



Contemporânea

Contemporary Journal
3(12): 26326-26342, 2023
ISSN: 2447-0961

Artigo

DISPONIBILIZAÇÃO DE MAPEAMENTOS DAS CONDIÇÕES DAS PASTAGENS POR MEIO DE PLATAFORMA DE DADOS GEOGRÁFICOS

AVAILABILITY OF PASTURE CONDITION MAPPING THROUGH GEOGRAPHIC DATA PLATFORM

DOI: 10.56083/RCV3N12-083

Recebimento do original: 03/11/2023

Aceitação para publicação: 07/12/2023

Marcos Cicarini Hott

Doutor em Engenharia Florestal

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: marcos.hott@embrapa.br

Ricardo Guimarães Andrade

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: ricardo.andrade@embrapa.br

Duarte Vilela

Doutor em Zootecnia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: duarte.vilela@embrapa.br

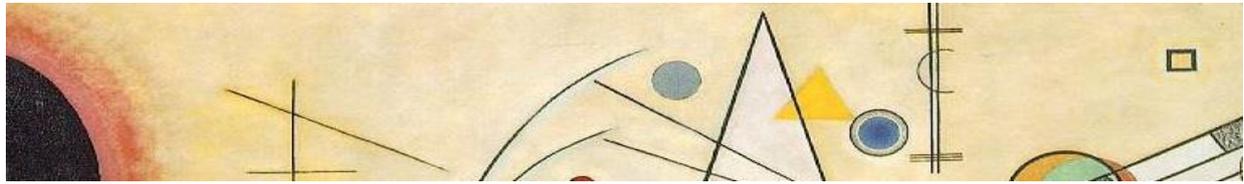
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Mestre em Ciência da Computação

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: walter.magalhaes@embrapa.br



Domingos Sávio Campos Paciullo

Doutor em Zootecnia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: domingos.paciullo@embrapa.br

Carlos Augusto de Miranda Gomide

Doutor em Zootecnia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: carlos.gomide@embrapa.br

Wadson Sebastião Duarte da Rocha

Doutor em Agronomia

Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: wadson.rocha@embrapa.br

Pérsio Sandir D'Oliveira

Doutor em Agronomia

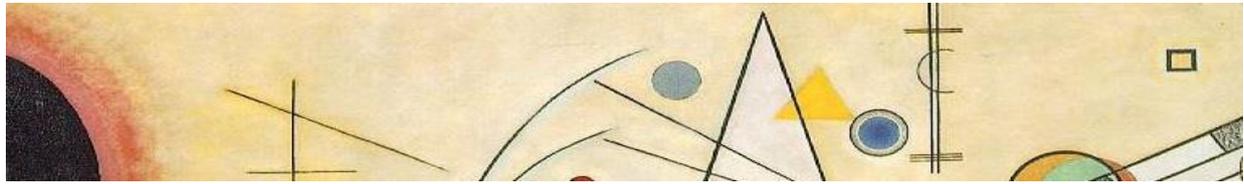
Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Endereço: Av. Eugênio do Nascimento, 610, Dom Bosco, Juiz de Fora – MG, CEP: 36038-330

E-mail: persio.oliveira@embrapa.br

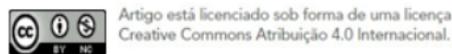
RESUMO: O mapeamento e monitoramento das condições das pastagens brasileiras é muito importante, atualmente, em razão da necessidade de aumentar a produção de forragens sem abrir novas fronteiras agrícolas. As imagens em sensoriamento remoto podem auxiliar sobremaneira no mapeamento e monitoramento da vegetação. A partir de bancos de dados geográficos e de soluções em WebGIS implementadas, os resultados puderam ser disponibilizados em página da parte da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) hospedada na Embrapa, denominada GeoInfo. O objetivo deste trabalho foi disponibilizar, em plataforma de publicação de dados geográficos, os resultados de metodologia fundamentada em métricas de sensoriamento remoto para o mapeamento qualitativo de pastagens em larga escala com foco nas principais bacias leiteiras do País. Aprimoramento dos resultados estão em fase de execução, tendo em vista exigir verificação contínua de consistência. Parte dos resultados obtidos por meio da metodologia com série de dados NDVI/MODIS (MOD13Q1) foram consistentemente divulgados na plataforma GeoInfo, assim como em versão do WebGIS SIG Leite, o que permitirá, por parte dos usuários da plataforma, consultas e análises dos dados de mapeamento das pastagens das principais bacias leiteiras do País.

PALAVRAS-CHAVE: Degradação, MODIS, NDVI, Pastagem, Sensoriamento Remoto.



ABSTRACT: Mapping and monitoring the conditions of Brazilian pastures is currently very important due to the need to increase forage production without opening new agricultural frontiers. Remote sensing images can greatly assist in mapping and monitoring vegetation. Based on the geographic databases and WebGIS solutions implemented, the results could be made available on a page on part of the National Spatial Data Infrastructure (INDE) hosted at Embrapa, called GeoInfo. The objective of this work was to make available, on a geographic data publishing platform, the results of a methodology based on remote sensing metrics for the qualitative mapping of large-scale pastures with a focus on the main dairy basins in the country. Improvement of the results is in the process of being execution, with a view to requiring continuous consistency verification. Part of the results obtained through the methodology with the NDVI/MODIS data series (MOD13Q1) were consistently published on the GeoInfo platform, as well as in the WebGIS SIG Leite version, which will allow platform users to consult and analyze the data mapping pastures in the country's main dairy basins.

KEYWORDS: Degradation, MODIS, NDVI, Pasture, Remote Sensing.



1. Introdução

As pastagens no Brasil se distribuem por uma extensa área, cuja finalidade em grande parte é voltada a bovinocultura de leite, a qual coloca em destaque o Estado de Minas Gerais. Em razão da extensa área de pastagens encontrada ao longo do território brasileiro, o uso de imagens de sensoriamento remoto para análise dessas áreas permite um levantamento menos oneroso e mais ágil. Apesar das estimativas realizadas por diversas instituições e pesquisadores, o Brasil possuía uma área de 160 milhões de hectares de pastagens em 2006, e em 2017 detém 158 milhões de hectares, com base em dados preliminares do IBGE, sendo 92 milhões de hectares de pastagens plantadas (expansão de 9,1%) e 58 milhões de



hectares de pastagens naturais (retração de 18,7%), sendo que as pastagens degradadas aumentaram de 9,9 milhões para 11,8 milhões de hectares (expansão de 19,3%), aproximadamente (IBGE, 2017).

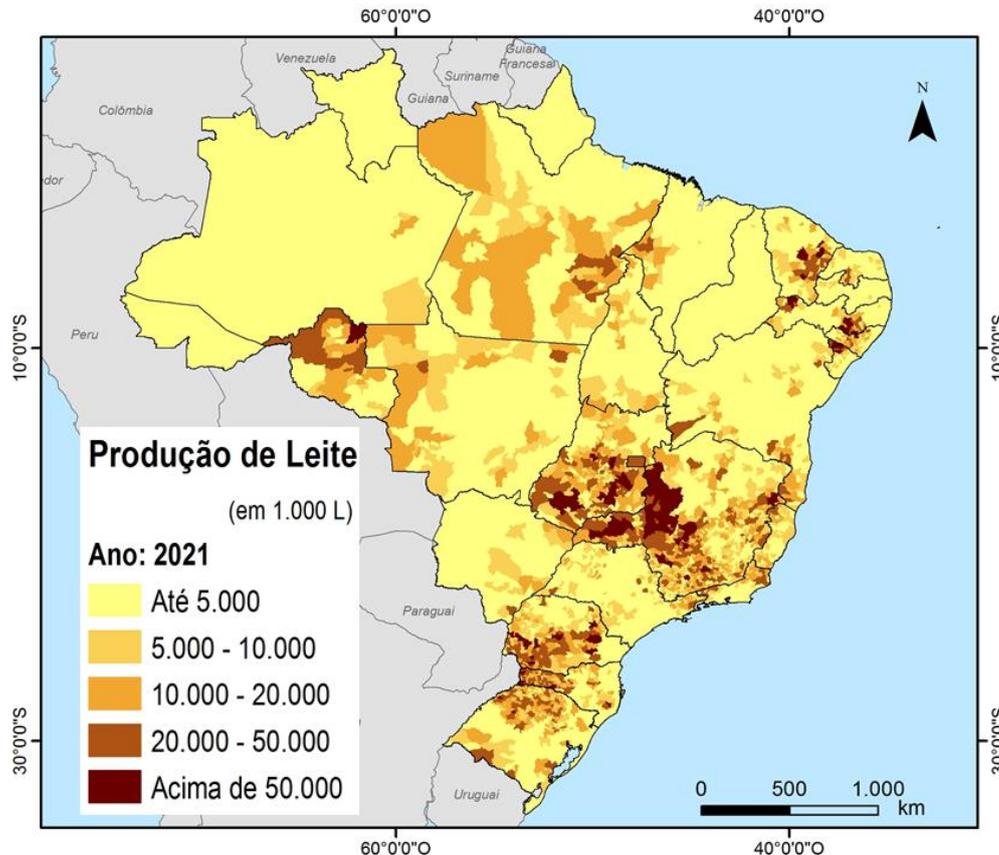
Como principal insumo da produção leiteira extensiva, o tipo de pastagem e o manejo estão intimamente correlacionados com a produção. Quando existe algum nível de degradação das pastagens, essa interfere no vigor vegetativo do pasto, na biomassa produzida e, conseqüentemente, acarreta menor produção de leite por área. 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 (CHAGAS et al., 2009; DIAS-FILHO et al., 2014).

As estimativas das condições das pastagens por sensoriamento remoto permitem o mapeamento de extensas áreas, nas mais diversas escalas, de acordo com a necessidade do tomador de decisões, para que, por exemplo, no caso da pecuária leiteira, seja possível a realização de estimativas da disponibilidade de forragens em sistemas de produção de leite extensivos a pasto, tanto a nível municipal e regional, quanto nacional, e, dessa forma, permite a realização de estimativas do rendimento, produtividade e distribuição da produção do leite.

Ao nível estadual da produção de leite no país, foi analisado a adoção de métricas de sensoriamento remoto para apoio às políticas públicas de uso e conservação das pastagens. O estado de Minas Gerais, como maior produtor de leite nacional, 9,61 bilhões de litros de leite (27,31%) dos 35,18 bilhões de litros da produção total em 2021 (IBGE, 2023), apresenta uma produção bastante heterogênea, com diversos sistemas de produção e condições edafoclimáticas. Levantamentos de campo e pesquisa acerca da produção e condições das forragens pode ser norteadas pela observação da distribuição geográfica da produção de leite (Figura 1).



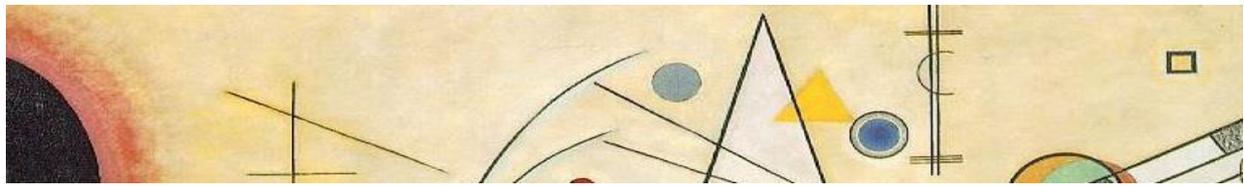
Figura 1 – Distribuição da produção leiteira em 2021.



Fonte: IBGE (2023).

O NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, na sigla em inglês) serve para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos. Este índice é bastante utilizado para análises de uso do solo, análises de degradação ambiental e análises de qualidade e produtividade de culturas (POVH et al., 2008; ZANZARINI et al., 2013).

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 (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 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.

Todas as informações geradas em pesquisas com base em sensoriamento remoto para análise da paisagem possuem grande demanda na divulgação e uso pelos usuários interessados. Os bancos de dados geográficos se popularizaram na década de 90 (BRETERNITZ, 2001), período em que surgiu o software da Xerox, Map Viewer, desenvolvido para fornecer dados geoespaciais por meio da internet. Trabalho foi apresentado na First International World Wide Web Conference, realizada em Genebra, Suíça em 1994, sobre Map Viewer, sendo talvez o primeiro sistema servidores de mapas estruturados na Web (CARVALHO et al., 2004).

Assim, os quadrantes de imagens NDVI/MODIS do satélite Terra, produto MOD13Q1, processado para 16 dias de levantamento, foram baixados para a série de 13 anos, durante a primeira fase de desenvolvimento metodológico, para métricas de longo-prazo, cujos resultados foram consistidos por levantamentos de campo e reunidos recentemente para divulgação nos sistemas geográficos para internet, GeoInfo (GeoInfo, 2023), o qual é parte da Infraestrutura de Dados Espaciais (INDE).

Atualmente, centenas de quadrantes de imagens NDVI/MODIS estão sendo processadas para a derivação de nova metodologia a qual objetivará o desenvolvimento de metodologia expedita, visando um ágil monitoramento de pastagens, as quais são de fundamental importância na produção leiteira, oferecendo suporte aos rebanhos de gado de leite. Concomitante a isto, foi desenvolvido um WebGIS específico para visualização e consulta para o projeto de monitoramento de pastagens e da pecuária leiteira, destinados a serem repositório geográfico para a Embrapa Gado de Leite, desenvolvido na



Embrapa Territorial no âmbito de um projeto de pesquisa para criar metodologia de mapeamento das condições da pastagem (SIG Leite, 2023).

Diante do exposto, o presente estudo objetivou disponibilizar, em plataforma de publicação de dados geográficos, os resultados de metodologia fundamentada em métricas de sensoriamento remoto para o mapeamento qualitativo de pastagens em larga escala com foco nas principais bacias leiteiras do País.

2. Material e Métodos

Foram utilizadas imagens de satélites disponibilizadas pelo LP DAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), vinculado à NASA e ao Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Estas imagens são disponibilizadas online com datas com intervalos de 16 dias entre si, tamanho de pixel de aproximadamente 250 metros, em folhas que cobrem uma área de tamanho limitado e em formato de arquivo *Hierarchical Data Format* (hdf).

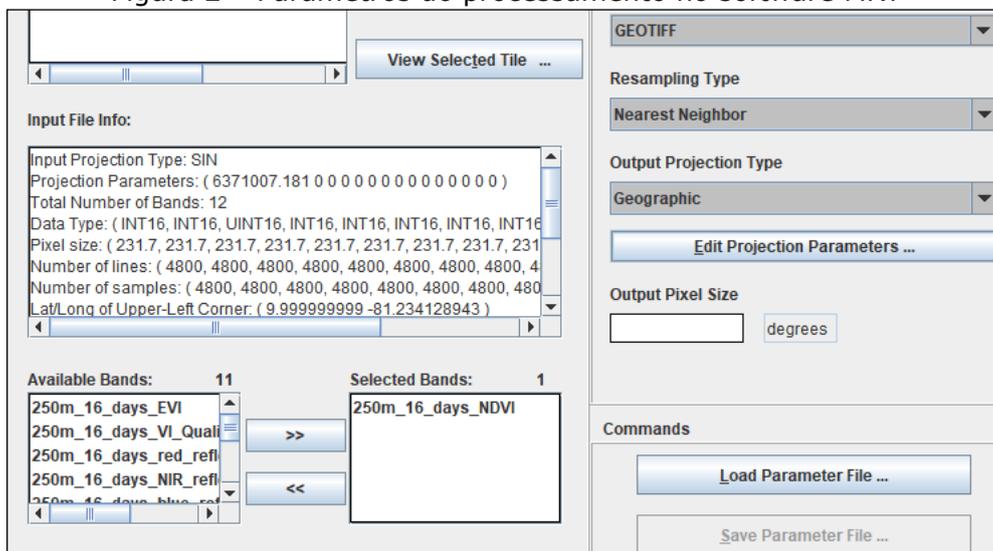
Para cada data disponível na série de mais de 20 anos, iniciando-se em 18 de fevereiro de 2000, foram baixados 19 quadrantes de imagens que correspondem a todo o território brasileiro, sendo estas identificadas pelos códigos h10v08; h10v09; h10v10; h11v08; h11v09; h11v10; h12v08; h12v09; h12v10; h12v11; h13v08; h13v09; h13v10; h13v11; h13v12; h14v09; h14v10; h14v11 e h15v11.

Posteriormente, as imagens foram processadas pelo software MRT (*Modis Reprojection Tools*), onde foi gerado um mosaico para cada imagem a cada 16 dias, com os 19 arquivos HDF, em um único arquivo de formato GeoTIFF para cada data disponível. Para o processamento das imagens no MRT foi selecionada apenas a banda de NDVI com projeção geográfica no



Datum WGS84. Os parâmetros utilizados no processamento das imagens estão representados na Figura 2.

Figura 2 – Parâmetros do processamento no software MRT

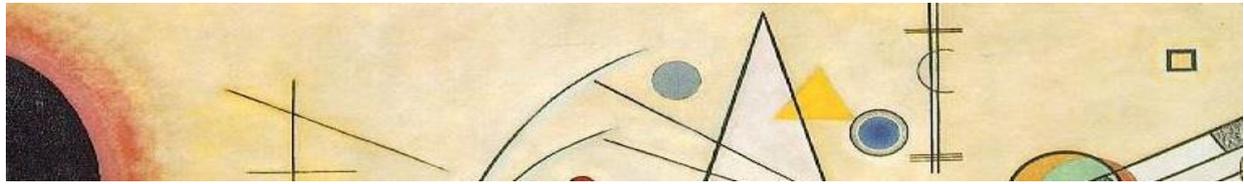


Fonte: os autores.

A partir da base de dados NDVI/MODIS, da série entre 2000 e 2013, foram gerados mapas de pastagens e das condições das pastagens, assim como diversos planos de informações ou camadas acerca da produção de leite, a partir dos quais foram geradas estilizações no SIG para publicação nas plataformas geográficas.

O método do índice de crescimento (IC) já empregado por Xu et al. (2013) e Hott et al. (2016), utilizando séries de índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), 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:

$$IC = \frac{NDVI_m - NDVI_n}{NDVI_m + NDVI_n} \quad (1)$$



Em conjunto com o IC, outras métricas fenológicas em sensoriamento remoto como Slope, média, máximo e mínimo, além de estatística temporal por meio de expoentes de Hurst, multicritério e sistema especialista (Hott et al., 2019), o que denotou o vigor vegetativo e condições das pastagens em classes que demonstram persistência ao longo do tempo. Para implementação do método Slope aplicou-se a equação (Liu et al., 2010):

$$\text{Slope} = \frac{n \sum_{i=1}^n i \text{NDVI}_{\text{max}} - \sum_{i=1}^n i \sum_{i=1}^n \text{NDVI}_{\text{max}}}{n \sum_{i=1}^n i^2 - \left(\sum_{i=1}^n i\right)^2} \quad (2)$$

$$\text{Maximum} = \max_{i=1}^n [\text{NDVI}_i] \quad (3)$$

$$\text{Minimum} = \min_{i=1}^n [\text{NDVI}_i] \quad (4)$$

$$\text{Mean} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{NDVI}_i}{n} \quad (5)$$

Em que Slope é o coeficiente de inclinação da linha de regressão ajustada em cada pixel. Se Slope > 0 indica que a vegetação está em processo de recuperação, enquanto se Slope < 0 indica a ocorrência de algum processo de degradação (Andrade et al., 2023). Em nível de Brasil as análises alcançam resoluções espaciais, precisão de mapeamento, de média a baixa resoluções, usando imagens de satélite de resolução temporal alta, tempo de revisita em um mesmo local ou área, de diária a quinzenal, aproximadamente. Todavia com a aerofotogrametria, inicialmente com balões e aviões tripulados, tem possibilitado maior versatilidade nos



levantamentos da vegetação e no aprimoramento de métodos de análise, principalmente com o surgimento de câmeras e sensores mais avançados, embarcados em aeronaves não tripuladas.

O uso de VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) na agropecuária tem revelado avanços imensos na análise da vegetação, em especial com o uso de índices de vegetação. Hott et al. (2021) apresentaram uma nova metodologia para análise do vigor vegetativo de pastagens, em capins *Cynodon sp.*, para a seleção de cultivares a partir de índices de vegetação e volume do dossel por estereoscopia com imagens de drone, realizando uma comparação com métodos tradicionais, onde o método com as imagens e índices por fotogrametria apresentou maior agilidade e precisão, levando em conta avaliação de campo ao nível do terreno por nota de porte, altura e peso da biomassa.

$$VVI = \left(\frac{V - \bar{V}}{\sigma_V} \right) + \left(\frac{N - \bar{N}}{\sigma_N} \right) \quad (6)$$

Em que VVI é um índice indicador do vigor vegetativo para as parcelas experimentais, V é o volume médio da parcela e N é o valor médio do índice de vegetação NDRE (Normalized Difference Red-Edge) para cada parcela, \bar{V} é o volume médio para todo o conjunto de parcelas e \bar{N} é o índice NDRE médio para todo o conjunto; ambos σ_V e σ_N são estimativas de desvio padrão do volume e do NDRE, respectivamente, para as parcelas do experimento. Assim, as estimativas das condições das pastagens por sensoriamento remoto proporcionam o mapeamento de extensas áreas, nas mais diversas escalas, de acordo com a necessidade do tomador de decisões, para que, por exemplo, no caso da cadeia leiteira, seja possível a realização



de estimativas da disponibilidade de forragens em sistemas de produção extensivos, à pasto, ao nível municipal, regional ou nacional, e, dessa forma, permitir a realização de estimativas do rendimento, produtividade ou distribuição da produção do leite.

3. Resultados e Discussão

De acordo com os resultados gerados a partir da série temporal de NDVI/MODIS para a mesorregião da Zona da Mata, cujas camadas geográficas foram divulgadas na plataforma GeoInfo (Figura 3) e no sistema WebGIS, desenvolvido em conjunto com a equipe da Embrapa Territorial (Figura 4), verificou-se que em torno de 60% das áreas de pastagens estão sob algum grau de degradação.

O sistema WebGIS encontra-se em fase de implementação de rotinas voltadas para aprimoramentos dos resultados metodológicos de consulta das bases de dados que possibilitaram o cruzamento de diferentes camadas e a geração de resultados de consultas que poderão auxiliar o usuário em tomadas de decisão no âmbito das condições das pastagens e da produção e produtividade leiteira em escalas de município, mesorregiões ou por unidade da federação. Os dados da metodologia *Slope* estão em fase de disponibilização para consulta no sistema WebGIS Leite-SIG.

A Figura 5 mostra um exemplo de consulta do mapa de indicativo de degradação por meio da metodologia *Slope*. O mapa possui duas classes qualitativas das pastagens, ou seja, degradada e não degradada. A metodologia foi validada por Andrade et al (2023), em que obtiveram exatidão global de 59% e índice kappa de 0,56. Neste estudo, os autores observaram que, para as áreas de pastagens cultivadas nos municípios onde foram realizados os levantamentos de avaliação da qualidade das pastagens, nos Estados de Mato Grosso do Sul e de São Paulo, respectivamente, cerca



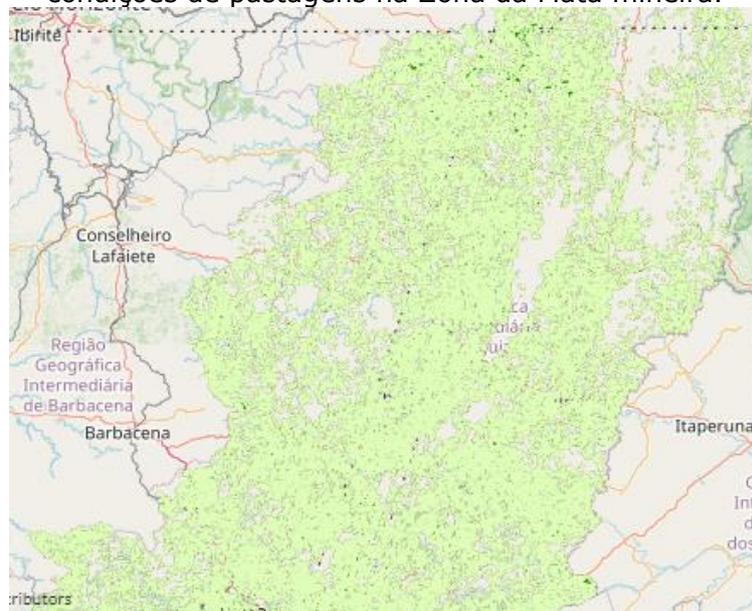
de 36% e 45% das áreas de pastagens avaliadas apresentaram algum indicativo de degradação.

Andrade et al. (2016) aplicaram a metodologia Slope para as pastagens cultivadas do Cerrado, usando dados oriundos do sensor Spot Vegetation, e obtiveram três cenários de condições de processos de degradação (muito otimista, otimista e realista) e concluíram que em todos os cenários condicionais analisados, cerca de 80% da área de pastagens cultivadas em processos de degradação no bioma Cerrado se concentraram nos estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais. Tanto em macro escalas cartográficas quanto em escalas precisas, a identificação das condições das pastagens pode apoiar trabalhos em seleção de cultivares e a tomada de decisões acerca de empreendimentos rurais.

Em experimentos de capins, como com *Cynodon sp.* foram realizados levantamentos, sendo que os resultados apoiaram estudos comparativos entre métodos tradicionais para avaliação da biomassa e de seleção genética, com a observação e métricas de campo, e uso de imagens de VANT, devidamente publicados para visualização na plataforma GeoInfo, o qual passa por atualizações constantes em seu sistema, e na Figura 6 podem ser visualizados os mapas do índice VVI em parcelas experimentais.

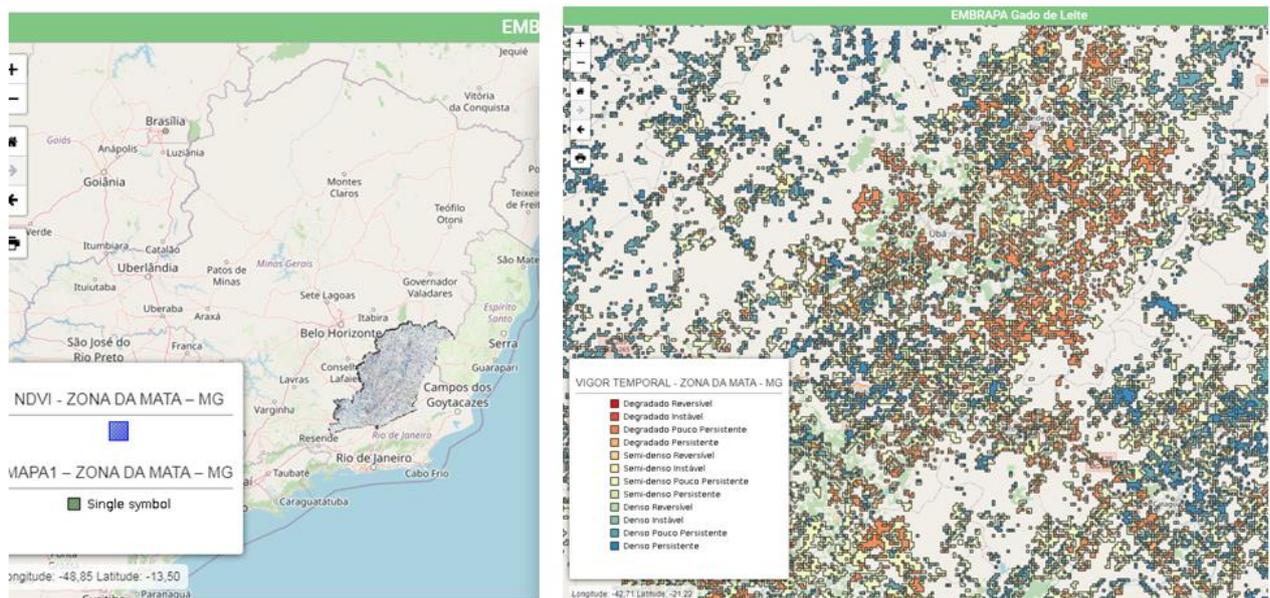


Figura 3 – Plataforma GeoInfo com apresentação de resultado em mapeamento das condições de pastagens na Zona da Mata mineira.



Fonte: GeoInfo (2023).

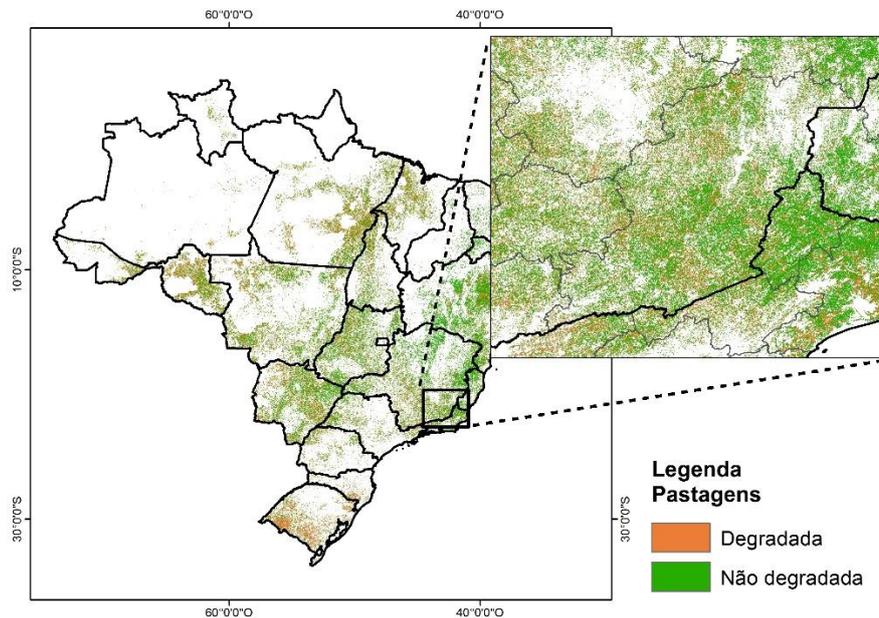
Figura 4 – Sistema WebGIS desenvolvido para apresentação de dados da cadeia do leite.



Fonte: os autores.

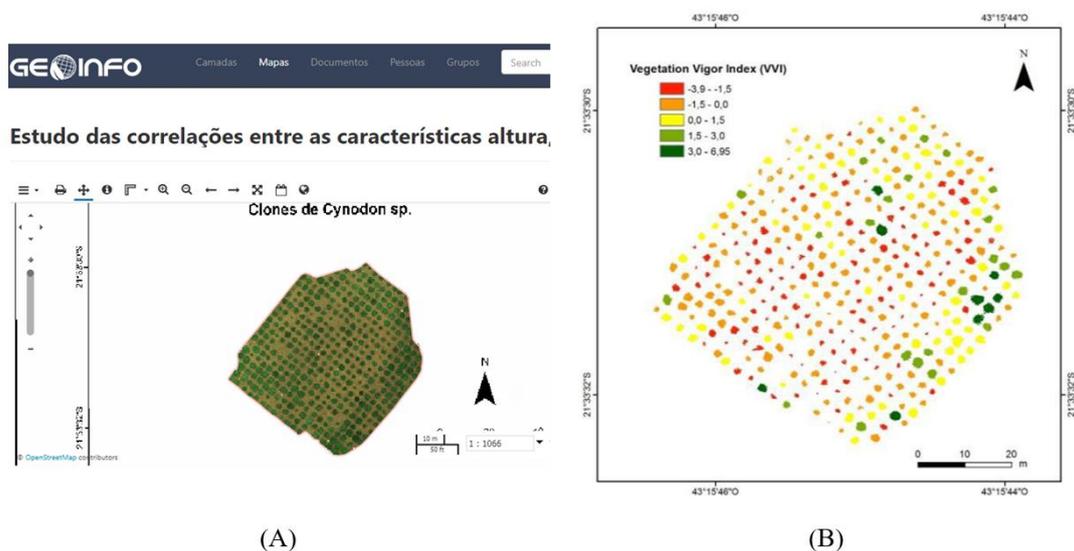


Figura 5 – Mapa de pastagens degradadas e não degradadas, com um enfoque na mesorregião Zona da Mata de Minas.



Fonte: os autores.

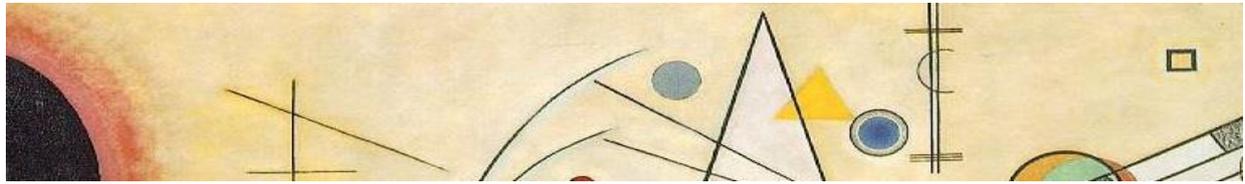
Figura 6 – Resultados cartográficos do VANT para experimento com clones de capins *Cynodon sp.*: (A) Visualização de mosaico e outros dados para os capins *Cynodon sp.*. Fonte: GeoInfo (2023); (B) Mapa com o resultado para o vigor vegetativo e seleção de cultivares de *Cynodon sp.* em parcelas experimentais.



(A)

(B)

Fonte: Hott et al. (2021).



4. Conclusões

Por meio do mapeamento efetuado com séries de dados temporal NDVI/MODIS, foi possível gerar resultados consistentes e disponibilizá-los para consultas e análises de cruzamento de camadas de dados na plataforma SIG Leite, para as principais bacias leiteiras do País. Aprimoramento dos resultados de consulta a base de dados estão em fase de execução, tendo em vista exigir verificação contínua de consistência. Parte dos resultados obtidos em formato raster (matricial) e vetor (pontos, linhas e polígonos) também foram consistentemente divulgados na plataforma GeoInfo. A plataforma GeoInfo passa por atualizações para aprimoramento de seu sistema de consulta aos mapas, visando melhorar a usabilidade pelos interessados e tomadores de decisões.



Referências

ANDRADE, R. G.; BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; NOGUEIRA, S. F. Geotecnologia - Recuperação de pastagens no Cerrado. **Agroanalysis (FGV)**, v. 36, p. 30-33, 2016.

ANDRADE, R. G.; HOTT, M. C.; MOTTA, M. B.; DE MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P.; GALDINO, S.; RODRIGUES, C. A. G.; RONQUIM, C. C.; DA SILVEIRA, H. L. F.; D'OLIVEIRA, P. S. Monitoramento e avaliação qualitativa de pastagens a partir de dados NDVI/MODIS. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 11, p. 23441-23460, 2023.

BRETERNITZ, V. J. Sistemas de informações geográficas: uma visão para Administradores e profissionais de TI. **Análise**, Jundiaí, v. 4, p. 41-55, 2001.

CARVALHO, C. A. DE; PIEROZZI JUNIOR, I.; OSHIRO, O. T.; ALENCAR, M. DE C. F. **WebGis na Embrapa Monitoramento por Satélite: integração da Arquitetura e Tecnologia da Informação para disseminação de geoinformação na Internet**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. 26 p., il. (Documentos, 36).

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.

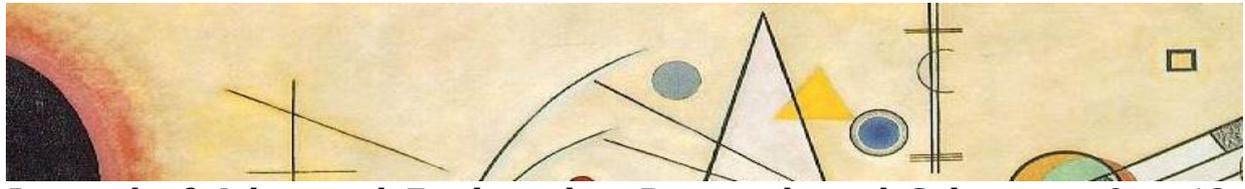
DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Documentos, 402).

GeoInfo – **Infraestrutura de Dados Espaciais da Embrapa**. Embrapa Gado de Leite, 2023. Disponível em: <<https://geoinfo.cnpqgl.embrapa.br/>>. Acesso em: jun. de 2023.

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.

HOTT, M. C., CARVALHO, L. M. T., ANTUNES, M. A. H., RESENDE, J. C., ROCHA, W. S. D. Analysis of Grassland Degradation in Zona da Mata, MG, Brazil, Based on NDVI Time Series Data with the Integration of Phenological Metrics. **Remote Sensing**, v. 11, n. 24, 25 p, 2019.

HOTT, M. C., ANDRADE, R. G., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P., BENITES, F. R. G. Classification of Cynodon spp. grass cultivars by UAV. **International**



Journal of Advanced Engineering Research and Science, v.8, n.12, 266-270, 2021

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário – Resultados Preliminares**, Rio de Janeiro, v. 7, p.1-108, 2017.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2023a. Sidra: Banco de Tabelas Estatísticas. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: março de 2023.

LIU, W. T. H. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: Ed. UNIDERP, 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2010. 127 p.

POVH, F. P.; MOLIN, J. P.; GIMENES, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI J. V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1075-1083, ago. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pab/a/fxPgbgnrmFN9GjF8R497NSj/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2021.

SIG Leite – **WebGIS - Embrapa Gado de Leite**. Embrapa Territorial, 2023. Disponível em: < http://mapas.cnpm.embrapa.br/apps/sig_leite/#/>

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

ZANZARINI, F. V.; PISARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 6, p. 608-614, abril. 2013.