

Identificação de níveis de degradação de pastagem por meio de reflectância espectral de imagens de alta resolução espacial

Daniel de Castro Victoria¹
Gustavo Bayma-Silva¹
Sandra Furlan Nogueira¹
Luiz Eduardo Vicente¹
Celina Maki Takemura¹
Rodrigo da Costa Gomes²

¹Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/CNPM
Av. Soldado Passarinho, 303. CEP 13070-115. Campinas, SP, Brasil
{daniel.victoria, gustavo.bayma, sandra.furlan, luiz.vicente, celina.takemura}@embrapa.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa/CNPGC
Av. Rádio Maia, 830 - Zona Rura. CEP 79106-550. Campo Grande, MS, Brasil
rodrigo.gomes@embrapa.br

Abstract. Brazil has a large area of planted pastures used for cattle production. However, a considerable portion is considered degraded, with cattle production below its potential. The identification and recovery of such areas could result in production gains, higher carbon stocks in the soil and land sparing for other agricultural activities. This work evaluates the spectral reflectance of the 8-band WorldView-2 satellite images over six pastures areas with three degradation levels (A,B,C) and two distinct grass species (Humidícula, Piatã). The evaluation was carried out over Fazenda Olhos d'Água, located in Aquidauana, MS, Brazil and used an atmospherically corrected WV2 image. Statistical tests were used to identify which spectral bands could be used to differentiate pasture degradation level, grass species and degradation level given that grass species was known. Results show that it was possible to identify the two grass species in the study area and that, degradation level could be identified if grass species was known. However, with no prior knowledge of grass species, degradation level discrimination was compromised and of the three possible comparisons (B-A, C-A, C-B), only one was considered statistically different (C-A) in some of the spectral bands. This indicates that, if reflectance spectra is to be used for pasture degradation mapping, it's important to have prior knowledge of the grass species.

Palavras-chave: pastagens degradadas, reflectância, pantanal, Humidícula, Piatã, degraded pastures, reflectance

1. Introdução

Dados do último Censo Agropecuário mostram que no Brasil, dos 333,7 milhões de ha de estabelecimentos agropecuários, 49,2 % são destinados à produção pecuária (IBGE, 2014). Do total de pastagens plantadas (102,4 milhões de ha), 9,6 % foram declaradas como sendo degradadas, com maior porcentual na região NE (15,4%) e a maior quantidade na região CO (3,3 milhões de ha) (IBGE, 2014). Porém, existe grande variação na estimativa da área de pastagens degradadas no País. Dias-Filho (2014) e Zimmer et al. (2012) estimam que mais de 70 % das pastagens cultivadas no Brasil se encontram em algum estágio de degradação.

Pastagens degradadas representam uma subutilização da terra, com ocupação inadequada e que poderia, com o manejo correto, aumentar a produtividade e até liberar terras para outras culturas agrícolas ou até mesmo para a conservação. Estas pastagens também apresentam um menor estoque de carbono, quando comparadas às pastagens bem manejadas e produtivas (Fisher et. al, 1994), impactando negativamente o balanço de gases de efeito estufa (IPCC, 2006; Batjes et. Al, 2004). Desta forma, a identificação e recuperação destas pastagens se torna um objetivo importante, sendo um dos itens financiados pelo Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura – Programa ABC (BNDES, 2014).

Alguns trabalhos buscaram identificar a degradação de pastagens por meio de imagens de sensoriamento remoto. Na Amazônia foram utilizadas análises de mistura espectral para quantificar a vegetação não fotossinteticamente ativa (NPV) e, conseqüentemente, degradação

(Numata et al., 2003; 2007; Asner et al., 2004, Davidson et al., 2008). Nestes trabalhos, os autores mostraram que a NPV tende a aumentar com a idade do pasto, sendo um *proxy* para a degradação de pastagens em RO (Numata et al., 2007). Também existe alta correlação entre NPV e medidas de biomassa realizada no campo (Asner et al., 2004). Para o Cerrado Brasileiro, Sano et al. (2002) avaliaram a reflectância nas bandas do vermelho (0.63 a 0.69 μm) e infravermelho próximo (0.76 a 0.90 μm) em diferentes forrageira e condições de degradação. Foi observado que medidas tomadas no início da estação chuvosa possibilitaram a discriminação espectral entre forrageiras, no entanto foi observada confusão espectral entre diferentes espécies dependendo do nível de degradação. Esta mistura foi reduzida ao utilizar medidas realizadas na época seca, evidenciando a importância de dados multitemporais. Aguiar (2013), utilizando série temporal MODIS, identificou alguns indicadores relacionados ao manejo de pastagens, evidenciando a importância de análises multitemporais.

Este trabalho investigou a possibilidade de identificar diferentes níveis de degradação de pastagens, em dois tipos de forrageira, a partir da reflectância medida nas oito bandas espectrais do satélite WorldView-2 (WV2).

2. Metodologia de Trabalho

2.1. Área de estudo

A área de estudo se localiza na Fazenda Olhos d'Água, coordenadas 19°38'S e 55°24'O, no município de Aquidauana, MS, na divisa entre os biomas Pantanal e Cerrado. O projeto GeoDegrade (<http://www.geodegrade.cnpm.embrapa.br>) vem trabalhando nesta área e identificou seis piquetes com diferentes níveis de degradação de pastagem (A: baixa; B: média e C: alta) e duas espécies forrageiras distintas (Humidícula e Piatã) (Figura 1).

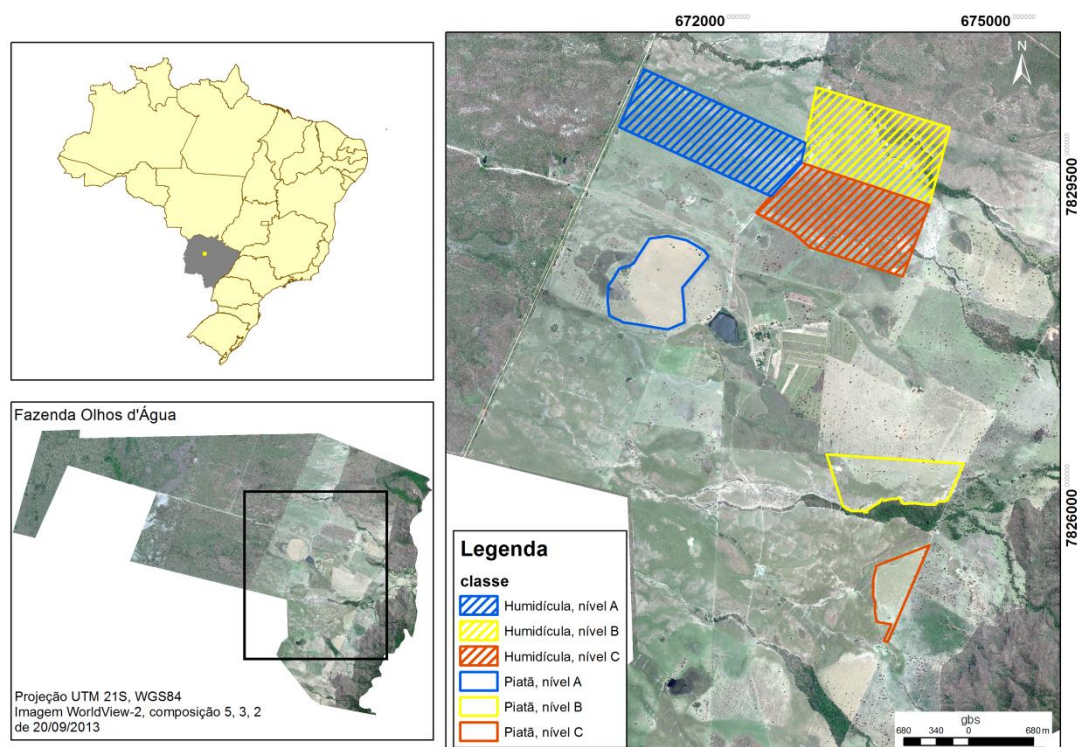


Figura 1. Localização da Fazenda Olhos d'Água e piquetes utilizados no estudo. Imagem WorldView-2, composição R(5) G(3) B(2) de 20 de setembro de 2013 ao fundo.

2.2. Processamento da imagem WorldView-2

O satélite WV2 possui oito bandas multiespectrais localizadas na faixa de 0,400 a 1,040 μm , com resolução espacial de 2,4 m e uma banda pancromática com resolução espacial de

0,50 m. Como este trabalho objetivou a comparação da reflectância nas diferentes bandas do sensor, optou-se por utilizar apenas as bandas multispectrais na sua resolução nativa, sem que fosse feita a fusão com a banda pancromática. Desta forma, evitamos que os valores das bandas fossem alterados devido ao método de fusão utilizado.

Foi utilizada imagem de 20 de setembro de 2013, início da estação chuvosa, na qual se realizou a calibração radiométrica a partir dos parâmetros de conversão disponíveis nos metadados. Em seguida foi realizada a correção atmosférica seguindo os procedimentos para o cálculo dos parâmetros de visibilidade e escolha do modelo de atmosfera detalhados por Gomes et al. (2013). Foi utilizado o módulo de correção FLAASH, do pacote computacional ENVI 5.1, com visibilidade = 30 km e modelo de atmosfera tropical.

2.3. Análise Estatística

Para cada um dos seis piquetes foram sorteados 50 pontos aleatórios, garantindo que nenhum deles estivesse em local inapropriado como em áreas de vegetação ripária ou grandes árvores. A reflectância espectral nas oito bandas foi extraída para cada um dos pontos e foi realizada a análise de variância e o teste de Tukey (95% de confiança), a fim de determinar se existem diferenças significativas relacionadas ao i) nível de degradação, independentemente do tipo de forrageira, ii) tipo de forrageira, independentemente da degradação e iii) nível de degradação, controlando o tipo de forragem.

3. Resultados e Discussão

Considerando apenas os diferentes níveis de degradação da pastagem, a análise de variância indicou que existem diferenças significativas na reflectância de algumas bandas, notadamente na banda 1 ($p = 0,006$), e nas bandas 2 a 5 ($p < 0,05$). No entanto, comparando cada um dos níveis de degradação a partir da análise de Tukey, vemos que na maioria dos casos apenas uma das possíveis comparações (C-A) apresenta diferença significativa (Tabela 1). Nas bandas 2 a 5, foram encontradas diferenças significativas a 5% entre as pastagens C e A, enquanto que na banda 1, a diferença foi significativa a 1%. Já a comparação entre os níveis B-A e C-A não mostraram diferenças significativas a 5% em nenhuma das bandas.

Tabela 1. Valor p ajustado do teste de separação de médias (Tukey, 95%) para os níveis de degradação de pastagens (A, B, C) nas bandas do sensor WV2, independente do tipo de forrageira.

Banda	B-A	C-A	C-B
1	ns	0,006**	ns
2	ns	0,028*	ns
3	ns	0,012*	ns
4	ns	0,012*	ns
5	ns	0,038*	ns
6	ns	ns	ns
7	ns	ns	ns
8	ns	ns	ns

ns – não significativo; * sig. a 5%; ** sig. a 1%

Também é possível notar a diferenciação entre os níveis de degradação nas bandas a partir dos gráficos boxplot (Figura 2), onde fica evidente que a banda 1 apresenta maior diferenciação dos pastos com nível C.

A diferenciação do tipo de forragem (Humidícula ou Piatã), independentemente da degradação, mostrou diferenças mais acentuadas que as encontradas em relação ao nível de

degradação (Figura 3). As bandas 2 a 8 apresentaram diferenças significativas ($p < 0,001$). Já para a banda 1, a diferença não foi significativa a 5% ($p = 0,092$).

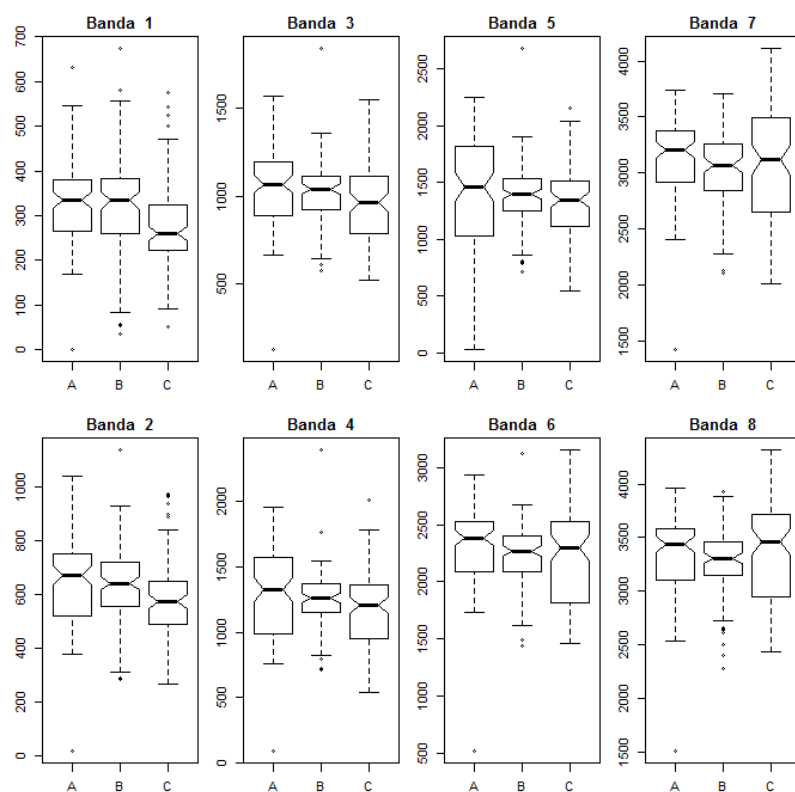


Figura 2. Reflectância nas bandas 1 a 8 nos diferentes níveis de degradação.

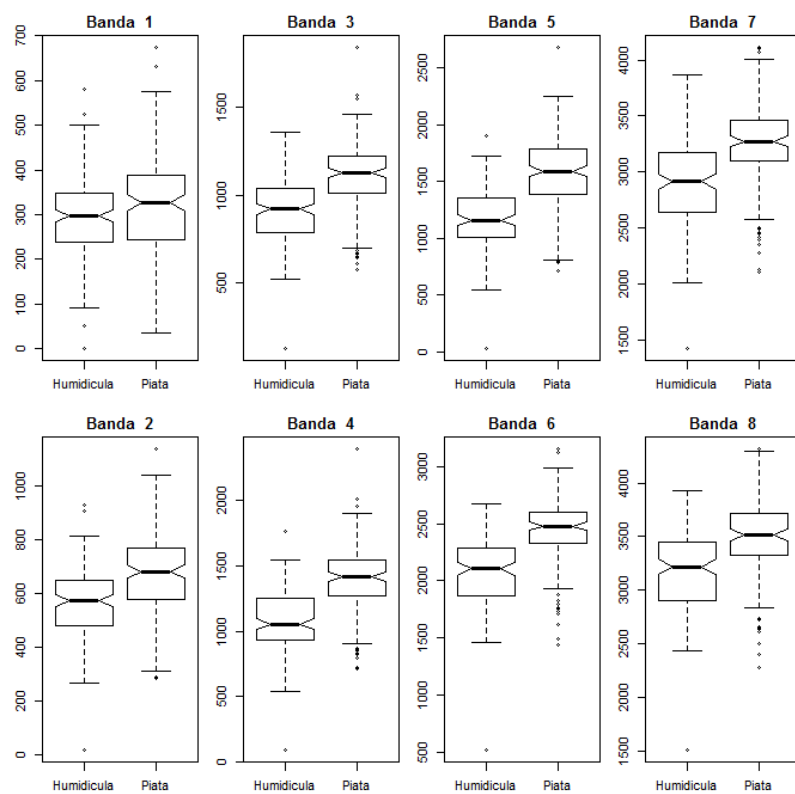


Figura 3. Reflectância nas bandas 1 a 8 para os dois tipos de forrageira. Bandas 2 a 8 apresentam diferenças significativas ($p < 0,01$).

A análise de variância levando em consideração ambos os fatores (forragem e degradação) resultou em aumento na significância da relação reflectância e degradação, com $p < 0,01$ para as bandas 1, 3 e 4 e $p < 0,05$ para as bandas 2, 5 e 6 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 2. Análise de variância da reflectância das bandas para diferentes níveis de degradação, levando-se em consideração o tipo de forrageira

Banda	Valor p da análise de variância	
	Forrageira	Nível de degradação
1	ns	0.00618**
2	8.14E-10***	0.0187*
3	< 2e-16***	0.00502**
4	< 2e-16***	0.00334**
5	<2e-16***	0.0107*
6	<2e-16***	0.0284*
7	2.63E-013***	ns
8	6.08E-012***	ns

ns – não significativo; * sig. a 5%; ** sig. a 1%; *** sig a 0,01%

A análise de Tukey (Tabela 3) mostrou que para todas as bandas é possível distinguir entre os pastos com nível de degradação B e A, independentemente do tipo de forrageira e entre os níveis de degradação C e B, exceto para a banda 1 na pastagem de Piatã ($p = 0,071$). No entanto, diferentemente do observado quando os tipos de forragens não foram separados, a distinção entre as classes C e A foi mais difícil. Na pastagem com capim Humidícula apenas as bandas 3, 6 e 7 mostraram diferenças significativas a 1% e, para Piatã, as bandas 1, 4 e 5 mostraram diferenças significativas a 1% e as bandas 2, 7 e 8, a 5%. Os resultados podem ser vistos mais claramente a partir dos boxplot (Figuras Figura 4 e Figura 5) onde se nota os ganhos na discriminação dos níveis de degradação.

Tabela 3. Valor p ajustado do teste de separação de médias (Tukey a 95% de confiança) para os diferentes níveis de degradação de pastagens (A, B ou C) nas oito bandas do sensor WV2, controlando o tipo de forragem (Humidícula ou Piatã).

Banda	Humidícula			Piata		
	B-A	C-A	C-B	B-A	C-A	C-B
1	0***	ns	0***	0***	0,004**	ns
2	0***	ns	0***	0***	0,011*	0,001**
3	0***	0,001**	0***	0***	ns	0***
4	0***	ns	0***	0***	0***	0***
5	0***	ns	0***	0***	0***	0***
6	0***	0***	0***	0***	ns	0***
7	0,002**	0,002**	0***	0***	0,012*	0***
8	0***	ns	0***	0***	0,028*	0***

ns – não significativo; * sig. A 5%; ** sig. a 1%; *** sig. A 0,01%

Estes resultados mostram que, caso se utilize a reflectância das oito bandas do satélite WV2 para identificar níveis de degradação, é preciso primeiramente identificar o tipo de forrageira que esta plantada. Por exemplo, pastagens com nível médio de degradação (B) apresentaram maior reflectância em relação aos outros dois níveis (A e C) nas pastagens com Humidícula, porém menor reflectância nas pastagens com Piatã. Também podemos notar que,

para ambas forrageiras, houve uma maior confusão entre os níveis A e C. Uma explicação para este fato seria que o manejo da pastagem interfere muito fortemente. Pastagens muito produtivas recebem animais com mais frequência, pois se recuperam rapidamente após o pastejo. Desta forma, podem apresentar uma grande quantidade de solo exposto, dependendo da época em que foi imageada. Já pastagens muito degradadas também podem apresentar solo exposto, o que causaria confusão.

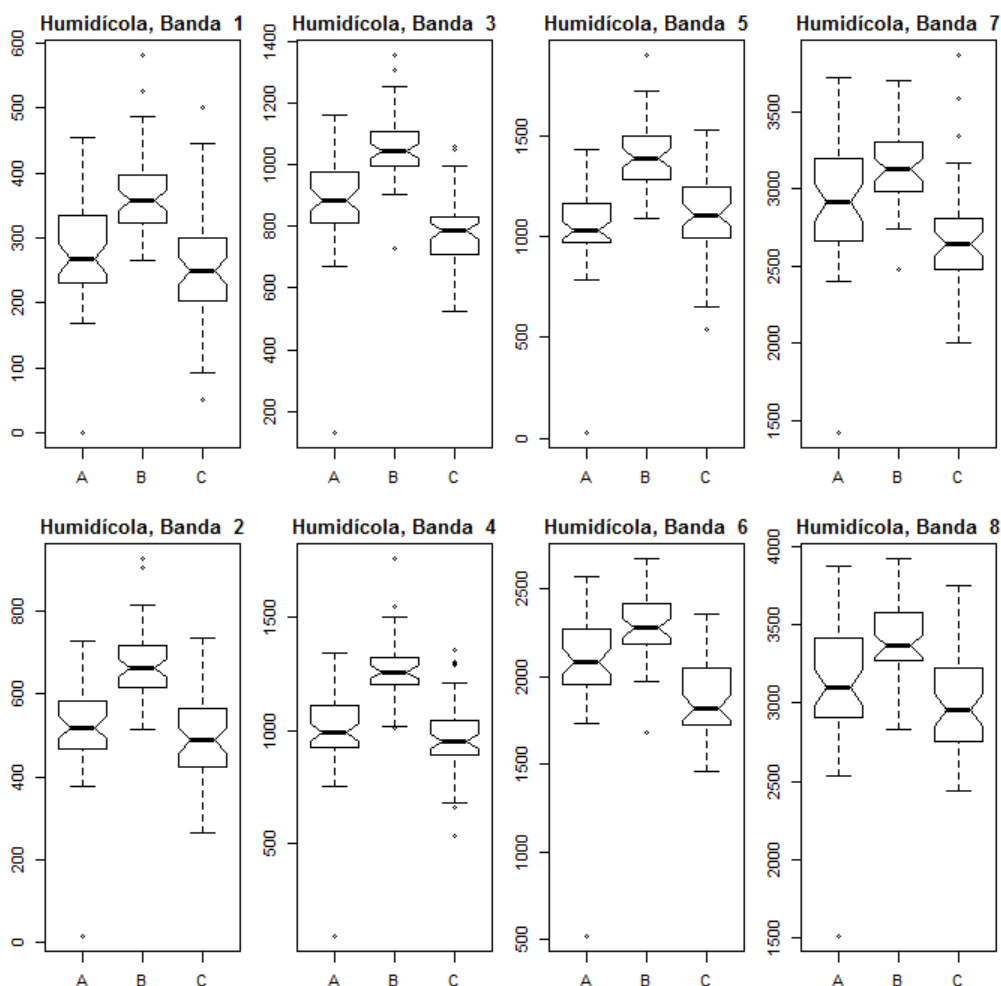


Figura 4. Reflectância nas bandas 1 a 8 nos diferentes níveis de degradação para as pastagens com capim humidícola. Diferenciação entre as classes B-A e C-B são significativas a 1%. Já as classes C-A diferem significativamente (< 5%) apenas nas bandas 3, 6 e 7.

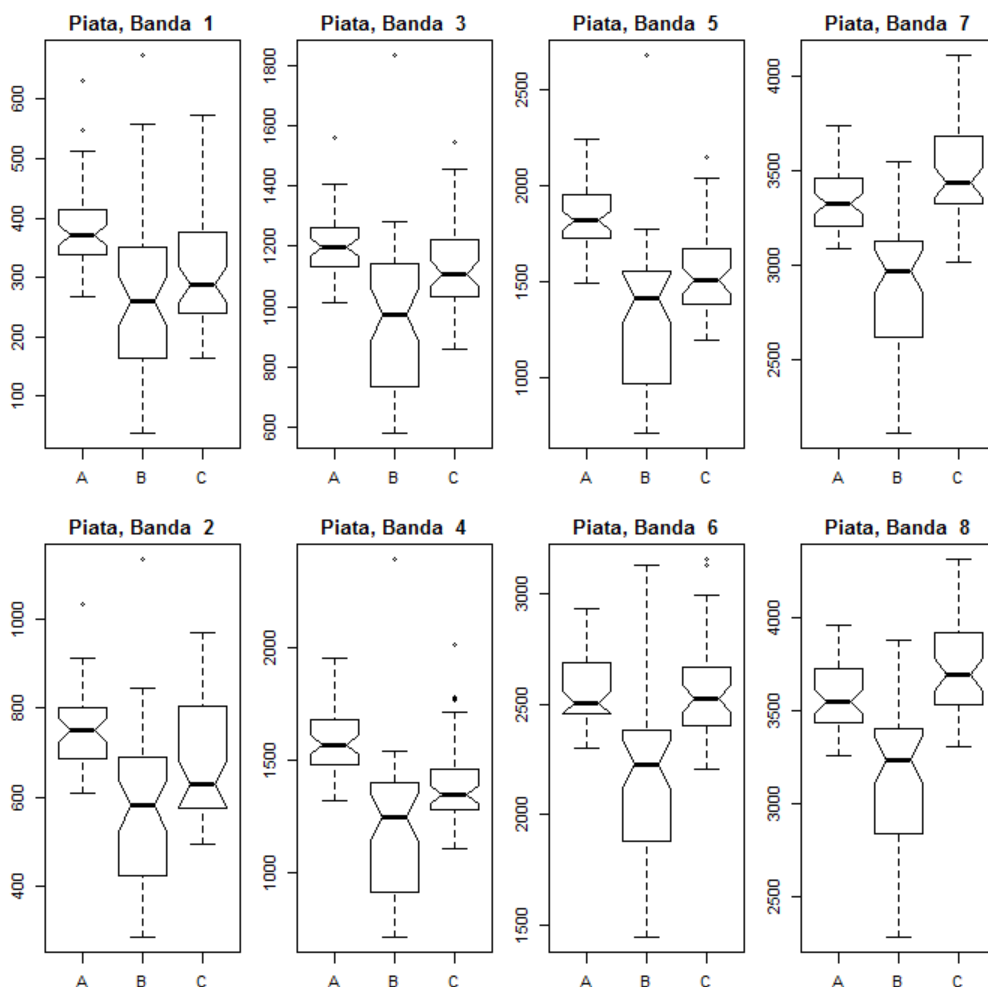


Figura 5. Reflectância nas bandas 1 a 8 nos diferentes níveis de degradação para as pastagens com capim Piatã. Diferenciação entre as classes B-A e C-B são significativas a 1%, exceto para banda 1. Já as classes C-A não difere significativamente (< 5%) apenas nas bandas 3 e 6.

Trabalhos futuros irão investigar a possibilidade de melhorias na identificação dos níveis de degradação utilizando outras formas de análise como relação de bandas e análises multivariadas. O projeto GeoDegrade conta com medidas espectro-radiométricas tomadas no local, o que permitirá utilizar modelos de misturas mais robustos, com *endmembers* mais específicos. Além disso, apesar de estarem muito próximos, será preciso avaliar com mais cautela se existem diferenças no solo dos diferentes piquetes, o que influenciaria a análise.

4. Conclusões

A reflectância das oito bandas do satélite WV2 foram capazes de distinguir entre pastagens plantadas com capim Humidícula e Piatã.

As bandas 1 a 5 permitiram diferenciar as pastagens com degradação nos níveis A e C, porém não foi possível distinguir dentre as outras combinações possíveis (A-B e B-C).

Controlando o fator tipo de forragem, foi possível distinguir entre os diferentes níveis de degradação. Conclui-se então que para avaliar a degradação a partir da reflectância, primeiro é preciso identificar a forrageira utilizada.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos projetos: “Desenvolvimento de geotecnologias para identificação e monitoramento de níveis de degradação em pastagens – Geodegrade” (SEG

Embrapa - 02.10.06.011.00.00), “Integração de dados multissensor e espectroscopia de reflectância aplicados ao mapeamento de alvos estratégicos da agricultura tropical – AgSpec” (SEG Embrapa - 02.11.01.019.00.00) e ao gerente da fazenda Olhos d’Água, Sr. Márcio Wasilewski de Castro.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, D. A. SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS MODIS PARA AVALIAÇÃO DE PASTAGENS TROPICAIS. Doutorado em Sensoriamento Remoto—São José dos Campos: INPE, 24 set. 2013.

ASNER, G. P.; TOWNSEND, A.R.; BUSTAMANTE, M.M.C.; NARDOTO, G.B.; OLANDER, L.P. Pasture degradation in the central Amazon: linking changes in carbon and nutrient cycling with remote sensing. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 844–862, 2004.

Batjes N.H.. Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grasslands of Africa, **Environment, Development and Sustainability** v. 6. p 133–143, 2004.

BNDES - BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura – Programa ABC - BNDES**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/apoio/abc.html>>. Acesso em: 5 nov. 2014.

DAVIDSON, E. A.; ASNER, G.P.; STONE, T.A.; NEIL, C.; FIGUEIREDO, R.O.. Objective indicators of pasture degradation from spectral mixture analysis of Landsat imagery. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, p. 7 PP., 23 jul. 2008.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36p. (Documentos, 402).

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, London, v. 371, p. 236-238, 1994.

GOMES, D.; VICENTE, L.E.; BICUDO da SILVA, R.F.; de PAULA, S.C.; MAÇORANO, R.P., VICTORIA, D.C.; BATISTELLA, M. Uso de dados MODIS e AIRS para obtenção de parâmetros de correção atmosférica. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. Anais... In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR. Foz do Iguaçu: INPE, abr. 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/capa.html>>. Acesso em: 25 jun. 2014

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 5 nov. 2014.

IPCC. IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry, and Other Land use (OECD, Paris), pp 475–505.

NUMATA, I.; SOARES, J.V.; ROBERTS, D.A.; LEONIDAS, F.C.; CHADWICK, O.A.; BATISTA, G.T. Relationships among soil fertility dynamics and remotely sensed measures across pasture chronosequences in Rondônia, Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, p. 446–455, 2003.

NUMATA, I.; ROBERTS, D.A.; CHADWICK, O.A.; SCHIMEL, J.; SAMPAIO, F.R.; LEONIDAS, F.C.; SOARES, J.V. Characterization of pasture biophysical properties and the impact of grazing intensity using remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**, v. 109, n. 3, p. 314–327, 15 ago. 2007.

SANO, E. E.; BEZERRA, H.S.; BARCELLOS, A.O.; ROSA, R.. **Metodologias para mapeamento de pastagens degradadas no cerrado**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 70. Planaltina, DF: EMBRAPA Cerrados, 2002.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. de. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Embrapa Gado de Corte. Documentos, 189. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2012.