

## AVALIAÇÃO DE SENSOR MULTIESPECTRAL EM MAPEAMENTOS DA INFESTAÇÃO DE PASTAGENS NATURAIS PELO CAPIM-ANNONI

Marcos Corrêa Neves<sup>1</sup>, Naylor Bastiani Perez<sup>2</sup>, Alfredo José Barreto Luiz<sup>3</sup>,  
Alexandre Deibler<sup>4</sup> e Leonardo Bidese de Pinho<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Meio Ambiente, marcos.neves@embrapa.br; <sup>2</sup>Embrapa Pecuária Sul, naylor.perez@embrapa.br; <sup>3</sup>Embrapa Meio Ambiente, alfredo.luiz@embrapa.br; <sup>4</sup>Agronatura Consultoria e Assessoria, alexandre@agronatura-ca.com.br;

<sup>5</sup>Universidade Federal do Pampa, leonardopinho@unipampa.edu.br.

### RESUMO

O emprego de imagens adquiridas por aeronaves remotamente pilotadas na agricultura é uma alternativa cada vez mais frequente. Este trabalho tem como objetivo avaliar o emprego de um sensor desenvolvido para estes equipamentos no mapeamento e quantificação da infestação de pastagens naturais do sul do Brasil pelo capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees). Foram analisadas as correlações entre variáveis biométricas (relacionadas à biomassa e níveis de infestação em pastagens) e respostas espectrais (cinco bandas do sensor e dois índices obtidos pela composição de bandas). Várias correlações foram estatisticamente significativas e a maior delas mostrou que a reflectância na banda correspondente à borda do vermelho é inversamente proporcional ao nível de infestação por capim-annoni.

**Palavras-chave** — Aeronaves remotamente pilotadas, plantas invasoras, banda borda do vermelho.

### ABSTRACT

*The use of images acquired by remotely piloted aircraft in agriculture is an increasingly frequent alternative. This work aims to evaluate the use of a sensor developed for these equipments in the mapping and quantification of infestation by tough love grass (*Eragrostis plana* Nees) in rangelands of southern Brazil. We analyzed the correlations between biometric variables (biomass-related and pasture infestation levels) and spectral responses (five sensor bands, and two indices obtained by band composition). Several correlations were statistically significant and the largest of them showed that the reflectance in the band corresponding to the red edge is inversely proportional to the level of tough love grass infestation.*

**Key words** — Remotely piloted aircrafts, invasive plant, red edge band.

### 1. INTRODUÇÃO

O capim-annoni, *Eragrostis plana* Nees, é uma espécie invasora dos campos nativos do sul do Brasil que se tornou um sério problema ambiental e econômico para a pecuária

da região (MEDEIROS & FOCHT, 2007) [1]. O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta indicada em vários tipos de estudos ambientais, em diferentes escalas geográficas, com custos relativamente baixos, tendo potencial para mapear e avaliar a dispersão e infestação por espécies invasoras. No entanto, trabalhos específicos diretamente relacionados ao capim-annoni são escassos. Cicconete et al. (2015) [2] utilizou imagens de três satélites para avaliar e comparar a classificação de áreas com incidência de capim-annoni.

Além das imagens de satélite, há outras alternativas igualmente pouco investigadas. Atualmente, o emprego de aeronaves remotamente controladas (RPAs-remotely piloted aircrafts) para aquisição de imagens a pouca altura do solo tem se tornado cada vez mais comuns na agricultura, já com muitas empresas atuando neste mercado. O emprego destes equipamentos permite levantar informações detalhadas, com flexibilidade e baixo custo, estabelecendo diferentes resoluções espaciais, em função dos objetivos do levantamento, ajustando altura do voo. No entanto, para explorar toda a potencialidade desta tecnologia há a necessidade do desenvolvimento de métodos específicos para diferentes problemas da agricultura.

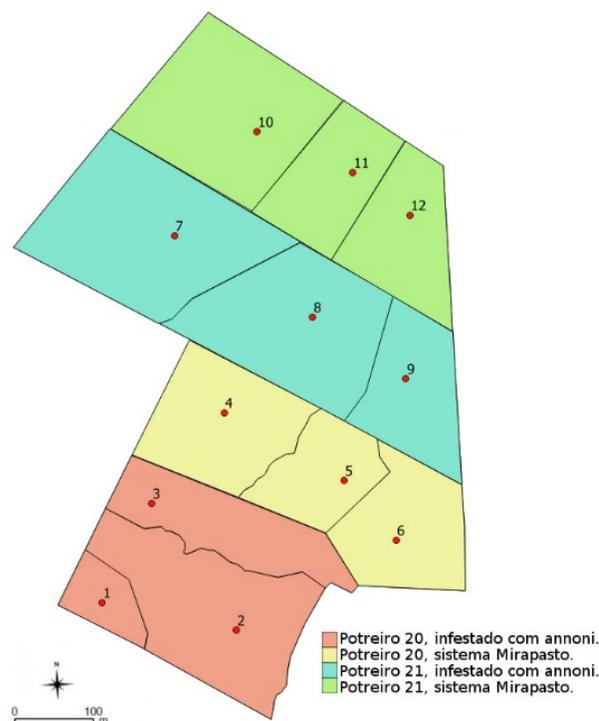
A proposta deste trabalho é fazer uma avaliação preliminar de um sensor multiespectral desenvolvido para uso em agricultura. O sensor possui dimensões restritas e pouco peso, o que permite que seja embarcado em ampla gama de RPAs. Mais especificamente, o objetivo desta avaliação é verificar a viabilidade do emprego deste sensor em mapeamentos e quantificação do nível de infestação por capim-annoni em pastagens naturais do sul do Brasil. Inicialmente, procurou-se estabelecer níveis de correlação entre variáveis biométricas (relacionadas à biomassa e níveis de infestação) com as reflectâncias das pastagens medidas nas cinco bandas espectrais do equipamento. Foram encontrados resultados promissores para as bandas espectrais com comprimentos de onda 717 e 840 nm, correspondentes à borda do vermelho e infravermelho próximo, respectivamente. Foram verificados ainda a correlação das variáveis biométricas com os índices NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e NDRE (*Normalized Difference Red Edge*). Foram ajustados modelos de regressão para as variáveis biométricas em função das informações espectrais. O melhor resultado encontrado nos ajustes dos modelos é aqui apresentado.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área de cerca de 31 ha, abrangendo quatro divisões (potreiros) com pastos nativos, cada uma delas com diferentes níveis de infestação. A área de estudo é pertencente à fazenda experimental da Embrapa Pecuária Sul, localizada em Bagé, RS. Dois potreiros possuem alto nível de infestação por capim-annoni e os outros dois potreiros estão submetidos ao manejo *Mirapasto* (*Método Integrado de Recuperação de Pastagens*), que objetiva a recuperação de pastagens naturais e o controle integrado da infestação do capim-annoni (PEREZ, 2015) [3]. Cada potreiro é subdividido em três zonas, e monitorado mensalmente, sendo coletados amostras das pastagens nas 12 zonas (Figura 1). As amostras da pastagem utilizadas neste trabalho foram coletadas no dia 02/10/2017, pelo método do quadrado, posicionado dentro das doze zonas de monitoramento. A biomassa aérea foi cortada ao nível do solo em uma moldura quadrada, 50 por 50 cm, e levada para o laboratório para pesagem e processamento. Depois da pesagem, a amostra foi separada nos seguintes componentes: fração verde das espécies nativas, fração verde do capim-annoni e material morto. O material separado foi levado para secagem em estufa até peso constante, gerando os seguintes dados: 1) peso da biomassa total, 2) peso biomassa total seca, 3) peso da matéria verde seca (kg/ha), 4) peso da matéria verde seca do capim-annoni (kg/ha), e 5) nível de infestação do capim-annoni, dado pela relação entre o peso da matéria verde seca da fração capim-annoni e o peso da matéria verde seca total. As posições dos locais de amostragem são indicadas por pontos vermelhos dentro das zonas na Figura 1.

A imagem multiespectral utilizada foi cedida pela empresa Agronatura. Esta imagem foi gerada pelo mosaico de fotografias aéreas, obtidas pelo sensor multiespectral RedEdge-M® da empresa MicaSense ([www.micasense.com](http://www.micasense.com)). Este sensor foi montado em um RPA de asa fixa, operada pela empresa, em um voo realizado no dia 17/10/2017. O sensor possui cinco bandas espectrais (Tabela 1). O pixel da imagem resultante corresponde a uma resolução espacial de 18 cm no solo. A Figura 2 mostra alguns detalhes dos equipamentos utilizados no voo sobre a área de estudo.

Como a posição geográfica das amostras das pastagens não eram precisamente conhecidas e existe uma variabilidade acentuada na resposta espectral das pastagens naturais, foram utilizados valores médios de reflectâncias para as cinco bandas. Os valores considerados para cálculo da média correspondem aos valores digitais dos pixels das imagens, obtidos em uma área circular de 15 metros de raio, ao redor dos pontos de referência mostrados na Figura 1. Os círculos utilizados nos cálculos tinham 706,5 m<sup>2</sup> e 21.412 pixels. Os valores digitais e suas estatísticas foram obtidas no software QGIS 2.18, usando o método *estatísticas por zonas*. Alguns círculos foram ligeiramente deslocados para fugir de áreas com alta umidade e presença de gado, que afetaria a resposta espectral e a representatividade da zona.



**Figura 1.** Doze zonas nos 4 potreiros e a posição das doze amostras (pontos vermelhos).

**Tabela 1.** Características técnicas do sensor RedEdge-M®.

Banda	Sigla	Comprimento de onda central (nm)	Largura da banda (nm)
1 - Azul	bd_Azul	475	20
2 - Verde	bd_Verde	560	20
3 - Vermelho	bd_Verm	668	10
4 - Borda do vermelho	bd_RedEdge	717	10
5 - Infravermelho próximo	bd_NIR	840	40



**Figura 2.** Detalhes dos equipamentos utilizados: corpo central do RPA de asa fixa (imagem à esquerda); RPA em voo (superior à direita), e sensor RedEdge-M® utilizado (inferior à direita). Fotos: Naylor B. Perez.

Para investigar quais bandas são mais indicadas para serem empregadas em estudos com o capim-annoni, foi investigada a correlação entre as variáveis biométricas e os dados espectrais das cinco bandas, bem como, a correlação

com dois índices obtidos com a combinação de bandas: NDVI e NDRE, dados por:

$$NDVI = (bd\_NIR - bd\_Verm)/(bd\_NIR + bd\_Verm); e$$

$$NDRE = (bd\_NIR - bd\_RedEdge)/(bd\_NIR + bd\_RedEdge).$$

Nos processamentos e análises foram usados os aplicativos QGIS 2-18 e SAS®.

### 3. RESULTADOS

A Tabela 2 mostra os dados utilizados na análise e os valores obtidos para as doze amostras. Na Figura 3 é mostrado um gráfico de dispersão das variáveis peso da matéria verde seca e níveis de infestação por capim-annoni. Pode-se observar que os pontos relativos às amostras de um mesmo potreiro se posicionaram relativamente próximas no espaço de atributos, indicando uma homogeneidade interna na situação dos potreiros em relação ao nível de infestação.

Tabela 2. Valores das variáveis biométricas, espectrais e índices utilizados nas análises.

Variáveis biométricas			Respostas espectrais do sensor		
Variável	Média (kg/ha)	D.Padrão	Variável	Média	D.Padrão
BiomTt	21983	12469	bd_Azul	1045	170,84
BiomTtSc	8667	6113	bd_Verde	2576	188,59
MtVdSc	2891	1824	bd_Verm	1820	492,09
MtVdAnnSc	2192	2273	bd_RedEdge	5369	782,37
Infestação	0,5871	0,4452	bd_NIR	13016	2529

Índices		
Variável	Média	D.Padrão
NDVI	0,743	0,095
NDRE	0,4124	0,0295

**BiomTt**: biomassa total; **BiomTtSc**: biomassa total seca; **MtVdSc**: matéria verde seca; **MtVdAnnSc**: fração do capim-annoni da matéria verde seca; **Infestação**: porcentagem de capim-annoni na matéria verde seca.

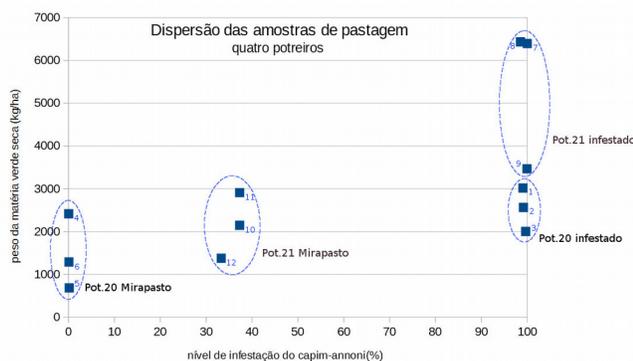


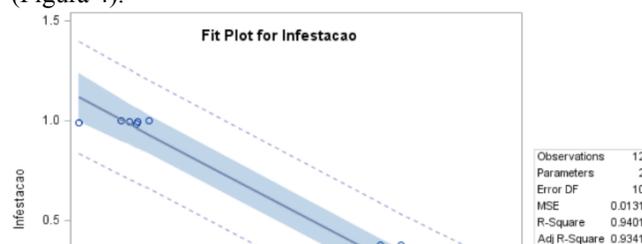
Figura 3. Amostras de pastagem por local de coleta, percentual de infestação por capim-annoni e peso da matéria seca em kg/ha.

A Tabela 3 mostra os valores de correlação (Pearson) entre as variáveis biométricas e os valores médios de refletância para as zonas, bem como para os índices NDVI e NDRE. Também são mostrados os valores dos testes de significâncias correspondentes. Foi ajustado um modelo de regressão linear usando o procedimento *stepwise* (SAS, 2011) [4], tendo como variável dependente, o nível de infestação, e as variáveis explicativas candidatas, as cinco bandas e os dois índices.

Tabela 3. Valores do coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis biométricas, valores médios das bandas e índices espectrais, para as 12 zonas, e respectivos testes de significâncias.

Pearson Correlation Coefficients, N = 12 Prob >  r  under H0: Rho=0					
	BiomTt	BiomTtSc	MtVdSc	MtVdAnnSc	Infestacao
bd_Azul	0.54565 0.0865	0.67586 0.0158	0.52936 0.0767	0.71000 0.0097	0.59585 0.0409
bd_Verde	-0.12741 0.6931	-0.08867 0.7841	-0.07095 0.8266	-0.01165 0.9713	-0.26798 0.3997
bd_Verm	0.58917 0.0438	0.72787 0.0073	0.56043 0.0581	0.74810 0.0051	0.65600 0.0205
bd_RedEdge	-0.75034 0.0049	-0.86259 0.0003	-0.63882 0.0253	-0.80294 0.0017	-0.96960 <.0001
bd_NIR	-0.70806 0.0100	-0.85432 0.0004	-0.59821 0.0407	-0.80884 0.0015	-0.91576 <.0001
NDVI	-0.70838 0.0099	-0.84672 0.0005	-0.64233 0.0243	-0.83670 0.0007	-0.81523 0.0012
NDRE	-0.44862 0.1435	-0.59560 0.0410	-0.36906 0.2378	-0.58195 0.0471	-0.52715 0.0782

O modelo ajustado apresentou alta significância (R<sup>2</sup> ajustado = 0,9341) com apenas uma variável explicativa, a banda 4. Isto mostra que foi possível estimar a infestação pelo capim-annoni somente com esta banda espectral (Figura 4).



Parameter Estimates				
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	Pr >  t
Intercept	1	3.54966	0.23874	14.87 <.0001
bd_RedEdge	1	-0.00055178	0.00004404	-12.53 <.0001

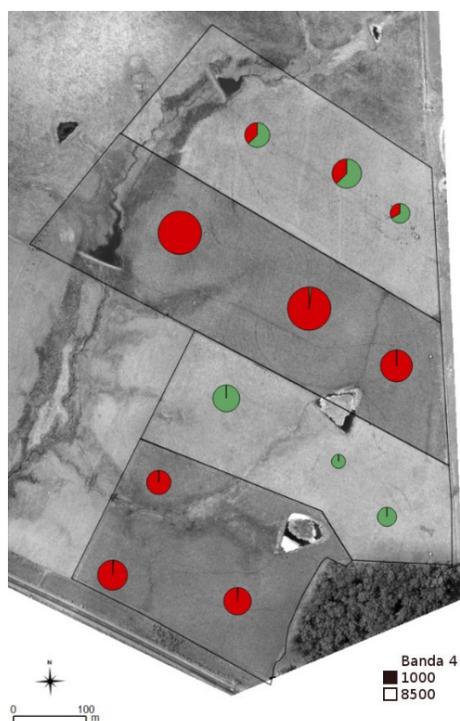
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	1	2.04994	2.04994	156.99	<.0001
Error	10	0.13058	0.01306		
Corrected Total	11	2.18052			

Root MSE	0.11427	R-Square	0.9401
Dependent Mean	0.58708	Adj R-Sq	0.9341
Coeff Var	19.46422		

Figura 4. Ajuste do modelo linear, resultado do SAS.

A Figura 5, apresenta uma imagem da banda 4 sobreposta com círculos, onde a área do círculo é proporcional à variável matéria verde seca (MtVdSc) e o nível de infestação é indicado pela relação entre área em cor vermelha e área do círculo. Os distintos níveis de infestação das áreas submetidas ao - MIRAPASTO, indicam tempos distintos desde o início do processo de recuperação e a gradual recuperação das áreas.



**Figura 5.** Imagem da banda 4 com sobreposição de informação de matéria verde seca total (proporcional à área do círculo) e infestação pelo capim-annoni (relação entre a área em vermelho e área do círculo).

#### 4. DISCUSSÃO

As bandas espectrais 1 e 3 apresentaram correlações positivas, de intensidade moderada a forte, sendo as correlações mais significativas as relacionadas com a variável fração capim-annoni da matéria verde seca, 0,71 para a banda 1 e 0,75 para a banda 3. Já as bandas 4 e 5, correspondentes às faixas espectrais da borda do vermelho e infravermelho próximo apresentaram correlações negativas fortes e muito fortes com diversas variáveis biométricas, com destaque para o nível de infestação: -0,97, para a banda 4, e -0,91 para a banda 5. O índice NDVI apresentou correlações negativas fortes com as variáveis peso da biomassa total seca (-0,85), matéria verde seca da fração capim-annoni (-0,84) e o nível de infestação (-0,82).

A maioria das correlações fortes e muito fortes encontradas foram negativas e associadas às bandas 4 e 5. Este comportamento se deve à combinação de alguns fatores ainda não estudados especificamente para o capim-annoni. Um destes fatores poderia ser a resposta espectral diferenciada e menor nestas faixas (borda do vermelho e infravermelho próximo) das folhas do capim-annoni quando comparada as folhas de outras plantas que compõem o campo nativo sulino. Mas outros fatores devem estar relacionados à arquitetura e outras características da planta. Ponzoni et al. (2013) [5] discute os parâmetros *Índice de Área Foliar (IAF)* e *Distribuição Angular Foliar (DAF)* e seus efeitos na reflectância. O capim-annoni apresenta

folhas finas e colmos eretos (REIS, 1993) [6]. As folhas finas em plantas tendem a resultar em IAF menores. Pequenos valores de IAF, por sua vez, aumentam a influência do solo na resposta espectral. O solo apresenta menor reflectância em relação às folhas das plantas nas bandas correspondentes à borda de vermelho e infravermelho próximo, e assim, a prevalência de plantas de capim-annoni na pastagem, levaria a menores valores de reflectância para as bandas 4 e 5, estabelecendo uma relação inversa. O ângulo acentuado das folhas, sobretudo das plantas sob pastejo; o efeito alelopático heterotóxico, que inibe o estabelecimento de outras espécies (FERREIRA et al., 2008) [7]; assim como o efeito autotóxico, que inibe o estabelecimento de novas plantas de capim-annoni ao redor das touceiras já estabelecidas (FAVARETTO et al., 2017) [8], também contribuem para o aumento da exposição do solo, diminuindo a reflectância nas bandas 4 e 5 e aumentando a resposta na banda 3.

#### 5. CONCLUSÕES

O sensor avaliado apresentou potencial para o emprego no monitoramento e avaliação do nível de infestação das pastagens naturais do sul pelo capim-annoni. A banda 4 e 5 apresentaram correlações negativas muito fortes com a presença do capim-annoni, indicando ser viável a modelagem do nível de infestação por este capim com essas bandas espectrais, sobretudo a banda 4.

#### 6. REFERÊNCIAS

- [1] MEDEIROS, R. B. de; FOCHT, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni2 (*Eragrostis Plana* Ness) no Rio Grande do Sul, Brasil. Revisão Bibliográfica. **Pesquisa Agropecuária Gaucha**. Porto Alegre, v.13, nº1-2, p.105-114, 2007.
- [2] CICONET, N; J. M. FILIPPINI ALBA; SPIRONELLO, R. L;
- [3] PEREZ, N. B. **Método integrado de recuperação de pastagens Mirapasto: foco capim-annoni**. Brasília: Embrapa, 2015.
- [4] SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® 9.3 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2011.
- [5] PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y, E; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento remoto da vegetação. 2º edição revisada e ampliada**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.
- [6] REIS, J. C. L. Capimannoni-2: Origem, Morfologia, Características, Disseminação. In: **Reunião regional de avaliação de pesquisa comannoni-2**. Anais. Bagé: EMBRAPACPPSUL, 1993. p. 5-23. Documentos, 7.
- [7] FAVARETTO, A.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; PEREZ, N. B. Autotoxicity in tough lovegrass (*Eragrostis plana*). **Planta Daninha**, v. 35, 2017. e017164046.
- [8] FERREIRA, R. N; MEDEIROS, R. B. de; SOARES, G. L. G. Potencial alelopático do capimannoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) na germinação de sementes de gramíneas perenes estivais. **Revista Brasileira de Sementes**. Vol. 30 Nº2 Londrina, 2008.