente do momento de passagem do satélite (Wm^{-2}).

Em seguida, para estimar a Evapotranspiração Diária foi calculada a Fração Evaporativa Instantânea (FE), definida como razão entre LE e $(R_n - G)$, expressada na Equação (7) de Bastiaanssen et al. 2005:

$$FE = (LE / (R_n - G)) = [FE]_{24h} = [LE]_{24h} / R_{24h} \quad (7)$$

Admitiu-se que $G_{24h} = 0$. Assim, o $LE_{24h} = FE_i \times R_{24h}$. Em que a $R_{24h} = R_{s,24h} (1 - \text{albedo}) - 100 \times t_{24h}$ e a conversão da LE_{24h} em ET_{24h} é dada pela Equação (8):







$$ETd=0,035x[(1-\alpha) R_{(s\downarrow 24h)}-100\tau_{(sw\downarrow 24h)}] \quad (8)$$

Em que $R_{(s\downarrow 24h)}$ é a radiação de ondas curtas incidente (Wm^{-2}), obtida pela média da radiação medida na estação; e τ é a transmissividade da atmosfera, dada pela razão entre a radiação solar global diária.

2.4 Análise realizada e informações de campo

A análise realizada no estudo comparou a ETr e o CWSI, gerados para os anos de 2013, 2014 e 2015, em três pontos presentes na área e cuja pastagem fora classificada segundo a conceituação apresentada por Dias-Filho (2009). Os pontos de pastagem (*Brachiaria Brizantha*) foram levantados em maio de 2014. Na Tabela 2 as pastagens classificadas.

Tabela 2. Pontos de pastagens e suas respectivas descrições.

No	Horizontal	Vertical	Descrição
1			Pasto Conservado Não se observa a presença de invasoras e a cobertura vegetal está em boas condições (sem a presença de aberturas para solo exposto).
2			Pasto Agronomicamente Degradado Observa-se a presença de plantas invasoras (do tipo Jurika) e também há perda de cobertura vegetal em alguns pontos (aparição de solo exposto).
3			Pasto Biologicamente Degradado. Observa-se grandes desfalques de cobertura vegetal (grande aparição de solo exposto em diversos pontos).

É importante ressaltar que para Dias-Filho (2009) uma pastagem pode ser considerada degradada sobre duas perspectivas, a agrônômica, na qual existe a perda de proporção do pasto com relação a invasoras (planta/pragas) e a biológica, na qual a perda é de cobertura (diminuição da vegetação, aparição do solo exposto e processos erosivos).

3. Resultados e discussão

A Tabela 3 mostra os valores da evapotranspiração de referência, evapotranspiração real, CWSI e percentual de CWSI para os três pontos analisados.

Tabela. 3 Valores dos parâmetros de evapotranspiração de referencia e real, CWSI e percentual de CWSI para os três pontos conhecidos em campo.

Ano	ETo	Ponto	ETr	CWSI	% CWSI*
2013	4,10 mm	Conservado	2,70 mm	0,66	34%
		Deg. Agrônômica	2,40 mm	0,59	41%
		Deg. Biológica	2,10 mm	0,51	49%
2014	3,65 mm	Conservado	1,69 mm	0,46	54%
		Deg. Agrônômica	1,59 mm	0,44	56%
		Deg. Biológica	1,04 mm	0,28	72%
2015	3,58 mm	Conservado	2,35 mm	0,66	34%
		Deg. Agrônômica	2,14 mm	0,60	40%
		Deg. Biológica	1,62 mm	0,45	55%

* Dado por $1-CWSI$, visando ter uma noção do déficit hídrico em porcentagem.

As Figuras 2, 3 e 4 a seguir apresentam a variabilidade espacial da evapotranspiração real e do CWSI e também o comportamento dos três pontos analisados para os três anos que compõem o estudo. Os resultados da comparação dos três pontos, que apresentam diferentes níveis de conservação da pastagem, mostram que:

- O ponto no qual a pastagem foi avaliada como estando em conservação, para os três anos de análise, demonstra ser aquele com maior eficiência na transferência de vapor de água à atmosfera, o que, por consequência, apresenta menos efeitos de estresse hídrico.
- O ponto no qual a pastagem foi avaliada como estando em degradação agronômica apresentou, para os três anos de análise, valores de evapotranspiração real abaixo da pastagem conservada, o que representou uma maior fragilidade na resistência ao estresse hídrico.
- O ponto avaliado como sendo de pastagem biologicamente degradada apresentou os menores valores de evapotranspiração para os três anos de análise, devido à baixa presença de cobertura vegetal. Por consequência, tal ponto também apresentou uma maior sensibilidade aos efeitos de estresse hídrico.

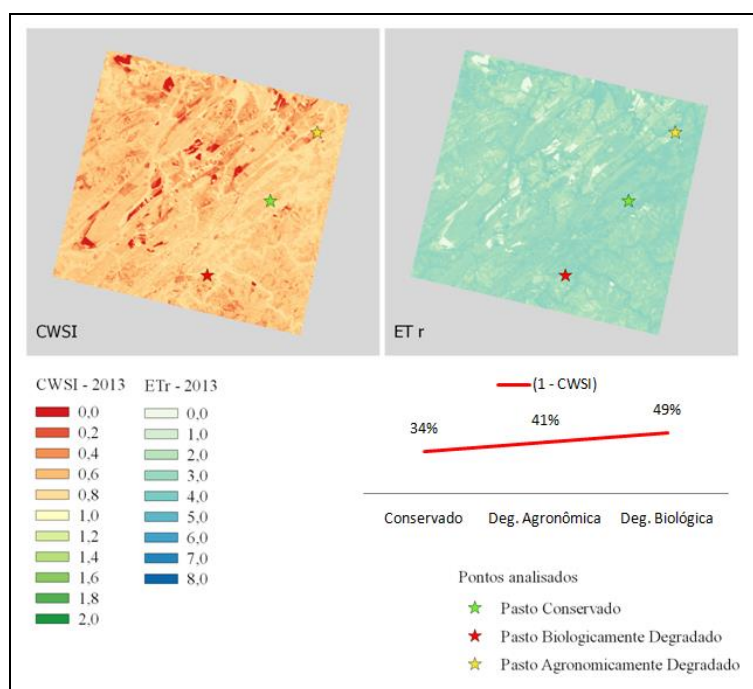


Figura 3. CWSI e Evapotranspiração para o ano de 2013.

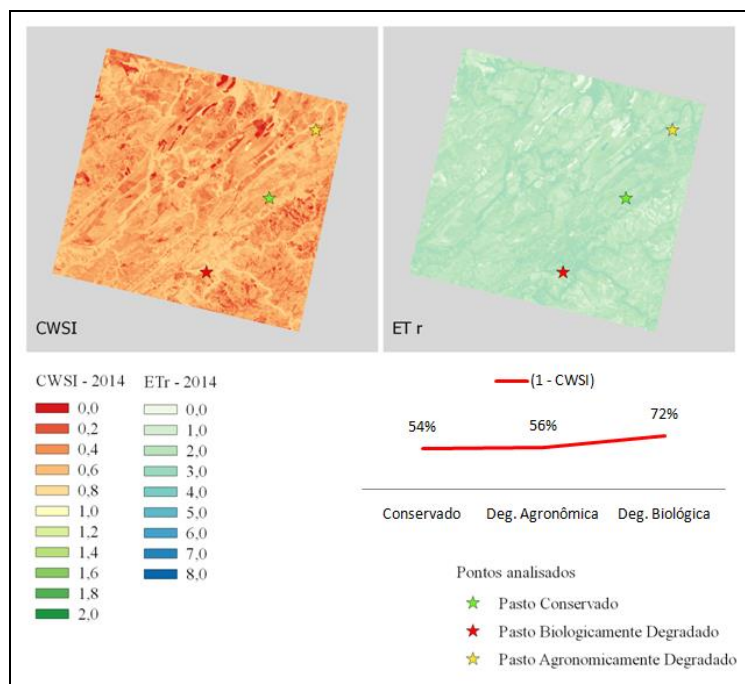


Figura 4. CWSI e Evapotranspiração para o ano de 2014.

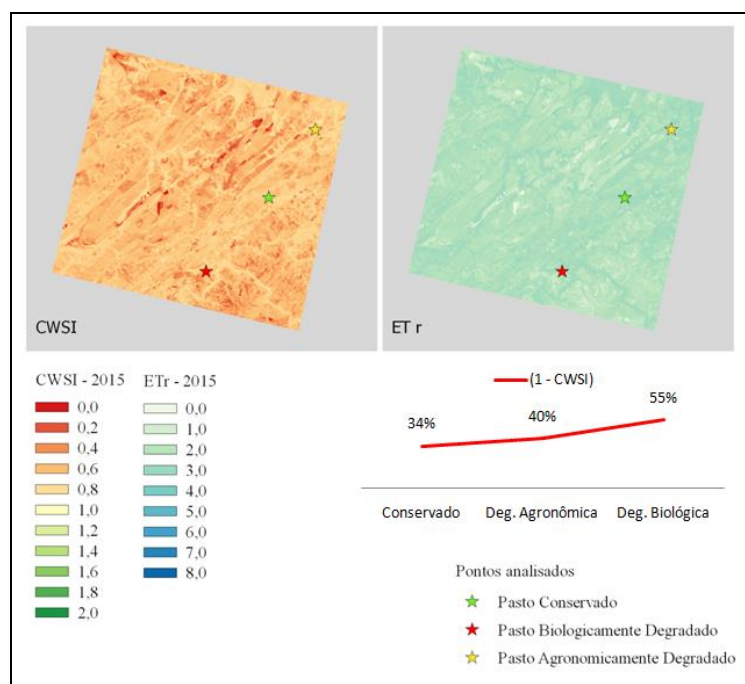


Figura 5. CWSI e Evapotranspiração para o ano de 2015.

4. Considerações finais

O comportamento encontrado para os três níveis de conservação da pastagem, vai de encontro com o esperado, isto, tendo por base o que diz a literatura a respeito do desempenho produtivo quanto à degradação biológica e agronômica do pasto (DIAS-FILHO, 2009). O ponto biologicamente degradado apresenta maior dificuldade na interação planta e água, com o menor desempenho em relação ao processo evapotranspirativo e uma maior suscetibilidade ao déficit hídrico. O ponto agronomicamente degradado não atinge os níveis de evapotranspiração observados pelo o ponto de pastagem conservada, no entanto, há uma proximidade considerável nos resultados encontrados para os mesmos.

Observou ao longo do estudo que o CWSI pode ser utilizado para representar a variabilidade espacial de uma determinada área no intuito de observar, qualitativamente, diferentes níveis de conservação da pastagem. Entretanto, há a necessidade de se adotar cautela quanto a possíveis afirmações para as áreas agronomicamente degradadas. A presença de plantas/pragas invasoras não necessariamente reduzirá de forma significativa (ao menos não em um curto prazo de tempo) o potencial produtivo da cobertura vegetal da área. Tal fato implica que o CWSI, gerado pela metodologia aqui utilizada, pode não ser capaz de discriminar de forma eficiente o pasto conservado do pasto agronomicamente degradado.

5. Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao grupo Floresta pelo apoio a pesquisa e ao seu curso de mestrado. O segundo autor agradece a Organização de Estados Americanos – OEA pela bolsa de estudo. O terceiro autor agradece a CAPES por sua bolsa de estudo.

6. Referências

- ALLEN, R. G.; et al. **Surface energy balance algorithms for land - Advance training and users manual**, version 1.0, p. 98, 2002.
- ANDRADE, R. G. et al. Análise preliminar da variabilidade espacial da evapotranspiração de pastagens com o uso de imagens orbitais. In: **Congresso Brasileiro de Agroinformática**, 7., 2009, Viçosa, MG.
- ANDRADE, R. G. et al. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na agricultura**, Viçosa-MG, V.21 N.3, MAIO / JUNHO 2013.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. et al. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) I. Formulation. **Journal of Hydrology**, v. 212, p. 198-212, 1998.
- BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 1-2, p. 87-100, 2000.
- BASTIAANSSEN, W. G.; et al. SEBAL model with remotely sensed data to improve water-resources management under actual field conditions. **Journal of irrigation and drainage engineering**, p. 85-93, 01/fev 2005.
- DIAS-FILHO, M. M. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém: Ed. do Autor, 2009. 216 p.
- IDSO, S.B. et al. Soil and atmosphere induced plant water stress in cotton as inferred from foliage temperatures. **Water Resource Res**, v. 18, p. 1143-1148, 1982.
- JACKSON, R.D. et al. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resource Res**, v. 7, p. 1133-1138, 1981.
- LEIVAS, J. F. et al. Estimativa da evapotranspiração em áreas com diferentes características ambientais utilizando o algoritmo SEBAL. In: **XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. Guarapari-ES. 2011.
- LIOU, Y. A.; Kar, S. K. Evapotranspiration estimation with remote sensing and various surface energy balance algorithms-a review. **Energies**, v. 7, n. 5, p. 2821-2849, 2014.
- MELESSE, A. M. et al. Analysis of energy fluxes and land surface parameters in a grassland ecosystem: a remote sensing perspective. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 11, p. 3325-3341, 2008.
- MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB, 2012, 266 p.
- PEREIRA, A. et al. **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2007. 202 p.