

# GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

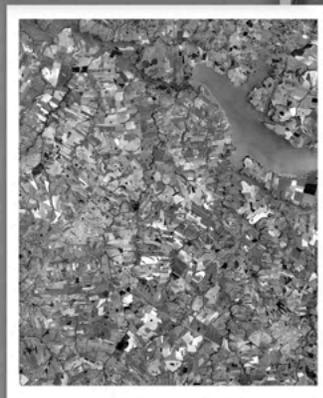
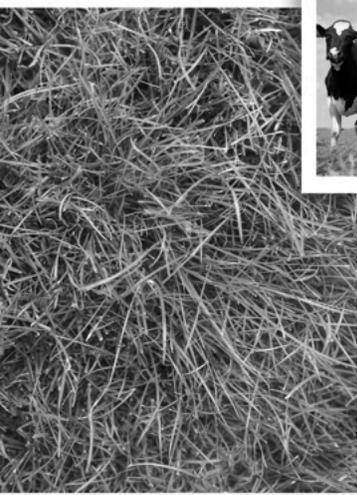


**Marcos Cicarini Hott**  
**Ricardo Guimarães Andrade**  
**Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior**  
**(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

# GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite



**Marcos Cicarini Hott**  
**Ricardo Guimarães Andrade**  
**Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior**  
**(Organizadores)**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G352 Geotecnologias: aplicações na cadeia produtiva do leite / Organizadores Marcos Cicarini Hott, Ricardo Guimarães Andrade, Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-840-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.400221901>

1. Leite - Produção. 2. Gestão territorial. 3. Socioeconomia. 4. Clima. 5. Avanços no mapeamento dos recursos forrageiros. I. Hott, Marcos Cicarini (Organizador). II. Andrade, Ricardo Guimarães (Organizador). III. Magalhães Junior, Walter Coelho Pereira de (Organizador). IV. Título.

CDD 338.1771

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Desde as primeiras aplicações tecnológicas de mapeamento do meio ambiente em larga escala com a aerofotogrametria no pós-guerra, passando pelos lançamentos de satélites na órbita terrestre para imageamento da superfície e popularização do sensoriamento remoto, o gerenciamento da produção agropecuária obteve enormes benefícios com o surgimento de softwares e equipamentos dedicados à gestão territorial. Na linha de obter dados e informações acerca do meio ambiente e setor rural, o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), e diversos outros mecanismos de processamento e aquisição de vetores e imagens, permitem na atualidade que as geotecnologias estejam ao alcance de todos. O setor leiteiro se beneficia da inteligência territorial na medida em que avanços geotecnológicos podem ser diretamente aplicados na geração de ativos cartográficos, úteis no manejo agropecuário.

Hoje em dia, a tecnologia de posicionamento global (GPS), assim como imagens atualizadas em plataformas de navegação, como da Google, permite que diversos segmentos de usuários utilizem a geoinformação, seja de forma recreativa ou comercial. Contudo, a gestão territorial demanda o uso de uma gama complexa de ferramentas tais como algoritmos de classificação, inteligência artificial e imageamento em tempo real para subsídio à tomada de decisão em grandes empreendimentos.

Avanços no imageamento de alta resolução espacial, orbital ou aéreo, e em equipamentos e aplicativos em agropecuária de precisão têm sido fundamentais na melhoria da produção, sendo adotados por milhares de produtores no País, nas diversas escalas. Um retrato dessas aplicações geotecnológicas ao setor leiteiro e áreas correlatas, oriundas de pesquisas, análises e relatórios serão apresentados neste livro, cujos capítulos denotam o quão as técnicas, equipamentos e softwares geográficos estão presentes na socioeconomia, produção vegetal e animal, ligados ao segmento lácteo, com aplicações que remontam desde o mapeamento no setor primário até a derivação de biomassa forrageira por meio de técnicas de sensoriamento remoto.

Marcos Cicarini Hott

Ricardo Guimarães Andrade

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

Organizadores

(Editores Técnicos)

## PREFÁCIO

Esta obra visa abordar aspectos relacionados à gestão territorial, socioeconomia, clima e avanços no mapeamento dos recursos forrageiros e da produção de leite no Brasil, reunindo textos inéditos, reestruturações e atualizações de artigos publicados em diversos veículos técnico-científicos.

O advento de novas geotecnologias e aplicações ao setor leiteiro enseja a pesquisa de dados produtivos e de meios para melhor gerir recursos e formular políticas, em razão da dinâmica e heterogeneidade de sua cadeia. Os novos mecanismos de gerenciamento por geotecnologias colocam bancos de dados e a inteligência territorial ao alcance de todos no setor agropecuário, viabilizando consultas diversas no campo das ciências da Terra frente aos cenários reais, e em multiescalas.

Como fator fundamental, a análise climática é basilar na tomada de decisões na agropecuária, e as previsões geradas nos últimos anos fornecem o desenho do panorama que ora se apresenta, sendo de suma importância a revisita do que fora previsto. Diante de avanços no levantamento dos recursos forrageiros, no uso de veículos aéreos não-tripulados, remotamente pilotados, e de dispositivos móveis, como smartphones, estes se mostram, sobremaneira, úteis na avaliação de pastagens e das condições produtivas, conforme ensaios apresentados neste livro.

Na primeira seção são tratados temas afeitos ao gerenciamento de dados e informações voltados à gestão geográfica, técnicas em geoprocessamento e socioeconomia, apresentando conceitos geoespaciais e suas aplicações na análise da produção. Na seção sobre clima e sua relação com a produção são apresentados estudos de caso envolvendo o ferramental utilizado em sensoriamento remoto e suas implicações na geração de informações geográficas sobre a biofísica da vegetação, evapotranspiração e avaliação de risco climático. Por fim, na última seção, são apresentados alguns trabalhos e estudos de casos em termos de avanços no uso das geotecnologias em segmentos agropecuários relacionados à cadeia leiteira e correlatos.

Dessa forma, o livro tem por objetivo oferecer exemplos das aplicações geotecnológicas, além de uma abordagem conceitual, e, com isso, ampliar os horizontes na adoção dessas técnicas e ilustrar alguns caminhos percorridos no desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas, voltadas ao setor leiteiro.

## SUMÁRIO

### SEÇÃO I - GESTÃO TERRITORIAL SOCIOECONÔMICA DO LEITE E AMBIENTAL

#### **CAPÍTULO 1..... 1**

##### GESTÃO TERRITORIAL NA CADEIA PRODUTIVA DO LEITE

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219011>

#### **CAPÍTULO 2..... 7**

##### LEITE NO BRASIL: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E CONCENTRAÇÃO

Marcos Cicarini Hott  
Denis Teixeira da Rocha  
Glauco Rodrigues Carvalho  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219012>

#### **CAPÍTULO 3..... 11**

##### GEOGRAFIA DA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE LEITE

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219013>

#### **CAPÍTULO 4..... 15**

##### TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO APLICADAS À PECUÁRIA LEITEIRA

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219014>

#### **CAPÍTULO 5..... 20**

##### GEOTECNOLOGIAS NA AGROPECUÁRIA: TÉCNICAS E APLICAÇÕES

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219015>

**CAPÍTULO 6..... 25**

**GESTÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS: CASO DA BACIA DO RIO PARAIBUNA**

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Letícia D'Agosto Miguel Fonseca

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219016>

**CAPÍTULO 7..... 29**

**GESTÃO TERRITORIAL APLICADA AO CADASTRO DE UNIDADES ILPF**

Marcos Cicarini Hott  
Carlos Eugênio Martins  
Victor Muiños Barroso Lima  
Daniel de Oliveira Lopes  
Pedro Cosme de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219017>

**CAPÍTULO 8..... 33**

**PRODUÇÃO DE LEITE NA MESORREGIÃO NOROESTE RIO-GRANDENSE**

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219018>

**CAPÍTULO 9..... 38**

**CONCENTRAÇÃO E AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL NA CADEIA LEITEIRA**

Marcos Cicarini Hott  
Glaucio Rodrigues Carvalho  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219019>

**CAPÍTULO 10..... 43**

**PRODUÇÃO LEITEIRA E VACAS ORDENHADAS EM BASE GEOGRÁFICA MUNICIPAL**

Marcos Cicarini Hott  
Glaucio Rodrigues Carvalho  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190110>

## SEÇÃO II- AGROPECUÁRIA E CLIMA

### **CAPÍTULO 11..... 49**

#### ZONEAMENTO DE RISCO CLIMÁTICO NA PECUÁRIA LEITEIRA

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Glaucio Rodrigues Carvalho  
Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190111>

### **CAPÍTULO 12..... 54**

#### EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM PASTAGENS USANDO DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190112>

### **CAPÍTULO 13..... 60**

#### INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS SOBRE A PECUÁRIA LEITEIRA

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Glaucio Rodrigues Carvalho  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Maria Gabriela Campolina Diniz Peixoto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190113>

### **CAPÍTULO 14..... 65**

#### MAPEAMENTO DAS PASTAGENS USANDO SENSORIAMENTO REMOTO

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190114>

### **CAPÍTULO 15..... 68**

#### ANÁLISE DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA USANDO SIG E DADOS MODIS

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Celso Bandeira de Melo Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190115>

**CAPÍTULO 16..... 73**

**AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS USANDO IMAGENS DE SATÉLITES**

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190116>

**CAPÍTULO 17..... 77**

**PRODUÇÃO DE LEITE NO CERRADO: CONJUNTURA E ANÁLISES**

Duarte Vilela  
Ricardo Guimarães Andrade  
José Luiz Bellini Leite  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190117>

**SEÇÃO III - AVANÇOS GEOTECNOLÓGICOS**

**CAPÍTULO 18..... 83**

**A REVOLUÇÃO MUNDIAL PELA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: MITO OU REALIDADE PARA O PRODUTOR RURAL?**

Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190118>

**CAPÍTULO 19..... 91**

**MONITORAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DO MILHO POR MEIO DE VANT**

Ricardo Guimarães Andrade  
Marcos Cicarini Hott  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Pérsio Sandir D'Oliveira  
Jackson Silva e Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190119>

**CAPÍTULO 20..... 96**

**ESTIMATIVA DE VIGOR VEGETATIVO EM EXPERIMENTOS DE CAPIM *CYNODON* COM O USO DE VANT**

Marcos Cicarini Hott  
Ricardo Guimarães Andrade  
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior  
Flávio Rodrigo Gandolfi Benites

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190120>

<b>CAPÍTULO 21.....</b>	<b>102</b>
<b>DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DE PASTAGENS</b>	
Victor Rezende Franco	
Ricardo Guimarães Andrade	
Marcos Cicarini Hott	
Leonardo Goliatt da Fonseca	
Domingos Sávio Campos Paciullo	
Carlos Augusto de Miranda Gomide	
Guilherme Morais Barbosa	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190121">https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190121</a>	
<b>CAPÍTULO 22.....</b>	<b>108</b>
<b>GEORRASTREABILIDADE APLICADA À GESTÃO DO REBANHO</b>	
Ricardo Guimarães Andrade	
Marcos Cicarini Hott	
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior	
Mateus Batistella	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190122">https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190122</a>	
<b>CAPÍTULO 23.....</b>	<b>113</b>
<b>APLICAÇÃO DO SIG À SANIDADE ANIMAL: CASO DA ANEMIA INFECCIOSA EQUINA</b>	
Astrid Paola Mattheis Cruz	
Maria Helena Cosendey de Aquino	
Michel José Sales Abdalla Helayael	
Márcio Roberto Silva	
João Batista Ribeiro	
Marcos Cicarini Hott	
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior	
Juliana França Monteiro de Mendonça	
Fúlvia de Fátima Almeida de Castro	
Guilherme Nunes de Souza	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190123">https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190123</a>	
<b>CAPÍTULO 24.....</b>	<b>119</b>
<b>APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS NA FENOTIPAGEM DE FORRAGEIRAS</b>	
Ricardo Guimarães Andrade	
Marcos Cicarini Hott	
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior	
Juarez Campolina Machado	
Domingos Sávio Campos Paciullo	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190124">https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190124</a>	
<b>SOBRE OS AUTORES .....</b>	<b>124</b>
<b>SOBRE OS ORGNIZADORES .....</b>	<b>127</b>

## **SEÇÃO I**

### **GESTÃO TERRITORIAL SOCIOECONÔMICA DO LEITE E AMBIENTAL**

## DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DE PASTAGENS\*

Data de aceite: 15/12/2021

**Victor Rezende Franco**

**Ricardo Guimarães Andrade**

**Marcos Cicarini Hott**

**Leonardo Goliatt da Fonseca**

**Domingos Sávio Campos Paciullo**

**Carlos Augusto de Miranda Gomide**

**Guilherme Morais Barbosa**

A tecnologia na área agrícola proporcionou o aumento do rendimento por área de plantio e a redução do desperdício de insumos, se tornando de grande importância para uma produção mais eficiente e sustentável. Entretanto, o levantamento de parâmetros biofísicos de plantas em larga escala é uma atividade dispendiosa e às vezes dependem de técnicas de coleta destrutiva, sendo alvo de diversos estudos (FIORANI e SCHURR, 2013; FURBANK, 2009; HOULE et al., 2010; NGUYEN et al., 2019). Esta busca, de acordo com (SANTOS e YASSITEPE, 2014), é conhecida pela comunidade científica como "gargalo de fenotipagem" (*phenotyping bottleneck*), devido à lacuna entre a quantidade e qualidade de dados genômicos e fenotípicos disponíveis. A tecnologia da informação tem

ganhado muito espaço na pecuária, tendo como sua principal fonte propulsora a busca por uma produção mais eficiente. De acordo com Santos (2017), técnicas que utilizem visão computacional e processamento de imagens são essenciais para a evolução na área de fenotipagem.

Smartphones podem integrar tecnologias de captura de imagens e o processamento das mesmas, o que tem viabilizado aplicativos que fazem uso de técnicas de visão computacional. Ainda é possível obter a geolocalização destas imagens por meio dos dispositivos e armazenar e tratar esses dados. Segundo Gichamba e Lukandu (2012), aparelhos *mobiles* possuem uma grande acessibilidade financeira e boa difusão no meio agropecuário, servindo como potencial ferramenta no auxílio da extração de informações fenotípicas de pastagens.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma aplicação *mobile* que possibilite, por meio de imagens captadas pela câmera do smartphone, estimar parâmetros biofísicos por meio de algoritmos implementados para extração de características inerentes às imagens. Posteriormente, os resultados dessas estimativas foram correlacionados com a biomassa e a altura de pastagem. A versão atual do aplicativo Capta Pasto foi implementada visando a predição dos parâmetros: Cobertura verde, altura das pastagens e biomassa.

Para o desenvolvimento do aplicativo

foi utilizado o ambiente de desenvolvimento Android Studio versão 4.2. O algoritmo foi desenvolvido utilizando a linguagem Java, para recursos de interface do aplicativo a XML (eXtensible Markup Language) e banco de dados SQLite. Para analisar as imagens, foram obtidos alguns atributos das mesmas como cobertura verde, informações de textura e Índices de Vegetação (IV). Para estimar a cobertura verde foi utilizado o espaço de cores HSV (*hue, saturation e value*), por ser menos suscetível a variação de luz. Com base em um limiar para o canal *Hue* (H) cada *pixel* foi classificado como pastagem ou não pastagem. A cobertura verde foi estimada com base na quantidade de pixels identificados como pastagem e na quantidade total de pixels na imagem. A Figura 1 exemplifica uma dessas estimativas feitas por meio do aplicativo.



(A)



(B)

Figura 1 – Imagem original (A); imagem segmentada, com os pontos classificados como pastagem e não pastagem representados pelas cores branco e preto, respectivamente (B).

Também por meio das imagens foram obtidos os seguintes índices de vegetação, *Modified aPhotochemical Reflectance Index - MPRI* (Yang et al., 2008); *Triangular Greenness Index - TGI* (Hunt et al., 2013); *Green Leaf Index – GLI* (Louhaichi et al., 2001) e o *Visible Atmospherically Resistant Index - VARI* (Gitelson et al., 2002), conforme equações a seguir.

$$MPRI = \frac{(G - R)}{(G + R)} \quad (1)$$

$$TGI = G - (0,39 \times R) - (0,61 \times B) \quad (2)$$

$$GLI = \frac{(2 \times G - R - B)}{(2 \times G + R + B)} \quad (3)$$

$$VARI = \frac{(G - R)}{(G + R - B)} \quad (4)$$

Em que, R são os dados da imagem para a região do espectro da luz referente a cor vermelha; G os dados da imagem referente a região do espectro da luz representada pela cor verde; e B os dados da imagem que são captados na região do espectro de luz referente a cor azul. Também foram extraídas algumas informações de textura das imagens. Para isso foi utilizada uma matriz de concorrência de nível de cinza, proposta por Haralick (1979). Dessa matriz, foram extraídos os atributos: Homogeneidade, segundo momento angular e entropia. Os atributos extraídos das imagens serviram como informações para os métodos de aprendizado de máquina utilizados: regressão lasso, regressão por vetores de suporte e rede *perceptron* de múltiplas camadas. Os parâmetros dos modelos foram selecionados por meio da técnica de evolução diferencial, possibilitando realizar a predição dos parâmetros biofísicos estudados; altura e biomassa. Ao realizar uma nova captura o aplicativo obtém junto com o parâmetro selecionado as coordenadas da imagem por meio da função de localização GPS do smartphone. Em seguida todas essas informações são armazenadas no banco de dados.

A Figura 2 exemplifica uma captura de kg/ha de biomassa feita pelo aplicativo e a Figura 3 uma estimativa de altura. Para obtenção dos dados de biomassa foram feitas 3 fotografias utilizando 3 diferentes dispositivos mobile em 30 parcelas escolhidas de maneira aleatória, totalizando 90 fotografias, todas as fotografias foram tiradas de forma ortogonal a uma distância entre 1,0 e 1,4 m. As imagens óticas de pastagens de *Panicum maximum* (*syn Megathirus maximus*) foram obtidas em área experimental da Embrapa Gado de Leite, município de Coronel Pacheco, MG, em fevereiro de 2020, durante a estação do verão, período que a vegetação normalmente apresenta maior vigor. Foram retiradas amostras de todas as parcelas fotografadas em área de 0,5 m<sup>2</sup>. Posteriormente, as amostras tiveram a contabilização do peso verde e, após secagem em estufa, o peso da matéria seca. Na sequência, os dados de cada parcela foram extrapolados para kg/ha.

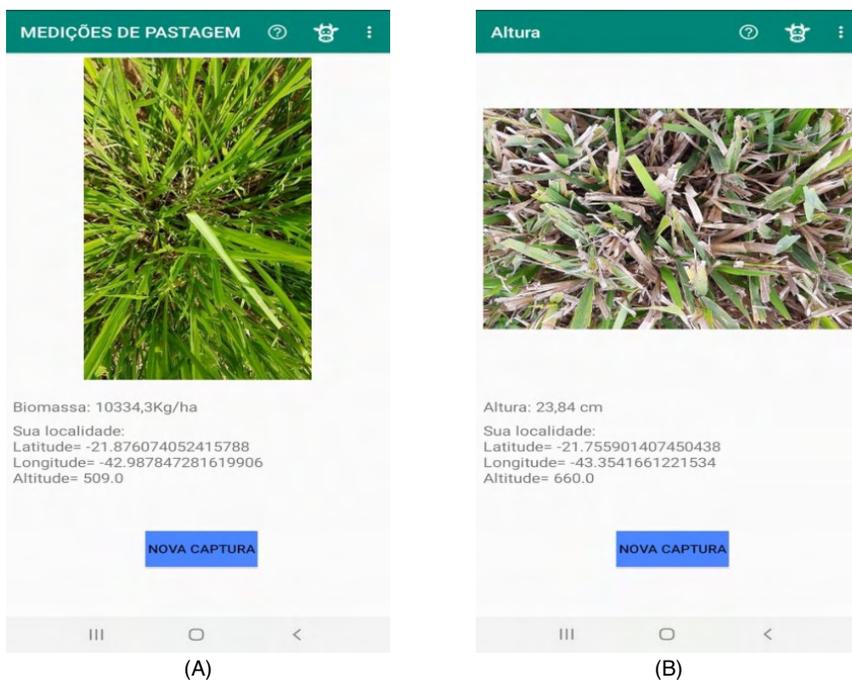


Figura 2 – Estimativa de biomassa (A) e de altura (B) por meio do aplicativo Capta Pasto.

Para implementação dos algoritmos para estimativa de altura, fotografias de 32 parcelas foram tiradas de forma ortogonal a uma distância entre 1,0 e 1,4 m. As imagens óticas da vegetação de pastagens foram obtidas no município de Mar de Espanha, MG, em julho de 2020. Em todas as amostras fotografadas foram efetuadas medições de altura do pasto com uso de uma régua graduada. Para avaliar os modelos implementados, foram utilizadas as seguintes métricas: Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), índice de Willmott (WI), Erro Médio Absoluto (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE). Para avaliar o desempenho dos modelos, o método de evolução diferencial foi aplicado 30 vezes para cada técnica de ML, utilizando validação cruzada com cinco subconjuntos, tendo seus dados embaralhados por diferentes sementes aleatórias.

A Tabela 1 mostra os resultados de avaliação dos modelos implementados para estimativa de altura e biomassa, contendo a média e desvio-padrão das métricas referente as 30 simulações do algoritmo de evolução diferencial. Já a Figura 3 mostra um gráfico radar, para facilitar a comparação dos modelos. A Rede Perceptron de Múltiplas Camadas foi a que apresentou os melhores resultados, tanto para a estimativa de biomassa quanto para altura da pastagem e por isso foi escolhida como o modelo implementado no aplicativo.

	Modelo	R <sup>2</sup>	WI	RMSE	MAE	MAPE
Biomassa	Lasso	0,398 (0,087)	0,739 (0,056)	3,03 (0,217)	2,37 (0,216)	51,18 (3,41)
	MLP	<b>0,495</b> (0,010)	<b>0,800</b> (0,006)	<b>2,78</b> (0,026)	<b>2,11</b> (0,041)	45,29 (1,96)
	SVR	0,371 (0,029)	0,709 (0,021)	3,10 (0,070)	2,18 (0,101)	<b>45,02</b> (2,88)
Altura	Lasso	0,632 (0,006)	0,886 (0,002)	5,25 (0,040)	4,15 (0,038)	25,91 (0,455)
	MLP	<b>0,656</b> (0,016)	<b>0,895</b> (0,008)	<b>5,07</b> (0,120)	<b>4,00</b> (0,155)	<b>25,72</b> (1,52)
	SVR	0,482 (0,008)	0,825 (0,006)	6,23 (0,045)	4,67 (0,050)	31,36 (0,439)

Tabela 1 – Resultados de avaliação dos modelos Lasso, MLP e SVR por meio do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), índice de Willmott (WI), Erro Médio Absoluto (MAE), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Erro Percentual Absoluto Médio (MAPE)

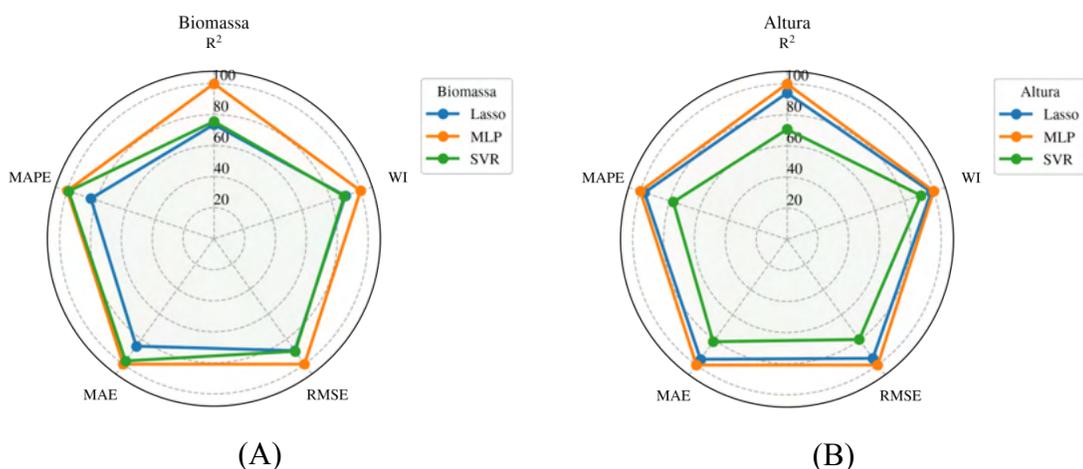


Figura 3 – Visualização de gráfico radar para avaliação comparativa dos modelos aplicados para estimativa de biomassa (A) e altura (B) do pasto.

## REFERÊNCIAS

FIORANI, F.; SCHURR, U. Future scenarios for plant phenotyping, **Annual Review of Plant Biology**, v. 64, p. 267-291, 2013. doi: 10.1146/annurev-arplant-050312-120137.

\*FRANCO, V. R., ANDRADE, R. G., HOTT, M. C., FONSECA, G. L., PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, C. A. M., BARBOSA, G. M. Estimation of biophysical parameters to monitor and manage pasture using a mobile application. In: *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, v. 7, 12, 352-355, 2020

FURBANK, R.T. Plant phenomics: from gene to form and function. **Functional Plant Biology**, v. 36, p. 5-6, 2009. [https://doi.org/10.1071/FPv36n11\\_FO](https://doi.org/10.1071/FPv36n11_FO)

GICHAMBA, A.; LUKANDU, I. A. A Model for designing M-Agriculture Applications for Dairy Farming. **The African Journal of Information Systems**, v. 4, n. 4, p. 120-136, 2012.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; STARK, R.; RUNDQUIST, D. Novel Algorithms for Remote Estimation of Vegetation Fraction. **Remote Sensing of Environment**, v. 80, n. 1, p. 76-87, 2002.

HARALICK, R. M. Statistical and structural approaches to texture. **Proceedings of the IEEE**, v. 67, n. 5, p. 786-804, 1979. doi: 10.1109/PROC.1979.11328

HOULE, D.; GOVINDARAJU, D. R.; OMHOLT, S. Phenomics: the next challenge. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, p. 855-866, 2010.

HUNT JR., E. R.; DORAISWAMY, P. C.; MCMURTREY, J. E.; DAUGHTRY, C. S. T.; PERRY, E. M. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 21, p. 103-112, 2013.

LOUHAICHI, M.; BORMAN, M. M.; JOHNSON, D. E. Spatially Located Platform and Aerial Photography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. *Geocarto International*, v. 16, n. 1, p. 65-70, 2001.

NGUYEN, G.; N.; MAHARJAN, P.; MAPHOSA, L.; VAKANI, J.; THODAY-KENNEDY, E.; KANT, S. A robust automated image-based phenotyping method for rapid vegetative screening of wheat germplasm for nitrogen use efficiency. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 1372, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01372>

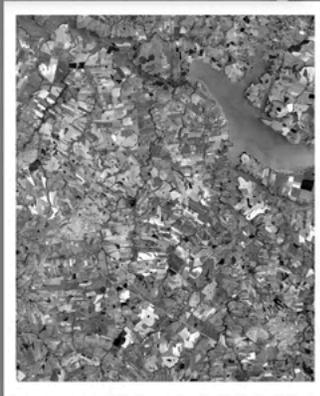
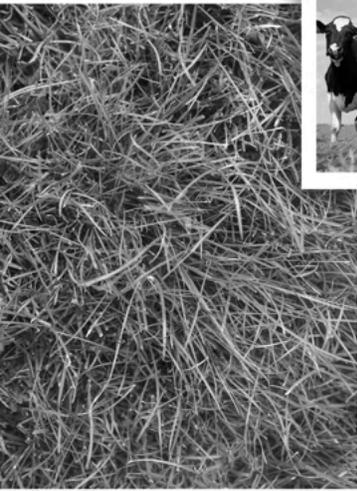
SANTOS, M. R. **Desenvolvimento de um sistema de visão computacional para fenotipagem de alta precisão**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

SANTOS, T. T.; YASSITEPE, J. E. C. T. **Fenotipagem de plantas em larga escala: um novo campo de aplicação para a visão computacional na agricultura**. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). *Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura*. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 5. p. 85-100.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. In: *Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational*, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. **Proceedings...** Maryland: (ASPRS), 2008. 11p. Disponível em: <<http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora17/0041.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

# GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)