

AVALIAÇÃO DE DEGRADAÇÃO E FITOSSANIDADE DE PASTAGENS USANDO SÉRIES TEMPORAIS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Marcos Cicarini Hott

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa – Juiz de Fora-MG

Ricardo Guimarães Andrade

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa – Juiz de Fora-MG

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Embrapa Brasileira de Pesquisa Agropecuária –
Embrapa – Juiz de Fora-MG

RESUMO: O objetivo do presente trabalho foi avaliar a degradação e aspectos de fitossanidade de pastagens em grandes regiões no Estado de Minas Gerais, usando séries temporais de imagens de satélites e método do índice de crescimento. A partir de imagens do sensor MODIS realizou-se estimativas do crescimento das pastagens pelo NDVI como indicador de aspectos de degradação, usando como base, levantamento de amostras de campo. Os resultados apontaram uma acurácia de 90% no mapeamento e índices de crescimento (IC), para a estação de crescimento, que denotaram degradação em 60% da área de estudo. A topografia apresenta alta declividade e vegetação de pastagens pouco manejadas, com a presença de superpastejo, plantas e insetos invasores, o que, provavelmente favoreceu a condição retratada nas séries de imagens de satélite.

PALAVRAS-CHAVE: Pastagens; series temporais; NDVI; degradação; imagens de satélite

EVALUATION OF DEGRADATION AND PLANT PROTECTION IN GRASSLANDS USING TIME SERIES OF SATELLITE IMAGES

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the degradation and health aspects of grasslands in large regions in the State of Minas Gerais, using time series of satellite images and growth index method. From MODIS sensor images, estimates of pasture growth through NDVI it were used as indicator of degradation aspects, based on the samples obtained of field campaign. The results indicated an accuracy of 90% in the mapping and growth indexes (IC) for the growing season, which denoted degradation in 60% of the study area. The relief presents high slope and grassland vegetation poorly managed, with the presence of overgrazing, weedy plants and insect pests, which probably favored the condition showed in the series of satellite images.

KEYWORDS: Grasslands; time series; NDVI; degradation; satellite images.

1 | INTRODUÇÃO

As pastagens cobrem uma extensa área de cultivo no Estado de Minas Gerais, destinadas, principalmente, à bovinocultura de leite. A produção leiteira no Estado é bastante heterogênea, correspondendo a, aproximadamente, 8,9 bilhões de litros de leite (26,5%) dos 33,49 bilhões de litros da produção nacional em 2017 (IBGE, 2019), cuja representatividade em levantamentos de campo acerca da produção e condições das forragens perpassa por observar áreas dedicadas ao leite (Figura 1).

Com objetivo de retratar a condição das pastagens em relação a aspectos inerentes ao crescimento ou perda de potencial produtivo no decorrer das duas últimas décadas, utilizou-se o espaço amostral da mesorregião mineira da Zona da Mata, em virtude de sua condição geográfica, climática e topográfica, além de sua tradição na atividade. Essa região detém atualmente 8% da produção mineira de leite, apresentando extensão, qualificação física e ambiental que a torna apta a estudos de investigação de aspectos de degradação da vegetação (NASCIMENTO et al., 2006).

Em razão das dimensões territoriais relativas às áreas em cultivo, o uso de técnicas envolvendo sensoriamento remoto orbital com séries de imagens de satélites se apresenta como ferramenta de suma importância para contornar os custos de levantamentos de campo, ralis de safras ou grandes campanhas de amostragens. Dessa forma, modificações na cobertura ou condições das pastagens, originárias de diversos fatores, podem ser avaliadas quali-quantitativamente por indicadores de resposta ao espectro eletromagnético produzido pela superfície terrestre, índices de vegetação ou composições de imagens de satélites (REEVES; BAGGET, 2014), cuja reflectância representada é uma propriedade física da reflexão da luz ou radiação eletromagnética dos objetos ou alvos.

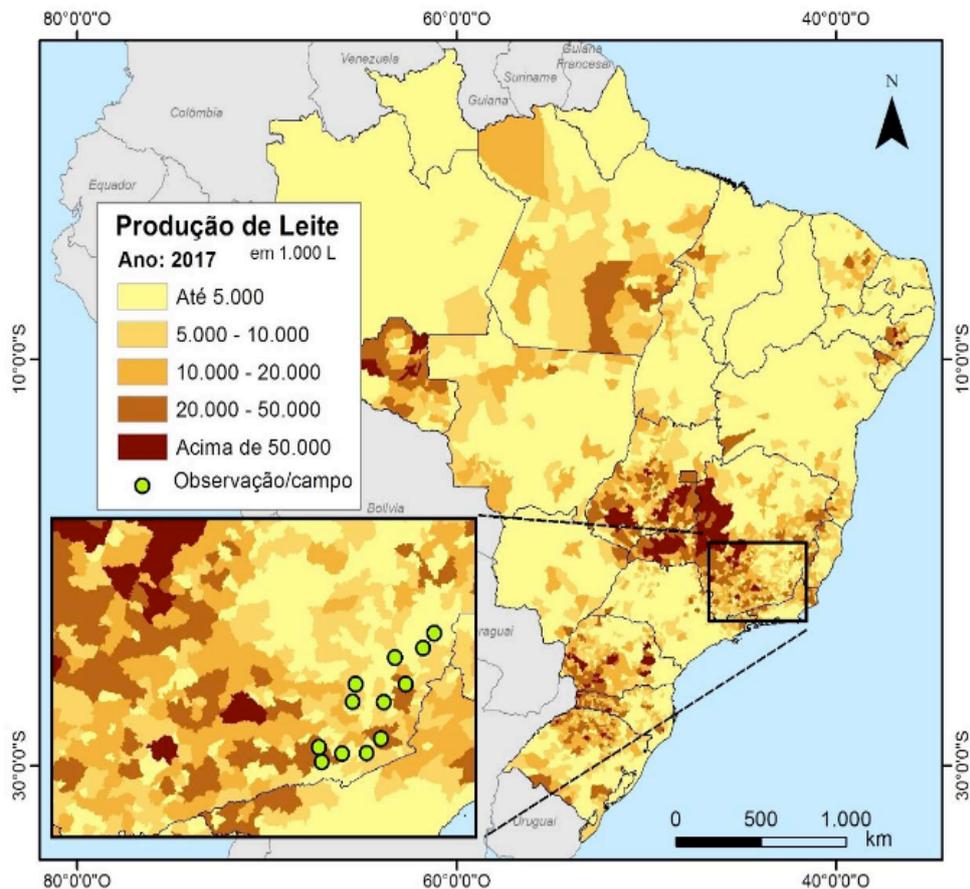


Figura 1 – Distribuição da produção leiteira e das áreas de observação.

Inúmeros cientistas da área de sensoriamento remoto têm estudado a relação entre dados de campo sobre a vegetação e sua relação com a reflectância obtida a partir de vários sensores de satélites (SANO et al, 2002; LIU, 2006; PONZONI; SHIMABUKURO, 2010). Maior reflectância da vegetação no infravermelho próximo, onde o comprimento de onda é particularmente próximo ao vermelho, pode indicar condições mais saudáveis das plantas. A partir disto, constroem-se índices, tal como o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) o qual denota o vigor de uma vegetação, principalmente de características herbácea e herbáceo-arbustiva, como é o caso de pastagens, computando a diferença entre o infravermelho e o vermelho.

Aspectos fitossanitários, relacionados a doenças ou pragas, as quais muitas vezes infestam o cultivo de forrageiras destinadas à bovinocultura de leite ou carne, introduzem perdas significativas ao setor agropecuário anualmente. O conhecimento sobre a sanidade das pastagens é um fator de importância crucial no planejamento de ações de manejo e em políticas públicas de investimento e proteção a serem adotadas de modo a antever-se o fenômeno da degradação.

As séries de imagens de satélites publicadas periodicamente, denominadas séries temporais, são dotadas de grande volume de dados, permitem a análise das condições edafoclimáticas e do vigor vegetativo, além de possibilitar um contínuo monitoramento das áreas ou alvos de interesse. A partir de uma metodologia adequadamente equalizada e testada, tornam-se possíveis a elaboração de cenários

para as pastagens monitoradas. Dessa forma, apesar do presente estudo ter como foco a mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a metodologia a ser desenvolvida poderá ser aplicada em outras regiões geográficas do país, sem prejuízo em qualidade de resultados.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os produtos do sensor MODIS (*Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer*) (Figura 2), o qual está a bordo do satélite Terra, cobrem uma extensa coleção de imagens, desde fevereiro de 2000. Assim, é possível a realização de estudos espaço-temporais e monitoramento para avaliação da vegetação, usando estimativas sustentáveis, pois as imagens são disponibilizadas de forma gratuita.

Os índices a serem utilizados nesta análise é o NDVI, cujo produto é disponibilizado pelo MOD13Q1, em uma série periódica que sintetiza o índice de vegetação no intervalo de 16 dias. Este produto possibilita o monitoramento com base na anomalia do crescimento no período da estação do ano que representa o incremento em biomassa, vista por correlação com o índice de vegetação, entre setembro e dezembro do ano de estudo, frente os resultados deste mesmo período em anos anteriores.

Os índices são calculados a partir das bandas dos satélites no espectro do vermelho (ρ_{red}) e infravermelho próximo (ρ_{nir}), os quais tem respectivamente um nível baixo e alto na descrição da vegetação, bem como de fatores específicos, fornecendo como resultado, um índice que demonstra o grau de atividade fotossintética no tempo e no espaço (JENSEN, 2009):

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

O método do índice de crescimento (IC) já empregado por Xu et al. (2013) e Hott et al. (2016), é sintetizado nesse trabalho, o qual é objeto de aplicação em metodologia espaço-temporal, podendo envolver várias métricas em sensoriamento remoto e fenologia de pastagens. Nessa abordagem foi utilizada a seguinte equação para o IC:

$$IC = \frac{NDVI_m - NDVI_n}{NDVI_m + NDVI_n} \quad (2)$$

Em que, IC é o índice de crescimento das pastagens, $NDVI_m$ é o índice no período de interesse e $NDVI_n$ é a média no período equivalente ao atual, mas em anos anteriores.

Entre a primeira quinzena de setembro e a última de dezembro tem-se as

métricas do início da estação (em inglês *start-of-season* - SOS) e do máximo da estação (em inglês, *peak-of-season* - POS), a partir das quais pode-se inferir sobre a capacidade de recuperação da vegetação. Para a caracterização dos perfis temporais de NDVI em períodos de dezesseis dias, amostras foram obtidas a partir de áreas reconhecidamente cobertas por pastagens nas últimas duas décadas. Dessa forma, análise de correlação foi aplicada para consisti-las e, posteriormente, centenas de amostras de campo foram analisadas quanto à classe pastagem e em relação às condições de vigor e fitossanidade apresentadas nos períodos seco e chuvoso. Para fins tabulares, os dados foram normalizados para base cem, com intuito de fornecer uma melhor compreensão da matriz de confusão.

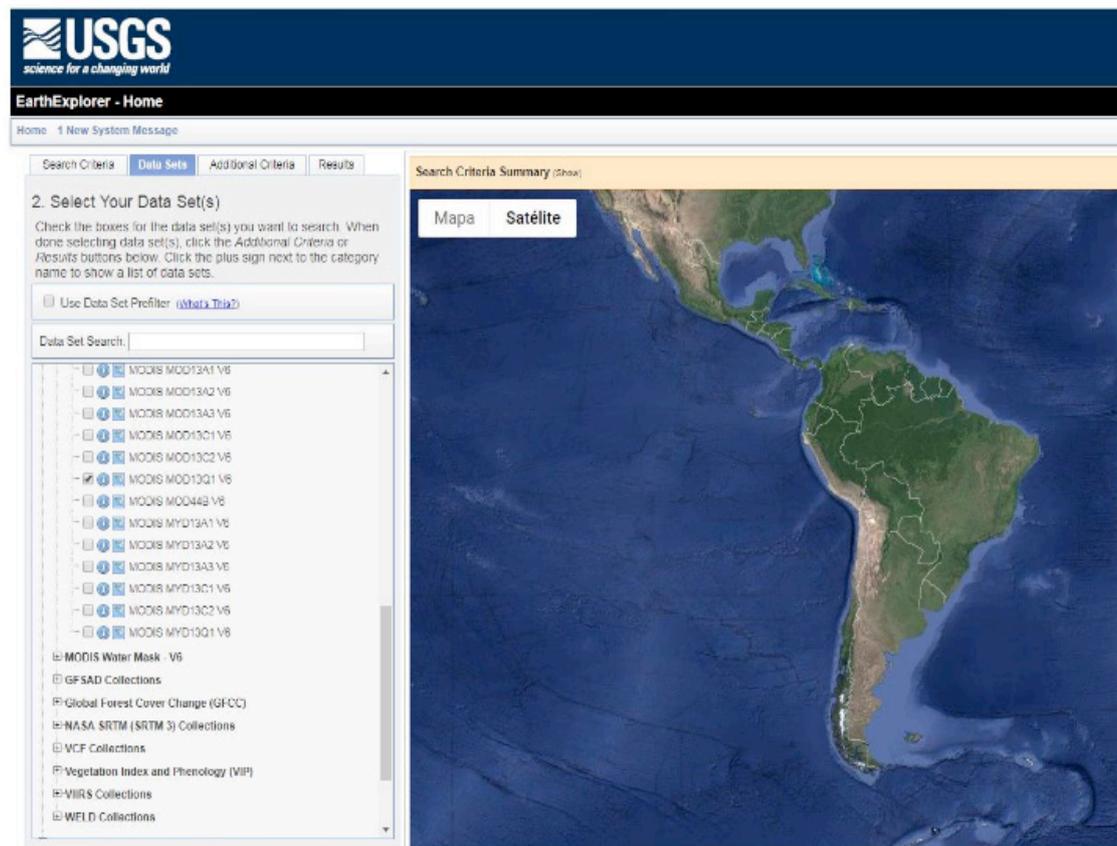


Figura 2 – Interface de pesquisa das imagens MODIS. Fonte: USGS (2019).

A partir da série de imagens MODIS, as estimativas foram realizadas célula a célula no decorrer do tempo (Figura 3), resultando no IC respectivo, o qual representa a anomalia, classificada de acordo com os valores distribuídos entre crescimento muito baixo, baixo, estável, alto e muito alto. Para tanto, foram empregados métodos de detecção de *outliers* para eliminação de dados espúrios e suavizar-se os perfis temporais, e após a estimativa do IC, apoiado por dados de campo, utilizou-se limiares tomados e testados pela tabela qui-quadrado (χ^2), resultando em classes ou intervalos com diferenças significativas a um nível de 95%.

A região de estudo abarca uma área de 1,2 milhões de hectares de pastagens, concentrando-se na mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a

qual detém 36 mil km² de área total. Os resultados obtidos nessa região podem ser extrapolados, como metodologia, para outras regiões de Minas Gerais ou do País, pois o clima, solos e topografia dessa mesorregião são representativos para adoção de procedimentos em sensoriamento remoto a outros ambientes e sistemas produtivos, notadamente, a pecuária de leite.

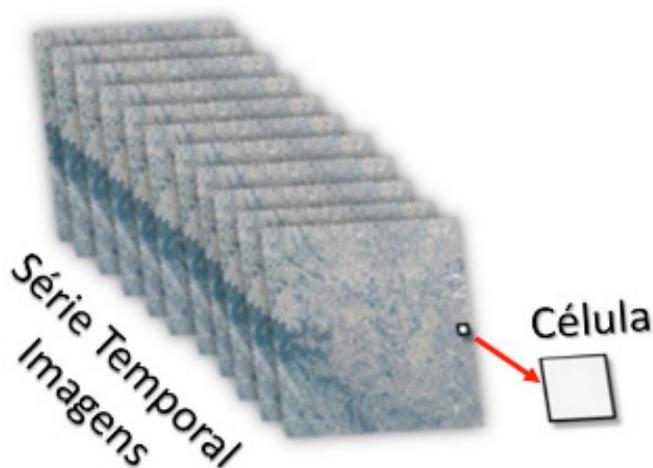


Figura 3 – Esquema que ilustra a forma de análise e estimativa para cada célula correspondente à série de mais de 300 imagens MODIS.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as observações em campo com vários pontos coletados por meio de GPS juntamente com anotações acerca das condições vegetativas, solos e classes de degradação, adotou-se procedimento de correlacionar esses resultados com a distribuição dos valores de IC obtidos, também para áreas amostrais. Para tanto, uma máscara ou mapa de pastagens foi obtida por classificação digital, tendo como referência os intervalos de índices de vegetação e imagem-interpretação. Os resultados desta classificação foram estabelecidos em base cem, onde os números são frações arredondadas do total e que podem ser visualizados na Tabela 1.

Extenso trabalho de associação entre as condições de campo, datas das coletas, imagens de alta resolução e dados censitários foram computados para auxiliar nas atividades futuras de monitoramento e verificação de tendências no crescimento vegetativo e surgimento ou avanço de estágios de degradação. Questões referentes ao manejo adotado também foram importantes para depreender-se sobre a dinâmica das terras. Todos os dados foram considerados e analisados com relação às alterações edafoclimáticas, tendo em vista que foram realizadas observações nas estações seca e chuvosa. Ainda, de acordo com a matriz de confusão, obteve-se um índice Kappa de 0,91, aproximadamente 90% de acertos, ou seja, com uma excelente acurácia para o mapa de pastagem, base para os resultados a serem apresentados.

Houve excelente separação na classificação entre as classes pastagem e

outras áreas. Entretanto, alguns erros de omissão e comissão foram observados nas áreas classificadas como pastos, haja vista que as áreas de pastagens podem apresentar confusão espectral com outros cultivos e usos das terras.

Referência de Campo			
Classes	Pastagens	Outros	Total
Pastagens	25	0	25
Outros	9	66	75
Total	34	66	100
Índice Kappa	0,91		

Tabela 1. Matriz de confusão e dados sobre a classificação das áreas de pastagens.

Uma tarefa importante foi relacionada à análise de células ou pixels puros, ou seja, avaliou-se o grau de confiabilidade de uma determinada célula se manter como pastagem ao longo de todo o período da série de dados (> 300 imagens). Esse perfil temporal puro apoiou a filtragem necessária para eliminação de ruídos, efeitos atmosféricos, mínimos locais ou pontos de máximos espúrios, além da reclassificação dos IC's para obtenção do resultado final quanto à condição das pastagens, verdor, crescimento ou degradação. Essa análise hiper-temporal foi de suma importância, em decorrência do clima, pousio e outras práticas de manejo, as quais favorecem uma rápida regeneração arbóreo-arbustiva e que promovem uma confusão maior para classificação de imagens de satélite (WONDRAGE et al., 2014).

Com base na metodologia adotada, 14% das áreas de pastagens foram classificadas como áreas de muito baixo crescimento e 46% como áreas de baixo crescimento vegetativo. Dessa forma, a partir, da classificação espaço-temporal para a região de estudo, aproximadamente, 60% apresentaram aspectos de degradação, considerando as classes de baixo e de muito baixo crescimento pelo IC (Tabela 2). Destaca-se que, de acordo com alguns estudos no Brasil, estima-se que entre 50% e 70% das pastagens estejam degradadas ou em processo de degradação (NASCIMENTO et al., 2006; CHAGAS et al., 2009; DIAS-FILHO et al., 2014).

O IC se torna um indicador de aspectos de degradação da vegetação, haja vista que outras medidas são necessárias para denotarem a perda de produtividade vegetal, retração ou ganho em vigor por meio de imagens de satélite e procedimentos em sensoriamento remoto. Também, para a região estudada, 36% da área apresentou crescimento estável, 3,5% na classe de alto crescimento e 0,5% com IC muito alto.

Área de Pastagens		
Índice de Crescimento	Área (ha)	Área (%)
Muito baixo	177.322	14.61
Baixo	557.698	45.96

Estável	433.475	35.72
Alto	39.980	3.29
Muito Alto	5.032	0.42
Total	1.213.507	100

Tabela 2 - IC para a região de estudo

Fonte: Hott et al. (2016).

Na Figura 4 observam-se resultados de IC obtido pela metodologia, onde o verde escuro indica pastagem em boas condições, ou classe de IC “muito alto”, e o vermelho escuro denota pastagens muito degradadas, ou classe de IC “muito baixo”. Em gradientes intermediários (cor amarela) estão classificadas as pastagens em condições estáveis do índice de crescimento na mesorregião da Zona da Mata de Minas Gerais.

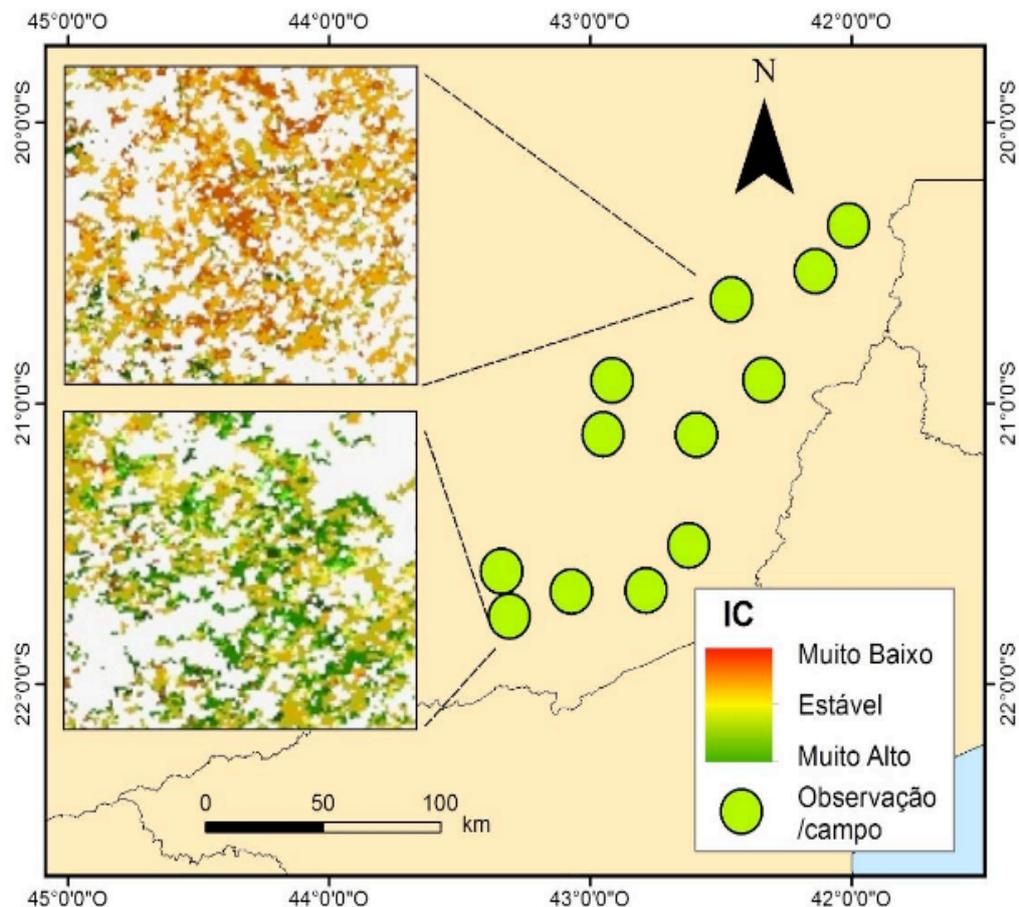


Figura 4 – Classificação pelo IC na mesorregião da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.

A mesorregião utilizada delimitação da área de pastagem a ser estudada apresenta fatores físico-ambientais típicos de uma grande variedade de microclimas, relevo, solos e de práticas adotadas no manejo de pastagens. Dessa forma, os resultados obtidos para áreas observadas em campanha de campo e equivalentes nas séries temporais de imagens podem ser comparáveis às diversas regiões de pastagens no Estado de Minas Gerais. Os componentes que atribuem complexidade

ao longo do tempo, tais como uso do fogo, pousio, super pastejo, ocorrência de plantas invasoras, térmitas e fraco trato cultural podem estar presentes em vários sistemas de produção no Estado de Minas Gerais. Assim, os métodos empregados para a composição metodológica se adequam a, praticamente, todo o espaço geográfico estadual, assim como em outros Estados ou regiões geográficas do Brasil.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram produzidos mapas quinzenais referente ao período de setembro a outubro, com IC's respectivos, onde cada resultado representa uma fenologia específica ou um estágio vegetativo típico. Tais planos de informação trazem muito acerca do comportamento da pastagem no decorrer do tempo. Entretanto, foi gerado um plano de informação que denota a média para o período, com o intuito de fornecer introspecção necessária ao entendimento do processo de crescimento da vegetação de pastagens e revelarem informações sobre a qualificação das pastagens. Outras medidas são essenciais para nivelar-se o conhecimento, ao nível da fenologia por sensoriamento remoto. Contudo, o IC já introduz uma boa aproximação do que ocorre na vegetação de pastagens, independente do comportamento de cada perfil temporal em específico, o que poderia ser obtido com medidas de estatísticas descritivas.

REFERÊNCIAS

- CHAGAS, C.S.; VIEIRA, C.A. O.; FILHO FERNANDES, E.I.; JÚNIOR, W.C. Utilização de redes neurais artificiais na classificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 319-327, 2009.
- DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos, 402).
- HOTT, M. C.; CARVALHO, L. M. T.; ANTUNES, M. A. H.; SANTOS, P. A.; ARANTES, T. B.; RESENDE, J. C.; ROCHA, W. S. D. Vegetative growth of grasslands based on hyper-temporal NDVI data from the Modis sensor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 858-868, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 mai. 2019.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução (INPE): Epiphany, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Santos, A.R.; Rudorff, B.F.T; Almeida, C.M.; Galvão, L.S. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.
- NASCIMENTO, M.C.; RIVA, R.D.D.; CHAGAS, C.S.; OLIVEIRA, H.; DIAS, L.E.; FERNANDES FILHO, E.I.; SOARES, V.P. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.196-202, 2006.
- LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006. 908 p.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 127 p.
- SANO, E. E. et al. **Metodologias para mapeamento de pastagens degradadas no Cerrado**.

Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 22 p. (Boletim de Pesquisa, 70).

REEVES, M. C.; BAGGETT, L. S. A remote sensing protocol for identifying rangelands with degraded productive capacity. **Ecological Indicators**, London, v. 43, p. 172-182, Aug. 2014.

USGS - Land Processes Distributed Active Archive Center. **MODIS data pool holdings**. 2019. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

XU, B. et al. MODIS-based remote-sensing monitoring of the spatiotemporal patterns of China's grassland vegetation growth. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 34, n. 11, p. 3867-3878, 2013.