

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS  
CÂMPUS OESTE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL E FORRAGICULTURA  
MESTRADO PROFISSIONAL

GLENDIA SILVA SANTOS LARA

**ESTUDO DAS PASTAGENS NA MICRORREGIÃO DE QUIRINÓPOLIS – GO, POR  
MEIO DO GEOPROCESSAMENTO**

São Luís de Montes Belos

2023

GLENDÁ SILVA SANTOS LARA

**ESTUDO DAS PASTAGENS NA MICRORREGIÃO DE QUIRINÓPOLIS – GO, POR  
MEIO DO GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade  
Estadual de Goiás Campus Oeste para  
obtenção do título de Mestre em Produção  
Animal e Forragicultura

Linha de pesquisa: Forragicultura

Orientador: Prof. Pedro Rogério Giongo

São Luís de Montes Belos  
2023

**Universidade Estadual de Goiás**  
**Pró-Reitoria de Graduação**  
**Coordenação de Programas e Projetos**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas Regionais (SIBRE)**

Como Referenciar:

LARA, Glenda Silva Santos. **ESTUDO DAS PASTAGENS NA MICRORREGIÃO DE QUIRINÓPOLIS – GO, POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO.**

Orientador: Pedro Rogério Giongo. 2023. 49 f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal e Forragicultura) - Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Oeste, UnU São Luís de Montes Belos, 2023.

**All rights reserved.**

**TODOS OS DIREITOS RESERVADOS** – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

L318e Lara, Glenda Silva Santos  
ESTUDO DAS PASTAGENS NA MICRORREGIÃO DE  
QUIRINÓPOLIS – GO, POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO. /  
Glenda Silva Santos Lara – São Luís de Montes Belos, 2023.  
49 f. : il. Color.  
  
Orientador Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Pedro Rogério Giongo  
Dissertação (Mestrado em Produção Animal e Forragicultura) -  
Universidade Estadual de Goiás – UEG, Câmpus Oeste, UnU São Luís  
de Montes Belos, 2023.  
  
1. Conservação do Solo. 2. Cerrado. 3. Degradação de Pastagens. 4.  
Sensoriamento Remoto. I. Título. II. Giongo, Pedro Rogério. III.  
Universidade Estadual de Goiás – UEG.

CDU – 631.4:528

**Catalogação na fonte:** Bibliotecária Mariana Oliveira Soldera – CRB1/3100

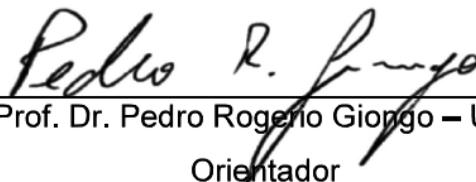
GLENDIA SILVA SANTOS LARA

**ESTUDO DAS PASTAGENS NA MICRORREGIÃO DE QUIRINÓPOLIS – GO, POR  
MEIO DO GEOPROCESSAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Goiás, Campus Oeste para obtenção do título de Mestre em Produção Animal e Forragicultura.

Aprovado em: 10 de novembro de 2023.

Banca Examinadora



---

Prof. Dr. Pedro Rogério Giorno – UEG  
Orientador



---

Prof. Dr. José Henrique da Silva Taveira  
Membro interno



---

Prof. Dr. Patrick Bezerra Fernandes  
Membro Externo

Dedico a minha família, pelo incentivo ao meu crescimento profissional e pessoal, acreditando sempre que era possível, e principalmente por me motivarem.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por me conduzir em tudo na minha vida, por me amparar nos dias difíceis me guiando e conduzindo meus passos para que eu pudesse chegar aqui.

Aos meus pais e minha irmã, minha fonte de força e coragem, minha base e alicerce para tudo, quem sempre acreditam e confiam em mim e me estendem a mão em tudo que preciso, por todas palavras de positividade e motivação.

Ao meu esposo Cássio, pela compreensão, paciência, carinho e amor, sem seu apoio e incentivo em continuar meus estudos tudo seria mais difícil.

Ao meu querido filho, Nicolas, que amo incondicionalmente e colore cada dia mais minha vida, espero compensá-lo das horas de atenção e brincadeiras que lhe devo. Foi ele meu grande estímulo nessa caminhada.

A todos meus colegas do trabalho que muitas vezes recorri para me ajudarem conciliar estudos e serviço, especialmente minhas amigas Raíssa, Tatiane e Ana Paula minha eterna gratidão. E todos meus amigos por todas conversas e mensagens de muito otimismo, por toda ajuda, meu muito obrigada!

Agradeço imensamente ao meu orientador Dr. Pedro Rogério Giongo pela dedicação, apoio, paciência e principalmente a todo aprendizado, saiba da minha total admiração pelo excelente profissional e grande mestre que és.

Agradecimento a Universidade Estadual de Goiás, pelo mestrado profissional em Produção Animal e Forragicultura e todos os professores que fazem parte dessa instituição de ensino, vocês contribuíram de forma significativa para o meu aprendizado e crescimento profissional.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

O cerrado destaca-se entre as regiões favoráveis a produção e exportação da carne bovina por meio da produção em sistemas de pastejo. Já na agricultura a exploração dos ecossistemas naturais em função da troca da cobertura vegetal pelas áreas de cultivo tem sido frequente. Nesse processo pode ocorrer de forma rápida uma alteração na cobertura do solo que se for mal planejada pode levar a um processo de degradação. Referente a degradação das áreas agropecuárias destaca-se à perda de produtividade econômica, pecuário ou florestal e uma das formas de monitoramento da cobertura vegetal é o geoprocessamento, com suma importância, sendo um instrumento eficaz por conseguir abranger maior alcance das áreas a serem monitoradas, pela quantidade, qualidade e precisão das imagens aéreas. O objetivo dessa pesquisa é identificar e quantificar as áreas de pastagens dos municípios da microrregião de Quirinópolis e classificar quanto aos níveis de degradação por meio de dados satelitários e índices de vegetação com o uso do geoprocessamento, avaliar ainda a dinâmica de áreas e rebanho bovino dos municípios entre 1991 a 2021. A microrregião de Quirinópolis está localizada na região Centro-Oeste do Brasil sendo composta por nove municípios. As áreas de pastagem foram obtidas por meio do banco de dados do MAPBIOMAS dentre os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021. As imagens para avaliar a qualidade das pastagens, relativo ao ano de 2021, foi do satélite Sentinel 2A, por meio do NDVI e o Índice de Degradação das Pastagens - IDP. Foram adquiridas da base do IBGE dados numéricos de cabeças de bovinos nos municípios da micro região que foram correlacionadas com a área de pastagem em cada município. Aproximadamente 30% das áreas de pastagem encontram-se nas classes 1 e 2 de IDP, o que são consideradas ótimas, 60% das áreas estão entre as classes 3 e 4, o que caracterizam áreas de média qualidade e baixa degradação, e outros 10% das áreas estão nas classes 5 e 6, consideradas como alto grau de degradação. Aproximadamente 50% das pastagens estão em terrenos com até 8% de declividade, outros 30% em terrenos com 8 a 20% de declividade, e o restante em topografias mais acidentadas. Quanto a classe de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho distrófico com mais de 80% de presença nas áreas de pastagens. A maioria dos municípios diminuíram muito o rebanho bovino no período estudado, que em média tem entre 1 a 1,2 UA.ha<sup>-1</sup>. Conclui-se que a qualidade das pastagens em maior parte encontram-se com baixo nível de degradação e em áreas relativamente planas nas classes de Latossolo Vermelho distrófico. As bases geográficas e as ferramentas computacionais por meio do geoprocessamento permitem avaliar e quantificar as pastagens em escala espacial.

**Palavras-chave:** Conservação do solo; Cerrado; Degradação de pastagens; Sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

The main land use in Brazil is pasture, present in all biomes. The cerrado stands out among the regions developed for the production and export of beef through production in grazing systems. In agriculture, the exploitation of natural ecosystems due to the exchange of vegetation cover in cultivated areas has been frequent. In this process, a change in soil cover can occur quickly, which if poorly planned can lead to a manipulation process. Regarding the management of agricultural areas, the loss of economic, livestock or forestry productivity stands out and one of the ways of monitoring vegetation cover is geoprocessing, which is extremely important, being an effective instrument to cover a greater scope of the areas to be monitored, for the quantity, quality and precision of aerial images. The objective of this research is to identify and quantify the pasture areas of the municipalities in the Quirinópolis microregion and classify the levels of manipulation through satellite data and transport indices using geoprocessing, also evaluating the dynamics of areas and cattle herds in the municipalities between 1991 and 2021. The Quirinópolis microregion is located in the Center-West region of Brazil and is made up of nine municipalities. The pasture areas were obtained through the MAPBIOMAS database for the years 1991, 2001, 2011 and 2021. The images to evaluate the quality of the pastures, for the year 2021, were from the Sentinel 2A satellite, through the NDVI and the Pasture Degradation Index - PDI. Numerical data on cattle heads in the municipalities of the microregion were acquired from the IBGE database, which were correlated with the pasture area in each municipality. Approximately 30% of pasture areas are in IDP classes 1 and 2, which are considered optimal, 60% of areas are between classes 3 and 4, which characterize areas of medium quality and low degradation, and another 10 % of the areas are in classes 5 and 6, considered to have a high degree of degradation. Approximately 50% of pastures are on land with up to 8% slope, another 30% on land with 8 to 20% slope, and the remainder on more rugged topography. The predominant soil class in the region is the dystrophic Red Oxisol with more than 80% presence in pasture areas. Most municipalities greatly reduced their cattle herd during the studied period, which on average is between 1 and 1.2 AU.ha<sup>-1</sup>. It is concluded that the quality of pastures is mostly at a low level of degradation and in relatively flat areas in the dystrophic Red Oxisol classes. Geographic bases and computational tools through geoprocessing make it possible to evaluate and quantify pastures on a spatial scale.

**Keywords:** Remote sensing. Water quality. Land Scape. Watershed .

## SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT .....	1
1 INTRODUÇÃO .....	4
ESTUDO DA DINAMICA DE PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO. * .....	6
RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	6
1.0 INTRODUÇÃO .....	7
2.0 REVISÃO DA LITERATURA .....	8
2.1- DINÂMICA DE USO DO SOLO POR PASTAGENS .....	8
2.2- DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NO BRASIL.....	9
2.3 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DAS PASTAGENS.....	12
3.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	15
4.0 REFERÊNCIAS.....	16
DINÂMICA DO USO DO SOLO, TOPOGRAFIA E QUALIDADE DAS PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO .....	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT .....	20
INTRODUÇÃO .....	20
OBJETIVO GERAL .....	23
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
MATERIAL E METODOS.....	23
Área de pastagens .....	25
RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

O cerrado é o segundo maior bioma Brasileiro com aproximadamente dois milhões de Km<sup>2</sup> (DIAS FILHO, 2011). Alertas gerados de trabalhos através de mapeamentos por imagens de satélite, citados nos últimos cinco anos, é que pelo menos 45% do bioma Cerrado foi convertido em pastagens e áreas agrícolas (MAPBIOMAS, 2020).

Os solos que possuem maior desempenho produtivo estão ocupados com o cultivo de grãos, concentrando áreas de pastagens em solos com baixo desempenho produtivo, devido a deficiência de nutrientes ou declividade da área. Segundo dados do IBGE (2007), as pastagens estão em diferentes níveis de degradação necessitando de intervenção. As Técnicas de recuperação produtiva em áreas de pastagens degradadas são favoráveis, proporcionam maior lucratividade, reduz as emissões de gases do efeito estufa e conserva os recursos naturais (VIEIRA FILHO, 2016).

As técnicas informatizadas de análise espacial têm sido utilizadas para compreender o uso e ocupação dos solos (SCHNEIDER E TARTARUGA, 2004). As geotecnologias consistem em um conjunto de tecnologias de coleta e apresentação de informações espaciais, permitindo visualizar os dados em forma de mapas, relatórios e tabelas com processamento rápido e eficiente na caracterização morfométrica de pastagens degradadas ou intervenções antrópicas em bacias hidrográficas (OLIVEIRA, 2002).

As geotecnologias auxiliam na identificação dos níveis de degradação de pastagem em área de bacia hidrográfica e subsidiam planejamento técnico e manejo adequado. Nesse contexto destacam-se satélites como o Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI, SPOT 6 HRG, NOAA 18, 19 E 20, ACQUA e TERRA com sensor MODIS, Radarsat e o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) no processamento de dados e imagens de cobertura vegetal. Essas imagens registram o fluxo de radiação eletromagnética com objetivo de captar a energia refletida em diferentes proporções (PARANHOS FILHO et al., 2008).

Pesquisas em diferentes estados brasileiros demonstradas por Sano et al., (2000), Moreira e Assad (2000), Nascimento et al., (2006) com o uso de imagens de satélites, apresentam eficiência na identificação de tipos de pastagem e possibilitaram classificar de três a cinco níveis de degradação, além disso Luciano et

al., (2009) identificaram em seu trabalho áreas de pastagens degradadas em bacias no Estado de Mato Grosso do Sul, constatando também a eficiência das geotecnologias.

Portanto, o uso dessas ferramentas permite uma análise ampla e complexa na identificação de níveis de degradação de pastagem e correlação da qualidade dos recursos hídricos, utilizando os dados espaciais da bacia no gerenciamento de seus recursos (SILVA, 2006).

Nessa perspectiva esse trabalho utilizará de revisão de literatura sobre técnicas de geoprocessamento e formas de aplicação na avaliação da degradação de pastagens, com o intuito de produzir informações sobre o mapeamento e identificação de áreas degradadas.

## ESTUDO DA DINAMICA DE PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO. \*

Glenda Silva Santos Lara; Pedro Rogério Giongo

\*Publicado como capítulo de livro:

LARA, G. S. S. ; GIONGO, P.R. . ESTUDO DA DINAMICA DE PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO. In: Pedro Henrique Abreu Moura; Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro. (Org.). Inovação e tecnologia nas ciências agrárias 2. 1ed.Ponta Grossa - PR:: Atena, 2021, v. 2, p. 33-43.

DOI:10.22533/at.ed.7172116124

### RESUMO

Com o avanço da agricultura, houve conseqüentemente um aumento na exploração dos recursos naturais, e em função da troca da cobertura vegetal por áreas de cultivo e áreas de pastagens. Esse estudo objetiva apresentar uma revisão bibliográfica sobre a temática da dinâmica de uso dos solos por pastagens, caracterizando os fatores de degradação de pastagens e correlacionando na discussão da aplicação do geoprocessamento ao estudo das áreas das pastagens. A boa produtividade da pecuária relaciona-se a boa produtividade das pastagens, sendo estas o principal alimento do rebanho. Quando há degradação nas pastagens correlaciona-se a diminuição da produtividade agrícola e conseqüentemente a menor produtividade bovina. Os sistemas de informação geográfica e o sensoriamento remoto facilitam o estudo das pastagens, com o uso de dados coletados por sensores, permitindo um diagnóstico para geração de produtos temáticos que retratam níveis de degradação, índices alterados de perda de pastagens e de água. Otimizando o processo de mapeamento e monitoramento com uso dos sensores de satélites para intervenções na melhoria da produção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado; SIG; Pastagens degradadas; Forragem; Sensoriamento Remoto.

### ABSTRACT

With the advance of agriculture, there was consequently an increase in the exploitation of natural resources, and due to the change of vegetation cover for cultivated areas and pasture areas. This study aims to present a literature review on the subject of characterization of the dynamics of land use by pastures, characterizing the pasture degradation factors and correlating to the discussion of the application of geoprocessing to the study of pasture areas. The good productivity of livestock is related to the good productivity of pastures, which are the main food for the herd. When there is degradation in pastures, it is correlated with a decrease in agricultural productivity and, consequently, a lower bovine productivity. Geographic information systems and remote sensing facilitate the study of pastures, with the use of data collected by sensors, allowing a diagnosis to generate thematic products that portray levels of degradation, altered rates of loss of pastures and water. Optimizing the mapping and monitoring process using satellite sensors for interventions to improve production.

**KEY-WORDS:** Savanna; GIS; Degraded pastures; Forage; Remote sensing.

## 1.0 INTRODUÇÃO

As pastagens naturais contribuem de forma expressiva com a economia, onde a forragem fornece vasta utilização na alimentação dos rebanhos, abrangendo vários tipos de solos (BARÃO et al, 2021). Com isso apresentam também uma boa contribuição para a conservação do solo, água, fauna e flora, além das atividades de lazer. A utilização dessas pastagens naturais de forma errônea, em sua grande maioria, causa as cargas de animais inadequadas quando comparada à capacidade de produção e aptidão agrícola desses solos (VIBRANS et al., 2021).

Segundo Barão et al. (2021), com a expansão da agricultura, ocorre a exploração predatória dos ecossistemas naturais em função da troca da cobertura vegetal por áreas de cultivo. Esse processo voltado para a rápida alteração na cobertura do solo de forma intensiva e mal planejada pode ser realizada, tendo como consequência a degradação ambiental dos espaços rurais.

O cerrado brasileiro destaca-se entre as regiões favoráveis a produção e exportação da carne bovina por meio da produção nesses sistemas de pastejo. Mesmo com a vasta área usada para a pecuária no cerrado, boa parte está em estado de degradação devido à falta de correção do solo, ou por ausência de adubação e até pelo uso da terra de forma inadequada, com super lotação e/ou falta de manutenção (SANTINI et al., 2015).

O agro ecossistemas sofrem alterações que modificam os processos químicos, físicos e biológicos diretamente na qualidade ambiental. Esses atributos somando aos indicadores visuais de campo impactam indícios sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade agrícola (ROCHA JÚNIOR et al., 2013).

Os problemas causados pelas ações antrópicas correlacionados ao uso dos solos são, o desmatamento da vegetação nativa e uso desordenado de recursos hídricos onde causam danos ao meio ambiente e aceleram os processos erosivos com perda de matéria orgânica dos solos e degradação (SANTOS e BRITO, 2018).

O uso das geotecnologias facilita o monitoramento do uso do solo, com técnicas relativamente simples que fornecem informações e permitem uma avaliação pontual e temporal, a um custo aceitável para reparação e readequação das áreas.

As técnicas de sistema de informação geográfica são importantes na adoção ao estudo e monitoramento do uso do solo e a atividades agrícolas (SILVEIRA et al., 2015).

Esse estudo objetiva-se por apresentar uma revisão bibliográfica sobre a temática da caracterização da dinâmica de uso dos solos por pastagens, caracterizando os fatores qualitativos das pastagens e correlacionando na discussão da aplicação do geoprocessamento ao estudo das pastagens.

## **2.0 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1- DINÂMICA DE USO DO SOLO POR PASTAGENS**

O uso do solo para fins econômicos tem maior destaque para atividades como a pecuária e exploração de madeira, o que converte a vegetação nativa em pastagens onde abrem espaço para as diversas atividades agrícolas (OLIVEIRA et al., 2020).

De acordo com Ferreira et al., (2019) a expansão da pecuária no Cerrado teve fatores fundamentais como a modernização que promoveu alterações nos moldes produtivos das atividades agrícolas, no pacote tecnológico que envolve: corretivo de acidez do solo, agrotóxicos, maquinários, assistência técnica e com pesquisa além de crédito rural.

As atividades agropecuárias resultam em alterações ambientais decorrentes da conversão de ecossistemas para áreas cultivadas, onde posteriormente podem se tornar degradadas por práticas de manejo inapropriadas, podendo impactar por décadas os problemas ambientais e socioeconômicos (PEREIRA et al., 2018).

Segundo Da Fonseca e Santos (2009), uma das vantagens do uso das pastagens é a correlação do potencial produtivo das gramíneas forrageiras em ênfase ao baixo custo do produto animal. Já DIAS FILHO (2011), diz que no caso dos sistemas confinados a quantidade de resíduos orgânicos é considerada baixa quanto a poluição ambiental em pastagens. Porém como desvantagens do uso de pastagens para a produção animal temos o baixo valor alimentício e a estacionalidade de produção das forrageiras tropicais.

Segundo Dias Filho (2014), as pastagens no Brasil decorrem das condições climáticas e extensão continental, onde se destaca diferentes espécies de forrageiras em todo o país. A produção de forragem está relacionada a fertilidade do

solo juntamente com as condições climáticas, com a intensidade de pastejo e a altura do corte, tendo como influencia a área foliar que fica após o pastejo ou corte, definindo diretamente no processo de rebrota e recuperação da pastagem (CARVALHO et al., 2017).

Para o aumento da produtividade animal, é visto que os processos de manejo adequado juntamente com a adubação de manutenção refletem de forma significativa na produção de forragem (SANTINI et al., 2015). O potencial de aumento da produtividade tem o ritmo de crescimento junto a pecuária e este vem superando o aumento das áreas de pastagens no País, sendo que um indicativo de aumento da produtividade traduz no aumento da capacidade de suporte (DIAS FILHO, 2014).

Para Pellegrini et al. (2010), entre opções em melhoramento e aumento da produção, temos um enfoque no controle de espécies indesejáveis, onde proporciona mais produção da massa de forragem desejáveis e melhorando a capacidade de suporte nas pastagens.

## **2.2- DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS NO BRASIL**

A boa produtividade da pecuária no Brasil está ligada à qualidade e produtividade das forrageiras, levando em conta que a pastagem é o principal alimento e muitas vezes exclusivo para o rebanho bovino brasileiro (MOTA JÚNIOR et al., 2020).

Uma pastagem degradada se define como uma área de acentuada diminuição da produtividade agrícola, tendo em consideração o que se espera da área, onde podeou não perder sua capacidade de manter a produtividade voltada a questão biológica (DIAS FILHO, 2011).

Em relação a degradação das áreas agropecuárias destaca-se à perda de produtividade econômica em termos agrícola, pecuário ou florestal. A degradação ambiental correlaciona-se aos danos ou perdas de populações de espécies animais ou vegetais, ou perda de funções críticas do ecossistema como, as modificações na quantidade de carbono armazenado, quantidade de água transpirada e ciclagem de nutrientes (ARAÚJO et al., 2012).

Tem sido limitante o processo de degradação das pastagens para a pecuária, tirando como foco que apenas a recria e engorda na produção animal em pastagens degradadas é seis vezes menor do que em pastagens em bom estado de manutenção do sistema (SILVA, 2016). Considera-se segundo Dias Filho (2011), uma pastagem degradada em amplas condições dentro de um universo, os extremos dessas condições são denominados “degradação agrícola” e “degradação biológica”.

As atividades antrópicas que impactam diretamente os atributos dos solos nas pastagens e subsequente à degradação, destaca-se o manejo do pasto através do uso do fogo, que mesmo sendo inadequado é bastante utilizado. A utilização do fogo para manejo de restabelecimento de pastagens pode causar alterações físicas e químicas no solo, levando assim a degradação onde o solo tende a uma queda contínua e acentuada da produtividade (ROCHA JUNIOR et., 2013).

O processo de degradação biológica declina a produtividade de pastagens e correlaciona-se a deterioração do solo, assim, ocorre maior quantidade de solo descoberto na área de pastagem, aumentando a erosão e perda de matéria e nutrientes do solo. Quando citamos a degradação biológica do solo indica uma condição mais drástica de degradação da pastagem, pois se correlaciona também a uma condição de degradação do solo (DIAS FILHO, 2011).

Nos ecossistemas de cerrado o tipo de degradação mais frequente que ocorre nas pastagens é a degradação biológica, onde as áreas cobertas pelas forrageiras vão sendo reduzidas de forma gradual, deixando o solo exposto a ações como intemperismo que resultam em erosão, compactação e perda da matéria orgânica (ARAÚJO et al., 2012).

Nota-se que a degradação de pastagens é um problema antigo e, sua reversão é tentada de forma empírica (MEIRELLES, 2003). Muitas vezes a degradação está associada a fatores voltados ao manejo, com causas como: escolha da espécie de forragem, má formação inicial, preparação ineficaz do solo, falta de uso de corretivos e fertilizantes, presença de pragas, doenças e plantas invasoras, manejo animal inadequado ou forma incorreta de métodos de conservação do solo (SILVA, 2016).

Recuperação de áreas degradadas é importante para os fins econômicos, ambientais e técnicos, sendo necessárias melhorias na fertilidade e manejo da planta forrageira, onde a calagem e adubação somam para elevar o nível de

produção e qualidade das pastagens. Quando a área já está altamente degradada é correta a

correção por adubação do solo resultando na recuperação da forrageira (SANTINI et al., 2015).

Por meio da Figura 1 há uma representação de degradação onde Macedo (1999), demonstra o processo crescente no decorrer do tempo quanto a perda da produtividade da pastagem, comparando o processo a uma escada onde no topo há maior produtividade e descendo os degraus tem-se uma maior utilização da pastagem, avançando o nível da degradação.



Figura 1 – Representação gráfica de fases da perda produtiva de pastagem em seus processos de degradação no decorrer do tempo (Macedo, 1999).

Fonte: Macedo, 1999

No processo de degradação do solo observa-se que ações de recuperação e renovação trazem respostas mais dispendiosas, contudo o final do processo resulta na ruptura dos recursos naturais, degradação do solo com diminuição das taxas de infiltração, menor retenção de água e consequentemente causando erosão e assoreamento em lagos e rios (DIAS FILHO, 2011). É difícil detectar o início do processo de degradação nas pastagens, muitas vezes a produção de forragem já está comprometida quando se detecta a degradação, os fatores ligados à degradação relacionam-se ao manejo das pastagens (SILVA, 2016).

Segundo o estudo realizado pela UFG (2017), o cálculo do índice de degradação das pastagens baseados nos dados do CAR (Cadastro Ambiental Rural), demonstram que houve uma redução no número de propriedades classificadas com degradação severa e moderada, e aumentando expressivamente também a classenão degradada como mostra a Figura 2 entre os anos de 2010 a 2018.

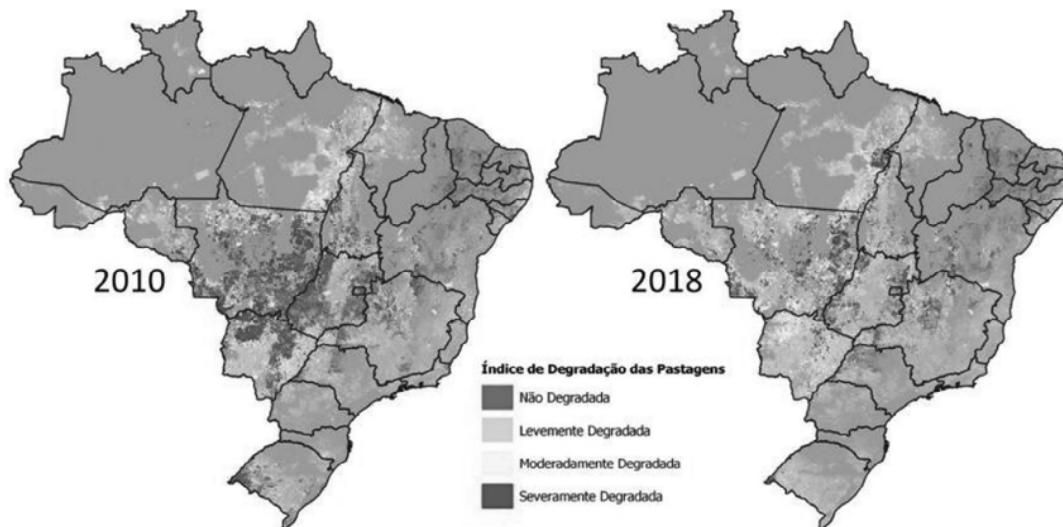


Figura 2 – Índice de degradação das Pastagens – IDP, para as propriedades rurais do Brasil, tendo por referência a base do Cadastro Ambiental Rural – CAR. (UFG, 2020).

Portanto verifica que entre os anos de 2010 a 2018, houve uma significativa melhora na qualidade das pastagens quanto aos níveis de degradação, isso correlaciona-se de acordo com Dias Filho (2011) há ações de recuperação, mudanças na forma de manejo, melhorando a cobertura e nutrientes do solo entre outros.

### 2.3 GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DAS PASTAGENS

As técnicas de geoprocessamento com uso de dados coletados por sensores imageadores permitem um diagnóstico para geração de mapas de uma forma dinâmica (SILVA, 2016). Estudos que retratam levantamento dos níveis de degradação nas pastagens através de imagens de satélite têm mostrado dados que revelam estes índices alterados pela perda de solo e água, além da baixa

capacidade produtiva, ficando suscetível ao ataque de doenças, pragas e plantas invasoras (SAMBUICHI et al., 2012).

O sistema de informações geográficas (SIG) facilita o monitoramento do uso do solo, com técnicas que favorecem informações pontual e temporal, reparação e readequação dos usos; favorecendo implementar práticas conservacionistas de acordo com a aptidão agrícola e considerado suas potencialidades e limitações (BARÃO et al., 2021).

A vegetação, a água e o solo são os principais alvos da superfície da Terra. Eles absorvem e refletem as radiações eletromagnéticas em função de suas propriedades específicas, contudo o comportamento espectral da cobertura vegetal e dos solos destaca o uso e aplicação do sensoriamento remoto (SILVA, 2016).

O uso de técnicas para obtenção de informações do sensoriamento remoto, permite a obtenção de dados da superfície terrestre, onde captam e registram de forma refletida a depender da localização dos sistemas de sensores o processo de aquisição de dados terrestres, suborbital e orbital, nos quais os satélites se empregam (SILVA, 2014).

Segundo Mendes (2015), o geoprocessamento oferece informações qualificadas do relevo, da sua estrutura superficial e da fisiologia das paisagens de forma gratuita destes dados quanto da qualidade deles. Os dados obtidos pelos satélites/sensores estão diretamente ligados ao seu processamento com representações da topografia por meio de modelos digitais com relação a sua praticidade e eficiência para satisfação dos objetivos das pesquisas.

O geoprocessamento por meio dos sensores de satélites capta imagens de forma contínua abrangendo grandes áreas e fornecendo informações atuais com técnicas de interpretação visuais e de processamento de imagens (SILVA, 2016).

Os estudos das pastagens se tornam eficaz com o processo de mapeamento e monitoramento, a utilização de imagens adquiridas em diferentes datas permitem a diferenciação, avaliando a qualidade de pastagens em diversas regiões e detectando pastos degradados e intervenções para melhoria da produção (MANABE et al., 2018). O uso de sensores a bordo dos satélites permite o mapeamento de áreas para entender e monitorar o processo de melhoria das pastagens. Utilizando séries temporais e combinação de índices de vegetação do sensor MODIS, Jakimow et al., (2018).

Segundo Silva et al. (2017), o sensoriamento remoto se destaca como ferramenta importante, onde os dados de sensor remoto soma ao suporte os estudos sobre a superfície da Terra, destacando na obtenção de informações temporais – dados da série Landsat 5 TM (Thematic Mapper), pontuando assim informações que permitem mapear e qualificar as informações das áreas imageadas.

Outras aplicações de dados óticos da série Landsat, está a observação das propriedades da superfície da Terra com resoluções que detectam em boa escala espacial) as áreas de cultivo, intensidade de pastejo, degradação das pastagens, rebrotas e florestas e até áreas queimadas (SILVEIRA et al., 2015). Dados dos sensores *Moderate Resolution Imagig Spectroradiometer* (MODIS/ Terra), *Thematic Mapper* (LANDSAT 5 TM) e *Operational Land Imager* (LANDSAT 8 OLI), avaliam a qualidade de pastagens usando séries temporais de índice de vegetação do sensor MODIS, destacando pastos degradados e possíveis intervenções para melhorar a produção (MANADE et al., 2018).

Para detectar os diferentes manejos Jakimow et al. (2018), destacam a utilização de um conjunto de séries temporais que classificam as áreas que sofreram queima, rebrote e revolvimento do solo, caracterizando o padrão espectro temporal de diferentes manejos em regiões distintas para uma identificação de pastagens com diferentes produtividades.

O uso do sensoriamento remoto unido as técnicas de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index ou Índice de Vegetação por diferença normalizada) tem proporcionado um bom sinal da vegetação, oferecendo contraste com outros objetos da superfície da Terra, com grande potencial de utilidade para agricultura ( ANDRADE,2014).

Por meio da Figura 3, observa que a aplicação do NDVI permitiu avaliar o efeito da sazonalidade e o vigor vegetativo de pastagens, podendo ter maiores valores em períodos chuvosos e de maior cobertura da vegetação, quando comparados ao período seco com vigor vegetativo mais baixo (SILVA et al., 2017).

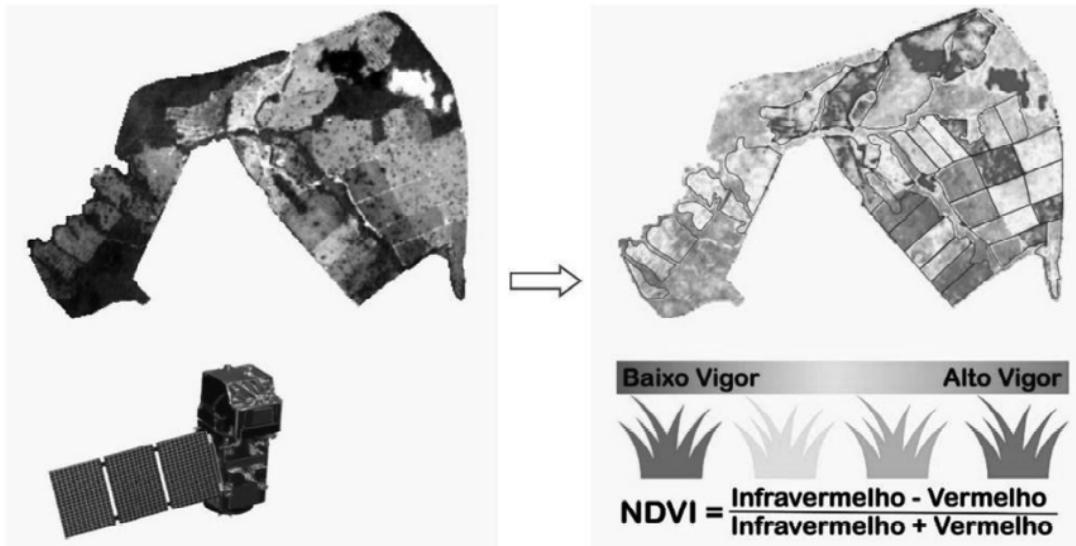


Figura 3 – Normalized Difference Vegetation Index, calculado a partir de imagem de satélite em áreas de pastagem, para uma propriedade rural no estado de Goiás (UFG, 2020).

O uso dos sensores remotos permitem a avaliação da qualidade das pastagens em grande proporção, sendo preciso uma abordagem robusta para minimizar as flutuações no NDVI, isso devido as variações espaço-temporais nas condições ambientais (vegetação, solo e clima), assim entendidas como mudanças da qualidade das pastagens (UFG, 2020).

### 3.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pastagens possuem um papel fundamental em toda a produção agrícola e na pecuária do Brasil, garantem um baixo custo de produção de carne bovina. As áreas já desbravadas para a agricultura e pecuária vem sofrendo impactos, o que condiciona a necessidade de estudos e diagnósticos para minimizar e/ou recuperar pastagens em degradação.

Os indices produtivos das pastagens degradadas no Brasil é preocupante, porém de outro lado é visto com potencial de aumento da produtividade com a recuperação dessas áreas por meio de técnicas de geoprocessamento que ampliam os estudos, destacando a capacidade de melhoria da cobertura do solo com uso de técnicas capazes de minimizar os impactos como os manejos adequados.

O uso do sensoriamento remoto é uma ferramenta útil no mapeamento de quantificação das áreas bem como a qualidade das pastagens, permitindo relatórios e medidas de recuperação da capacidade produtiva das mesmas.

#### 4.0 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; DIAS FILHO, M. B.; KER, J. C.; & SANTOS, M. V. Degradação de pastagens: aspectos conceituais, avaliação e alternativas de recuperação. ARAÚJO, EA; LANI, JL (Organizadores). Rio Branco: SEMA, p. 36-49, 2012.

BARÃO, W. N.; MELLONI, E. G. P.; PONS, N. A. D.; TEIXEIRA, D. L. S. Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo em microbacias do município de Senador Amaral–MG. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 01, p. 439-454, 2021.

CARVALHO, W. T. V.; MINIGHIN, D. C.; GONÇALVES, L. C., VILLANOVA, D. F. Q.; MAURICIO, R. M.; PEREIRA, R. V. G. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. Pubvet, v. 11, p. 0947-1073, 2017.

DA FONSECA, D. M.; SANTOS, M. E. R. Diferimento de pastagens: Estratégias e ações de manejo. Anais..., VII Simpósio e III Congresso de Forragicultura e Pastagens. 1 ed. Lavras: p. 65-88. 2009.

ANDRADE, D. M. Técnicas De Sensoriamento Remoto Em Estudos De Ndvi Do Cultivo De Cana-De-Açúcar No Estado De Alagoas, Anais..., V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG – 2014.

OLIVEIRA, E. R.; SILVA, J. R.; BAUMANN L. R. F.; MIZIARA, F.; FERREIRA, L. G.; DE OLIVEIRA M. L. R. Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro. Sociedade & Natureza, v. 32, p. 626-638, 2020.

DIAS FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 2011. 215 p

DIAS FILHO, M. B. Recuperação de pastagens e segurança alimentar: uma abordagem histórica da pecuária na Amazônia. Bebedouro: Editora Scot Consultoria, 2013.

FERREIRA, G. C. V.; MIZIARA, F.; COUTO, V. R.M. Pecuária em Goiás: análise de distribuição espacial e produtiva. Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 13, n. 2, p. 21-39, 2019.

JAKIMOW, B.; GRIFFITHS, P.; VAN DER LINDEN, S.; HOSTERT, P. Mapping pasture management in the Brazilian Amazon from dense Landsat time series. Remote Sensing of Environment, v. 205, p. 453–468, 1 fev. 2018.

MOTA JÚNIOR, E. R.; TRETIN, C. B.; SILVA, I. S.; QUEIROZ, I. L. C.; TRETIN, A. B. Monitoramento Da Degradação Da Pastagem e a Incorporação De Atividades Agrícolas Na Microrregião Do Médio Araguaia/MT. *Revista Geoaraguaia*, v. 10, n. 2, p. 160-174, 2020.

ROCHA JUNIOR, P. R.; SILVA, V. M.; GUIMARÃES, G. Degradação de pastagens brasileiras e práticas de recuperação. *Enciclopédia biosfera*, v. 9, n. 17, p.17, 2013.

MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In: "Sustentabilidade Da Pecuária De Leite No Brasil" Anais..., Juiz de Fora, 1999.

MANABE, V. D. Métodos para identificação de diferentes manejos de pastagem através de dados de sensoriamento remoto. 2018. 105 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

MEIRELLES, N. M. F. Degradação de pastagens: critérios de avaliação. Encontro sobre Recuperação de Pastagens, 1, Nova Odessa, 2003. Anais... Nova Odessa: OZ,2003.

MENDES, B. C. Mapeamento geomorfológico aplicado ao estudo do uso e coberturada terra no Planalto Central. 2015. p.77

SANTOS, L. C. L.; BRITO, G. H. M.. Delimitação das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio dos patos, go e identificação dos conflitos de uso de solo. *Ipê Agronomic Journal*, v. 2, n. 1, p. 53-60, 2018.

SILVA, E. P. da. Geoprocessamento na discriminação de pastagens degradadas utilizando rede neural artificial em imagem IKONOS II. . 2016. .

SILVA, L. A.; LEITE, M. R.; VELOSO, G. A. Ndi Como Indicador De Alterações Nos Sistemas De Usos Da Terra E No Albedo De Superfície No Município De Várzea Da Palma (Minas Gerais) (Ndi As An Indicator Of Changes In Land Use Systems And Surface Albedo In The Municipality Of Várzea Da Palma (Minas Gerais). *Revista GeoNordeste*, n. 2, p. 76-94, 2017.

SILVA, S. F. Utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão: uma análise bibliométrica. *Nucleus*, v. 11, n. 2, p. Xx-xx. 2014.

SANTINI, J. M. K; BUZETTI, S.; GALINO, F. S.; DUPAS, E.; COAQUILA D. N. Técnicas de manejo para recuperação de pastagens degradadas de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk). *Boletim de Indústria Animal*, v. 72, n. 4, p. 331-340, 2015.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2012. P.53.

SILVEIRA, G. R. P.; CAMPOS, S.; GONÇALVES, A. K.; BARROS, Z. X.; POLLO, R. A. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. *Energia na Agricultura*, v. 30, n. 4, p. 363-371, 2015.

VIBRANS, A.C.; NICOLETTI, A. L.; LIESENBERG, V.; REFOSCO, J. C., KOHLER, L. P. A.; BIZON, A. R. PESSATTI, T. B. Monitora SC: um novo mapa de cobertura florestal e uso da terra de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v. 34, n. 2, p. 42-48, 2021.

PELLEGRINI, L. G. D.; NABINGER, C.; NEUMANN, M.; CARVALHO, P. C. D. F.; CRANCIO, L.A. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e à adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2380-2388, 2010.

PEREIRA, L. F.; FERREIRA, C. F. C.; GUIMARÃES, R. M. F. Manejo, qualidade e dinâmica da degradação de pastagens na Mata Atlântica de Minas Gerais-Brasil. *Nativa*, v. 6, n. 4, p. 370-379, 2018.

UFG. Dinâmica das Pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação – 2010 a 2018. LAPIG, 2020. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio\\_Map1.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/estudo-mostra-reducao-de-26-8-milhoes-de-hectares-de-pastagens-degradadas-em-areas-que-adotaram-o-plano-abc/Relatorio_Map1.pdf)> Acesso 09. out. 2021.

## DINÂMICA DO USO DO SOLO, TOPOGRAFIA E QUALIDADE DAS PASTAGENS POR MEIO DO GEOPROCESSAMENTO

### DYNAMICS OF LAND USE, TOPOGRAPHY AND QUALITY OF PASTURES THROUGH GEOPROCESSING

Glenda Silva Santos Lara, Pedro Rogerio Giongo

#### RESUMO

O uso do geoprocessamento tem sido uma ferramenta útil para monitoramento do uso do solo ao longo do tempo, com estudos de pequena e grande escala, sobre vegetação, caracterização dos solos, estrutura da vegetação, disponibilidade hídrica dentre outros. Assim o objetivo desse estudo foi identificar e quantificar as áreas de pastagens dos municípios da microrregião de Quirinópolis e classificar quanto aos níveis de degradação por meio de dados satelitários e índices de vegetação com o uso do geoprocessamento. A microrregião de Quirinópolis é composta por nove municípios: Gouvelândia, Quirinópolis, Paranaiguara, São Simão, Cachoeira Alta, Caçu, Itarumã, Itajá e Lagoa Santa, possui área total de 16.068,103 km<sup>2</sup>. Os dados de uso e cobertura do solo foram adquiridos pela plataforma do MAPBIOMAS, bem como a extração das áreas de pastagem, para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021. Os dados da qualidade das pastagens foram gerados pelas imagens do satélite Sentinel 2, para obtenção do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), índice de Cobertura Vegetal das Pastagem – CVP, e Índice de Degradação das Pastagens – IDP, para o ano de 2021, as classes de IDP ainda foram utilizadas para identificar as classes de solos e as classes de declive do terreno. Os dados do rebanho bovino obtido na base do IBGE, foi correlacionada com as áreas de pastagem de cada município para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021. Observa que a mudança de uso do solo no período para todos os municípios da microrregião ocorreu com perda das áreas de pastagem e inserção principalmente das culturas da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e da soja (*Glycine max*). Aproximadamente 30% das áreas de pastagem encontram-se nas classes 1 e 2 de IDP, o que são consideradas ótimas, 60% das áreas estão entre as classes 3 e 4, o que caracterizam áreas de média qualidade e baixa degradação, e outros 10% das áreas estão nas classes 5 e 6, consideradas como alto grau de degradação. Aproximadamente 50% das pastagens estão em terrenos com até 8% de declividade, outros 30% em terrenos com 8 a 20% de declividade, e o restante em topografias mais acidentadas. Quanto a classe de solo predominante na região é o Latossolo Vermelho distrófico com mais de 80% de presença nas áreas de pastagens. A maioria dos municípios diminuíram muito o rebanho bovino no período estudado, que em média tem entre 1 a 1,2 UA.ha<sup>-1</sup>. Conclui-se que a qualidade das pastagens em maior parte encontram-se com baixo nível de degradação e em áreas relativamente planas nas classes de Latossolo Vermelho distrófico. As bases geográficas e as ferramentas computacionais por meio do geoprocessamento permitem avaliar e quantificar as pastagens em escala espacial.

**Palavras-chave:** Vegetação; Degradação; Sensoriamento Remoto.

## ABSTRACT

The use of geoprocessing has been a useful tool for monitoring land use over time, with small and large-scale studies on vegetation, soil characterization, vegetation structure, water availability, among others. The objective of this study was to identify and quantify pasture areas in the municipalities of the Quirinópolis microregion and classify them according to degradation levels through satellite data and vegetation indices using geoprocessing. The Quirinópolis microregion is made up of nine municipalities: Gouvelândia, Quirinópolis, Paranaiguara, São Simão, Cachoeira Alta, Caçu, Itarumã, Itajá and Lagoa Santa, with a total area of 16,068.103 km<sup>2</sup>. Land use and coverage data were acquired by the MAPBIOMAS platform, as well as the extraction of pasture areas, for the years 1991, 2001, 2011 and 2021. Pasture quality data were generated by Sentinel 2 satellite images, to obtain the NDVI, Pasture Vegetation Cover Index – PVC, and Pasture Degradation Index –PDI, for the year 2021, the PDI classes were also used to identify the soil classes and terrain slope classes. The cattle herd data obtained from the IBGE database was correlated with the pasture areas of each municipality for the years 1991, 2001, 2011 and 2021. Note that the change in land use in the period for all municipalities in the microregion occurred with the loss of pasture areas and the insertion mainly of sugar cane and soybean crops. Approximately 30% of pasture areas are in PDI classes 1 and 2, which are considered optimal, 60% of areas are between classes 3 and 4, which characterize areas of medium quality and low degradation, and another 10 % of the areas are in classes 5 and 6, considered to have a high degree of degradation. Approximately 50% of pastures are on land with up to 8% slope, another 30% on land with 8 to 20% slope, and the remainder on more rugged topography. The predominant soil class in the region is the dystrophic Red Oxisol with more than 80% presence in pasture areas. Most municipalities greatly reduced their cattle herd during the studied period, which on average is between 1 and 1.2 AU.ha<sup>-1</sup>. It is concluded that the quality of pastures is mostly at a low level of degradation and in relatively flat areas in the dystrophic Red Oxisol classes. Geographic bases and computational tools through geoprocessing make it possible to evaluate and quantify pastures on a spatial scale.

**Key-words:** Vegetation; Degradation; Remote sensing

## INTRODUÇÃO

Uma ferramenta importante no acompanhamento do uso da terra ao longo do tempo é o geoprocessamento, onde os sensores orbitais possibilitam o registro e análise que estimam a produção agrícola, a área plantada e até mesmo apontam de forma importante na identificação da degradação de pastagens (Ferreira e Neto, 2018). Imagens de satélite tem sido cada vez mais utilizados em diversas aplicações, em estudos de pequena e de grande escala, como em estudos sobre

vegetação, caracterização dos solos, estrutura da vegetação, disponibilidade hídrica, nutrientes e ciclo fenológico (Bégué et al., 2018).

O uso das informações por meio do sensoriamento remoto (SR) baseado nas imagens de satélite contribui bastante com diversas pesquisas, mostra-se bem útil e econômico, principalmente quando comparado com técnicas de campo, onde requer um tempo maior para adquirir essas informações, além do alto custo e não leva em consideração a variabilidade espacial-temporal (Arantes et al., 2020).

O geoprocessamento facilita o monitoramento do uso do solo, permitindo uma avaliação pontual e temporal, reparação e readequação dos usos. As geotecnologias favorecem a implementação de práticas de conservação do solo, considerando que estes devem ser utilizados de maneira com que considere suas potencialidades e suas limitações (Barão et al., 2021).

O NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, na sigla em inglês) tem como função analisar as condições da vegetação natural ou agrícola por meio das imagens geradas por sensores remotos. Sendo utilizados para análises de uso do solo, análises de degradação ambiental e análises de qualidade e produtividade de culturas (Sha et al., 2019).

Os índices espectrais estimam informações de condições de produtividade e umidade das vegetações e as relacionam com períodos de secas, o índice de vegetação pela diferença normalizada – NDVI, é bastante útil para o monitoramento dos períodos de secas através de sensoriamento remoto (Bajgain, 2015).

Proposto por Rouse et al., (1974), o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), é utilizado e bem aceitável para análises, sendo possível através do alto grau de detalhamento fornecido pela vegetação fotossintética ativa auxiliando assim o efeito do espectro, diferenciando entre os demais tipos de cobertura do solo.

O NDVI é considerado um indicador numérico que revela a biomassa de determinada área. Os valores próximos a “1” demonstram vegetação mais densa, enquanto valores próximos a “0” demonstram vegetação menos densa. A utilização dessa técnica é relevante, monitora mudanças temporais, analisa o estágio de crescimento da vegetação, diminui os efeitos de sombreamento das nuvens, mudanças na topografia e na diferença de incidência luminosa (Campos et al., 2019).

Esse índice de vegetação é considerado a razão da diferença normalizada pela soma dos valores situados no pico de reflectância no início do infravermelho

próximo e na feição espectral do vermelho que ocorre nos espectros de vegetação, isso quando levado ao refletir a radiação realçada o contraste em intervalos espectrais, favorecendo a visualização. Podendo minimizar efeitos topográficos que variam, de  $-1$  a  $+1$ . Próximo de  $1$ , maior a densidade de cobertura vegetal e  $0$  representa valor aproximado para ausência de vegetação, enquanto que valores negativos representam superfícies com água ou alagadas. De tal forma, permite visualizações detectadas, onde identifique presença de árvores ou a situação a qual elas se encontram (Sousa & Giongo, 2022).

Através das ferramentas de sensoriamento remoto, observa-se destaques cada vez mais eficazes no processo de mapeamento e na identificação de áreas de pastagem, com o nível de qualidade da vegetação de cada região. O Brasil aumentou consideravelmente suas áreas de pastagens, concentrando-se nas regiões da Amazônia e no Cerrado (Giongo et al., 2022)

A pecuária entre meados da década de 1970 teve um grande avanço e ganhou destaque no setor agropecuário na mudança da vegetação nativa em pastagem, devido ao baixo valor das terras, facilitadores em financiamentos e inserção das forragens de boa adaptação ao clima e com a baixa fertilidade dos solos do cerrado. Tais avanços ganharam destaque sem preocupações com o meio ambiente (Sousa & Giongo, 2022).

Segundo Silva et al., (2022) os solos possuem um nível de degradação que reflete no aumento do total de áreas degradadas no processo de desertificação, que além dos efeitos das mudanças climáticas também aumenta os eventos de secas intensas. Ressaltando que a degradação é um dos efeitos do crescimento populacional com relação ao uso da terra.

A degradação envolve diversas alterações tanto físicas, químicas e biológicas no solo. Ocasionalmente redução na capacidade produtiva, erosões, desertificação, salinização, acidificação e movimentos de massa e contaminação dos solos. Assim os estudos da dinâmica de uso e ocupação do solo são primordiais no monitoramento, controle e planejamento do uso da terra; pois possibilitam diagnosticar as causas e propõem compensar as degradações ambientais causadas (Barão et al., 2021).

O NDVI permite uma análise de diferentes manejos, podendo garantir a forma de melhorar a produção e qualidade das pastagens, além de avaliar condições de crescimento, desenvolvimento vegetativo, nível de degradação e também a

mudança de uso e cobertura da terra ao longo do tempo, auxiliando análises quantitativas e qualitativas da cobertura vegetal (SOUZA E GIONGO, 2022).

## **OBJETIVO GERAL**

Identificar e quantificar as áreas de pastagens dos municípios da microrregião de Quirinópolis e classificar quanto aos níveis de degradação por meio de dados satelitários e índices de vegetação com o uso do geoprocessamento.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Obter a dinâmica das áreas de pastagens na microrregião de Quirinópolis do estado de Estado de Goiás por meio dos dados MapBiomas nos anos de 1991, 2001, 2011 e 2021;
- Avaliar a qualidade das áreas de pastagens por meio de índices de vegetação, na microrregião de Quirinópolis - GO, no ano de 2021;
- Identificar e correlacionar as classes de degradação das pastagens de 2021, com as classes de solo e condição topográfica (classe do relevo) na microrregião de Quirinópolis;
- Correlacionar a ocupação do solo por pastagem e a distribuição do rebanho bovino por municípios da microrregião de Quirinópolis - GO.

## **MATERIAL E METODOS**

De acordo com o fluxograma (Figura 1), foram selecionada a base de dados, processamento e apresentação de resultados.

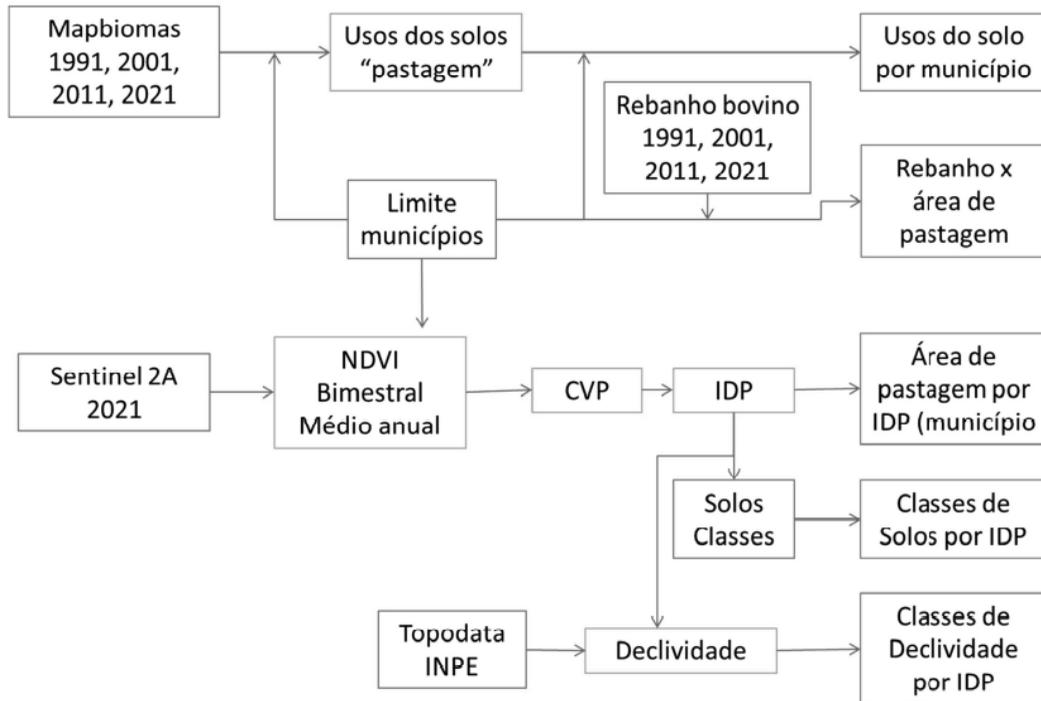
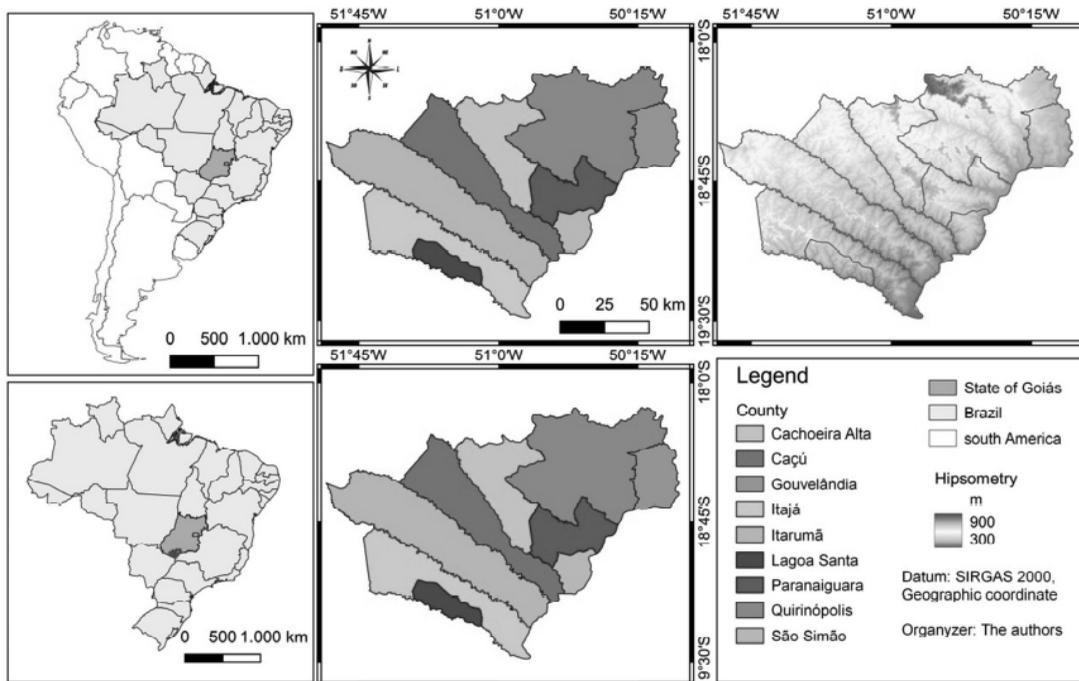


Figura 1: Fluxograma de dados e processamento, para obtenção dos produtos.

A microrregião de Quirinópolis está localizada na região Centro–Oeste do Brasil, e composta por nove municípios: Gouvelândia, Quirinópolis, Paranaiguara, São Simão, Cachoeira Alta, Caçu, Itarumã, Itajá e Lagoa Santa, possui área total de 16.068,103 km<sup>2</sup> (Figura 2).



**Figura 2** - Localização geográfica da área de estudo, América do sul (a), Brasil (b), municípios da Microrregião de Quirinópolis-GO (c), hipsometria da região (d) e caracterização climática da região Köpen-Geiger (e).

### Área de pastagens

As áreas de pastagem correspondente a área de estudo, foram obtidas por meio do banco de dados do MAPBIOMAS, que permite consulta e acesso dos dados de uso e cobertura do solo, dentre os anos de 1991 a 2021 sendo computados com intervalos de 10 anos (MAPBIOMAS, 2022).

Para a obtenção das áreas de pastagem foi utilizado o banco de dados do MAPBIOMAS (MAPBIOMAS, 2022), que permite a consulta e acesso dos dados geográficos de uso e cobertura do solo, por unidade de área (imagem raster). Os dados da coleção 6, estão disponíveis em resolução de 30x30m, para os anos de 1985 a 2021 (uma imagem por ano). Para este trabalho, serão considerados apenas a imagem de 1991, 2001, 2011 e 2021, sendo extraído a classe de pastagem (classes 15), que compreendem pastagem.

As imagens da classe pastagem foi convertida em vetor (polígonos) e posteriormente utilizada para recortar as áreas correspondentes por município e por ano avaliado. Os valores de área correspondem a dinâmica de alteração quantitativa de uso da classe pastagem em cada município, e são utilizados para avaliar o aumento ou diminuição da área absoluta e relativa por município. Todos os

processamentos de imagens e arquivos geográficos foram realizados no software QGIS v.3.22.

### **Determinação da cobertura vegetal**

Os dados satelitários para a execução do projeto foram coletados por meio de imagens do satélite Sentinel 2A, para cálculo dos índices de vegetação, NDVI e posteriormente o Índice de Degradação das Pastagens - IDP.

As imagens são processadas por meio do GEE (*Google Earth Engine*), o qual é realizado um filtro das imagens por bimestre do ano de 2021. Em cada bimestre será obtida um mosaico com a média dos valores de pixel das imagens, eliminando aqueles pixels que apresentam cobertura de nuvens, de acordo com a imagem qualidade, que identifica o percentual de nuvens no pixel (banda QA60). Após o mosaico e média dos pixels no período avaliado, é calculado o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), para o 1º bimestre (janeiro e fevereiro), 2º bimestre (março e abril) e assim sucessivamente até o 6º bimestre, todas do ano de 2021. Foi realizado o download das imagens para o drive e posteriormente inseridas no software QGIS v.3.22, para tratamento das imagens, geoprocessamento e extração dos dados estatísticos.

O NDVI é calculado para cada pixel da imagem, conforme equação de Rouse et al., (1974):

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IVP}-\text{V})}{(\text{IVP}+\text{V})} \quad (\text{Equação 1})$$

em que:

IVP é a banda do Índice de Vermelho Próximo, e V é a banda do Vermelho.

Para avaliação da qualidade das pastagens, quanto ao índice de degradação da Pastagens, é utilizada a imagem de NDVI médio anual (2021), como sendo a média das 6 imagens bimestrais.

A imagem da classe pastagem (raster) após convertida em vetor (polígonos) foi utilizada para recortar as imagens de NDVI bimestrais e NDVI médio anual correspondente a cada município.

Os valores de NDVI médio anual foram utilizados na obtenção da Cobertura Vegetal da Pastagem (CVP) da área correspondente a cada pixel da imagem (GAO et al., 2006):

$$CVP = \frac{(NDVI - NDVI_s)}{(NDVI_v - NDVI_s)} \times 100\% \quad (\text{Equação 2})$$

em que:

NDVI<sub>s</sub> = menor valor (0,16) de NDVI encontrado entre os pixels representativos de áreas da pastagem; e NDVI<sub>v</sub> = maior valor (0,81) de NDVI encontrado entre os pixels da área de pastagem.

Seis classes de nível de degradação de pastagem foram definidas com base no CVP: 1 - (CVP > 60%); 2 - (CVP entre 50 e 60%); 3 - (CVP entre 40 e 50%); 4 - (CVP entre 30 e 40%); 5 - (CVP entre 20 e 30%) e 6 - (CVP < 20%).

Essas classes foram utilizadas como parâmetros de entrada na Equação 3 para o cálculo do Indicador de Degradação de Pastagem (IDP), adaptado de GAO et al. (2006).

$$IDP = \sum_{i=1}^6 D_i \times A_i \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$D_i$  = número da classe de degradação (1 a 6),  $A_i$  é a área de distribuição do nível de classificação  $i$ , e  $A$  é a área total de pastagens da área de estudo.

A condição de degradação da pastagem referente ao IDP é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Avaliação do estado da cobertura vegetal por meio do estabelecimento de índices de degradação da pastagem (IDP) distribuído em seis categorias para as áreas de pastagens.

IDP	classe	Categoria de degradação da pastagem
$0 < IDP \leq 1$	1	Não-degradada
$1 < IDP \leq 2$	2	muito baixo
$2 < IDP \leq 3$	3	baixo
$3 < IDP \leq 4$	4	moderado
$4 < IDP \leq 5$	5	Fortemente degradada
$5 < IDP \leq 6$	6	Extremamente degradada

Fonte: Adaptado de GAO et al. (2006).

No software QGIS foram separados os arquivos geográficos correspondente a cada classe de IDP, por município, para permitir os cálculos da área absoluta e relativa das classes de IDP por município.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos mapas de distribuições de uso e cobertura do solo representadas na Figura 3 correspondem aos municípios da microrregião de Quirinópolis, nos anos de 1991, 2001, 2011, e 2021. É possível observar que houve um significativo avanço no período para a classe de uso de da Cana-de-açúcar de forma crescente na maioria dos municípios, entre 1991 (Figura 3a) a 2021 (Figura 3d) a qual avançou para os municípios os quais detinham como uso do solo predominante a pastagem.

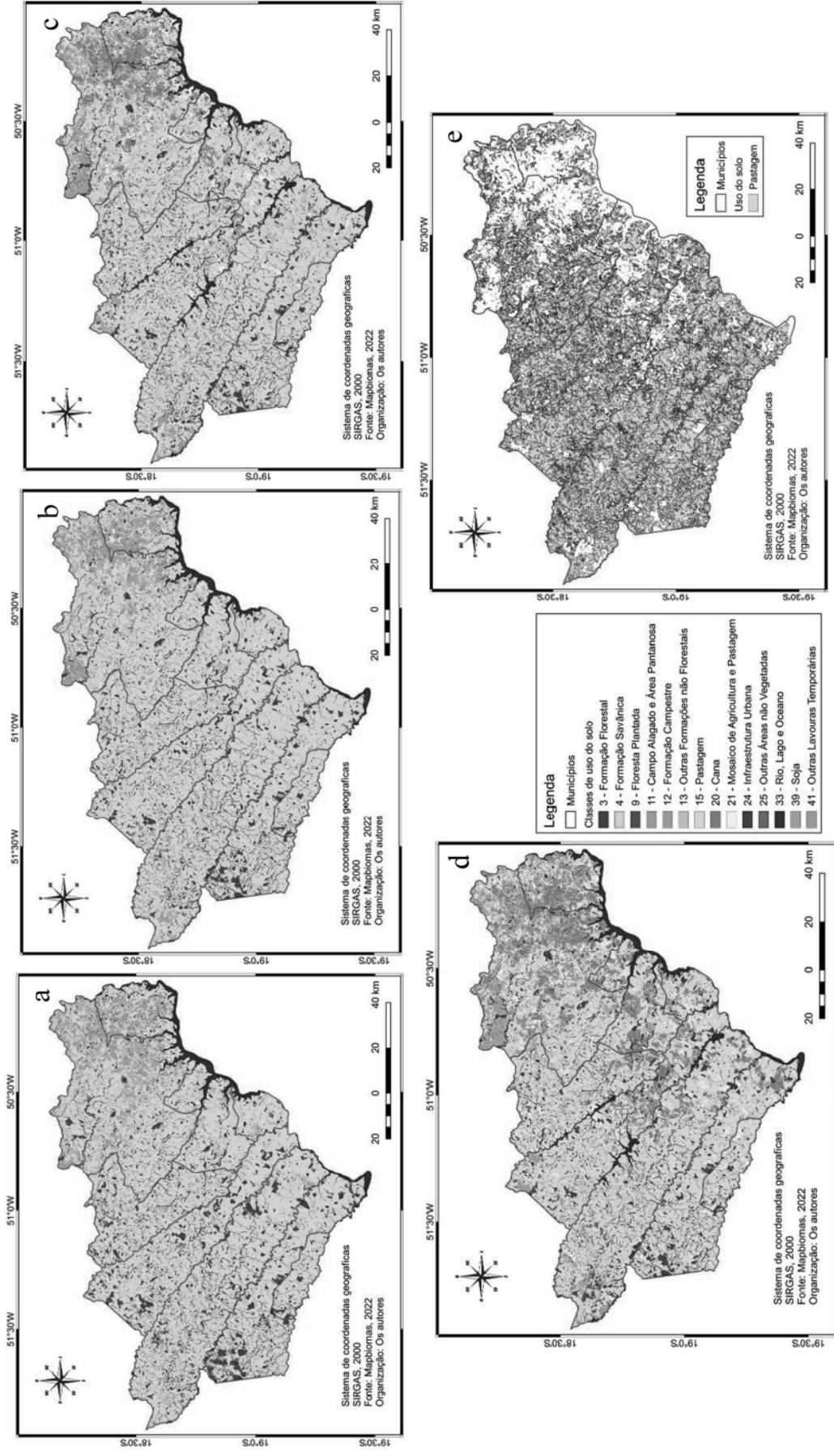


Figura 3: Mapas temáticos de uso e cobertura do solo para os anos de 1991 (a), 2001 (b), 2011 (c) e 2021 (d), áreas de pastagem 2021 (e), para os municípios da micro região de Quirinópolis, GO

Em 1991, como é possível visualizar na Figura 3a, assim como os percentuais de distribuição das classes de uso por municípios (figura 4) todos os municípios da micro região de Quirinópolis tinham como principal classe de uso do solo a pastagem, e apresentaram uma mudança de uso do solo, até o ano de 2021 (Figura 3d), com relativa subtração da classe de pastagem para expansão principal das classes de Cana-de-açúcar e soja, destacando os municípios de: Quirinópolis, Gouvelândia, Paranaiguara, São Simão, Caçu, Itarumã e Itajá.

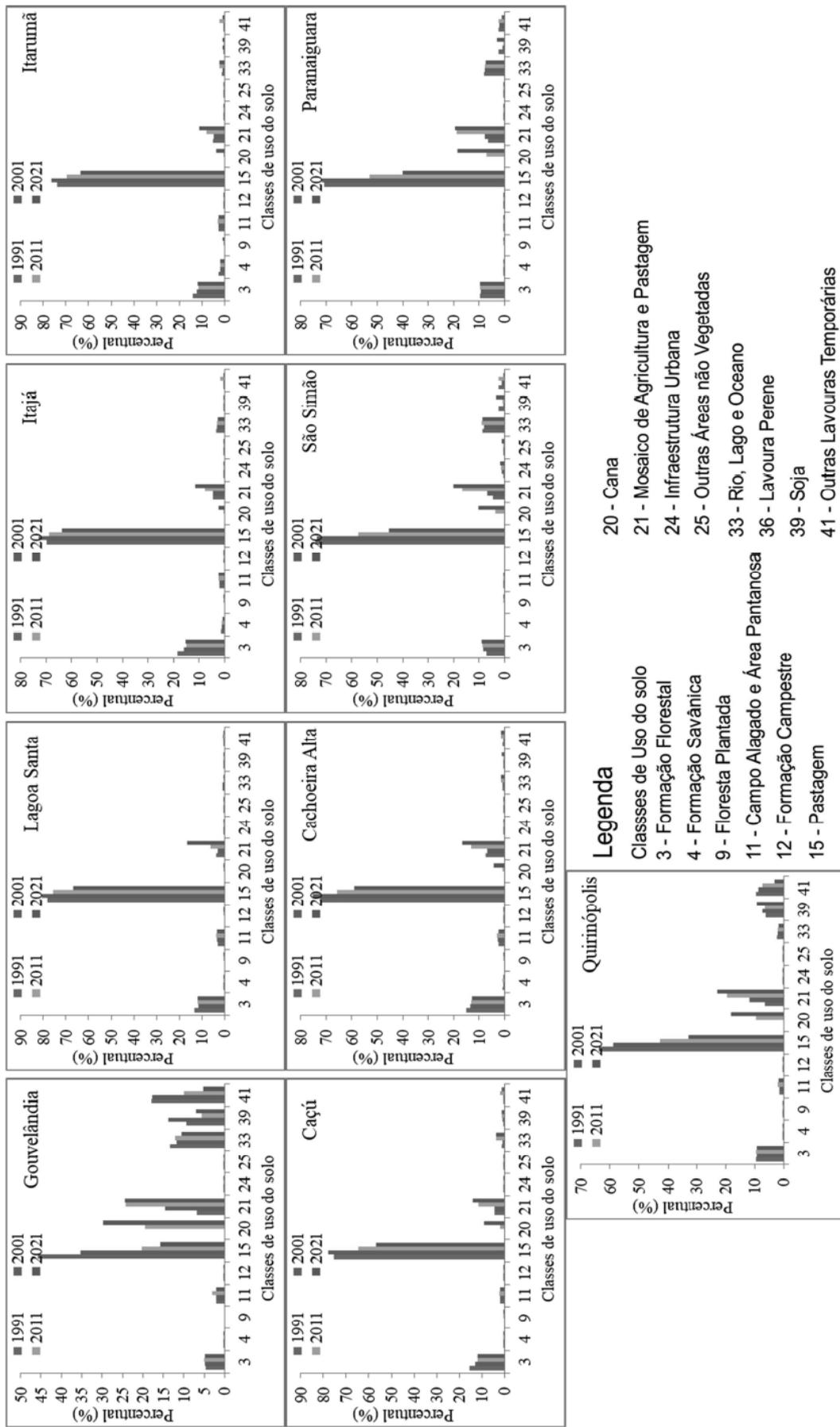


Figura 4: Distribuição percentual das classes de uso do solo, dos municípios da micro região de Quirinópolis, para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021.

Ainda com relação a análise dos usos dos solo entre 1991 (Figura 3a) a 2021 (Figura 3d) houve significativa mudança do uso e cobertura do solo na região, destacando a redução de áreas de pastagem assim como da classe de formações não florestais, e o crescimento das áreas de cana, soja, além das áreas urbanas nos municípios. Os avanços de expansão de cana-de-açúcar e a cultura da soja em áreas de pastagens também foi observada por Defante et al. (2018) no estado do Mato Grosso do Sul, e por Lima et al. (2020) nas regiões da amazonia e do pantanal.

Observa por meio da Figura 3d (2021) e 3a(1991), que alguns municípios perderam grandes áreas de pastagens, com destaque a Gouvelândia, Paranaiguara, Quirinópolis e São Simão. As perdas de áreas de pastagem estão associadas a introdução das culturas de soja e cana, assim como ocorreu com o avanço da cana-de-açúcar e da soja no estado do Mato Grosso do Sul tendo sido bastante significativo (Defante et al., 2021), porém não favoreceu para o aumento de pastagens em outras regiões do Brasil.

Por meio da Figura 4 observa a distribuição relativa de uso do solo por classes dos municípios da microrregião de Quirinópolis, para os anos de 1991, a 2021. É notório que a classe de pastagem (15), apresenta uma significativa diminuição de uso em todos os municípios da microrregião, tendo casos de redução de até 30% na área de pastagens como no caso de Gouvelândia.

Segundo estudos de Trentin et al. (2021), na microrregião do Médio Araguaia as alterações ocorridas entre 1998 e 2018 nas áreas de pastagem foram visivelmente significativas, que também apresentou redução de aproximadamente 9% em áreas com pastagem na microrregião.

A Figura 5 representa o NDVI médio bimestral de 2021 das áreas de pastagem. Observa que o efeito da sazonalidade das chuvas tem forte influencia na resposta da cobertura vegetal das pastagens, em que os meses chuvosos tem o NDVI maior, representados na Figura 5a (primeiro semestre), Figura 5b (segundo semestre), e Figura 5f (sexto semestre), época do ano mais chuvosa que conseqüentemente tende a aumentar o vigor e crescimento vegetativo. De acordo com Rinaldi e Rosa (2022), a vegetação de uma área em períodos distintos no ano se comporta de acordo com a precipitação, apresentando no período chuvoso maiores valores de NDVI, com grande presença vegetal em toda a área. Já para os meses secos, há menor desenvolvimento da pastagem,

mostrando que a disponibilidade hídrica tem um papel fundamental para a qualidade ambiental da área.

Na Figura 5e observa os menores valores de NDVI das pastagem, o que corresponde também baixo vigor e desenvolvimento vegetativo, sendo este o o período de extrema seca, (mês de setembro/outubro) e que correspondem ao final do período de seca na região. Muitos trabalhos da literatura evidenciam e enfatizam o efeito do crescimento e desenvolvimento da cobertura vegetal das pastagens quanto ao período das chuvas, que tendem a ter altos crescimentos durante as chuvas e baixo crescimento ou até mesmo efeito de estacionalidade durante o período de secas ( Nobre et al. 2020, Clementini et al. 2020, Campos et al. 2022, Snell et al. 2022).

Por meio da Figura 6 observa-se a distribuição espacial da média do NDVI em áreas de pastagem para o ano de 2021, nos municípios da micro região de Quirinópolis, GO. O NDVI mais baixo foi de 0,16 enquanto que o maior valor foi de 0,81, e destaca por estes valores uma grande amplitude entre a resposta média do NDVI anual em pastagem. Para Yuferev et al. (2022), valores médios anual de NDVI igual a 0,106 são representativos de pastagens extremamente pobres em cobertura vegetal. Citam Giongo et al. (2022) que pastagem com baixo valor médio anual de NDVI, tem fortes probabilidades de serem pobres em qualidades bromatológicas, além da baixa qualidade química dos solo, por outro lado, pastagem com NDVI médio anual alto, apresentam ótimas qualidades bromatológicas, e melhor qualidade química dos solo.

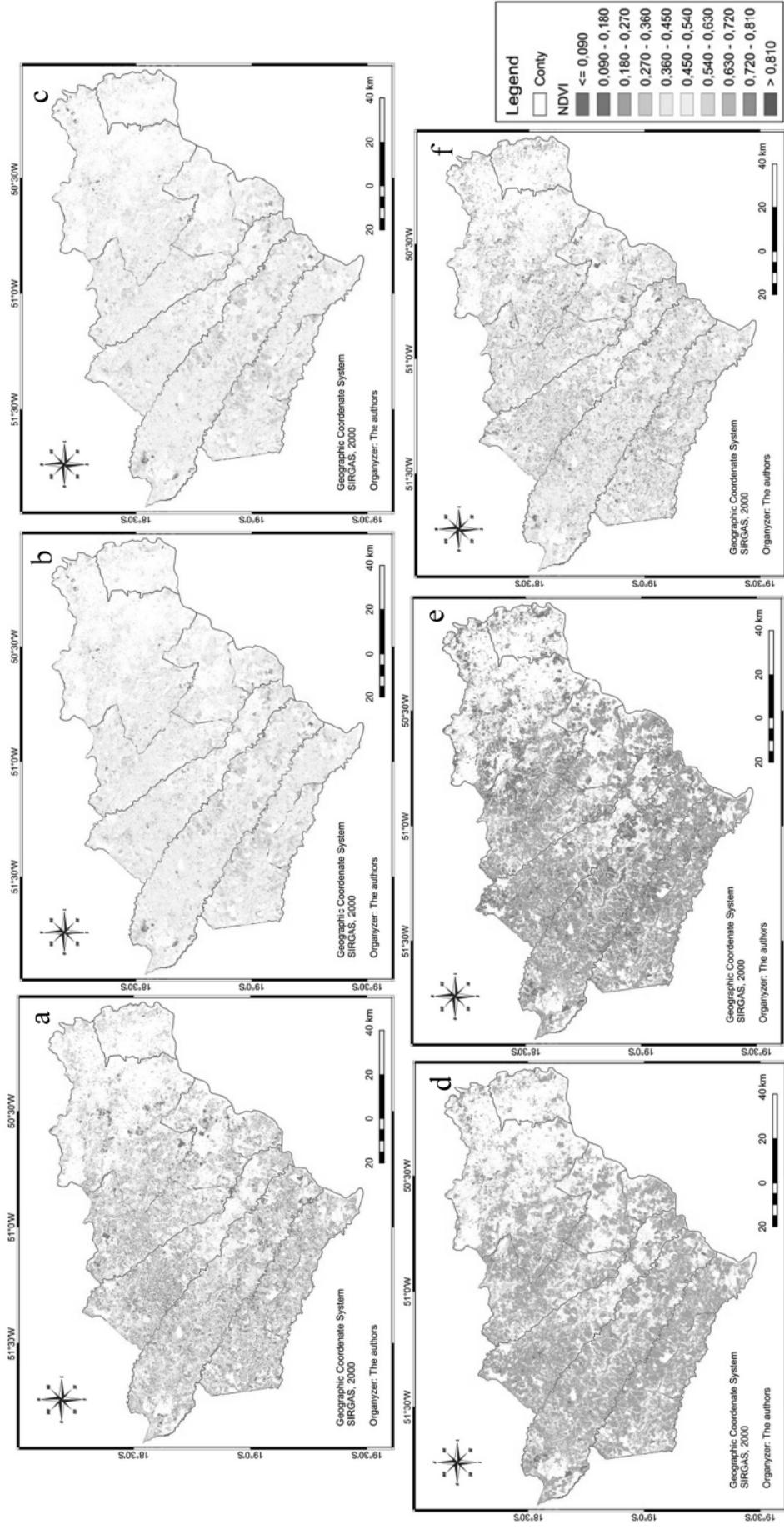


Figura 5: Mapas temáticos da média bimestral do NDVI do primeiro (a), segundo (b), terceiro (c), quarto (d), quinto (e) e sexto (f), dos municípios da micro região de Quirinópolis, GO para o ano de 2021.

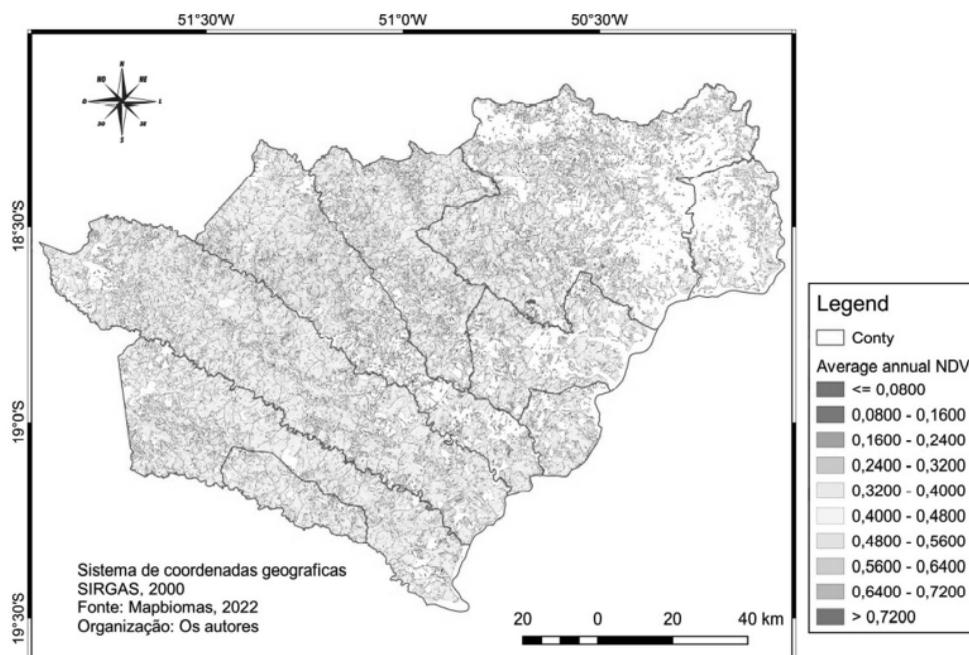


Figura 6: Mapa temáticos da média do NDVI em pastagem para o ano de 2021, dos municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

De acordo com a Figura 7 observa que o índice de degradação da pastagem (IDP) na microrregião de Quirinópolis, apresenta moderada distribuição entre as 6 classes de IDP, seja ela espacial entre os municípios como na micro região como área de estudo.

Como mostra a Figura 8, a microrregião de Quirinópolis apresenta a maior parte das áreas de pastagens com IDP nas classes muito baixo (2), baixo (3) e moderada (4). Com um predomínio da classe baixa degradação (3) com percentual médio de 35% entre as pastagens dos municípios da micro região.

As pastagens que não estão degradadas classificadas como nível de IDP 1 apresentam uma porcentagem entre 5 a 12% nos municípios da microrregião. Observa ainda que baixos ou ausência de degradação (IDP das classes 1 e 2) apresentam em média 30% das áreas de pastagens, com médio nível de degradação (classes 3 e 4) representam em média 60% das áreas de pastagens, enquanto que os altos níveis de degradação (classes de IDP 5 e 6), representam 10% aproximadamente das áreas. As áreas nos menores níveis de degradação são predominantes as de alta degradação, o que caracteriza que a microrregião

apresenta níveis bons de pastagens como pode ser observado nas figuras 7 e Figura 8. Quanto à distribuição nos municípios da microrregião não apresentam grandes variações entre os percentuais de áreas por classes de IDP, mantendo proporções relativas de índices de degradações das pastagens entre todos os municípios. Outros trabalhos que utilizaram imagens de satélite para avaliar a cobertura das pastagens e a degradação também encontraram que entre 60 a 75% das pastagens apresentam de médio a alto grau de degradação como pode ser visto no Estado de São Paulo (Nascimento et al. 2022), no agreste de Pernambuco (Melo et al. (2022), no Oeste do Kazaquistão (Yesmagulova, et al. (2023), assim como avaliação da dinâmica espacial e temporal no Estado de Goiás (Santos et al. (2022).

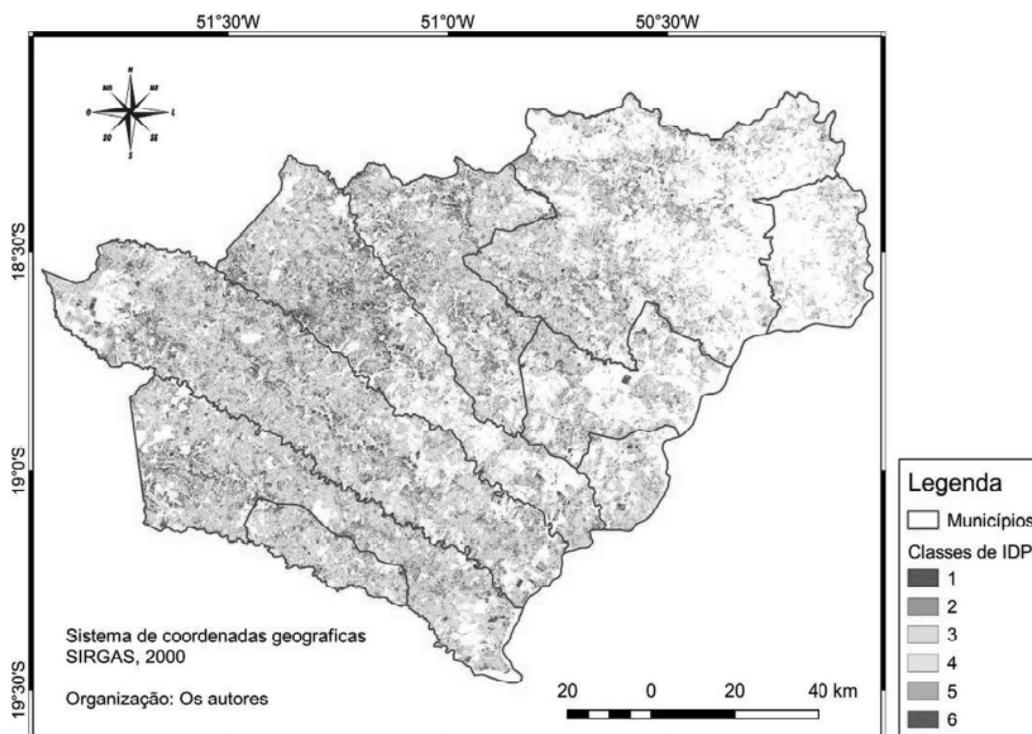


Figura 7: Mapa temático das classes de IDP, para as áreas de pastagem no ano de 2021, para os municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

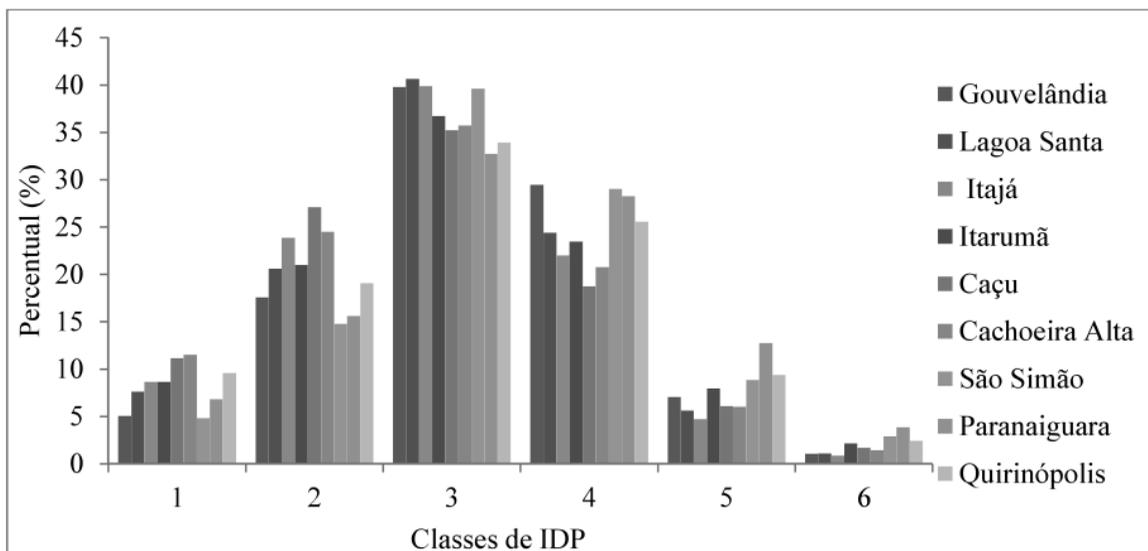


Figura 8: Percentuais de áreas das classes de IDP, para as pastagens no ano de 2021, nos municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

A partir da Figura 9 observa que a distribuição espacial das classes de declividade para os municípios da microrregião de Quirinópolis. Observa ainda na Figura 10 a predominância de ocorrência das pastagens em áreas mais planas como nas classes 1 (0 a 3%) e 2 (3 a 8%), com médias de 20% e 30%, respectivamente. Enquanto que aproximadamente 25% das áreas de pastagens ocorrem em áreas com declividade de 8 a 20%, que caracterizam áreas de média inclinação topográfica, já o restante das áreas (aproximadamente 25%) estão em áreas com declividade acima de 20%), que representam terrenos mais acidentados, e/ou até escarpados.

De acordo com o mapa da Figura 9, pode observar que a classe de declividade escarpado (acima de 45%), representa pequena quantidade de área, mas com predomínio da área de pastagem com classe de IDP 1 (ausência de degradação).

A média de declividade das pastagens entre 0 a 8% (topografia plano a suave ondulado representa aproximadamente 50% das áreas de pastagens. É possível ainda observar uma leve tendência entre as classes de IDP com as classes de declividade, ou seja, aumento da distribuição percentual de áreas de baixo IDP em áreas com maiores declividades do terreno.

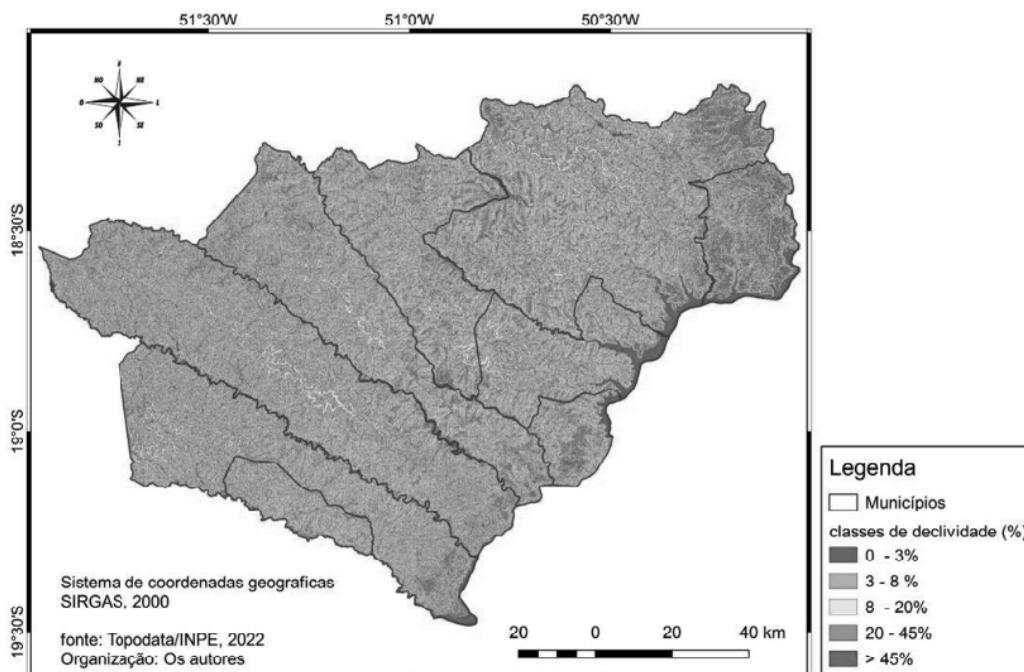


Figura 9: Mapa temático das classes de declividade, para os municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

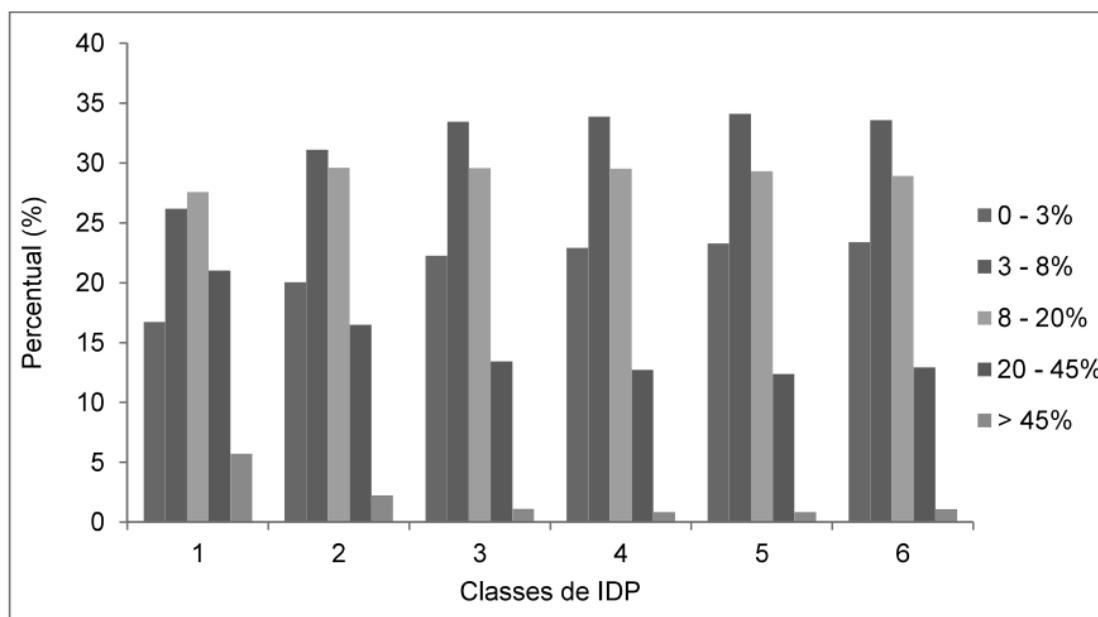


Figura 10: Percentuais das áreas de declividade, para as classes de IDP, das pastagens no ano de 2021, nos municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

Por meio da Figura 11 é apresentado as classes de solos em forma espacial (Figura 11a), bem como a distribuição percentual (Figura 11b) das

classes de solos, para as classes de pastagens quanto ao IDP. Destaca por meio da Figura 11A, que a classe de solo Latossolo Vermelho Distrófico tem aproximadamente 80% da cobertura das pastagens da região, enquanto que as classes de Gleissolos, representam menos de 1% com áreas das pastagens.

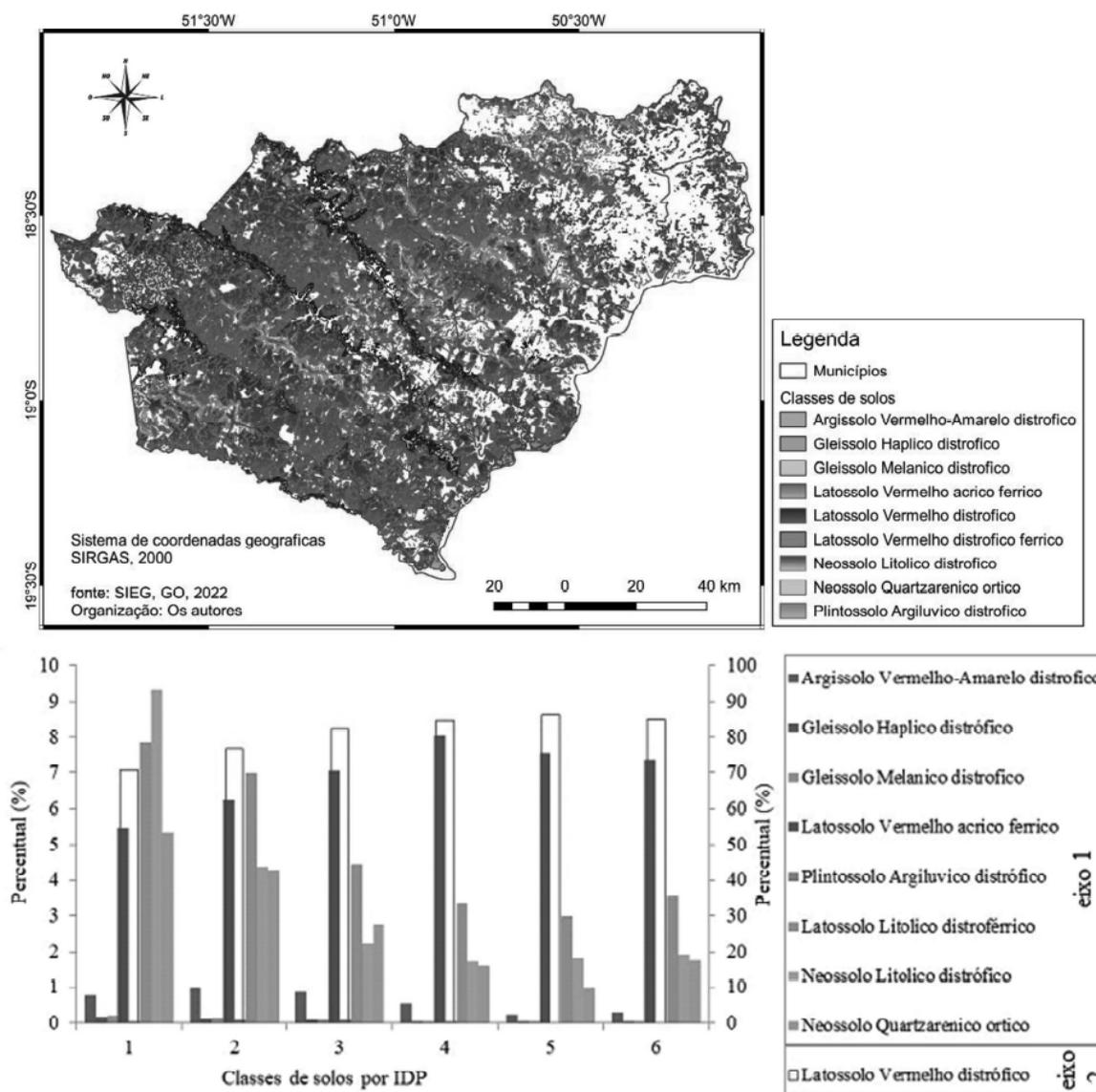


Figura 11: Distribuição das classes de solos em formato espacial (a) e do percentual da classe por classe de IDP das pastagens (b), nos municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

Na Figura 11b, verifica que a distribuição percentual de áreas de pastagem é crescente quanto ao nível de degradação (Classe IDP) na classe de solo Latossolo Vermelho Distrófico que representa a maior quantidade de área. Por

outro lado, as classes de solos: Argissolo Vermelho Amarelo, Latossolo Litólico Distroférico, Neossolo Litólico Distrófico e Neossolo Quartárnico Órtico, (juntas representam menos de 15% das áreas de pastagem), apresentam tendência decrescente do percentual de cobertura de área com pastagem ao aumento da classe de IDP.

Considerando os dados de rebanho bovino na micro região apresentados na Figura 12, houve uma redução considerável na maioria dos municípios, onde Quirinópolis se destaca pelo declínio de rebanho ao longo dos anos. Alguns municípios como São Simão e Lagoa Santa se mantiveram com poucas alterações. Outros ainda como Paranaiguara e Cachoeira Alta tiveram um leve aumento no número de cabeças de bovinos.

Trentin et al (2021) considerou em seus estudos que a redução das áreas ocupadas por pastagens entre 1998 e 2018 na microrregião do Médio Araguaia do Mato Grosso, induziu-se que nas áreas onde ocorre o uso intensivo das pastagens para a produção pecuária, propiciou os processos de degradação da vegetação natural devido ao aumento da lotação animal. Onde esta situação ocorre em áreas de fronteira agrícola que não apresentam o uso e ocupação da terra de maneira consolidada.

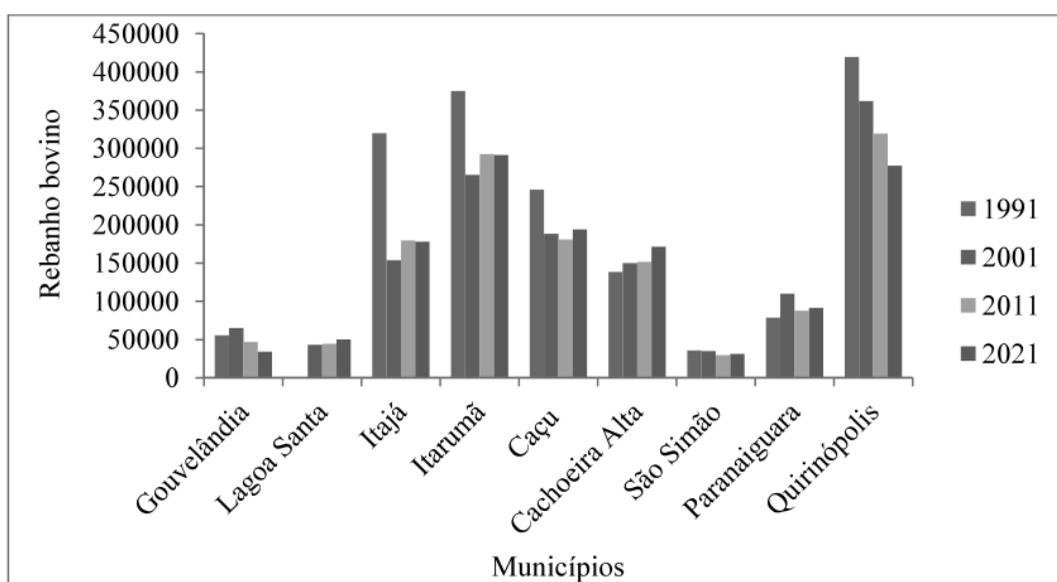


Figura 12: Rebanho bovino por município da micro região de Quirinópolis, GO, para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021.

Fonte: IBGE, PAM, 2022

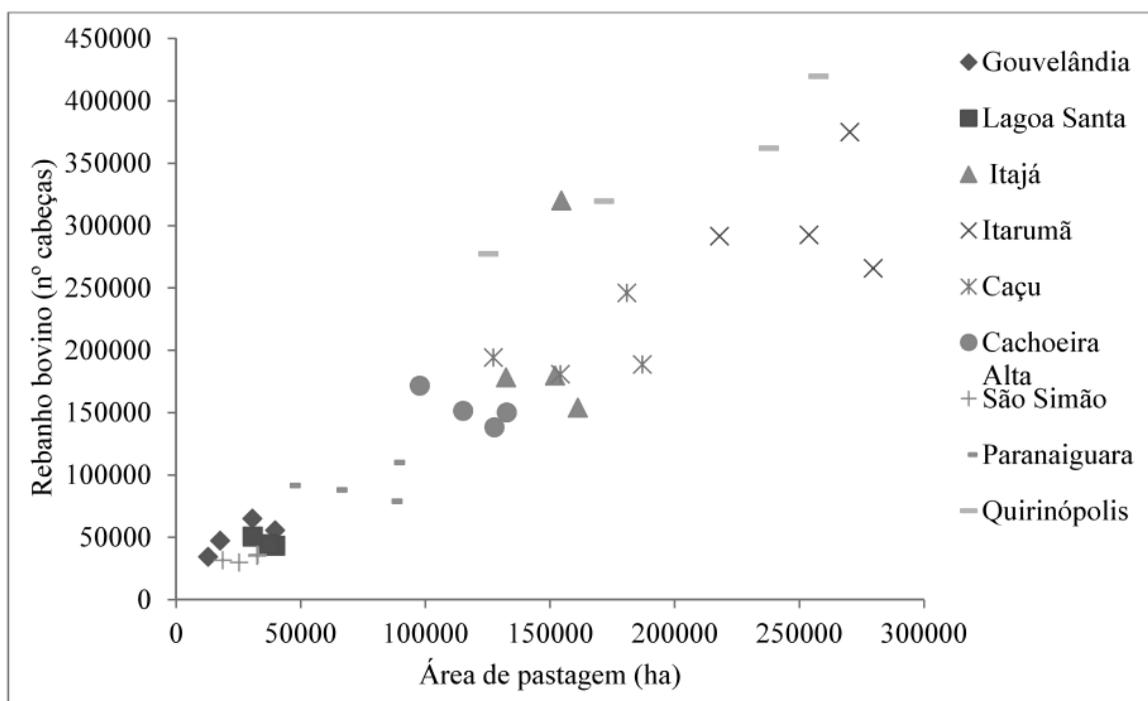


Figura 13: Correlação entre o rebanho bovino (nº de cabeças) e a área de pastagem (ha), nos anos de 1991, 2001, 2011 e 2021 para os municípios da micro região de Quirinópolis, GO.

## CONCLUSÕES

As áreas de pastagens tiveram significativa diminuição entre 1991 a 2021, alguns municípios tiveram redução de até 30% na área de pastagens como no caso de Gouvelândia.

O NDVI médio bimestral de 2021 das áreas de pastagem tem efeito da sazonalidade das chuvas. O NDVI mais baixo foi de 0,16 enquanto que o maior valor foi de 0,81.

A classe baixa de degradação do IDP (3) tem percentual médio de 35% das áreas das pastagens dos municípios da micro região. As pastagens com nível de IDP 1 apresentam uma porcentagem entre 5 a 12% nos municípios. Baixos ou ausência de degradação apresentam em média 30% das áreas de pastagens,

com médio nível de degradação em média 60%, enquanto que os altos níveis de degradação representam apenas 10% das áreas.

A declividade média nas áreas de pastagem dos municípios da microrregião tem a predominância de áreas mais planas nas classes 1 (0 a 3% de declive) e 2 (3 a 8% de declive), com médias de 20% e 30% das áreas, respectivamente, outros 30% das áreas de pastagens ocorrem declividade de 8 a 20%, já o restante das áreas (aproximadamente 10%) estão em áreas com declividade acima de 20%).

A classe de solo destaca-se Latossolo Vermelho Distrófico que tem aproximadamente 80% da área das pastagens da região, enquanto que as classes de Gleissolos, representam menos de 1% com áreas das pastagens.

Quanto ao rebanho bovino houve uma redução considerável na maioria dos municípios entre 1991 a 2021, com redução média de 30% no número de cabeças de bovinos na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arantes L. T., Arantes B. H. T., Giongo P. R., Ceccato G. Z., Moraes V. H., Saito Y. K., Gomes L. F., Castro A. C. De O. Comportamento espectral e detecção de laranjeiras (*Citrus sinensis* L. Osbeck) com estresse hídrico, por meio de drone. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.13, n.07, 2020.

Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., & Zhou, Y. (2015) Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 108, p. 151-160, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.07.004>

Barão W. N., Melloni E. G. P., Pons N. A. D., Teixeira D. L. S. Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao estudo do conflito de uso do solo em microbacias do município de Senador Amaral – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.14, n.01, 2021.

Bégué, A. et al. Remote sensing and cropping practices: A review. *Remote Sensing*, v. 10, n. 1, p. 99, 2018.

Campos, P. N. Da Silva Coutinho, A. V., Da Costa, A. V. D., Da Silva Coutinho, J., Júnior, J. A. L. R., & Das Mercês, M. O. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise do uso e ocupação do solo em uma

área pertencente ao município de Capitão Poço - PA. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 2, n. 5, p. 1792-1799, 2019.

Clementini, C., Pomente, A., Latini, D., Kanamaru, H., Vuolo, M. R., Heureux, A., ... & Del Frate, F. (2020). Long-term grass biomass estimation of pastures from satellite data. *Remote Sensing*, 12(13), 2160. <https://doi.org/10.3390/rs12132160>

Campos, M. O., Cerri, C. E. P., & La Scala Jr, N. (2022). Atmospheric CO<sub>2</sub>, soil carbon stock and control variables in managed and degraded pastures in central Brazil. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 28, 100848. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100848>

Defante, L. R., Vilpoux, O. F., & Sauer, L. (2018). Rapid expansion of sugarcane crop for biofuels and influence on food production in the first producing region of Brazil. *Food Policy*, 79, 121-131. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.06.005>

Ferreira, G. C. V.; Neto, J. A. F. Usos de geoprocessamento na avaliação De Degradação De Pastagens No Assentamento Ilha Do Coco, Nova Xavantina – Mato Grosso, Brasil. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.26, n.02, p.140-148, 2018. DOI: [10.13083/reveng.v26i2.894](https://doi.org/10.13083/reveng.v26i2.894)

Giongo P. R., Morais K. C. De B., Da Silva M. V., Santos A. J. M., Backes C., Ribon A. A., Pandorf H. Chemical and granulometric characterization of soil and its influence on the bromatologic composition of pastures in savannah region, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 114, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103703>

IBGE, 2022 – Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>, acesso dia 06 de junho de 2022.

Lima, M., Da Silva Junior, C. A., Pelissari, T. D., Lourençoni, T., Luz, I. M. S., & Lopes, F. J. A. (2020). Sugarcane: Brazilian public policies threaten the Amazon and Pantanal biomes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v.18, n. 3, p. 210-212. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.06.002>

MAPBIOMAS – *Destaques do mapeamento anual e qualidade de pastagens no Brasil entre 1985 a 2021*. MapBiomias Coleção 6. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>, Acesso em 11 de novembro de 2021.

Melo, M. V. N., de Oliveira, M. E. G., de Almeida, G. L. P., Gomes, N. F., Morales, K. R. M., Santana, T. C., ... & da Silva, M. V. (2022). Spatiotemporal characterization of land cover and degradation in the agreste region of Pernambuco, Brazil, using cloud geoprocessing on Google Earth Engine. *Remote*

*Sensing Applications: Society and Environment*, 26, 100756.  
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100756>

Nascimento, C. M., Demattê, J. A. M., Mello, F. A. O., Rosas, J. T. F., Tayebi, M., Bellinaso, H., ... & Ostovari, Y. (2022). Soil degradation detected by temporal satellite image in São Paulo state, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 120, 104036. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.104036>

Nobre, R. L. G., Caliman, A., Cabral, C. R., de Carvalho Araújo, F., Guerin, J., Dantas, F. D. C. C., ... & Carneiro, L. S. (2020). Precipitation, landscape properties and land use interactively affect water quality of tropical freshwaters. *Science of the Total Environment*, 716, 137044.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137044>

Pellegrini, L. G. D.; Nabinger, C.; Neumann, M.; Carvalho, P. C. D. F.; Crancio, L.A. Produção de forragem e dinâmica de uma pastagem natural submetida a diferentes métodos de controle de espécies indesejáveis e à adubação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, p. 2380-2388, 2010.

Rouse, J.W.; Haas Jr., R..H.; Deering, D.W.; Schell, J. A.; Harlan, J. C. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC type III final report: Greenbelt, Maryland, NASA. 371p. 1974.

Rinaldi, L. A.; Rosa, H. A. Perfil temporal do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em uma área de pastagem. *Revista Cultivando o Saber*, v. 15, p. 215-223, 2022.

Serrano, J.; Shahidian, S.; Marques Da Silva, J. Monitorização da degradação sazonal da qualidade das pastagens no ecossistema do montado mediterrânico: Deteção proximal versus deteção remota. *Água*, v. 10, n. 10, p. 1422, 2018.

Silva M. V. Da; Pandorfi H.; Júnior J. F. De O.; Silva J. L. B. Da; Almeida L. P. De G.; Montenegro A. A. De A., Mesquita M., Ferreira M. B., Santana T. C.; Marinho G. T. B.; Costa A. R. Da; Giongo P. R. Remote sensing techniques via Google Earth Engine for land degradation assessment in the Brazilian semiarid region, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v.120, 2022.

Sha, Z.; Wang, Y.; Bai, Y.; Zhao, Y.; Jin, H. & Meng, X. Comparison of leaf area index inversion for grassland vegetation through remotely sensed spectra by unmanned aerial vehicle and field-based spectroradiometer. *Journal of Plant Ecology*, v. 12, n. 3, p. 395-408, 2019.

Sousa L. F. A. & Giongo P. R. Revisão de literatura: Uso do geoprocessamento na avaliação da degradação de pastagens. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais*, v.11, n.1, p.1-15, 2022.

Santos, C. O. D., Mesquita, V. V., Parente, L. L., Pinto, A. D. S., & Ferreira Jr, L. G. (2022). Assessing the wall-to-wall spatial and qualitative dynamics of the Brazilian pasturelands 2010–2018, based on the analysis of the Landsat data archive. *Remote Sensing*, 14(4), 1024. <https://doi.org/10.3390/rs14041024>

Snell, R. S., Peringer, A., Frank, V., & Bugmann, H. (2022). Management-based mitigation of the impacts of climate-driven woody encroachment in high elevation pasture woodlands. *Journal of Applied Ecology*, 59(7), 1925-1936. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14199>

Trentin, C. B.; Trentin, A. B.; Junior, E. R. M. Mapeamento De Áreas De Pastagem No Bioma Cerrado A Partir De Dados De Satélite. *Humanidades & Inovação*, v. 8, n. 46, p. 23-34, 2021.

Yesmagulova, B. Z., Assetova, A. Y., Tassanova, Z. B., Zhildikbaeva, A. N., & Molzhigitova, D. K. (2023). Determination of the degradation degree of pasture lands in the West Kazakhstan region based on monitoring using geoinformation technologies. *Journal of Ecological Engineering*, 24(1). <https://doi.org/10.12911/22998993/155167>

Yuferev, V. G., Tkachenko, N. A., & Sinelnikova, K. P. (2022). Spectral Characteristics of Desertified Black-Earth Pastures. *Arid Ecosystems*, 12(1), 54-60. <https://doi.org/10.1134/S2079096122010152>