

APLICAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DOS NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS

Mateus Benchimol Ferreira de Almeida

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPGMA), Doutorado Multidisciplinar
Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Margareth Simões

Embrapa Solos. Rio de Janeiro – RJ, Brasil
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia de Sistemas e Computação UERJ/FEN/DESC/PPGMA. Rio de Janeiro – RJ, Brasil

Rodrigo Peçanha Demonte Ferraz

Embrapa Solos. Rio de Janeiro – RJ, Brasil

RESUMO: A degradação de pastagens é um problema global, porém tem particular importância no Brasil, considerando que o país afigura-se o título de um dos maiores produtores de carne do mundo. Desse modo, a localização, detecção e identificação para a posterior recuperação das pastagens degradadas é uma mais-valia para a pecuária, podendo contribuir significativamente nas receitas econômicas do país (PIB), além de apresentar também um viés ecológico, pois pastagens recuperadas se traduzem em florestas em pé, garantindo um meio ambiente equilibrado e propício para a própria pecuária. O presente estudo objetiva elaborar uma metodologia sistemática e coerente, com a finalidade de localizar, detectar,

identificar e mapear os diferentes níveis de degradação de pastagens por meio de técnicas advindas de Sensoriamento Remoto, com o uso de imagens de satélite Sentinel-2, dadas as suas características espectrais bastante promissoras. A área de estudo localiza-se no município de Valença, Vale do Paraíba, sendo uma região marcada por fortes degradações nas áreas de pastagens. De acordo com as características da área de estudo e com base na confrontação com a bibliografia consultada, as pastagens degradadas se classificam nos níveis N1, N2, N3 e N4, respectivamente leve, moderado, forte e muito forte. No presente estudo realizou-se correção atmosférica, NDVI, SAVI e Análise de Mistura Espectral (AME). Contudo, o NDVI e o SAVI apresentaram perfis temporais muito similares, não proporcionando separabilidade satisfatória entre os níveis de degradação das pastagens. A AME apresentou resultados bastante promissores, no entanto o grau de confiança somente será estabelecido após validação em campo. Essa validação ocorrerá tanto em período úmido como em período seco para que se compreendam os aspectos sazonais e fonológicos das pastagens degradadas.

PALAVRAS-CHAVE: Pastagens degradadas, Sentinel-2, NDVI, SAVI, Análise de Mistura Espectral (AME).

REMOTE SENSING APPLICATION IN THE PASTURE DEGRADATION LEVELS STUDY

ABSTRACT: Degraded pastures are a global problem, but they have particular importance in Brazil, considering that the country has the title of one of the largest meat producers in the world. Thus, localization, detection and identification for the subsequent recovery of degraded pastures is an added value for livestock, and can contribute significantly to the country's economic income (GDP), as well as an ecological bias, as recovered pastures are translated in standing forests, ensuring a balanced environment conducive to livestock farming itself. The present study aims to develop a systematic and coherent methodology to locate, detect, identify and map the different levels of pasture degradation through Remote Sensing techniques using Sentinel-2 satellite images, given its spectral characteristics quite promising. The study area is located in the municipality of Valença, Paraíba Valley, being a region marked by strong degradations in pasture areas. According to the characteristics of the study area and based on the comparison with the bibliography consulted, the degraded pastures are classified as N1, N2, N3 and N4, respectively mild, moderate, strong and very strong. In the present study, atmospheric correction, NDVI, SAVI and Spectral Mixing Analysis (AME) were performed. However, NDVI and SAVI showed very similar temporal profiles, not providing satisfactory separability between levels of pasture degradation. The AME presented very promising results, however the degree of confidence will only be established after validation in the field. This validation will occur in both wet and dry periods to understand the seasonal and phonological aspects of degraded pastures.

KEYWORDS: Degraded Pastures, Sentinel-2, NDVI, SAVI, Spectral Mixture Analysis (SMA).

1 | INTRODUÇÃO

As pastagens degradadas têm sido uma grande preocupação no setor da pecuária a nível global, impactando diretamente na produtividade de carne, face a demanda alimentar que tem sido um problema cada vez mais evidente na atualidade. Estima-se que até o ano 2050 a população humana na Terra será de cerca de 9 bilhões de habitantes (UN, 2009). Segundo a FAO, a demanda de alimentos de origem animal a nível mundial aumentará nos próximos anos, devido o crescimento populacional e o aumento do consumo per capita (FAO, 2009). Em uma pastagem degradada a produção animal pode ser seis vezes menor do que numa pastagem em bom estado ou recuperada (MACEDO *et al.*, 2000). No Brasil, o pasto constitui a principal fonte de nutrição do gado (DIAS-FILHO *et al.*, 2015).

Assim, saber onde as pastagens degradadas estão localizadas e a que nível de degradação se encontram, é de grande importância em nível de planejamento agropecuário, pois constituirá numa ferramenta essencial aos tomadores de decisão, permitindo a execução de projetos de recuperação de pastagens, identificando zonas

prioritárias à intervenção. Desse modo, o Sensoriamento Remoto se apresenta como uma ferramenta indicada para essa tarefa, pois algoritmos de processamento digital de imagens mais eficazes e sensores cada vez mais poderosos têm revolucionado essa área do conhecimento científico. A presente pesquisa está inserida no projeto GeoABC (Metodologias e Inovações Tecnológicas e o Planejamento da Agricultura de Baixa Emissão de Carbono em Apoio à Governança do Plano ABC) que atua na problemática do Plano ABC (Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura), e tem como objetivo avaliar métodos e técnicas inovadoras na área do Sensoriamento Remoto e integração de dados espaciais para o norteamo de sistemas de produção agrícola alinhados às políticas de baixa emissão de carbono na agricultura.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração da presente pesquisa foram necessários os seguintes materiais:

11 imagens Sentinel-2 livres de nuvens ou com baixa ocorrência, do período de dezembro de 2016 a setembro de 2018; Dados vetoriais (formato shapefile) do Brasil (fonte: IBGE, 2013); 12 pontos georreferenciados de coleta de pastagens degradadas nos níveis N1, N2, N3 e N4 (conforme a Figura 1), respectivamente, leve, moderado, forte e muito forte, da área de estudo, levantados nos períodos de 28 a 31 de agosto de 2017 (N1 e N4) e de 17 a 19 de outubro de 2017 (N2 e N3) (Cortesia do Dr. Fabiano Balieiro e do Dr. Guilherme Donagemma, Pesquisadores da Embrapa Solos); Software ArcGIS 10.5; Software ENVI 5.5; Microsoft Office Excel 2007.

A área de estudo da presente pesquisa corresponde a uma região de pastagens cultivadas no Vale do Paraíba, no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro (RJ), conforme a Figura 2. Nesta área encontra-se a Fazenda Santa Mônica (Fazenda Experimental da Embrapa) situada no distrito Barão de Juparanã, município de Valença (RJ) na qual já se encontra instalado um experimento de campo para a calibração das pastagens na respectiva área de estudo.

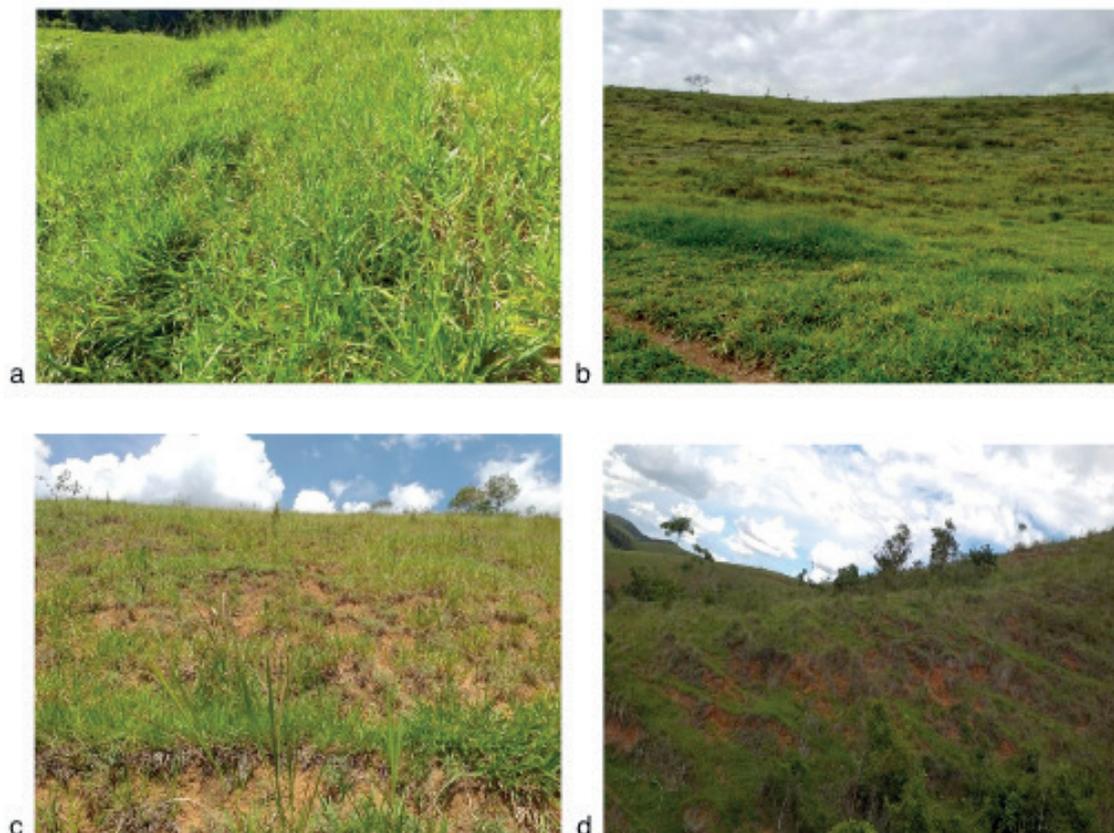


Figura 1: Níveis de degradação de pastagens – a) N1. b) N2. c) N3. d) N4.

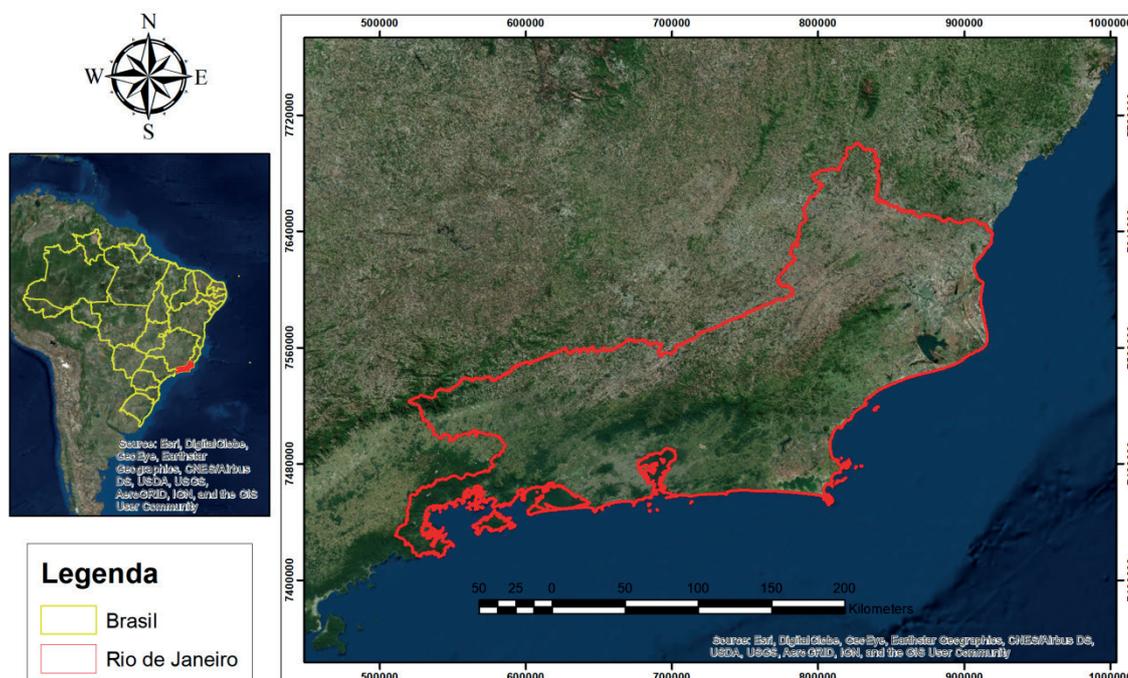


Figura 2: Mapa de localização da área de Estudo, situada no município de Valença, no Estado do Rio de Janeiro – Mapa elaborado pelos autores a partir das fontes: Globo digital do ArcGIS.

Na presente pesquisa utilizaram-se os seguintes métodos:

- Correção atmosférica das imagens Sentinel-2 pelo *plugin* Sen2Cor da Agência Espacial Europeia (ESA);

A correção atmosférica pelo Sen2Cor corresponde a um modelo de transferência radiativa que processa as imagens Sentinel-2 do nível L1C (ortoimagem em reflectância no topo da atmosfera) ao nível L2A (ortoimagem em reflectância de superfície) (ESA, 2018). O Sen2Cor realiza a correção atmosférica, a correção do terreno e a correção das nuvens cirros das imagens L1C para as imagens L2A (ESA, 2018). A correção atmosférica do Sen2Cor resulta como produto as seguintes bandas: B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8A, B11 e B12; sendo que na presente pesquisa, para uma melhor separabilidade dos alvos do terreno, selecionaram-se as seguintes bandas: B4, B5, B6, B7, B8A, B11 e B12. A correção atmosférica do Sen2Cor exige a reamostragem das imagens de saída para uma única resolução, quer seja, 10m, 20m ou 60m; sendo que na presente pesquisa selecionou-se a resolução de saída de 20m.

- Níveis de degradação de pastagens:

Os níveis de degradação de pastagens N1, N2, N3 e N4 são definidos em função das características das pastagens descritas por (DIAS-FILHO, 2015):

ED	Parâmetro limitante	QCS (%)	Nível
1	Vigor e solo descoberto	Até 20	Leve
2	Estádio 1 agravado + plantas invasoras	21 - 50	Moderado
3	Estádio 2 agravado ou morte das forrageiras (degradação agrícola)	51 - 80	Forte
4	Solo descoberto + erosão (degradação biológica)	> 80	Muito forte

Tabela 1 – estádios de degradação (ED) de pastagens segundo parâmetros limitantes, indicadores de queda na capacidade de suporte (QCS), e nível de degradação (Nível).

Fonte : (DIAS-FILHO, 2015)

- Cálculo do NDVI;

O NDVI é um índice de vegetação relevante que permite representar a sazonalidade, fenologia, período de crescimento, pico de verde, mudanças fisiológicas das folhas e períodos de senescência da vegetação (PONZONI *et al.*, 2012). O NDVI se expressa pela seguinte fórmula matemática:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad ; \quad NDVI = \frac{B8A - B4}{B8A + B4}$$

onde a banda B8A corresponde à imagem na região do infravermelho-próximo e a banda B4 corresponde à imagem na região do vermelho do Sentinel-2. O NDVI é sensível em ecossistemas com baixa biomassa (como as pastagens), porém é

bastante afetado pelo solo (JENSEN, 2011). Por isso, achou-se útil calcular também o SAVI.

- Cálculo do SAVI;

O SAVI se expressa matematicamente pela seguinte fórmula:

$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{nir}-\rho_{red})}{\rho_{nir}+\rho_{red}+L} ; SAVI = \frac{(1+1)(B8A-B4)}{B8A+B4+1}$$

onde L é uma constante com a finalidade de minimizar o efeito do solo, os valores variam de 0 a 1, sendo 1 para baixas densidades de vegetação, 0.5 para médias densidades e 0.25 altas densidades. Na presente pesquisa selecionou-se L=1, pois pastagens possuem baixas densidades de vegetação (PONZONI *et al.*, 2012; JENSEN, 2011).

- Análise de Mistura Espectral (AME).

A mistura espectral resulta devido a heterogeneidade dos alvos no terreno, sendo que a resposta dos pixel é uma média da resposta espectral dos alvos que estes cobrem no terreno. Análise de Mistura Espectral (AME) tem a finalidade de estimar a proporção dos componentes (pixels puros) da mistura espectral, para cada pixel das bandas selecionadas do sensor em questão, resultando assim, nas imagens-fração com o mesmo nome dos pixels puros. A AME requer a satisfação de duas condições básicas:

$$\sum_{i=1}^N F_i = F_1 + F_2 + \dots + F_N = 1 \quad (\text{EQ. 2.1})$$

$$DN_{\lambda} = F_1 DN_{\lambda,1} + F_2 DN_{\lambda,2} + \dots + F_N DN_{\lambda,N} + E_{\lambda} \quad (\text{EQ. 2.2})$$

onde DN_{λ} é o número digital de um determinado pixel na banda ; F_i são as proporções dos componentes puros no respectivo pixel; $DN_{\lambda,i}$ são os componentes puros do respectivo pixel; e E_{λ} é o termo de erro (PONZONI *et al.*, 2012).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas 11 imagens Sentinel-2 corrigidas atmosféricamente pelo *plugin* Sen2Cor da ESA, foi possível elaborar o perfil temporal da Figura 3, a partir do qual observou-se o comportamento espectral e temporal dos diferentes níveis de degradação de pastagens (N1, N2, N3 e N4). A partir desse perfil temporal foi possível observar em que período havia uma melhor separabilidade dos diferentes

níveis de degradação de pastagens. Desse modo, observou-se que a imagem de 18 de fevereiro de 2017 apresentava uma melhor separabilidade dos diferentes níveis de degradação de pastagens. Assim, realizou-se o processamento da imagem de 18 de fevereiro de 2017 e da imagem de 06 setembro de 2017, essa última a mais próxima da data de coleta dos dados de campo, isto é, de 28 a 31 de agosto.

As fases posteriores de processamento dos dados consistiram no cálculo do NDVI, do SAVI e da Análise de Mistura Espectral (AME). A partir do cálculo do NDVI foi possível gerar um outro perfil temporal (Figura 4), permitindo uma observação de uma outra perspectiva dos níveis de degradação de pastagens, porém a separabilidade não foi muito eficiente. Uma vez que as pastagens são ecossistemas de baixa densidade de vegetação, achou-se oportuno calcular o SAVI, uma vez que esse índice de vegetação reduz a influência do solo nos valores das pastagens, porém o perfil temporal do SAVI foi muito similar ao perfil temporal do NDVI, não sendo ambos eficientes na separabilidade dos níveis de degradação de pastagens.

Posteriormente, com base nas imagens Sentinel-2 de fevereiro e de setembro, realizou-se a AME (de cada uma delas separadamente) que teve como componentes puros 3 pixel de pastagens degradadas no nível N1, 3 pixel no nível N4, 3 pixel de solo exposto e 3 pixel de água/sombra, com a finalidade de realizarem uma boa separabilidade dos diferentes alvos terrestres de interesse para a presente pesquisa. Desse modo, obtiveram-se as imagem-fração N1, N4, solo exposto e água/sombra. Assim, a imagem-fração N4 foi importada num SIG, onde se realizaram operações de análises espaciais com a ferramenta *Raster Calculator*, de modo a se localizar as regiões que apresentam maiores índices de degradação de pastagens no nível N4, vide Figura 5. Observou-se uma grande similaridade relativamente aos padrões das regiões degradadas nas imagens de fevereiro e de setembro.

A presente pesquisa ainda se encontra em andamento e os resultados ainda são preliminares, precisando estes últimos serem validados em campo para a apuração do grau de confiança dos mesmos. A validação ocorrerá no período úmido de outubro de 2018 e no período seco de julho de 2019, na área de estudo localizada no município de Valença, Vale do Paraíba, onde há ocorrência de degradações de pastagens nos diferentes níveis. Contudo, os estudos continuam, pois é necessário encontrar-se uma metodologia mais refinada que permita separar as pastagens nos níveis de degradação N1, N2, N3 e N4, algo que ainda não foi alcançado até o momento.

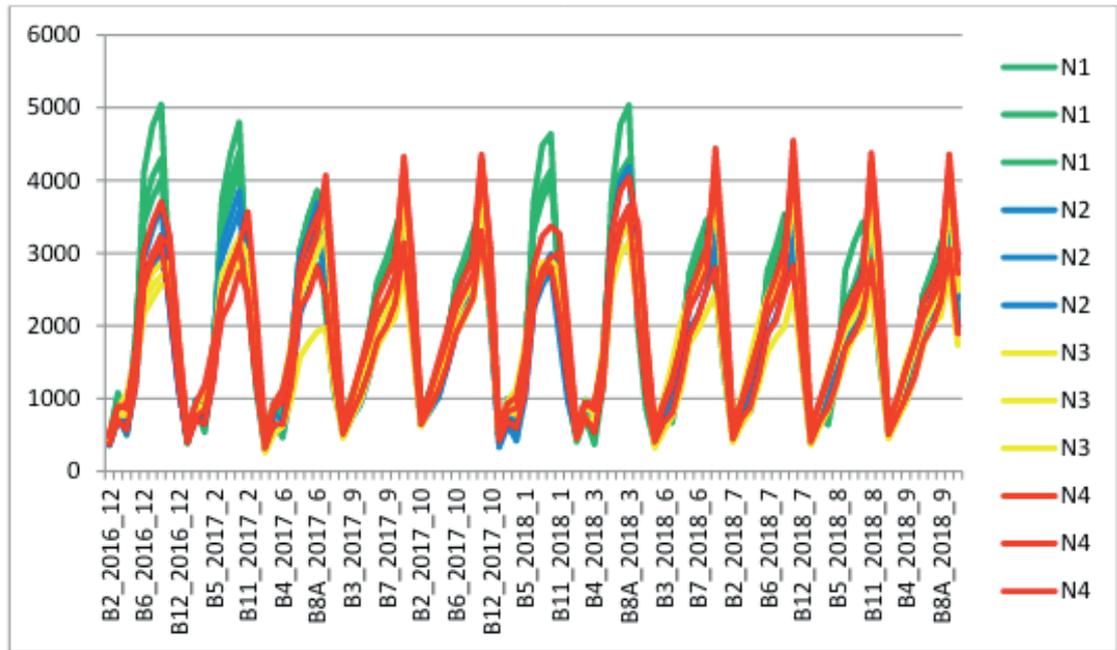


Figura 3: Perfil temporal das imagens Sentinel-2 corrigidas atmosféricamente pelo Sen2Cor no período de 2016/12 a 2018/09.

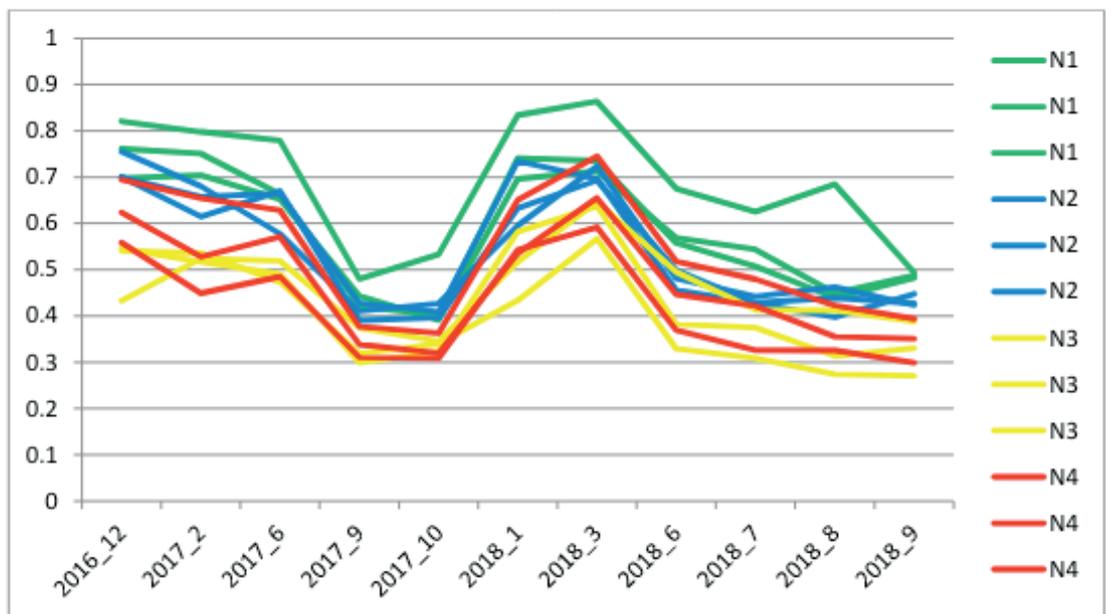


Figura 4: Perfil temporal do NDVI.

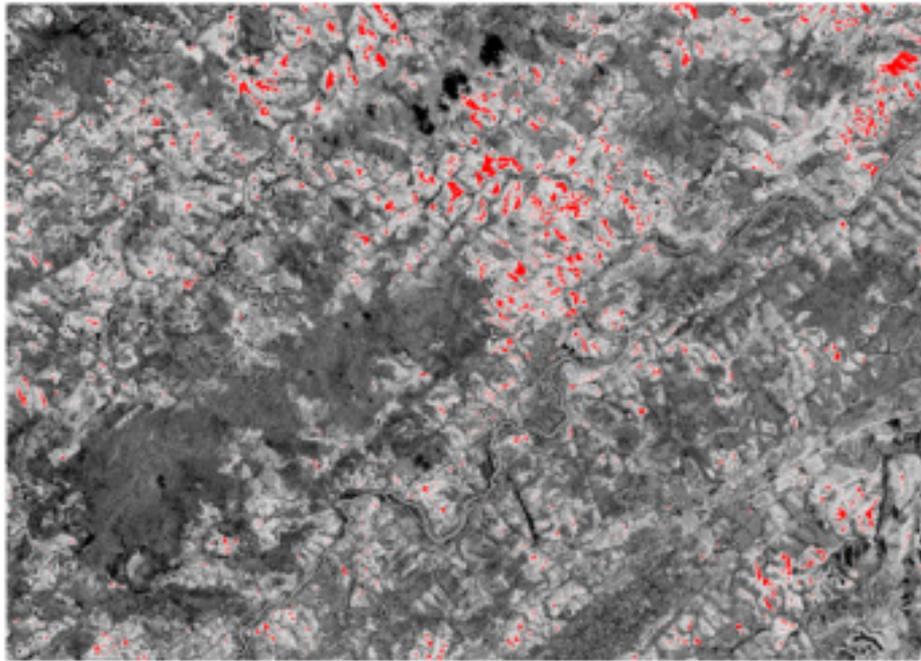


Figura 5. Imagem-fração N4 com as possíveis áreas de degradação de pastagens. As pastagens degradadas estão representadas em vermelho. Imagem original obtida no dia 06/09/2017.

4 | CONCLUSÕES

No presente estudo, a metodologia proposta permitiu alcançar até o momento resultados promissores para a separabilidade dos diferentes níveis de degradação de pastagens N1, N2, N3 e N4, respectivamente leve, moderado, forte e muito forte, por meio da Análise de Mistura Espectral, com posterior validação em campo.

O NDVI e o SAVI (índices de vegetação) apresentaram perfis temporais muito similares entre si e, por si só, não apresentaram resultados eficientes na separabilidade dos níveis de degradação de pastagens, podendo estes, na continuidade dos estudos, serem cruzados com outros índices para a melhoria dos resultados. Estudos mais elaborados da percepção do fenômeno através da Análise de Mistura Espectral (AME) estão sendo realizados para uma melhor separabilidade da degradação das pastagens. As bandas da região do *red edge* B5, B6 e B7 do Sentinel-2, nas quais a vegetação verde apresenta um forte declive ascendente no seu comportamento espectral, estão sendo exploradas para a melhoria da separabilidade dos níveis de degradação de pastagens, assim como as bandas B11 e B12 que apresentam uma resposta espectral forte da vegetação seca.

O presente estudo ainda se encontra em fase de desenvolvimento, porém os resultados se mostram bastante promissores, principalmente pelos resultados alcançados pela Análise de Mistura Espectral.

Apesar de até o momento os resultados com os índices de vegetação não serem muito satisfatórios, pretende-se cruzá-los com outros índices biofísicos, de modo a permitirem a observação do problema a partir de outras perspectivas, podendo estes

virem a ser potencialmente interessantes, conforme apontam determinados estudos publicados em artigos científicos de revistas especializadas em Sensoriamento Remoto.

Além disso, sensores hiperespectrais como o EO-1 Hyperion (NASA) e o CHRIS-PROBA (ESA) possuem bancos de imagens que têm permitido o cálculo de índices hiperespectrais tais como o CAI (Índice de Absorção da Celulose) que cruzado com o NDVI permite a separabilidade da vegetação seca, vegetação verde e solo exposto, sendo que a vegetação seca é um forte indicador de pastagens degradadas.

Por fim, outras gerações vindouras de sensores hiperespectrais estão sendo desenvolvidas por agências espaciais, já tendo sido anunciadas pelas mesmas, de que num futuro próximo esses sensores estarão em órbita fornecendo imagens hiperespectrais. Esse feito permitirá a quebra de paradigma das barreiras limitantes da atualidade em Sensoriamento Remoto, abrindo novas janelas de possibilidades, impulsionando o desenvolvimento de novas técnicas de processamento digital de imagens, proporcionando uma maior diversidade de soluções em Sensoriamento Remoto.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de reconhecer o apoio financeiro do Programa Capes/Cofecub para o Projeto GeoABC (Nº845/15). Os autores também gostariam de reconhecer o apoio financeiro do Projeto BID Rural Sustentável. O autor principal gostaria de agradecer o Governo de Angola por intermédio do Ministério do Ensino Superior e do Consulado de Angola no Rio de Janeiro pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de Pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. Ed. Pará: Ed. do Autor, 2015.

ESA. European Spacial Agency. **Sen2Cor**. Disponível em: <<http://step.esa.int/main/third-party-plugins-2/sen2cor/>> acesso em 11 out. 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food and agriculture: Livestock in the balance**. Roma, 2009.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. Ed. São Paulo: Parêntese, 2011, 598 p.

MACEDO, M.C.M., KICHER, A.N., ZIMMER, A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens (Comunicado técnico)**. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 2000.

PONZONI, F. J., SHIMABUKURO, Y. E., KUPLISH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2.

ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012. 160 p.

UN. UNITED NATIONS. **World population prospects: The 2008 revision**. New York, 2009.

Leonardo Tullio
(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 3

Atena Editora
2019