

## Espectrorradiometria: Uma ferramenta para avaliação do potencial produtivo das pastagens tropicais

Oscar Iván De Oro Aguado <sup>1</sup>  
Fernando Moreira de Araújo <sup>1</sup>  
Laerte Guimarães Ferreira Junior <sup>1</sup>  
Gabriel Alves Veloso <sup>1</sup>  
Janete Rego Silva <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG/LAPIG  
Caixa Postal 131 - 74001-970 - Goiânia - GO, Brasil  
geoscar1988@gmail.com  
fernandomsbl@gmail.com  
lapig.ufg@gmail.com  
gabrielveloso.geo@gmail.com  
janetegt25@gmail.com

**Abstract.** In Brazil, there are more than 100 million hectare, between central and Legal Amazonia, with pasture degradation, these causing significant economic and environmental damage for the country. Technological advances such as remote sensing can monitor the dynamic of grassland, but do not determine the quality of pastures, because there are intrinsic variables, such as pasture management that influence the quality of the data. The objective of this paper was to evaluate the use of spectroradiometry as a tool to evaluate the productive potential of tropical pastures in the micro region of São Miguel do Araguaia - Goiás. The methodology was divide an assessment of grazing management and pasture quality by vegetation index obtained with a spectroradiometer. The results demonstrated that the farms visited determined three categories of grazing management, reasonable, great and bad; the analysis of the quality of pastures were characterized three types of high vegetative vigor qualities, agronomic degradation and biological degradation, where the NDVI ( $p < 0.05$ ) could discriminate roofing *Brizantha H* (2, N = 182) = 31.993  $p < 0.001$  compared to SAVI and EVI. Pastures with great and reasonable management is most likely to have the same spectral behavior than bad. The use of spectroradiometer allows differentiate these coverages in both types of grass.

**Palavras-chave:** Grazing management. Spectroradiometer. Pasture degradation

### 1. Introdução

Para o sistema pecuário do Brasil, as pastagens constituem a base fundamental para seu desenvolvimento. Assim como demonstram os dados censitários, esta pecuária é uma das mais importantes do mundo pelo tamanho do seu rebanho, com um total de 215,2 milhões de cabeças (IBGE, 2016), cuja a fonte principal de alimento são os mais de 175 milhões de hectares de pastagens (LAPIG, 2016). Não obstante, de acordo com Dias-Filho (2014), há mais de 100 milhões de hectares localizadas entre o Brasil Central e Amazônia Legal Brasileira que se encontram degradadas ou com algum nível de degradação.

As pastagens em geral apresentam variações muito grandes na sua composição, estrutura e idade, e estão mudando continuamente devido a uma série de fatores, tais como o manejo de pastagens, pragas, plantas daninhas (invasoras), entre outros; proporcionando um conjunto de respostas espectrais, levando a possíveis imprecisões no momento de gerar resultados nas imagens de satélite. Já para uma escala geral, o sensoriamento remoto oferece técnicas que por meio das análises do comportamento das bandas espectrais, consegue-se abordar todos os aspectos relacionados ao ecossistema de pastagem, demonstrando sua capacidade para discriminar os diferentes estágios de degradação de pastagens e seus respectivos manejos (DUSSEUX et al., 2014; XU et al., 2015).

Os dados obtidos por sensores hiperespectrais portáteis permitem compreender os princípios físicos da reflectância dos alvos puros e geram padrões espectrais que são guardados em bancos de dados, contribuindo, em primeiro lugar, para a validação dos dados obtidos por sensores remotos orbitais e, segundo, avaliar a qualidade por meio dos diferentes manejos das pastagens (NUMATA et al., 2007; SCHELLBERG et al., 2008; PULLANAGARI et al., 2012). Portanto, objetivo dessa análise é a identificação e discriminação das áreas de pastagem em diferentes estágios (i.e. ótimo, razoável, pobre) mediante a utilização da espectrorradiometria

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1. Área de Estudo

A microrregião de São Miguel do Araguaia está localizada ao noroeste do Estado de Goiás, conformada pelos municípios de Crixás, Mozarlândia, Mundo Novo, Nova Crixás, Novo Planalto, São Miguel do Araguaia e Uirapuru (Figura 1). Esta apresenta uma extensão aproximada de 2.437.300 hectares, uma população de 77.000 habitantes e um clima de características tropical com estação seca (Aw) segundo Köppen, temperatura média anual de 26,2 °C e uma pluviosidade média anual de 1.792 mm.

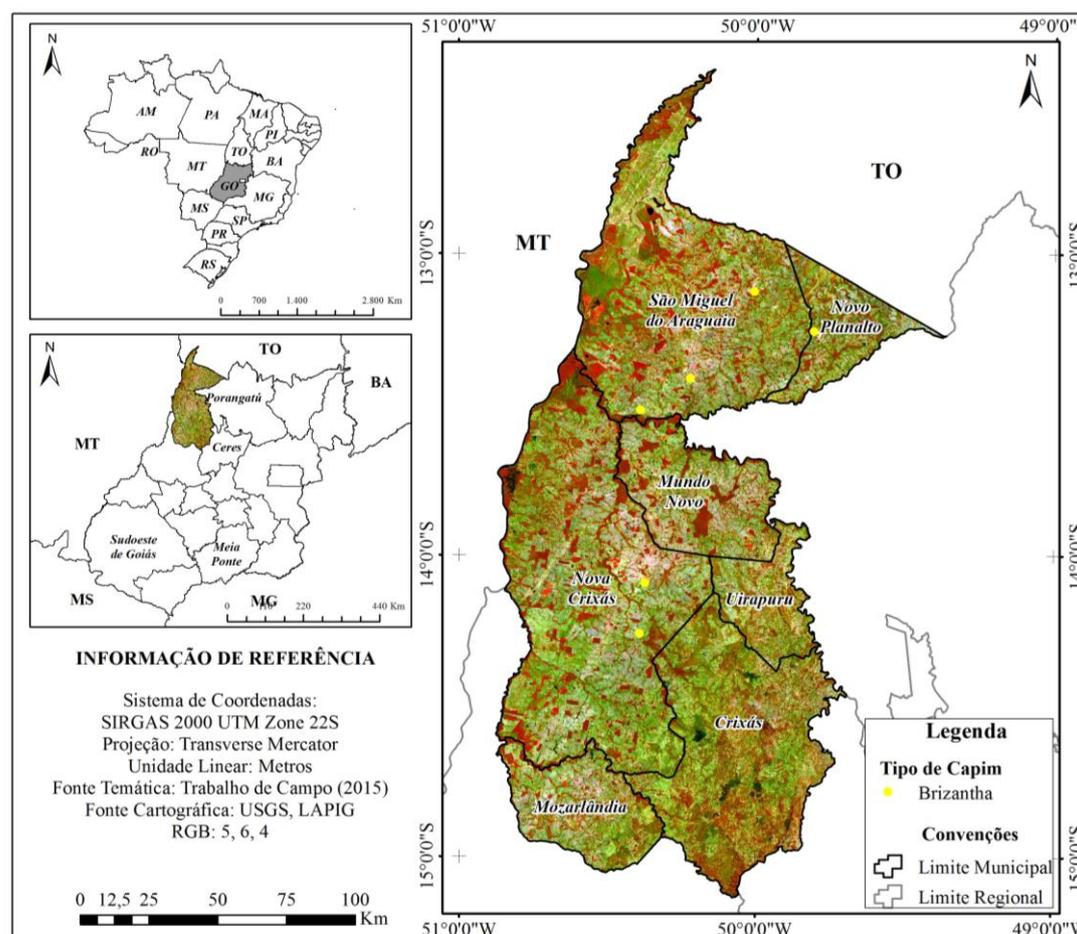


Figura 1. Área de estudo e propriedades controle.

### 2.2. Coleta de parâmetros biofísicos em campo

O desenho experimental para a coleta dos dados foi baseado na metodologia adotada por Ferreira et al. (2014), a qual consistiu, em primeiro lugar, se localizar na parte central do

piquete, preferencialmente, a 250 metros da via de acesso (estrada) ou de qualquer tipo de vegetação densa, para evitar o efeito de borda; o segundo passo, com uma bússola no sentido sul-norte, implementou-se um transecto de 50 metros utilizando uma trena. Nesse momento inicia-se a etapa para avaliar a condição momentânea do pasto e a coleta de 26 amostras, sendo uma a cada 2 metros com o espectrorradiômetro (Spectral Evolution - modelo SM-3500, com lente de 8°, altura média de 1,40 metros e calibração a cada 10 metros com a placa de referência). Esse equipamento apresenta uma faixa espectral de 350 nm a 2.500 nm. Os outros dados de campo foram coletados por meio de formulários, do pecuarista e do piquete (pasto), por meio da plataforma Open Data Kit (ODK).

A campanha de campo ocorreu entre os dias 15 e 22 de setembro do 2015, concernente à época seca do ano, período de senescência das pastagens. Foram selecionadas oito (8) propriedades com pastagens *B. Brizantha*, uma das espécies mais plantada no Brasil (CORRÊA & SANTOS, 2003). Os critérios para a seleção dos pastos foram baseados nas características extremas de produtividades ou estágios de degradação, sendo: pastos sem degradação (*ótimos*), pastos com degradação “agronômica” (*razoáveis*), e por último, pastos com degradação “biológica” (*pobres*) (DIAS-FILHO, 2011). Além desses critérios de qualidades, baseou-se também em critérios de controle como recomendações dos pecuaristas da microrregião, pastagens com mais de 15 anos de formação com histórico de manejo dos piquetes e área mínima de 20 ha.

### 2.3. Análises da qualidade das pastagens

#### 2.3.1. Processamento de dados: Curvas espectrais e Índices de Vegetação (NDVI, SAVI, EVI)

Atualmente temos uma série de métodos para avaliação da qualidade das pastagens, desde as mais tradicionais amostragens, como a biomassa, medições visuais e medidores, que além de ser demorados, são custosos e propensos a erros. Cada vez é mais comum o uso de equipamentos hiperespectrais para este tipo de avaliação. Na Tabela 1 encontra-se os principais trabalhos com a utilização do espectrorradiômetro para avaliar os parâmetros de qualidade ou potencial produtivo das pastagens.

Tabela 1. Resumo de pesquisas associadas ao uso de sensores hiperespectrais na avaliação da qualidade e manejo das pastagens.

Equipamento	Espectral (nm)	Programa	Objetivo	Referência
ASD FieldSpec	350 - 2.500	ASD, RS3TM	Estimar os parâmetros de qualidades das pastagens	Pullanagari et al, 2012
FieldSpec Pro JR	350 - 2.500	ASD, RS3TM	Identificação de prática de manejo de pastagens utilizando imagens de satélite e dados de campo	Dusseux et al, 2014
Unispec DC	350 - 1.130	-	Estudar a variação sazonal dos pastos do prado através do NDVI obtidos pelo espectrorradiômetro	Wang et al, 2016
FieldSpec Pro JR	350 - 2.500	Atmospheric Correction Now	Uso de sensor hiperespectral para estimar as propriedades biofísicas dos pastos	Numata et al, 2007

As 26 amostras obtidas de espectrorradiometria por piquetes foram transformados em curvas de reflectância média para ambos estágios de qualidade do pasto. Com o software

DARWinSP as curvas foram suavizadas com o filtro de Média Móvel (MA por suas siglas no inglês) com um peso de 10. Posteriormente, com as curvas de reflectância foram agrupadas por qualidades e separadas por bandas espectrais similares às do Landsat 8 OLI, cuja data é 19-08-2015 e correspondem à mesma da coleta de dados em campo.

Os índices de vegetação analisados são: Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI (Equação 1), Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI (Equação 2) (HUETE, 1988) e o Índice de Vegetação Realçada – EVI (Equação 3) (LIU & HUETE, 1995). Esses índices foram calculados no Software DARWinSP com o fim de avaliar os três estágios de pastagens.

Equações dos Índices de Vegetação (IV):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

Onde, o NIR representa a faixa do espectro infravermelho próximo e RED o Vermelho

$$SAVI = \frac{(1+L)(NIR - RED)}{NIR + RED + L} \quad (2)$$

Onde, L representa o fator de ajuste de 0,5

$$EVI = G \frac{NIR - RED}{NIR + C_1 RED - C_2 BLUE + L} \quad (3)$$

Onde, C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> representam os coeficientes para o termo resistente a aerossol e L o fator de ajuste em relação ao substrato.

### 2.3.2. Análises estatístico

Aplicou-se o teste estatístico não paramétrico Kruskal-Wallis (K-W), comumente utilizado para comparar duas ou mais amostras a partir da mediana, assim como testar a H<sub>0</sub>, de que todas as populações possuem funções de distribuições iguais, contra a H<sub>a</sub>, de que ao menos duas das populações apresentam funções de distribuição diferentes (AGUIAR, 2013). Os dados obtidos foram analisados para verificar se houve diferenças estatísticas significativas entre os estágios de degradação das pastagens tendo como referência os indicadores dos índices de vegetação.

## 3. Resultados e Discussão

No momento da avaliação da área do pasto, aproximadamente 50% dos piquetes se encontravam sem gado à espera de entrar em pastejo, enquanto outros piquetes tinham a presença do rebanho em pastejo. Além disso, o método de pastejo das propriedades é o sistema extensivo contínuo.

Parte da análise dos dados obtidos em campo e pela literatura disponível (DIAS-FILHO, 2011; SPAIN & GUALDRON, 1988) permitiram elaborar uma classificação para as pastagens com base nas características de produtividade da microrregião de São Miguel do Araguaia (Figura 2).

<i>Brachiaria Brizantha</i>		Qualidade
		<i>Ótima</i> : Alto vigor vegetativo de 100%, alta predominância de laminas foliares, alta biomassa, alta homogeneidade, sem presença de plantas invasoras, formigueiros e cupinzeiros, e solo.
		<i>Razoável</i> : Estágio 1 de degradação “agrícola”, presença de plantas invasoras, médio vigor vegetativo, alta heterogeneidade, presença de cupinzeiros em baixa e alta proporção, e presença de solo exposto.
		<i>Pobre</i> : Estágio 1 agravado + degradação “biológica”, baixo vigor vegetativo em relação à predominância de laminas foliares presença do solo exposto e sinais de erosão, e seu colmo

Figura 2. Classificação das condições visuais das pastagens em três estágios diferenciados de degradação correspondente à época seca. (a) Ótimo, (b) Razoável, (c) Pobre.

Os resultados obtidos pela espectrorradiometria possibilitaram, em primeiro lugar, retratar as curvas de refletância dos diferentes estágios de degradação das pastagens. A análise das curvas de refletância para ambos estágios apresentou comportamentos similares devido ao período de seca e de senescência (Figura 3). Nos pastos de *B. Brizantha* pode se observar que algumas propriedades, na categoria ótima, apresentaram refletâncias muito altas em relação as demais.

No bioma Cerrado, mais especificamente na época seca, a região do espectro que permite a melhor diferenciação da qualidade do pasto utilizando a espectrorradiometria é a do SWIR1. Entretanto, entre as bandas do Landsat 8 (OLI), a faixa espectral do NIR é a melhor para diferenciar as três qualidades (Figura 3).

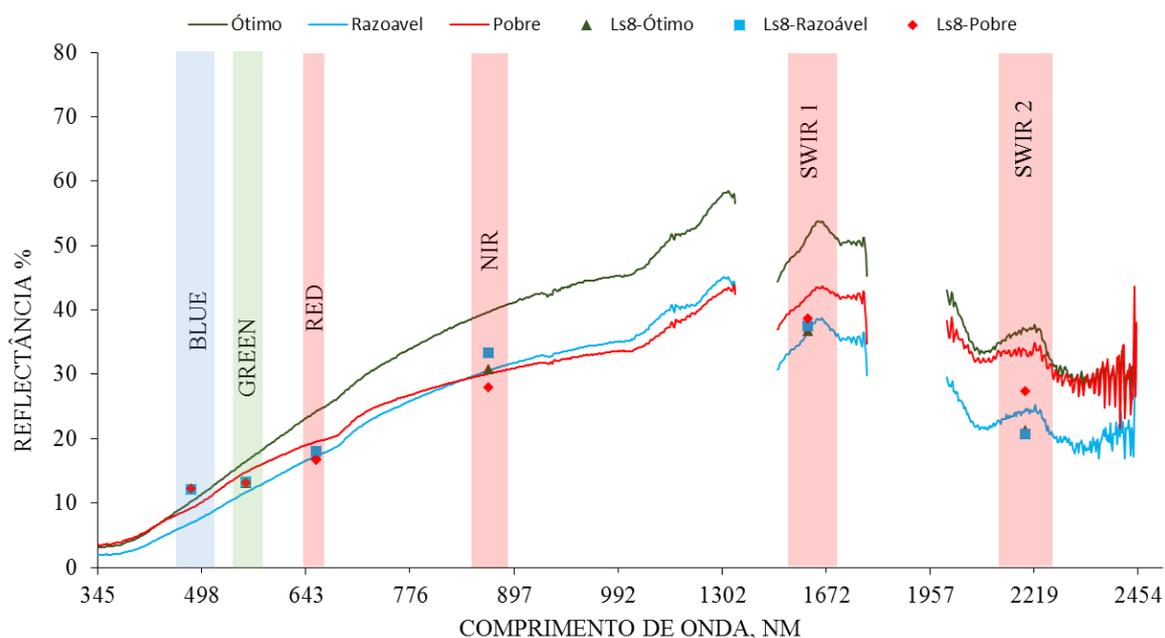


Figura 3. Curvas de refletância da *B. Brizantha* em relação aos três níveis de qualidades (ótimo, razoável e pobre) baseado nos dados de espectrorradiometria e do Landsat 8 (OLI).

É comum encontrar dentro de um determinado estágio da vegetação variações na refletância diária. Um determinado estágio de vegetação pode ser representado por perfis bastantes semelhantes, ao passo que outro estágio da vegetação pode apresentar diferente perfil ainda que da mesma classe (PRICE, 1994; DUSSEUX et al., 2014). Nossos resultados mostraram que a maioria dos perfis espectrais, derivados das medições de espectrometria em campo, apresentaram comportamento típico da vegetação seca, similar na forma, mas diferentes na amplitude para as condições do *B. Brizantha*.

Na Figura 3 a categoria ótima, possui valores de refletância elevados nas faixas do visível (VIS), especificamente no comprimento de onda da banda do vermelho (RED), padrão semelhante encontrado no infravermelho próximo (NIR) para as categorias razoável e pobre. Esse comportamento influencia na produção de lâminas foliares para os pastos categorizados como ótimo, os quais apresentam alta proporção de capim, evitando que a radiação interaja com o solo. Cabe ressaltar que, uma propriedade categorizada como ótimo, mas com registros de refletância baixa, pode estar associada ao tipo de sistema de manejo, i.e. rotacionado intensivo, e pelo pouco tempo (dias) de recuperação do pasto após o pastejo do gado.

Conforme aos resultados estatísticos (K-W), encontrou-se diferenças significativas entre níveis de produtividade das pastagens e entre os índices de vegetação para cada uma das áreas com *B. Brizantha*. O NDVI, como indicador, tem um alto potencial para diferenciar significativamente as três qualidades de pasto ( $p < 0,05$ ). Evidentemente, esse resultado se produz pela não presença de um fator de ajuste na equação, fazendo que as respostas sejam altas e diferenciadas entre os grupos  $H(2, N = 182) = 31,993$   $p < 0,001$ . Com o fator de ajuste, o SAVI apresenta diferenças significativas no grupo  $H(2, N = 182) = 17,627$   $p < 0,001$ , especificamente para as áreas de pastagem pobres ( $p < 0,05$ ), enquanto as áreas de pastagens ótima e razoável possuem comportamentos similares ( $p > 0,05$ ). O EVI apresentou de forma similar o comportamento do SAVI, mas com o aditivo de possuir os valores mais baixos que os outros IV, dificultando inclusive identificar tipos de categorias  $H(2, N = 182) = 12,457$   $p = 0,002$  (Figura 4). O fator de ajuste das imagens mostra que 50% dos dados encontram-se muito agrupados, não favorecendo à diferenciação destas categorias de pastagem.

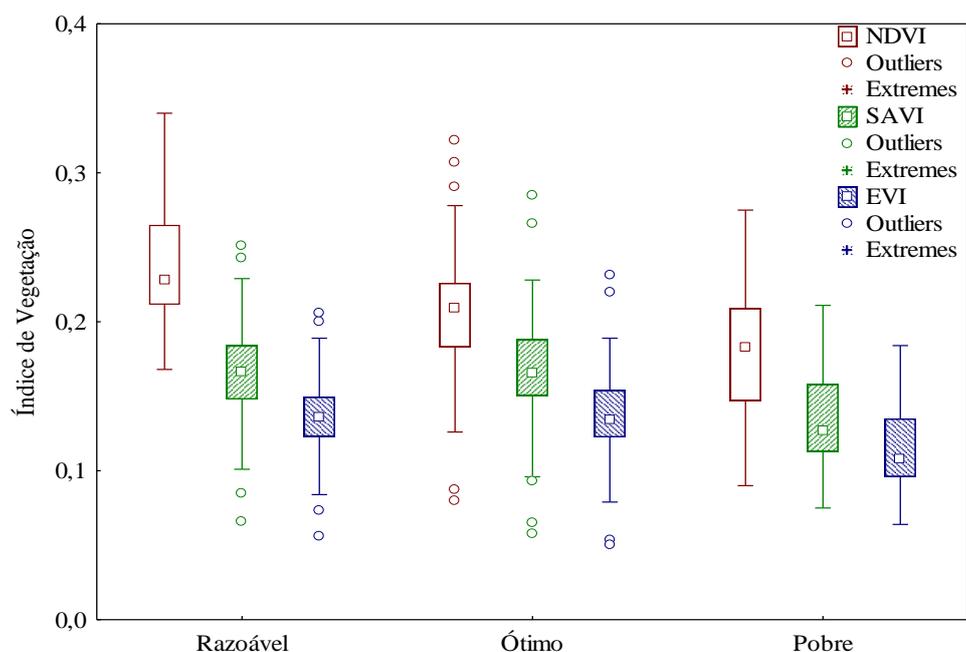


Figura 4. Distribuição dos índices de vegetação NDVI, SAVI e EVI de acordo com os níveis de qualidade da pastagem *B. Brizantha*. Os limites da caixa mostram os quartis de 25 e 75% dos dados.

De acordo com Wang et al. (2016) existem vários fatores que podem explicar a variação do NDVI. Mudanças na estrutura do dossel, menor produção de folhas, tendem a aumentar a proporção de solo exposto para o sensor, diminuindo os valores do infravermelho próximo (NIR) e aumentando os valores de refletância no comprimento do visível (VIS), reduzindo os valores do NDVI. Dessa forma, o NDVI para as pastagens pobres apresentou baixos valores, por apresentar menor cobertura foliar e maior presença de solo exposto. A categoria razoável mostrou valores mais altos em função da presença de plantas invasoras no transecto, as quais influenciaram no aumento do NIR e queda do RED. Por outro lado, a categoria ótima, os valores de NDVI apresentou valores médios em relação as outras categorias, corroborando com os valores obtidos por Franco et al. (2003) durante a estação chuvosa.

A homogeneidade dos pastos é um indicador que representa a boa gestão da pastagem (ZANINE et al., 2006), e que também pode reduzir os efeitos negativos causados pelo solo na coleta de dados de espectrometria (FRANCO et al., 2003). No entanto, os resultados dos valores das categorias razoável e ótima mostram que a variação na homogeneidade não foi um indicador adequado para a diferenciação. O NDVI foi o único índice que conseguiu separar os três estágios de degradação, enquanto os outros índices SAVI e EVI, por efeito do ajuste do solo, só conseguiram separar a categoria pobre.

#### **4. Conclusões**

A área de pastagem apresenta diferentes níveis de qualidade e degradação no território brasileiro, sobretudo em função do tipo de manejo empregado, i.e. extensivo ou intensivo. O sensoriamento remoto orbital e a espectrorradiometria apresentam-se como importantes ferramentas para o monitoramento das pastagens, seja a nível da paisagem ou local, respectivamente. Dessa forma, na microrregião de São Miguel do Araguaia, região noroeste de Goiás, com o auxílio da espectrorradiometria, foi possível classificar três níveis de qualidade das pastagens com o capim *B. Brizantha*. A maior diferença entre os níveis de qualidade ocorreu entre os pastos ótimo e pobre, pois o razoável se aproxima, em algumas propriedades, de um pasto com excelente manejo.

Entre os índices espectrais analisados, o NDVI ofereceu a melhor diferenciação entre os três níveis de qualidade identificados em campo, mas esse índice, não mensurável, avalia o verdor da vegetação, mas não a produtividade de biomassa. No Cerrado, a vegetação seca após as primeiras chuvas apresenta rápida recuperação da biomassa verde, principalmente as gramíneas, elevando os valores do NDVI. Sendo assim, a avaliação da qualidade e produtividade das pastagens no Brasil deve ser realizada conjuntamente com as técnicas amostrais em campo (i.e. altura, quantidade de biomassa seca e verde por metro quadrado, homogeneidade do pasto, lotação e outros), técnicas de espectrorradiometria para calibração das imagens de satélite por meio da inferência local e índices espectrais para identificação, diferenciação e espacialização a nível da paisagem.

#### **Agradecimentos**

Esse trabalho é parte dos esforços coordenados pelo Lapig (Laboratório de processamento de imagens e geoprocessamento - UFG) para mapear e caracterizar as áreas de pastagens do bioma Cerrado. Reconhecemos e agradecemos o apoio da Gordon and Betty Moore Foundation e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG / PRONEX, processo 201200766130154, chamada pública nº 007/2012) O primeiro autor agradece à Organização dos Estados Americanos – OEA pela bolsa de estudo.

#### **Referências Bibliográficas**

AGUIAR, D. **Séries temporais de imagens MODIS para avaliação de pastagens tropicais.** [Tese doutorado: Sensoriamento Remoto] INPE, 2013.

CORRÊA, L. D. A.; SANTOS, P. M. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon. **Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos 34**, p. 36p, 2003.

DIAS FILHO, M. B. Diagnóstico das Pastagens no Brasil. **Embrapa Amazônia Oriental**, v. 402, n. 1983-0513, p. 36, 2014.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: Processos, Causas e Estratégias de Recuperação.** 4. ed. Belém: MBDF, 215p., 2011.

DUSSEUX, P. et al. Agricultural practices in grasslands detected by spatial remote sensing. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 12, p. 8249–8265, 2014.

FRANCO, J. B. S. et al. Metodologia de coleta de dados radiométricos em pastagens do gênero Brachiaria com diferentes estágios de degradação. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 2483–2491, 2003.

HUETE, A. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Pecuária Municipal 2015. Rio de Janeiro, Vol. 43, p. 1-49. 2016.

LIU, H. Q.; HUETE, A. Feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, n. 2, p. 457–465, 1995.

NUMATA, I. et al. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, p. 314–327, 2007.

PRICE, J. C. How unique are spectral signatures? **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 181–186, 1994.

PULLANAGARI, R. R. et al. In-field hyperspectral proximal sensing for estimating quality parameters of mixed pasture. **Precision Agric**, p. 351–369, 2012.

SCHELLBERG, J. et al. Precision agriculture on grassland : Applications, perspectives and constraints. **European Journal of Agronomy**, v. 29, p. 59–71, 2008.

WANG, R. et al. Seasonal Variation in the NDVI–Species Richness Relationship in a Prairie Grassland Experiment (Cedar Creek). **Remote Sensing**, v. 8, n. 2, p. 128, 2016.

XU, D.; GUO, X. Some Insights on Grassland Health Assessment Based on Remote Sensing. **Sensors**, p. 3070–3089, 2015.

ZANINE, A. D. M. et al. Comportamento ingestivo de bezerros em pastos de Brachiaria brizantha e Brachiaria decumbens. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1540–1545, 2006.