

Determinação da Produtividade de Soja por Sensoriamento Remoto em Nível de Talhão

Pablo Fernandes¹
Kelly Taline Veiverberg²
Elódio Sebem³

^{1,2,3} Colégio Politécnico da UFSM / Universidade Federal de Santa Maria
Av. Roraima, 1000 – Prédio 70 cep: 97105/900 – Santa Maria / RS

¹ Acadêmico Engenharia Florestal / UFSM
pablofernandes30@yahoo.com.br

² Acadêmica Agricultura Familiar / UFSM
ktvberg@yahoo.com.br

³ Prof. Curso Técnico em Geoprocessamento; Programa de Pós-Graduação em Geomática
elodiosebem@gmail.com

Abstract: The anticipated evaluation of the productivity and the state of development of the crop is of basic importance for the correct handling of the agricultural areas. This paper had the objective of evaluate the correlation between the GNDVI (Green Normalized Difference Vegetative Index) generated for a optical orbital sensor with the productivity of the soy-bean, generating mathematical models applied to productivity estimate during the grown cycle. The experiment was carried through in two areas L6 and L7 in the harvest of 2006/2007 in Ibirubá (RS). Samples of productivity had been random collected. With software SPRING 5.0 the calculations and the readings of the extracted values of GNDVI of the images CBERS 2 sensor had been carried through, being these readings carried through in the phenology dates of 47 and 73. Statistics of correlation between the productivity and the GNDVI in the L6 area was gotten with analysis a $R^2=0.3467$ in the 47 date and $R^2=0.4570$ in 73 date. For the L7 area a $R^2=0.675$ in the 47 date and $R^2=0.3887$ in second date, being that the zones of low and high values of productivity had coincided with the zones of low and high values GNDVI in the Maps. These work show that it is possible to determine the productivity of the soy-bean during the grown cycle whit de remote sensing data, using GNDVI mathematical models.

Palavras-Chave: GNDVI, soybean, precision farming, GNDVI, soja, agricultura de precisão.

1. Introdução

Saber a produção total de um talhão nos proporcionará a média de produtividade de uma área, valor este importante para sabermos se a lavoura é rentável ou não. Mas isso não é suficiente para conhecermos onde estão os pontos da lavoura que podemos melhorar esta média de produtividade e onde se está aplicando insumos desnecessariamente. Para tal a agricultura de precisão vem a ajudar o produtor rural a melhorar o processo produtivo com a adoção de modernas técnicas que aliam os sistemas GNSS (*Sistema Global de Navegação por Satélite*), o sensoriamento remoto e o geoprocessamento.

Nas últimas décadas, o Brasil viu a área cultivada com soja sofrer uma expansão considerável, passando de 1,3 milhões de hectares na década de 70 para os atuais 23 milhões de hectares (safra 2005/2006), sendo a cultura de maior importância sob o ponto de vistas de exportações de grãos no cenário de produção agrícola brasileiro, nos demonstra Embrapa (2006).

As variações econômicas internacionais interferem diretamente na gestão econômica da lavoura. Se pudermos saber antecipadamente qual será a produtividade das áreas agrícolas, através de técnicas de sensoriamento remoto, poder-se-á estruturar de forma mais precisa o agronegócio em termos de logística e de armazenamento da produção visando um melhor preço na comercialização.

A globalização da economia e a competitividade de preços dos produtos têm direcionado o setor agrícola a buscar maior eficiência e melhor controle de informações no campo. Neste sentido Lamparelli et al (2001) nos afirmam que a pressão pela maior conservação de recursos

naturais e menor poluição do solo é outro fator a influenciar novas mentalidades na operacionalização do processo produtivo da agricultura.

A estimativa de produtividade de soja por meio de sensoriamento remoto sugere uma ferramenta potencial para agricultura de precisão, qualificando e quantificando o potencial produtivo da lavoura, propondo classificar áreas de acordo com o desenvolvimento do cultivo e assim podermos realizar os tratos culturais adequados para cada situação mapeada.

A fotossíntese é processo pelo qual as plantas verdes produzem carboidratos (açúcares) a partir da água (absorvida pelo sistema radicular) e do CO₂ absorvido da atmosfera, mediado pela radiação fotossinteticamente ativa (RFAAb), ou seja, radiação solar de comprimento de onda entre 400 e 700nm, também denominado luz visível (Moreira, 2005).

No mesmo assunto Maluf (2001) afirma que o comportamento espectral de uma folha é função de sua composição, morfologia e estrutura interna. Desde que as características da folha são geneticamente controladas, existirão, portanto diferenças no comportamento espectral entre grupos geneticamente distintos.

Podemos através das relações existentes entre as respostas espectrais da plantas nos diversos comprimentos de onda utilizar relações físicas para realçar aspectos da vegetação. Desta forma muitos índices de vegetação (*vegetation indexes*) foram propostos e tem sua base fundamentada na alta resposta espectral da vegetação sadia na faixa do infravermelho próximo e baixa na parte visível do espectro eletromagnético. Neste sentido, Staggenborg e Taylor (2000) propuseram o índice de vegetação da diferença normalizada do verde (GNDVI, “*Green Normalized Difference Vegetative Index*”), observado na Equação (1).

$$GNDVI = \frac{(IVp - V)}{(IVp + V)} \quad (1)$$

onde,

IVp = faixa do espectro eletromagnético correspondente ao Infravermelho Próximo;

V = faixa do espectro eletromagnético correspondente ao Verde.

Para os mesmos autores o GNDVI obteve tendência de valores de R² maiores nos modelos ajustados e dos maiores valores de correlação, mostrando que o uso da banda verde foi mais sensível para detectar os diferentes níveis nutricionais do que o uso da banda vermelha. Corroborando a afirmação acima Gitelson et al. (1996) apud Junior (2007) verificou que o GNDVI foi muito mais sensível que o NDVI para identificar diferentes taxas de concentração de clorofila em duas espécies de plantas.

“Conforme Chen et al (1986) e Vygodskaia et al (1989), o emprego dos índices de vegetação, para caracterizar e quantificar determinado parâmetro biofísico de culturas agrícolas tem-se duas grandes vantagens: a) Permite reduzir a dimensão das informações multiespectrais através de um simples número além de minimizar o impacto das condições de iluminação e visada; e b) fornece um número altamente correlacionado aos parâmetros agronômicos” (Junior, 2007).

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi o de avaliar a correlação entre o GNDVI gerado por um sensor ótico orbital com a produtividade do cultivo de soja, e assim gerar modelos matemáticos aplicados a estimativa de produção durante o ciclo da cultura.

2. Metodologia de Trabalho

O experimento foi realizado durante a safra 2006/2007, em dois talhões denominados L6 (8,33ha) e L7 (2,16ha), pertencentes à área de estudos da Escola Técnica Alto Jacuí (ETAJ), no município de Ibirubá, no estado do Rio Grande Sul, Brasil (-28°39'02"; -53°06'30"). O solo no experimento é identificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico, segundo Bruneto et al (2002).

A variedade de soja utilizada foi a 4910, de ciclo super precoce, muito suscetível a estiagem, mas que apresenta excelente produtividade em áreas irrigadas por pivô central. Portanto, as chuvas para essa variedade são cruciais para definir a produção. A semeadura foi realizada em 22 de novembro de 2006, com espaçamento entre linhas de 0,45m. A variedade apresentou um ciclo fenológico de 91 dias, e sua colheita foi realizada no dia 21 de fevereiro de 2007.

Com o uso de um GPS (*Sistema de Posicionamento Global*) Garmin Etrex Legend foram coletados os limites dos talhões, pontos de apoio para georreferenciamento das imagens e localização dos pontos para coleta de informações nos talhões. A projeção utilizada no trabalho foi UTM (Universal Transverso de Mercator) e Datum Córrego Alegre. Através do software TRACK MAKER Pro 4.3, foi realizada a comunicação do GPS com o computador para transferência e conversão de arquivos com informações geográficas.

A organização, gerenciamento de dados geoespaciais, correções geométrica e radiométrica das imagens e cálculo do GNDVI foram realizados através do software SPRING 5.0 – INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

A leituras dos valores de GNDVI foram realizadas na data 08/01/2006 correspondente a data fonológica 47 e 03/02/2007 correspondente a data fonológica 73 do cultivo através das imagens fornecidas pelo sensor ótico orbital CBERS 2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) – INPE, com a câmera CCD correspondente a resolução espacial de 20m, resolução radiométrica de 5 bandas espectrais, resolução digital de 8 bits e resolução temporal de 26 dias.

Na Equação 1 foram utilizadas, do sensor CBERS 2, a banda 2 correspondente ao intervalo espectral de 0,52 a 0,59 μ m (verde) e a banda 4 correspondente ao intervalo espectral de 0,77 a 0,89 μ m (infravermelho próximo).

A distribuição espacial dos pontos para coletas das amostras de produtividade foram determinados de modo aleatórios, representados por 1 m² referente a duas linhas de plantio, coletadas no dia 20/02/2007. A massa dos grãos das amostras de soja foram mensuradas com balança de precisão de miligramas modelo AS2000C marca Marte. Foi aplicado um mapa de distância nos talhões que é um tipo de análise de proximidade (medida de distância entre objetos, comumente medida em unidade de comprimento) que apresenta zonas com larguras especificadas (distâncias) em torno de um ou mais elementos do mapa (Câmera et al, 1996). Foi necessário aplicar um mapa de distância nos talhões em função de cada pixel sofrer interferência radiométrica de seus vizinhos, como o limite dos talhões localiza-se abeira de estradas, rios, campos e floresta esses alvos possuem reflectâncias diferentes foi criado um *buffer* interno de 20m aos talhões, descartando os pixels dentro dessa faixa, restando uma área útil ao experimento do talhão L6 de 5,75ha e ao talhão L7 de 1,12ha.

Calcularam-se os coeficientes de determinação (R^2) para determinação dos modelos matemáticos de produtividade.

3.Resultados e Discussão

O georreferenciamento da imagem do dia 08/01/2007 apresentou um erro médio quadrático (RMS) de 0,758 pixels e a imagem do dia 03/02/2007 apresentou um RMS de 0,460 pixels, ambas com um ajuste polinomial de 2° grau.

A Tabela 1 mostra os dados de produtividade coletados no Talhão L6 assim como os respectivos índices de vegetação (GNDVI) para as duas datas analisadas nas imagens orbitais.

A Figura 1 mostra os resultados da análise de regressão aplicada ao Talhão L6 em que no o eixo **X** temos os valores de GNDVI e no eixo **Y** a Produtividade de soja. Para a primeira data de análise o resultado do ajuste polinomial entre o índice de vegetação e a produtividade produziu um R^2 de 0,3467 e para o dia fenológico número 73 o R^2 foi de 0,4570.

Tabela 1. Dados de produtividade e GNDVI do Talhão L6.

Talhão L6				
Nome do Ponto	Produtividade Kg/ ha	GNDVI Data 08/01/2007	GNDVI Data 03/02/07	Data
		Data Fenológica 47	Fenológica 73	
1	5450	0,501577	0,629393	
2	2830	0,509434	0,619048	
3	2490	0,514019	0,614148	
4	3060	0,517028	0,624204	
5	3160	0,496815	0,592105	
6	2650	0,50641	0,597315	
7	1970	0,488673	0,589404	
8	1900	0,427536	0,519713	
9	1820	0,450172	0,539568	
10	2860	0,490323	0,555556	

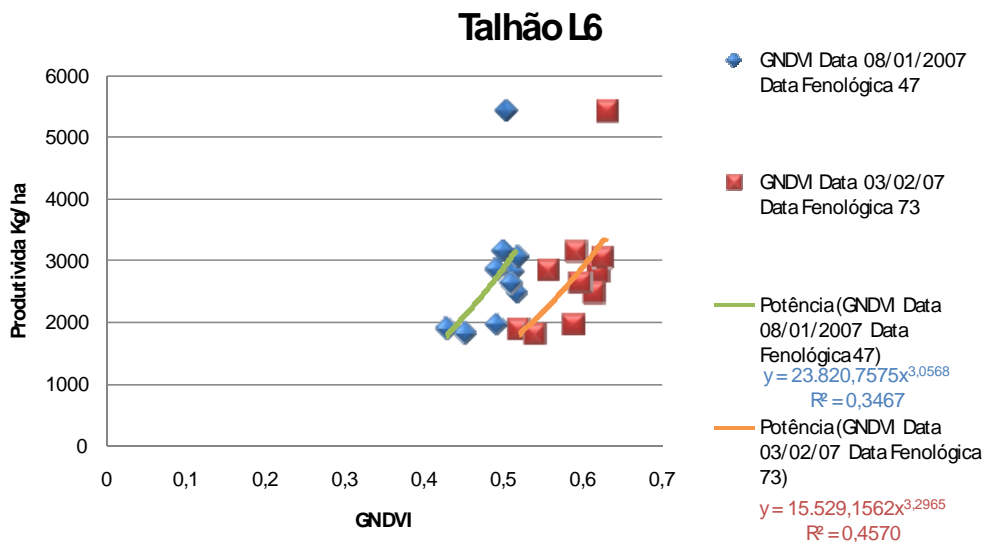


Figura 1. Análise de Regressão entre produtividade e GNDVI para o Talhão L6.

A Tabela 2 mostra os dados de produtividade e GNDVI para o menor talhão deste trabalho, o L7, assim como a Figura 2 mostra os resultados da análise de regressão para o mesmo local.

Tabela 2. Dados de produtividade e GNDVI do Talhão L7.

Talhão L7				
Nome do Ponto	Produtividade kg/ ha	GNDVI Data 08/01/ 2007	GNDVI Data 03/02/07	Data
		Data Fenológica 47	Data Fenológica 73	
1	4090	0,51381	0,624204	
2	5130	0,506579	0,605263	
3	1480	0,469388	0,560137	
4	4010	0,501597	0,593443	
5	2270	0,475083	0,574468	
6	3340	0,514377	0,561644	
7	2780	0,493506	0,556338	
8	2790	0,473333	0,535211	

Talhão L7

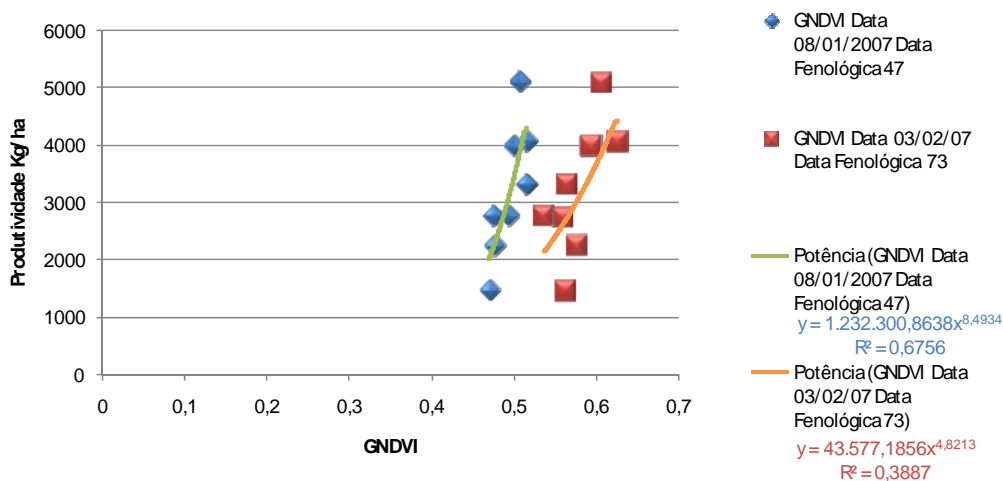


Figura 2. Análise de Regressão entre produtividade e GNDVI para o Talhão L7.

Podemos observar na Figura 2 o comportamento do GNDVI em relação a produtividade de soja nas duas datas fenológicas do talhão L7. Para a data fenológica 47 o resultado da regressão produziu um R^2 de 0,6756 e para a segunda data de análise o resultado do ajuste polinomial entre o índice de vegetação e a produtividade produziu um R^2 de 0,3887.

Observa-se que o melhor R^2 no talhão L6 e L7 ocorreram em datas fenológicas diferentes. No talhão L6 18 dias antes da colheita em o Talhão L7 44 dias antes da colheita. Isso pode ter ocorrido em virtude de diversos fatores que não puderam ser controlados neste experimento, tais como, correção de solo, ataque de pragas, declividade do terreno, estiagem e disponibilidade hídrica, entre outros. De acordo com Agritempo (2008), a estação meteorológica de Ibirubá registrou um período sem precipitação significativa de 29/01/2007 a 23/02/2007 com apenas a precipitação aproximada de 1,5 milímetros na data 05/02/2007, podendo ter influenciado nos resultados.

As Figuras 3, 4 e 5 mostram mapas para o Talhão L6, onde são respectivamente, o mapa de produtividade medido em campo, mapa do GNDVI para a data fenológica 47 e 73. Da mesma forma estão distribuídos os mapas das Figuras 6, 7 e 8 para o Talhão L7.

Visualiza-se nos Mapas de ambos os talhões que as zonas de baixos e altos valores de produtividades coincidiram com as zonas de baixos e altos valores dos Mapas de GNDVI das duas datas de cada talhão. Os pontos de amostras de produtividade dentro da faixa de 20 m do Mapa de Distancia só foram levados em consideração para gerar o Mapa de Produtividade para visualização.

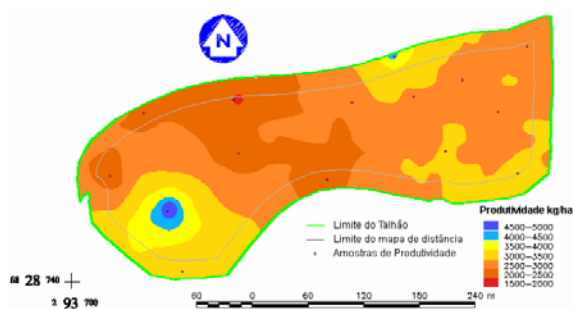


Figura 3. Mapa de Produtividade do Talhão L6 data 21/02/2007.

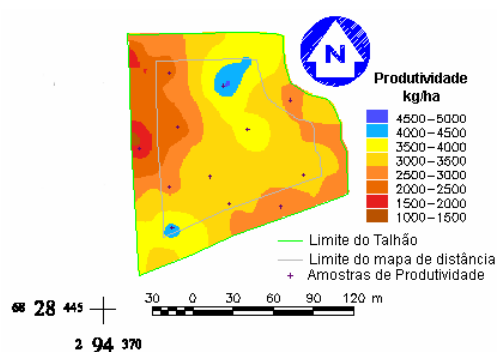


Figura 6. Mapa de Produtividade do Talhão L7 data 21/02/2007.

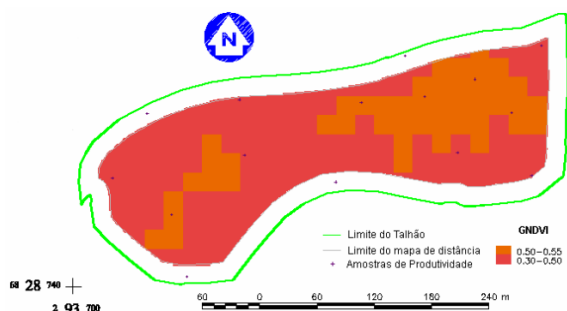


Figura 4. Mapa de GNDVI do Talhão L6 data 08/01/2007 data fenológica 47.

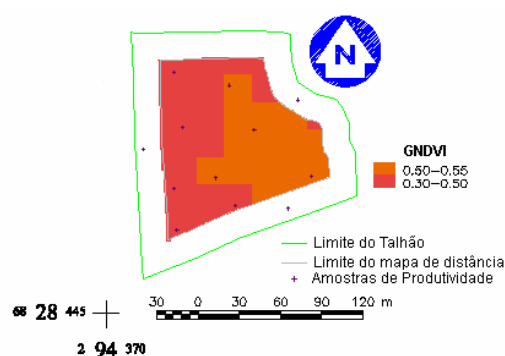


Figura 7. Mapa de GNDVI do Talhão L7 data 08/01/2007 data fenológica 47.

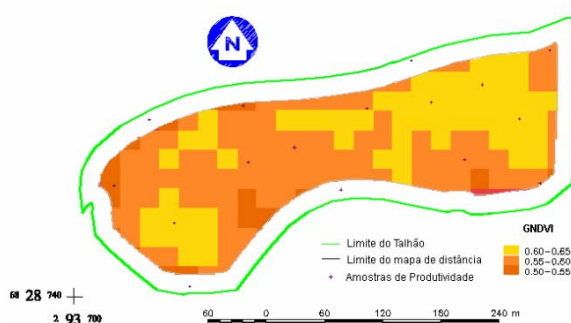


Figura 5. Mapa de GNDVI do Talhão L6 data 03/02/2007 data fenológica 73.

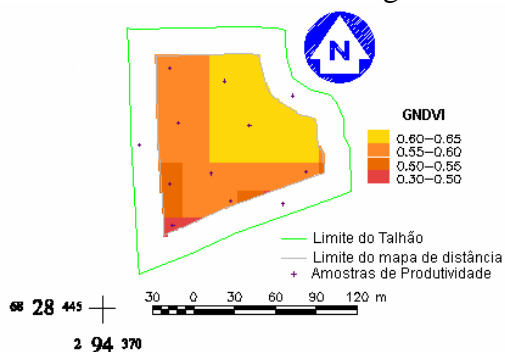


Figura 8. Mapa de GNDVI do Talhão L7 data 03/02/2007 data fenológica 73.

As melhores equações de regressão para as datas fenológicas 47 e 73 da soja variedade 4910, são apresentadas na Tabela 3 abaixo.

Tabela 3. Modelos Matemáticos para as datas fenológicas 47 e 73.

Data Fenológica	Modelo Matemático	R ²
47	$P = 1.232.300,8638 \times \text{GNDVI}^{8,4934}$	0,675
73	$P = 15.529,1562 \times \text{GNDVI}^{3,2965}$	0,457

P = Produtividade resultante; GNDVI = índice de vegetação de diferença normalizada do verde.

3. Conclusão

- É possível determinar a produtividade da cultura de soja antecipadamente por sensoriamento remoto em nível de talhão utilizando GNDVI.
- Os modelos referentes aos índices de vegetação normalizados pelo verde são capazes de estimar os níveis de produtividade nas áreas de estudo objetos deste trabalho.
- O modelo determinado para estimar a produtividade da cultura de soja com melhor R² é da data fenológica 47, nas condições em que foi realizado este trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Carlos Henrique Truss pelo seu empenho e colaboração inestimável ao experimento, ao Professor Dr. Elódio Sebem pela sua orientação na realização do experimento e a Escola Técnica Alto Jacuí por nos possibilitar a execução do mesmo.

Referências Bibliográficas

AGRITEMPO, **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Disponível em:

<<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/plotpesq?uf=RS>> Acessado em 07. nov.07

BRUNETTO, G. et al. **Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em solos do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/18.pdf>>. Acessado em: 01.nov.08.

EMBRAPA. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, 2006/2007**. Pelotas: Embrapa Clima Tempo, 2006.167p.

JUNIOR, M. **Utilização de imagens multiespectrais para detectar diferentes níveis nutricionais na forrageira *Brachiaria decumbens***. 2007. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.14.11/doc/385-392.pdf>>. Acessado em 29.out.08.

LAMPARELLI, R. et al. **Geoprocessamento e Agricultura de Precisão, Fundamentos e Aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118 p.

MOREIRA, M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3ª Edição. Viçosa: UFV, 2005. 320 p.

MALUF, R. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos , INPE, 2001.68p.

"**SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling**" Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

STAGGENBORG , S.A. & TAYLOR, R.K. **Predicting grain yield variability with infrared images**. 5th Annual Precision Agriculture Meetings, Bloomington, MN, July 2000.