

# GEOTECNOLOGIAS

Aplicações na Cadeia Produtiva do Leite

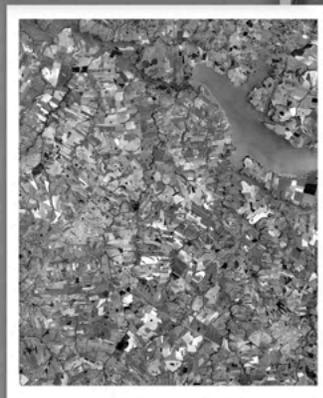
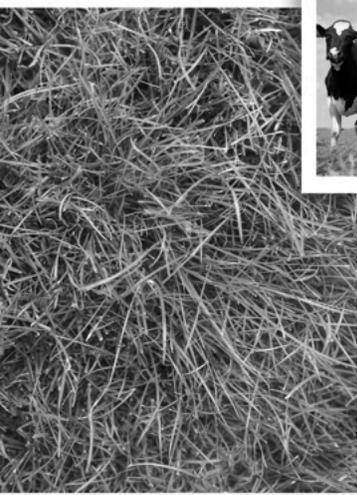


**Marcos Cicarini Hott**  
**Ricardo Guimarães Andrade**  
**Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior**  
**(Organizadores)**

**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>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>25</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219016">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219016</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>29</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219017">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219017</a>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>33</b>
PRODUÇÃO DE LEITE NA MESORREGIÃO NOROESTE RIO-GRANDENSE	
Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior Marcos Cicarini Hott Ricardo Guimarães Andrade	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219018">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219018</a>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>38</b>
CONCENTRAÇÃO E AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL NA CADEIA LEITEIRA	
Marcos Cicarini Hott Glaucio Rodrigues Carvalho Ricardo Guimarães Andrade Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219019">https://doi.org/10.22533/at.ed.4002219019</a>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>43</b>
PRODUÇÃO LEITEIRA E VACAS ORDENHADAS EM BASE GEOGRÁFICA MUNICIPAL	
Marcos Cicarini Hott Glaucio Rodrigues Carvalho Ricardo Guimarães Andrade Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190110">https://doi.org/10.22533/at.ed.40022190110</a>	

## 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**

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

Data de aceite: 15/12/2021

**Marcos Cicarini Hott**

**Ricardo Guimarães Andrade**

**Walter Coelho Pereira de Magalhães Junior**

**Flávio Rodrigo Gandolfi Benites**

Tecnologias de levantamento aerofotogramétrico com veículos aéreos não tripulados (VANT) geram inúmeras aplicações fundiárias, e, especialmente, na agropecuária, sejam ao nível produtivo ou em pesquisas de base. A rapidez, eficiência e precisão na geração de dados, informações, vetorização de alinhamentos e imagens da cobertura das terras permitem a execução de trabalhos de campo com excelente qualidade a um custo que demanda avaliação em termos de locação, para um número pequeno de trabalhos, ou aquisição do equipamento, frente a um volume grande de glebas a serem avaliadas. Diante das novas tecnologias em sensoriamento remoto e geoprocessamento, essa categoria de VANT's de pequeno porte com câmeras e sensores multiespectrais facilita levantamentos aéreos visando detectar diversos aspectos biofísicos com periodicidade definida pelo usuário e de acordo com o ciclo fenológico (ANDERSON; GASTON, 2013). O trabalho de

seleção genética, fenotipagem e a mensuração de parâmetros agronômicos em forrageiras, podem ser apoiados por aerolevantamentos a partir de sensores do VANT, comparando-se os dados de campo ao nível do terreno e resultantes dos sobrevôos. A base para as análises e ensaios de campo, com os sobrevôos, são levantamentos de pontos de controle com GPS geodésico, visando boa precisão e definição das transformações no SIG (Sistema de Informações Geográficas) para estimativas nas parcelas de *Cynodon*. Nestes ensaios foram utilizados os seguintes índices de vegetação, cujas equações estão a seguir:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1) \quad VARI = \frac{\rho_{green} - \rho_{red}}{\rho_{green} + \rho_{red} - \rho_{blue}} \quad (2) \quad GLI = \frac{(2\rho_{green} - \rho_{red} - \rho_{blue})}{(2\rho_{green} + \rho_{red} + \rho_{blue})} \quad (3)$$

$$CI_{green} = \left( \frac{\rho_{nir}}{\rho_{green}} \right) - 1 \quad (4) \quad NDRE = \frac{\rho_{nir} - \rho_{rededge}}{\rho_{nir} + \rho_{rededge}} \quad (5)$$

Em que  $P_{Green}$ ,  $P_{Red}$ ,  $P_{blue}$ ,  $P_{rededge}$  e  $P_{nir}$  são as bandas espectrais referentes aos canais do verde (*Green*), vermelho (*Red*), azul (*Blue*), infravermelho (NIR) e borda do vermelho (*Red Edge*), respectivamente.

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973), VARI (*Visible Atmospherically Resistant*) (GITELSON et al., 2002), GLI (*Green Leaf Index*) (HUNT JR. et al., 2013),  $CI_{green}$  (*Green Chlorophyl Index*) e NDRE (*Normalized Difference Red Edge*) (GITELSON et al., 2003) foram utilizados como forma de obter-

se o mapas que indiquem os estresses pertinentes à problemas de sanidade, deficiência mineral, infestações de pragas, dentre outros, em diversos tratamentos experimentais aplicados aos clones de *Cynodon* pertencentes ao programa de melhoramento genético da Embrapa. Informações dos índices de vegetação e volume de forragem conjugadas originaram um método para estimar-se a condição do vigor das forrageiras, denominado i-Health&Height-Plants, visando congrega a resposta espectral com a altura ou volume das plantas. Foram realizados testes no Campo Experimental José Henrique Bruschi, em Coronel Pacheco (MG), a partir de plano de voo para o VANT Inspire 1, visando alta precisão com o uso de pontos de controle coletados através de GPS geodésico. Por meio de câmera multiespectral foram realizados ensaios com o VARI, GLI, Clgreen, NDVI e NDRE. Foi empregada metodologia em experimento pertencente ao programa de melhoramento genético do gênero *Cynodon*, instalado em blocos aumentados de Federer. O experimento em blocos aumentados foi constituído por 8 blocos, avaliando-se em cada bloco 48 tratamentos não comuns e duas testemunhas (tratamentos comuns Tifton 85 e Grama Estrela Roxa), com excessão do último bloco que foi constituído de 47 tratamentos não comuns mais os dois tratamentos comuns, totalizando 399 parcelas. No momento do corte do experimento, foram dadas notas relacionadas ao vigor das parcelas, foi mensurada a altura, além do peso de matéria verde de cada parcela.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um estudo de viabilidade técnica da plataforma de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para estimativa da correlação da produção de matéria verde, altura do dossel forrageiro e do vigor das parcelas do gênero *Cynodon*, usando volume e vigor pelo método i-Health&Height-Plants, por índice NDRE e modelo de terreno e superfície (MDT). Foram utilizadas câmeras de imageamento na faixa do visível (RGB), borda do vermelho (RedEdge) e infravermelho próximo (NIR) para monitoramento contínuo do experimento de *Cynodon* conduzido no Campo Experimental José Henrique Bruschi (CEJHB) na cidade de Coronel Pacheco-MG. Há procedimento padrão na execução dos levantamentos, com o planejamento de voo na área equivalente e adjacências, em decorrência da necessidade de informações fora dos limites da área de interesse, além de serem necessários o estabelecimento de uma série de parâmetros quanto à configuração do sistema utilizado para o VANT (Figura 1).

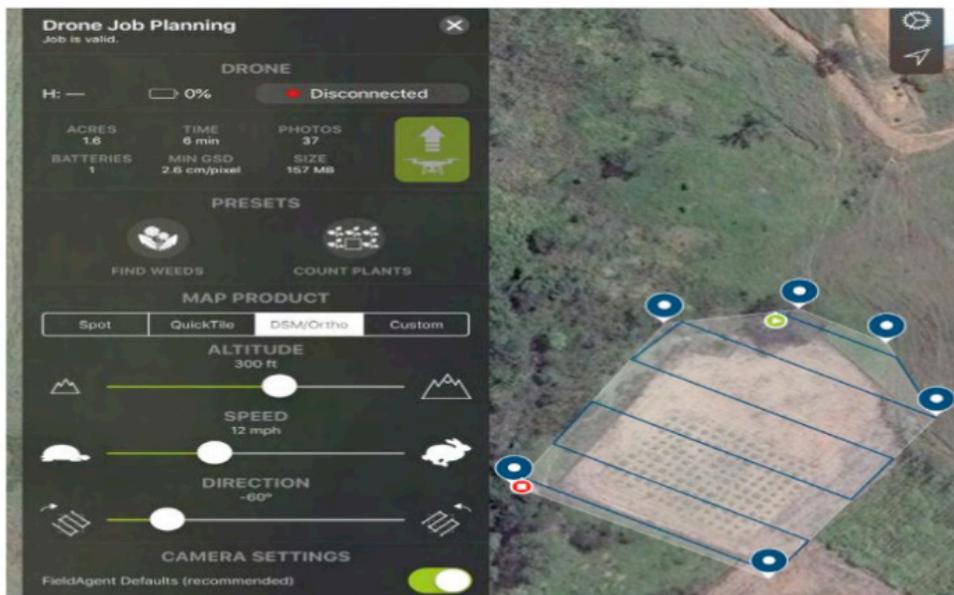


Figura 1 – Etapa de planejamento do voo com VANT na área experimental e visualização do ambiente de configuração.

Após o processamento das imagens, por estereoscopia de imagens, e reamostradas para 15 cm, obteve-se o MDT com a estimativa altimétrica e volumétrica das parcelas (Figura 2A). Selecionou-se o NDRE como o índice de vegetação mais adequado às estimativas do vigor, frente aos outros índices testados (Figura 2B). A partir das correlações entre a classificação do peso verde dos clones das parcelas do capim *Cynodon*, nota atribuída, NDRE e volume estabeleceu-se um multicritério para a reunião dos clones com melhor pontuação.

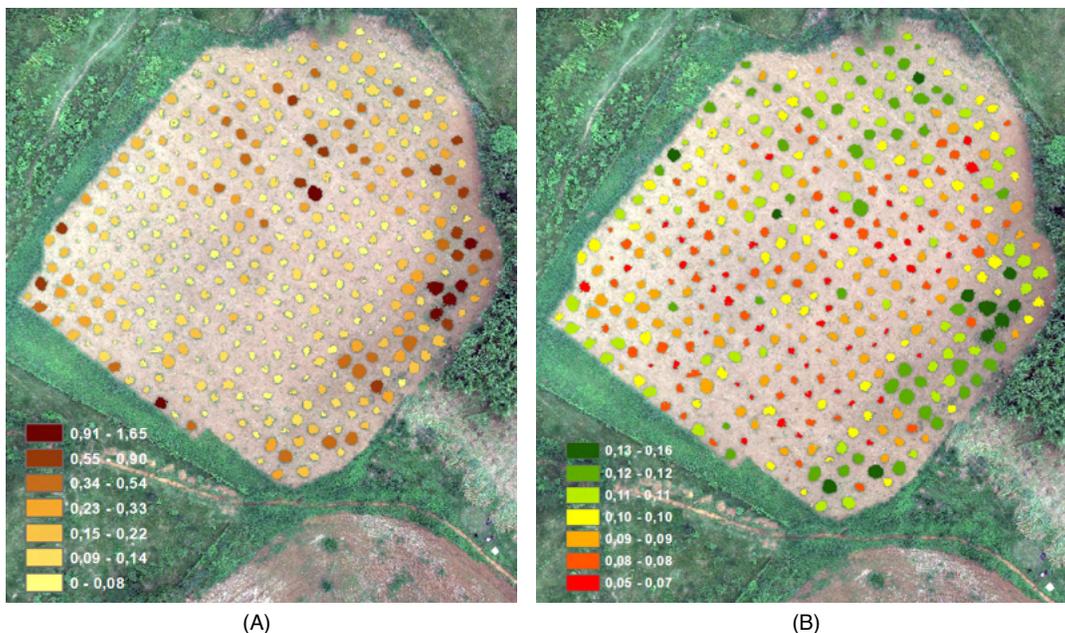


Figura 2 – MDT (volume em m<sup>3</sup>) das áreas com experimentos (A) e NDRE das áreas com experimentos (B)

O NDRE não possibilitou por si só uma boa correlação com as notas e peso verde, conforme os dados da Tabela 1 (notas atribuídas estão em parênteses e a letra T representa a testemunha, a qual é o capim Tifton 85 cv). Nota-se que sem a totalidade dos parâmetros, o qual incluiria a informação volumétrica (MDT), as parcelas de Tifton surgem nesta classificação, mesmo sendo o capim testemunha, usado para efeito de comparação com os tratamentos aplicados às forrageiras no melhoramento genético. Assim, com o uso do multicritério, o qual preconiza o cruzamento de várias camadas de informações, obteve-se uma melhor correlação, e, por conseguinte, a seleção mais adequada dessas forrageiras (Tabela 2). Na Figura 3, a distribuição geográfica das parcelas com os resultados do método empregado, assim como a posição das forrageiras na classificação adotada, considerando as 12 melhores ranqueadas.

O VANT permitiu, em uma primeira abordagem, uma rápida e eficiente captura de informações por sensoriamento remoto das parcelas em campo, e, por meio da metodologia i-Health&Height-Plants, estabeleceu-se um padrão nas estimativas de parâmetros de cunho agrônomo em melhoramento genético de clones de capim *Cynodon*. Isto pode contribuir sobremaneira, por exemplo, na fenotipagem de alto rendimento em programas de melhoramento de plantas. Esta, provavelmente, se constitui em uma nova fronteira do conhecimento para aplicações em levantamentos aerofotogramétricos e de extração de parâmetros biofísicos em lavouras, aspectos fitossanitários e antecipação de estresses

que possam ocorrer do ponto de vista hídrico, mineral, nutricional ou entomológico. As aplicações em infraestrutura e mapeamento exploratório irão surgir à medida em que o VANT se popularizar no meio acadêmico e rural.

Ranking das parcelas selecionadas pelo índice de vegetação NDRE

Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)
1º	385 (4) (T)	1,38	7º	309 (4) (T)	1,45
2º	68 (5) (T)	3,6	8º	265 (5)	2,68
3º	270 (4) (T)	2,04	9º	269 (5)	3,10
4º	305 (4,5)	2,44	10º	268 (5)	2,64
5º	206 (4)	1,60	11º	31 (5)	3,45
6º	213 (3,5)(T)	1,38	12º	148 (4,5)	2,52

Tabela 1 – NDRE para as forragens nas parcelas do experimento.

**Aferição do peso verde das plantas a partir do ranking das doze melhores parcelas de *Cynodon spp.* selecionadas pelo método i-Health&Height-Plants**

Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)	Classificação	Nº Parcela	Peso verde (kg)
1º	269 (5)	3,10	7º	3 (3)	1,71
2º	305 (4,5)	2,44	8º	319 (5)	1,50
3º	277 (5)	2,44	9º	343 (4)	1,80
4º	268 (5)	2,64	10º	341 (4)	1,28
5º	265 (5)	2,68	11º	86 (4)	1,60
6º	342 (4)	1,30	12º	266 (4,5)	1,50

Tabela 2 – Peso verde das forragens nas parcelas do experimento.

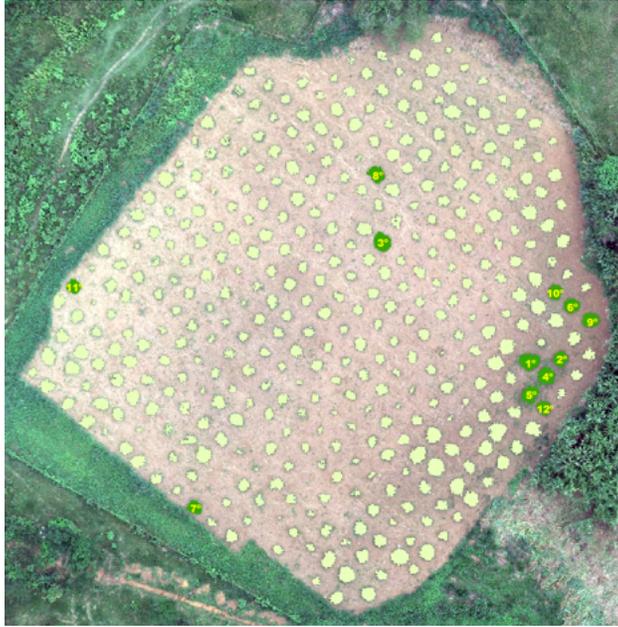


Figura 3 – Resultado final com a composição NDRE e MDT, seleção teste por VANT das melhores forragens nas parcelas.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, K.; GASTON, K. J. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 3, p. 138-146, 2013.

GITELSON, A. A.; STARK, R.; GRITS, U.; RUNDQUIST, D.; KAUFMAN, Y.; DERRY, D. Vegetation and soil lines in visible spectral space: a concept and technique for remote estimation of vegetation fraction. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 13, p. 2537-2562, 2002.

GITELSON, A.A.; GRITZ, Y.; MERZLYAK, M.N. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. **Journal of Plant Physiology**.v. 160, p. 271-282, 2003.

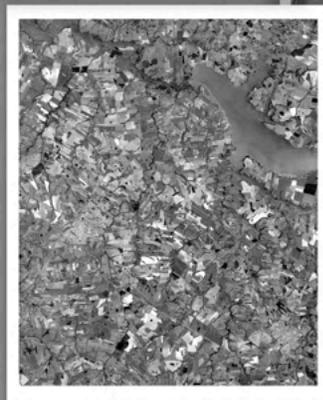
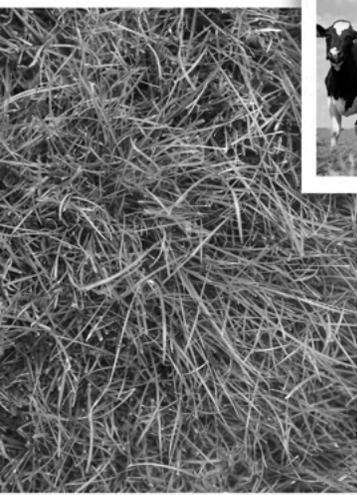
\*HOTT, M. C., ANDRADE, R. G., MAGALHAES JUNIOR, W. C. P., BENITES, F. R. G. Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para estimativa de vigor e de correlações agrônomicas em genótipos de capim Cynodon. In: SILVA, H. C. Engenharia Sanitária e Ambiental. Ponta Grossa: ATENA Editora, 2019. 235-244.

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.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Earth resources technology satellite-1 Symposium, 3., 1973, Greenbelt. **Proceedings...**Greenbelt: NASA SP-351 I, 1973. p. 309-317.

# 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)