

# VERIFICAÇÃO DO POTENCIAL DE SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DE PASTAGENS DEGRADADAS

José G. de Oliveira Júnior<sup>1\*</sup>, João P. S. Werner<sup>1</sup>, Ana P. S. G. D. Toro<sup>1</sup>, Inácio T. Bueno<sup>1,2</sup>, Júlio C. D. M. Esquerdo<sup>1,3</sup>, João F. G. Antunes<sup>2,3</sup>, Alexandre C. Coutinho<sup>3</sup>, Rubens A. C. Lamparelli<sup>1,2</sup>, Paulo S. G. Magalhães<sup>2</sup>, Daniel H. Shibuya<sup>1</sup>, Lucas F. Joaquim<sup>1</sup>, e Gleyce K. D. A. Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI, UNICAMP, Campinas – SP – dinojr95@gmail.com, j164880@dac.unicamp.br, a265622@dac.unicamp.br, lamparel@unicamp.br, d166222@dac.unicamp.br, lucasfernandoj@hotmail.com, gleyce@unicamp.br;

<sup>2</sup> Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético – NIPE, UNICAMP, Campinas – SP – ibueno@unicamp.br, graziano@unicamp.br;

<sup>3</sup> Embrapa Agricultura Digital, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Campinas – SP – julio.esquerdo@embrapa.br, joao.antunes@embrapa.br, alex.coutinho@embrapa.br

## RESUMO

A crescente demanda mundial por segurança alimentar e meios de produção mais sustentáveis exigem a utilização de sistemas de produção que alcancem maiores taxas de produtividade com mínima degradação do meio ambiente. Tal fato torna os sistemas integrados de produção (por exemplo, a Integração Lavoura-Pecuária – ILP) como possíveis opções mais eficazes mediante formas de monitoramento espaço-temporal eficientes, pois, estes se tratam de sistemas de curto prazo que exibem constantes mudanças de uso e cobertura da terra anualmente. Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial da aplicação de sistemas ILP para a recuperação de áreas de pastagens degradadas no Brasil. A partir da análise conjunta de dados coletados em campo e de dados de plataformas digitais (MapBiomass e SATVeg), os resultados encontrados não só reforçaram a boa eficácia de sistemas ILP para a recuperação de áreas de pastagens degradadas, como também apontaram a boa eficiência desta metodologia para regiões do território brasileiro.

**Palavras-chave** – Sistema ILP, recuperação de pastagens, agricultura regenerativa, MapBiomass, SATVeg.

## ABSTRACT

*The growing world demand for food security and more sustainable means of production requires the use of production systems that achieve higher rates of productivity with minimal degradation of the environment. This fact makes integrated production systems (for example, as the Crop-Livestock Integration - ILP) a valuable option through efficient spatio-temporal monitoring, since they are short-term systems that exhibit constant land use and land cover changes annually. Therefore, this work aimed to evaluate the potential of ILP systems to recover degraded pasture areas in Brazil. From the analysis of both field data and information from digital platforms (MapBiomass and SATVeg), the results found not only reinforced the excellent effectiveness of ILP systems in recovering degraded pasture*

*areas but also indicated the great efficiency of this methodology for regions of the Brazilian territory.*

**Keywords** – ICL system, regenerative agriculture, grazing recovery, MapBiomass, SATVeg.

## 1. INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional mundial acelerado nas últimas décadas, a preocupação pela produção de alimentos necessária para garantia da segurança alimentar tem se tornado cada vez mais evidente [1,2]. Isto está ocasionando uma forte pressão sobre os solos agricultáveis e maiores níveis de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, devido, principalmente, ao emprego de práticas inadequadas de manejo agropecuário como sistemas de monocultivo e de pastagem degradadas, ciclos mais curtos de rotação de culturas, uso excessivo de mecanização agrícola, entre outros [1,3]. Esses fatos culminaram na procura constante, por parte dos produtores agropecuários, por formas mais eficientes de usos dos recursos naturais, como, por exemplo, a utilização de meios de produção que promovam o desenvolvimento sustentável [2,4].

Especificamente em relação ao Brasil, almejando a diminuição das emissões dos gases do efeito estufa, o Governo Federal instituiu no ano de 2011 o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (Plano ABC), que consistiu no uso de tecnologias que garantam benefícios ecológicos como a recuperação de pastagens degradadas, maior fixação biológica do nitrogênio e maior ciclagem de nutrientes no solo [5,6,7]. Por meio desse projeto, os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), mais especificamente os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), que constituem a maior parte entre as modalidades de sistemas integrados utilizados no país, alcançaram ótimos resultados mediante a sua aplicação em áreas com alto nível de degradação do solo presentes nos biomas Cerrado, Pampa e Amazônico brasileiros [2,3,8,9].

Contudo, tais sistemas, por apresentarem rápidas mudanças de uso da terra em uma escala temporal, tornam-se

difíceis de serem monitorados com boa eficiência, dificultando o mapeamento agrícola dos mesmos. Poucos trabalhos conseguiram realizar o mapeamento de áreas de ILP, no entanto, ainda em escala regional [4,7,10,11].

Por outro lado, programas de mapeamento de uso e cobertura da terra como o MapBiomias [12] e o TerraClass [13] são fontes de informações valiosas para a possível identificação de sistemas ILP. Apesar de ambos os projetos não apresentarem a ILP como uma classe temática mapeada, o MapBiomias apresenta uma coleção extensa de dados (1985 - 2021) com variados subprodutos relacionados à análise de diferentes tipos de alvos, como por exemplo, o de qualidade de pastagem [12,14], possibilitando a verificação de recuperação de áreas de pastagens após a adoção da integração, quando aliadas informações de campo de uma área de ILP e suas determinadas práticas de manejo.

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar se o sistema ILP foi capaz de recuperar a capacidade produtiva de duas áreas de pastagem degradadas após sua adoção, através do uso produto de qualidade de pastagem do MapBiomias.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido a partir de duas áreas experimentais pertencentes às fazendas Platina – Santa Carmem/MT (11°55'0”S, 55°6'23”O) e Campina – Caiuá/SP (21°36'52”S, 51°54'32”O), as quais estão representadas na Figura 1. Na Fazenda Platina, o sistema ILP foi utilizado inicialmente como uma forma de recuperação de pastagens degradadas, e atualmente o foco do produtor é a produção de soja na safra de verão e a pastagem para a alimentação do gado no inverno (sistema denominado comumente como “Boi Safrinha”) [7]. Por outro lado, na Fazenda Campina, o sistema ILP foi empregado para a recuperação de pastagens, visando o aumento de produtividade da pecuária de corte [10].

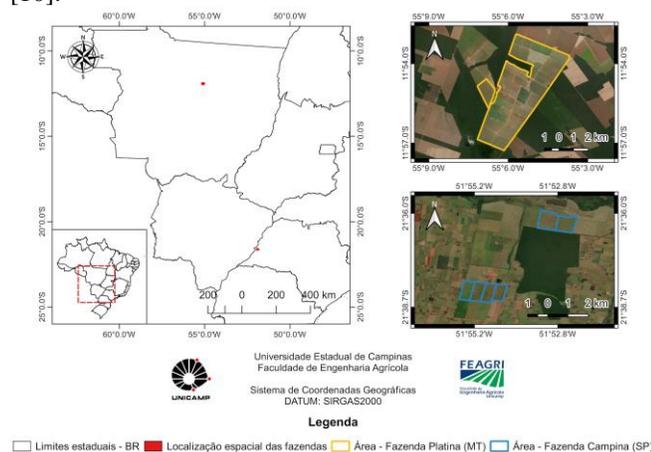


Figura 1. Localização espacial das áreas de estudo.

As informações pertinentes à utilização do sistema ILP nas áreas de estudo foram adquiridas a partir de visitas a campo e do site da Rede ILPF (<https://redeilpf.org.br/>), que consiste em uma iniciativa conjunta de determinadas entidades públicas e privadas para a realização da ampla implantação

de tecnologias de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta por produtores rurais, como parte de um esforço que visa a intensificação sustentável da agricultura brasileira. Os dados das fazendas Platina e Campina, referentes ao ano de implantação do sistema ILP, tamanho da área usada e tipo de manejo agrícola aplicado, encontram-se apresentados na Tabela 1.

Área de estudo	Área (km <sup>2</sup> )	Ano de implantação do sistema ILP	Tipo de manejo agrícola
Fazenda Platina	2.381,00	2015	Soja/Braquiária
Fazenda Campina	3,66	2018	Soja/Braquiária

Tabela 1. Características referentes ao sistema ILP implementado em cada área de estudo.

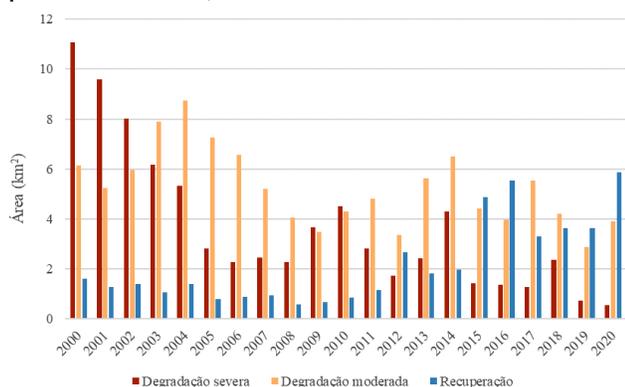
Para a execução do monitoramento das áreas de estudo, foi utilizado o produto de qualidade de pastagem do MapBiomias - Coleção 6 [14], disponível na plataforma digital do Google Earth Engine (GEE) [15]. A partir deste produto, podemos acompanhar a evolução temporal das áreas de pastagens no território brasileiro e recuperação das áreas de pastagens degradadas, durante um período de 20 anos (2000 a 2020), de acordo com três níveis de degradação: Degradação severa, degradação moderada e recuperação [14]. Esses dados foram manipulados dentro do GEE através da própria API (*Application Programming Interface*) do MapBiomias (<https://github.com/mapbiomas-brazil/user-toolkit>).

Além disso, para comprovar o potencial de regeneração das pastagens a partir dos sistemas ILP, também foram utilizados dados mensais pré-filtrados (para datas faltantes e/ou presença de nuvens) de séries temporais do índice de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) do sensor MODIS (satélite TERRA), disponibilizados pelo Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg) [16], onde foi possível detectar o início da implantação do sistema ILP através da alteração dos padrões de assinaturas temporais das curvas espectrais do NDVI.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

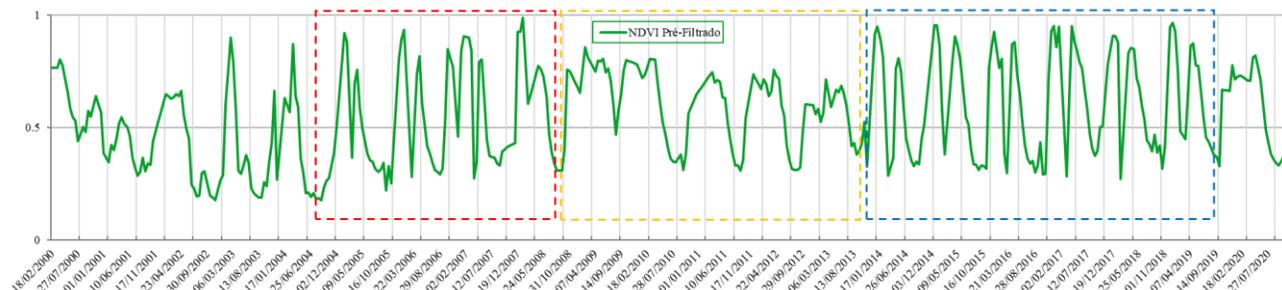
Diante da análise dos dados do MapBiomias e do SATVeg, detectou-se que ambas as áreas de estudo alcançaram uma recuperação das pastagens degradadas devido à aplicação do sistema ILP. Na Figura 2, onde estão apresentadas as informações temporais referentes a Fazenda Platina, os maiores valores de áreas recuperadas variaram entre 3,5 e 6,0 km<sup>2</sup> e estão ligados justamente ao ano em que foi iniciada a implantação do sistema ILP, ou seja, o ano de 2015. Contudo, a área da Fazenda Platina, de forma geral, já apresentava uma diminuição dos níveis de degradação severa das pastagens a partir do ano de 2000, havendo também decréscimo de níveis moderados de degradação entre os anos de 2004 e 2008. Neste período de 9 anos as áreas de pastagens com

degradação severa decaíram de 11,0 km<sup>2</sup> para aproximadamente 2,3 km<sup>2</sup>.



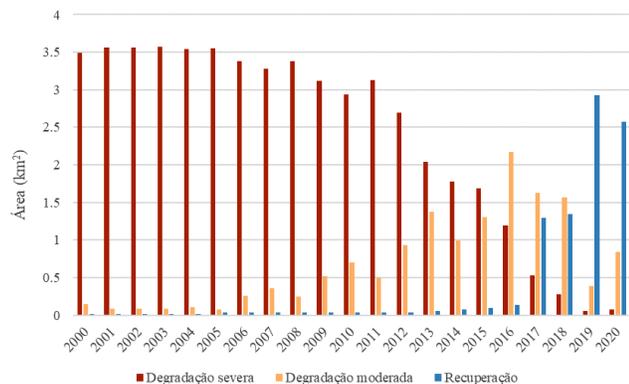
**Figura 2. Análise temporal dos níveis de degradação por unidade de área (km<sup>2</sup>): Fazenda Platina – MT.**

Tal fato pôde ser confirmado pela avaliação dos dados da série temporal média advinda do SATVeg (Figura 3). Onde,



**Figura 3. Série temporal de dados de NDVI do SATVeg para a Fazenda Platina – MT.**

Entretanto, devido à Fazenda Campina – SP apresentar uma predominância percentual maior de áreas com nível de degradação severa em comparação à área da Fazenda Platina – MT, o produto do MapBiomias apresentou resultados mais expressivos no mapeamento espaço-temporal das áreas de pastagens degradadas. A área de estudo da Fazenda Campina – SP se manteve, em sua maior parte, com nível severo de degradação de pastagens até o ano de 2008 (Figura 4).



**Figura 4. Análise temporal dos níveis de degradação por unidade de área (km<sup>2</sup>): Fazenda Campina – SP.**

o produtor utilizou um sistema de produção baseado em agricultura anual de duas safras entre os anos de 2004 e 2008 (período destacado na coloração vermelha que apresenta duas ocorrências de picos duplos de valores do NDVI dentro de um único ano safra) [4,7], o que possibilitou uma diminuição de agentes externos, como o clima e tempo, sobre a degradação do solo. Visto que, a prática do plantio direto é uma forma de promover a agricultura regenerativa, possibilitando maiores taxas de infiltração de água e incorporação de matéria orgânica no solo [2,3].

Por outro lado, esta mesma área foi utilizada como pastagem para gado durante os anos de 2009 a 2013 (período tracejado na coloração amarela), o que resultou em um aumento dos níveis de degradação moderada (Figura 3). [2,3,7] descreveram que as pastagens apresentam maior capacidade de degradação do solo, quando comparadas às culturas agrícolas, pois, parte da biomassa vegetal gerada no campo é consumida pelos animais durante o pastejo.

Baseando-se nos dados do SATVeg (Figura 5), pôde-se afirmar que houve uma mudança de uso e cobertura da terra justamente entre os meses dezembro/2007 e outubro/2008 (região destacada na coloração vermelha), caracterizado pelo cultivo de uma safra de agricultura anual na área de estudo [4]. Posteriormente, a área foi novamente utilizada como pastagem extensiva para o gado (região destacada na coloração amarela) e este ciclo somente acabou após a implantação do sistema ILP na segunda metade do ano de 2018 (região destacada na coloração azul). Através das Figuras 4 e 5, tornou-se possível compreendermos o potencial do sistema ILP na recuperação de pastagens, pois, tais áreas alcançaram os valores de 2,93 e 2,57 km<sup>2</sup> nos anos de 2019 e 2020, respectivamente [2,3,8]. Este estudo trouxe uma análise simplificada sobre o potencial dos sistemas ILP na recuperação de áreas de pastagens degradadas, por meio da verificação do produto de qualidade das pastagens e dados de manejo levantados em campo. No entanto, especificamente para a Fazenda Campina, um estudo mais rigoroso sobre o impacto da implantação da ILP na regeneração da área já foi conduzido entre os anos de 2018 e 2020 [17].

Vale salientar também que os dados do produto do MapBiomias detectaram uma quantidade variável de áreas

com diferentes níveis de degradação em cada ano analisado da série temporal, demonstrando que em alguns anos, a área de estudo da Fazenda Platina deteve diferentes tipos de

manejos agrícolas. Tal fato descreve que ocorreram diversas alterações de uso e cobertura da terra na Fazenda Platina entre os anos de 2000 e 2020.

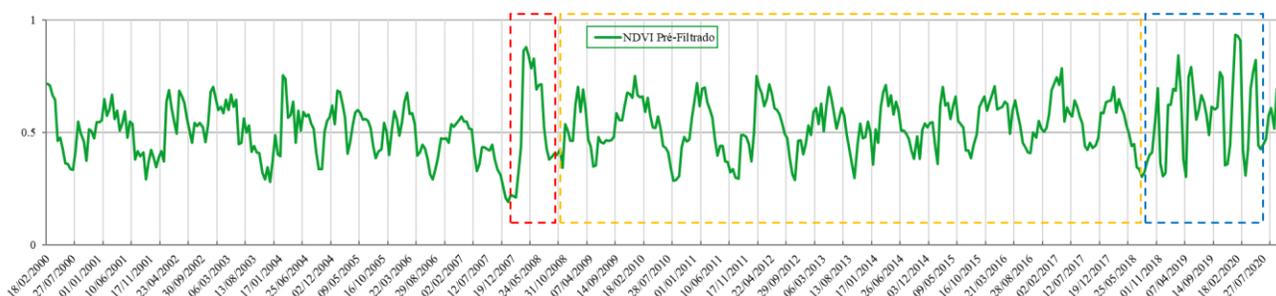


Figura 5. Série temporal de dados de NDVI do SATVeg para a Fazenda Campina – SP.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, concluímos que o sistema ILP apresentou uma ótima capacidade de recuperação produtiva das áreas de pastagem degradadas analisadas nesse estudo. O que também confirmou a aplicabilidade desta metodologia para o monitoramento e a avaliação da implantação de sistemas ILP quanto à recuperação de áreas de pastagens degradadas em outras regiões do Brasil.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] U. Sekaran *et al.* Role of integrated crop-livestock systems in improving agriculture production and addressing food security – A review, *Journal of Agriculture and Food Research*, 5 (v.): 100190, 2021.

[2] A. Moraes *et al.* Chapter 16 - Integrated Crop-Livestock Systems as a Solution Facing the Destruction of Pampa and Cerrado Biomes in South America by Intensive Monoculture Systems. In: *Agroecosystem Diversity*. Academic Press, 2019.

[3] J. C. Salton *et al.* Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 190 (v.): 70-79 (pp.), 2014.

[4] V. D. Manabe, M. R. S. Melo and J. V. Rocha. Framework for Mapping Integrated Crop-Livestock Systems in Mato Grosso, Brazil, *Remote Sensing*, 10 (v.): 1322, 2018.

[5] P. Newton *et al.* Overcoming barriers to low carbon agriculture and forest restoration in Brazil: The Rural Sustentável project, *World Development Perspectives*, 4 (v.): 5-7 (pp.), 2016.

[6] C. O. Santos *et al.* 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 (v.): 1024, 2022.

[7] P. C. Kuchler *et al.* Monitoring Complex Integrated Crop-Livestock Systems at Regional Scale in Brazil: A Big Earth Observation Data Approach, *Remote Sensing*, 14 (v.): 1648, 2022.

[8] M. B. Soares *et al.* Integrated production systems: An alternative to soil chemical quality restoration in the Cerrado-Amazon ecotone, *Catena*, 185 (v.): 104279, 2020.

[9] L. C. Balbino, A. D. O., Barcellos, L. F. Stones. Landmark: Crop-Livestock-Forest Integration; Embrapa: Brasília, 2011.

[10] A. A. Reis *et al.* Monitoring Pasture Aboveground Biomass and Canopy Height in an Integrated Crop-Livestock System Using Textural Information from PlanetScope Imagery, *Remote Sensing*, 12 (v.): 2534, 2020.

[11] H. S. L. Almeida *et al.* Deep neural networks for mapping integrated crop-livestock systems using PlanetScope time series, *IGARSS 2021 - 2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 4224-4227 (pp.), 2021.

[12] C. M. Souza Jr. *et al.* Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine, *Remote Sensing*, 12 (v.): 2735, 2020.

[13] C. A. Almeida *et al.* High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data, *Acta Amazonica*, 46 (v.): 291-302 (pp.), 2016.

[14] MapBiomias. Projeto MapBiomias – Coleção 6.0 da série anual de qualidade da pastagem do Brasil, disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR), acessado em: 2 out. 2022.

[15] N. Gorelick *et al.* Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone, *Remote Sensing of Environment*, 202 (v.): 18-27 (pp.), 2017.

[16] J. C. D. M. Esquerdo *et al.* SATVeg: A web-based tool for visualization of MODIS vegetation indices in South America, *Computers and Electronics in Agriculture*, 175 (v.): 105516, 2020.

[17] Y. F. Silva *et al.* Intense Pasture Management in Brazil in an Integrated Crop-Livestock System Simulated by the DayCent Model, *Sustainability*, 14 (v.): 3517, 2022.