

Correlação entre a produtividade do milho e índice de vegetação obtido por imagens de satélite

Matheus Barbosa^{1*} e Helton Aparecido Rosa¹

¹Centro universitário assis gurgacz, acadêmico de agronomia, Cascavel, Paraná

*Matheus.nardi@hotmail.com

Resumo: O milho é uma cultura de plena importância econômica no comércio agrícola mundial, gerando emprego e renda. E dessa forma vários países no mundo passaram a investir em estudos para o desenvolvimento da cultura, onde novas tecnologias começaram a surgir, a agricultura de precisão foi uma delas, onde passou a ser usada mundialmente. Assim com o uso crescente da agricultura de precisão (AP) é de suma importância entender como ela se comporta no meio de cultura. Atualmente, sensores espectrais em órbita vêm sendo utilizados para estabelecer relações entre as respostas espectrais e parâmetros da cultura. Isso é possível por meio da leitura do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Este estudo foi conduzido entre abril de 2019 a outubro de 2019, em Terra Roxa - PR. Este trabalho teve o objetivo de usar o NDVI onde foi obtido a partir de imagem do satélite Sentinel -2 e correlacionar os dados com o mapa de produtividade obtido por colhedora. Considerando o período de obtenção dos dados gerados de NDVI, houve baixa correlação com os dados de produtividade devido a possível presença de nuvens que interferiram nos valores de NDVI.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; NDVI; *Zea mays*.

Correlation between corn productivity and vegetation indexes obtained by satellite images

Abstract: Corn is a crop of full economic importance in the world agricultural trade, generating employment and income. And so many countries around the world began to invest in studies for the development of culture, where new technologies began to emerge, precision agriculture was one of them, where it began to be used worldwide. Thus with the increasing use of precision farming (PA) it is of utmost importance to understand how it shares in the culture medium. Currently, orbiting spectral sensors have been used to establish relationships between spectral responses and culture parameters. This is possible by reading the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). This study was conducted from April 2019 to October 2019, in Terra Roxa - PR. The objective of this work was to use NDVI where it was obtained from Sentinel -2 satellite image and to correlate the data with the yield map obtained by harvester. Considering the period of obtaining the generated NDVI data, there was a low correlation with the productivity data due to the possible presence of clouds that interfered with the NDVI values.

Keywords: Precision agriculture; NDVI; *Zea mays*.

Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma planta monocotiledônea proeminente das famílias da Poaceae sendo uma das principais culturas cultivadas no mundo, encontrando-se em climas tropicais, subtropicais e temperados, com isso está espalhado em todas as regiões do Brasil. O acompanhamento da lavoura é muito importante para prevenir perdas de produção durante a colheita, por pragas, doenças ou até plantas daninhas, com o uso da agricultura de precisão é possível fazer o monitoramento da lavoura a partir disso criar bancos de dados que vão servir de base para tomadas de decisão e controle eficaz das safras subsequentes.

Agricultura de precisão é um método de gestão que considera a variabilidade espacial da área e tem como observação a sustentabilidade, redução de impacto ambiental e melhores retornos econômicos onde normalmente envolve o solo, planta e a atmosfera. Assim o uso de imagens de satélites e VANTs auxilia na verificação de tipo de solo, da produtividade, das características físicas e da necessidade de nutrientes (MERCANTE *et al.*, 2003).

Desde o início da agricultura o conceito de agricultura de precisão já era implantado manualmente em pequenas lavouras. Primeiramente foram realizadas tarefas com relação ao controle da erosão posteriormente ao uso racional de insumos com o intuito de melhorar a produção agrícola e reduzir os impactos ambientais (GUEDES FILHO *et al.*, 2009).

Conforme Rudorff e Moreira (2002) Sensoriamento Remoto é responsável por coletar informações através de imagens digitais os satélites que são bastante utilizados na área de agricultura por serem capazes de capturar a energia refletida de uma superfície terrestre e transformar em imagens. Com o uso de vários parâmetros e correlacionando com as imagens geradas por satélites é possível determinar a produtividade desta cultura.

Conforme Moreira e Shimabukuro (2004), índice de vegetação são medidas radiométricas adimensionais usadas juntamente com o sensoriamento remoto, capazes de estabelecer comparações espaciais e temporais conforme o crescimento da planta. O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é atualmente o índice de vegetação mais utilizado no mundo e é calculado pela normalização da reflectância entre a banda do infravermelho próximo e a banda do vermelho, esse valor corresponde ao crescimento da área foliar ou biomassa da da área imageada (PONZONI., 2007).

Normalmente em uma propriedade rural os procedimentos convencionais para estimar a safra são realizados por amostragens em campo após a colheita (RODRIGUES *et al.*, 2005), demandam tarefas tardias e vigorosas com necessidade de muita mão-de-obra. Essa tarefa só é realizada na colheita assim dificultando ações antecipadas para melhor organização e administração da área. O mapa de colheita é um processo realizado a partir da colhedora, onde

coletam-se dados georreferenciados de produtividade. As colhedoras apresentam sensores que calculam a quantidade de grãos colhidos (ALBARENQUE *et al.*, 2011).

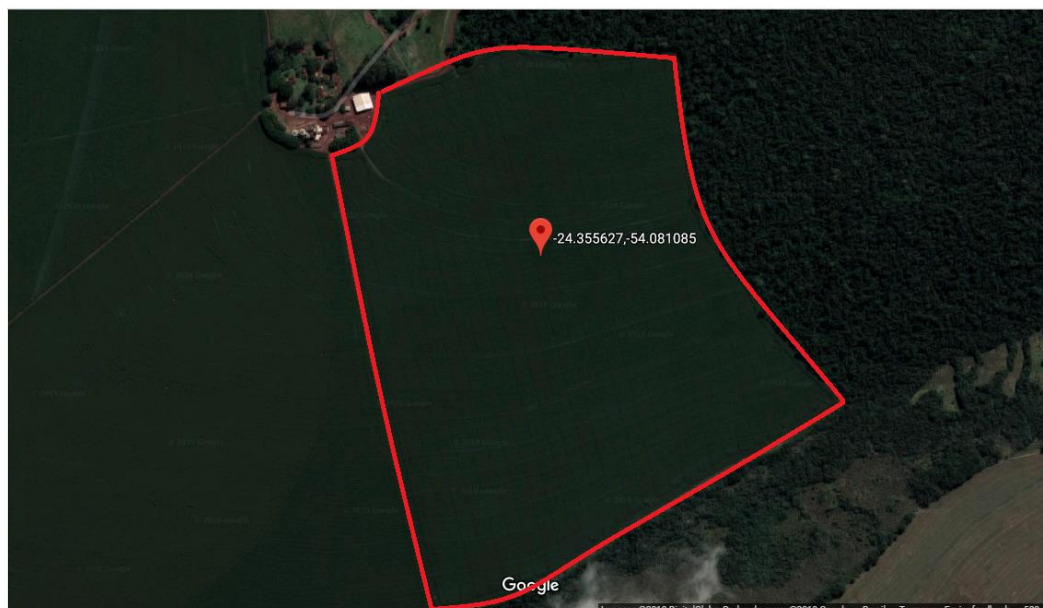
A estimativa de produtividade é muito importante para o planejamento e organização do meio de transporte, armazenamento dos produtos agrícolas, realizar negociações das safras antes da colheita e preços nos mercados da cultura desta forma controlando a matéria-prima da demanda nacional e internacional do país. No Brasil, as estimativas oficiais de produtividades são realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (ROSA *et al.*, 2010) e Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB.

Este trabalho teve o objetivo correlacionar valores de NDVI obtidos a partir de imagem de satélite com mapa de produtividade da cultura do milho.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período do dia 02 de fevereiro de 2019 á outubro de 2019 com dados de colheita retirados da safra do milho safrinha de 2017 em propriedade localizada no município de Terra Roxa, Estado do Paraná, conforme (Figura 1) latitude de 24°21'20,3"S e longitude de 54°04'51,9"W com altitude média de 361 metros. O clima, De acordo com a Köppen e Geiger classifica-se como Cfb quente e temperado, com média anual de temperatura é de 20,8 °C, precipitação média anual de 1505 mm. O solo é Latossolo vermelho eutrófico, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018).

Figura 1 - Mapa de localização do talhão (67 ha).



A cultivar de milho utilizada foi a DKB 290 da Dekalb, devido a sua grande adaptação e aceitação pelos produtores dessa região. A data de semeadura foi 19 de fevereiro de 2017, com o espaçamento de 0,45 m e as condições de manejo do cultivo seguiram as recomendações técnicas para a cultura Dekalb.

Para a elaboração do mapa de NDVI (Equação 1), utilizou-se imagens de satélite Sentinel-2 que possuem resolução radiométrica de 12 bits, 10m de resolução espacial nas bandas correspondente ao espectro visível - RGB e infravermelho próximo, também possui quatro bandas com 10m de resolução espacial, possui órbita circular e heliossíncrona descendente com frequência de revisita de 5 dias com a constelação de 2 satélites Sentinel 2A e 2B, no equador. A data da imagem utilizada foi 22/03/2017, pois foi a melhor imagem encontrada para o período próximo ao máximo estágio vegetativo do milho no local.

$$NDVI = \frac{(B08 - B04)}{(B08 + B04)} \quad \text{(Equação 1)}$$

B04 = Reflectância no comprimento de onda vermelho (nm)

B08 = Reflectância no comprimento de onda Infravermelho Próximo (nm)

Para produtividade, utilizou-se colhedora de grãos com sensores de fluxo e monitor de colheita. Os dados extraídos em cada ponto de colheita pelo monitor foram inseridos no QGIS 3.4, onde realizou-se interpolação pelo método Inverso da Distância ao Quadrado (IDQ), para geração do mapa de produtividade da área.

Para o download das imagens utilizou-se a plataforma Landviewer que é uma plataforma que possibilita a obtenção de imagens de vários tipos de satélites. Tais imagens foram utilizadas no software QGIS, o qual possui a ferramenta *calculadora Raster*, que é utilizada para processar matematicamente as equações de índices de vegetação.

Em seguida, atribuiu um grid com pontos espaçados a 10 m de distância (eixo x e eixo y), para coletar valores de NDVI e de produtividade dos mapas, nas mesmas coordenadas, utilizando o complemento do QGIS, *point sampling tools*. Por fim, foi feita a correlação linear de Pearson (r) utilizando o software Minitab 19. O coeficiente mede o grau de relação entre duas variáveis quantitativas e exprime o grau de correlação através de valores situados entre -1 e 1.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1, encontra-se a estatística descritiva dos dados de produtividade do milho e valores de NDVI para a data utilizada na pesquisa.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos dados

Parâmetro	Produtividade t/ha	NDVI
Média	7,77	0,56
Mediana	7,77	0,56
Desvio padrão	0,44	0,01
Mínimo	6,26	0,50
Máximo	8,58	0,58
Coeficiente de variação	5,64	2,46

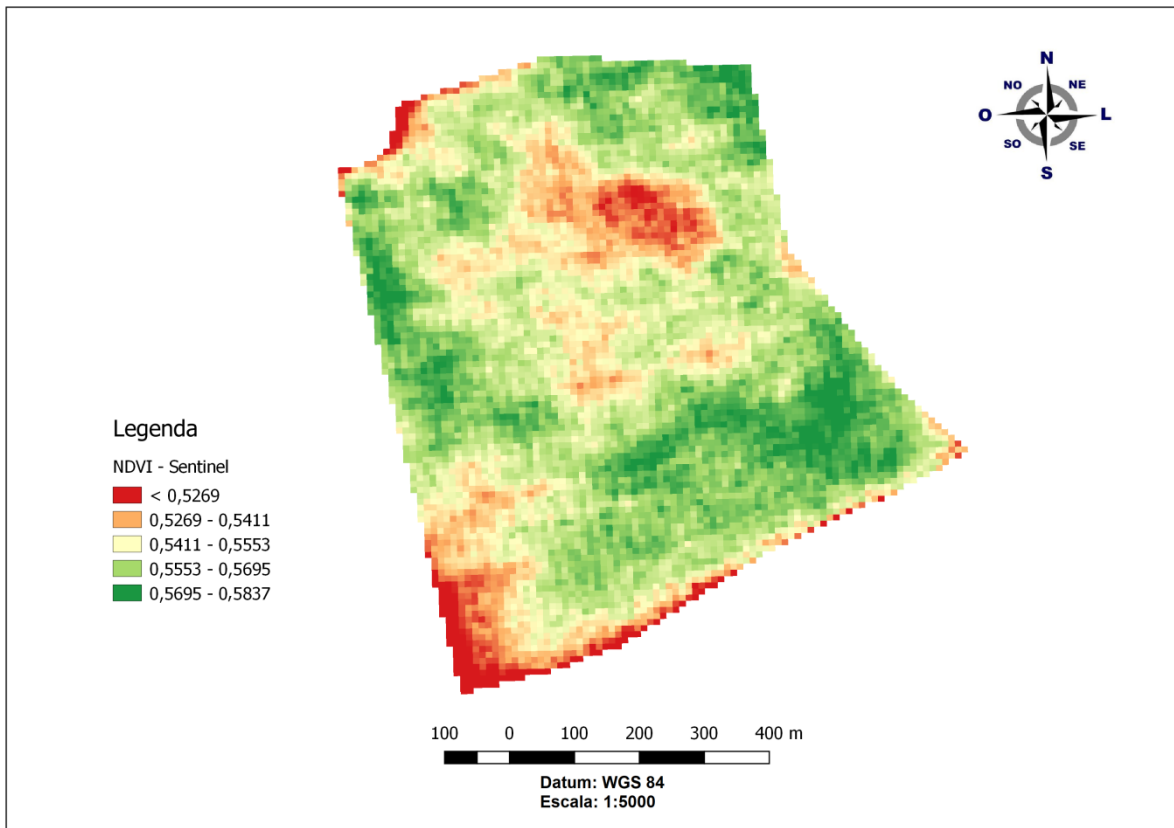
Conforme a Tabela 1, pode-se observar a média de produtividade do talhão se apresenta relativamente alta (7,77 ton/ha) e com isso mostra que foram adotadas boas práticas de manejo onde a produtividade manteve um elevado nível de forma mais uniforme em relação a toda a área onde foi implantada a lavoura onde também a produtividade obteve uma amplitude dos valores entre 6,26 a 8,58ton/ha e desvio padrão de 0,44.

Para o coeficiente de variação (CV), os valores obtidos do NDVI apresentaram baixa variabilidade (2,46%) Pimentel-Gomes (1985) propôs uma classificação para CV, sendo ele inversamente proporcional aos dados, ou seja, quanto menor for o CV maior a precisão dos dados no experimento e ele é classificado como baixo, médio, alto e muito alto. Sendo assim valores baixos representam inferiores de 10%, médios em torno de 10 a 20%, alto entre 20 a 30% e muito altos >30%.

Em relação ao NDVI apresenta-se na Tabela 1 uma amplitude de valores entre 0,50 a 0,58, com média de 0,56 e desvio-padrão de 0,01. Esses valores são considerados médios e representam áreas com menor porte vegetativo, ou em fase incompleta de desenvolvimento (WEIR e HERING, 2012). Nas Figuras 2 e 3 os valores médios de NDVI se comportaram fora do padrão em relação aos dados médios de produtividade.

A Figura 2 apresenta uma imagem aérea da cultura do milho, para a área de Terra Roxa, nas bandas do vermelho e do infravermelho próximo. Conforme pode-se observar os valores obtidos pelo NDVI variam entre menor que 0,52 a 0,58, verificando apenas os dados nesta imagem pode-se dizer que alguns pontos do mapa ocorreu uma variação no vigor vegetal das plantas em diferentes pontos da área observada, esses pontos apresentam uma diferença de 0,06.

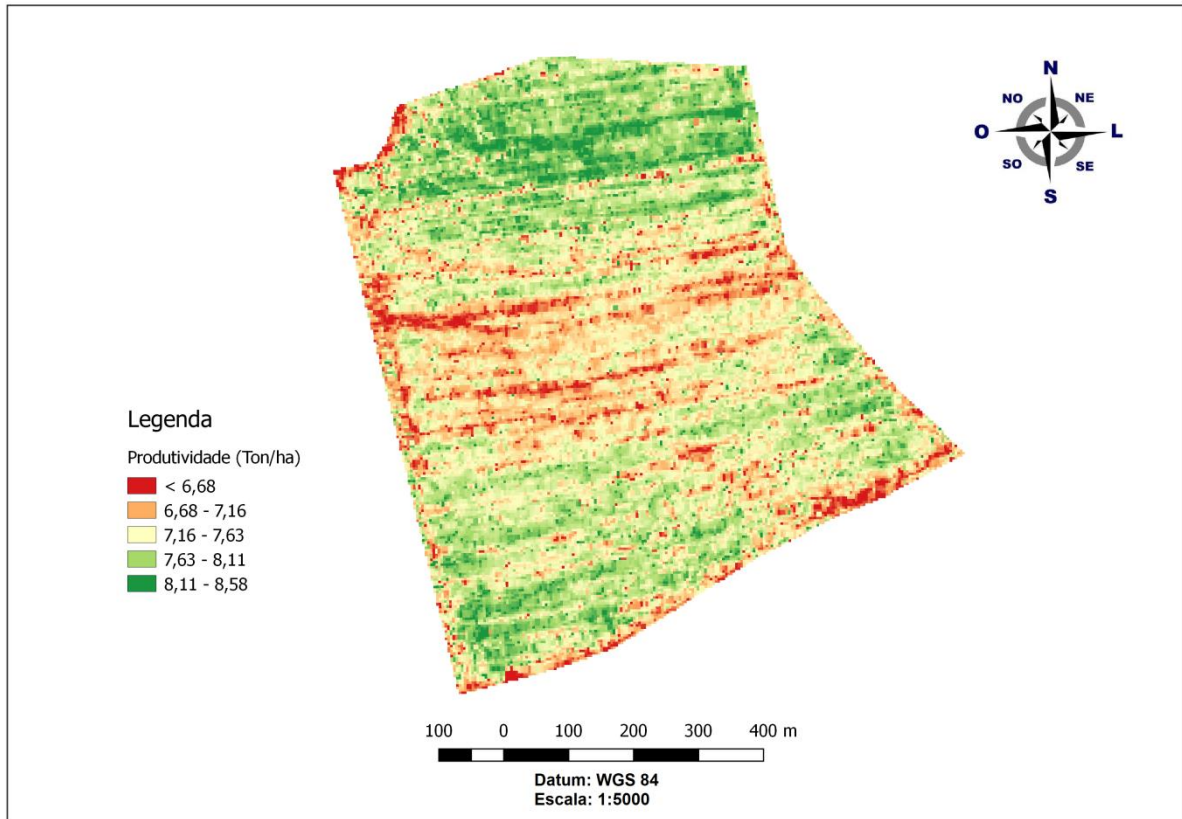
Figura 2 - Mapa de NDVI da cultura do milho (22/03/2017)



Pode-se observar cinco classes diferenciadas pelo tom de coloração como é o caso vermelho escuro que representa valores de NDVI menores que 0,52; tom alaranjado entre 0,52 a 0,54, tom amarelo claro entre 0,54 a 0,55, tom verde claro entre 0,55 a 0,56 e tom verde escuro entre 0,56 a 0,58.

A Figura 3 apresenta o mapa de produtividade para a cultura do milho, referente à área, indicando uma variação nos valores de produtividade entre 6,68 t/ha a 8,58 t/ha, distribuídos em cinco classes. Segundo Rodrigues (2002), existem vários fatores que possibilitam a alternância na variabilidade da produtividade, como é o caso das condições climáticas, doenças e insetos, plantas daninhas e atributos do solo, como textura profundidade, pH nutrientes.

Figura 3 - Mapa de produtividade do milho (ton/ha).



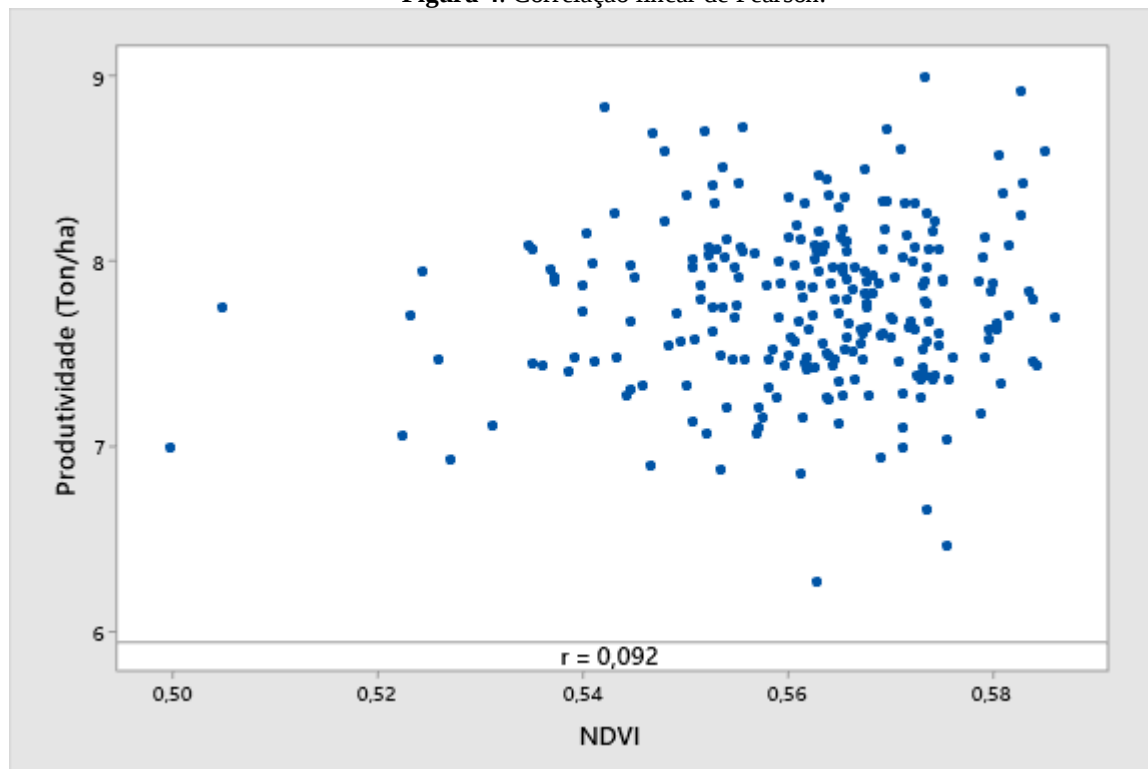
Percebe-se que existe uma correlação visual entre os mapas, o de NDVI (Figura 2) e o de produtividade (Figura 3) onde os dados de NDVI tem valor máximo de 0,58 sendo assim esse valor não corresponde com uma produtividade elevada, porem pode-se observar na Figura 3 dados mostrando uma produtividade relativamente alta e com isso não havendo uma correspondência visual entre os mapas neste estudo.

Da mesma forma, os pontos de maior produtividade correspondem aos pontos nos quais os valores de NDVI foram menores. Segundo Delgado et al. (2012), o NDVI acompanha a sazonalidade da região sendo ele influenciado pela quantidade de radiação incidente dos raios solares e pelas taxas de precipitação referente a análise temporal.

Na Figura 4, encontra-se o teste de correlação de Pearson, obteve um valor de 0,092 a análise de correlação linear entre a variáveis foram realizadas considerando a comparação entre várias coordenadas retidas no mesmo local nos dois mapas empregados. Marchiorato (2008) afirmou que a resposta espectral de culturas anuais varia de acordo com seu estágio fenológico, porem no caso do estudo a utilização da imagem proporcionou extração de

informações, mas a data quando foi retirada a imagem possivelmente dificultou a leitura por causa de nuvens.

Figura 4. Correlação linear de Pearson.



Os resultados obtidos pela correlação linear demonstraram uma baixa correlação, pois a maioria dos resultados de produtividade apresentam-se fora do padrão quando comparado aos de NDVI, este fato está vinculado à sazonalidade do período de retirada das imagens, as imagens retiradas foram as melhores considerando o período que encontrava-se em pico vegetativo da cultura, sendo impossível remover os pixels pela metodologia utilizada, alterando os valores reais do NDVI (Figura 2).

Conclusão

Considerando o período de obtenção dos dados gerados de NDVI, houve baixa correlação com os dados de produtividade devido a possível presença de nuvens que interferiram nos valores de NDVI.

Referências

- ALBARENQUE, S. M.; VÉLEZ, J. P. **Técnicas para el procesamiento de mapas de rendimiento**– Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Centro Regional Entre Ríos INTA. 1a ed. - Yuto: Ediciones INTA, 2011.
- DELGADO, R. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, M. H.; SOARES, V. P.; ANDRADE, R. G. Classificação espectral de área plantada com a cultura da cana-de-açúcar por meio da árvore de decisão. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 369-380, 2012b.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2018.
- GUEDES FILHO, O. **Variabilidade espacial e temporal de mapas de colheita e atributos do solo em um sistema de semeadura direta**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. 2009.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Clima Terra Roxa**, Paraná, 2016. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/terra-roxa-43582/>>. Acessado em: 22 de abril. 2019.
- MARCHIORATO, I. A. **Mapas de variabilidade do potencial de produtividade obtidos por satélites como instrumentos auxiliares às decisões sobre o manejo de nematoides na cultura de soja**. Jaboticabal, SP, 2008. Originalmente apresentada como tese de doutorado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal, 2008.
- MERCANTE, E.; OPAZO, M. A. U.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n.27, p.1149-1159, 2003.
- MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR Capítulo 4, p. 80-101. In: **Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N / Coordenador Nelson Jesus Ferreira**. São Paulo, Oficina de Textos, 2004.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 467p. 1985.
- PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. p.111-118, 2007.
- RODRIGUES, J.B.T. **Variabilidade espacial e correlações entre atributos de solo e produtividade na agricultura de precisão**. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura. Janeiro, 2002.
- RODRIGUES, V. N.; von PINHO, R. G.; PAGLIS, C. M.; BUENO FILHO, J. S. de S.; BRITO, A. H. de. Comparação entre métodos para estimar a produtividade de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29. n. 1. p.34-42. 2005.

ROSA, V. G. C. da; MOREIRA, M. A.; RUDOFF, B. F. T.; ADAMI, M. Estimativa da produtividade de café com base em um modelo agrometeorológico-espectral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p.1478-1488, dez. 2010.

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A. **Sensoriamento Remoto Aplicado a Agricultura**, Capítulo 9. 2002, INPE, São José dos Campos. INPE-8984-PUD/62.

WEIR, J.; HERING, D. **Measuring vegetation** (NDVI & EVI). NASA Earth Observatory, 2012.