

## DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NA CULTURA DA SOJA (*Glycine max* (L.)) ATRAVÉS DE SENSOR TERRESTRE

CAROLINE CORTEZ B. FIAMENGGHI<sup>1</sup>, DAVID LUCIANO ROSALEN<sup>2</sup>, CRISTIANO ZERBATO<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, Faculdade de Ciência agrárias e veterinária de Jaboticabal-UNESP, (016) 997631878, carol\_fiamengui@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, Prof Doutor, Faculdade de Ciência agrárias e veterinária de Jaboticabal - UNESP

<sup>3</sup> Engenheiro agrônomo, Prof Doutor, Faculdade de Ciência agrárias e veterinária de Jaboticabal - UNESP

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** A agricultura de precisão consiste na utilização de geotecnologias como Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e Sensoriamento Remoto, que aliadas a tecnologias de automação, permitem o manejo específico das áreas. Os sensores terrestres utilizados para a coleta de dados possibilita o cálculo de diferentes índices de vegetação, e estes por sua vez permitem a estimativa de biomassa verde e de produtividade, devido a alta correlação entre essas variáveis. Entre os diferentes índices de vegetação, há o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e o Índice de Vegetação Reverso (IRVI), que utilizam a refletância das bandas espectral infravermelho próximo e vermelha. O objetivo do trabalho foi comparar os índices de vegetação NDVI e IRVI na fase vegetativa da cultura da soja (*Glycine max*). A área experimental possuía em torno de 14 ha cultivada com soja, e após 37 dias foi realizado o sensoriamento para a coleta dos dados. Foram gerados mapas da área experimental, com os valores obtidos para os dois índices de vegetação. Os resultados indicaram que as áreas delimitadas pelos dois índices de vegetação foram aproximadamente compatíveis, demonstrando que ambos os índices poderiam ser utilizados. Porém, apesar da proximidade dos valores médios, estes foram estatisticamente diferentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sensoriamento remoto, NDVI, IRVI.

### DETERMINATION OF VEGETATION INDEX IN SOYBEAN CULTURE (*Glycine max*) THROUGH THE TERRESTRIAL SENSOR

**ABSTRACT:** Precision agriculture is the use of geotechnologies such as Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and Remote Sensing, which, together with automation technologies, allow the specific management of areas. The terrestrial sensors used for the data collection allow the calculation of different vegetation indices, which in turn allow the estimation of green biomass and productivity, due to the high correlation between these variables. Among the different vegetation indexes, there is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the Reverse Vegetation Index (IRVI), which use the reflectance of the near and red infrared spectral bands. The objective of this work was to compare the NDVI and IRVI vegetation indices in the vegetative phase of the soybean crop (*Glycine max*). The experimental area had around 14 ha cultivated with soybean, and after 37 days the sensing was done to collect the data. Maps of the experimental area were generated, with the

values obtained for the two vegetation indexes. The results indicated that the areas delimited by the two vegetation indices were approximately compatible, demonstrating that both indices could be used. However, despite the proximity of the mean values, they were statistically different.

**KEYWORDS:** Remote Sensing, NDVI, IRVI.

## INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.)), no Brasil, destaca-se pela sua grande importância econômica e crescimento em área cultivada nos últimos anos; sendo a cultura agrícola que mais cresceu e corresponde a cerca de 57% da área plantada em grãos no país. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, com uma produção na safra de 2015/2016 de 95,631 milhões de toneladas, uma produtividade de 2.882 kg por hectare, sendo que a produção de grãos é destinada a indústria nacional e a exportação *in natura* (CONAB, 2016)

As geotecnologias podem contribuir para uma maior produtividade, e dessa forma, faz com que o produtor recorra a essas ferramentas para ter maior sucesso em seu sistema produtivo. A agricultura de precisão, que faz uso intenso de geotecnologias como posicionamento via satélites, sensores terrestres, aéreos ou orbitais, e softwares de geoprocessamento, em conjunto com tecnologias de automação possibilita o manejo específico ou localizado em áreas produtivas.

A utilização de sensores terrestres permite a determinação de índices de vegetação, como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), e o Índice de Vegetação Reverso (IRVI). Esses índices têm como objetivo estabelecer relações entre as respostas espectrais da cultura e variáveis agrônômicas em geral; também é possível estabelecer relações entre esses índices e diferentes aspectos da sanidade vegetal o que permite dessa forma realizar o diagnóstico e respectiva distribuição espacial da incidência de pragas e doenças, assim esses dados podem ser utilizados para tomada de decisões em relação ao cultivo e planejamento para próximas safras.

Os índices de vegetação NDVI e IRVI baseiam-se em medidas de reflectância nas faixas espectrais do vermelho e do infravermelho. A utilização dessas faixas ou bandas espectrais justifica-se pelo fato de que há uma elevada absorção de uma e reflexão de outra durante o processo fotossintético, permitindo dessa forma que o estabelecimento das correlações citadas entre os valores de NDVI e IRVI e as variáveis agrônômicas, estágio vegetativo e vigor da planta.

É usual que sensores terrestres permitam a determinação, tanto do NDVI como do IRVI, dessa forma é importante verificar se as relações estabelecidas, por exemplo, com a produtividade, variam de um índice para outro.

Dentro deste contexto o objetivo deste trabalho foi comparar os índices de vegetação NDVI e IRVI na fase vegetativa da cultura da soja (*Glycine max*).

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em uma área utilizada pela empresa júnior (CAP Jr) do câmpus da FCAV e faz parte da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP Jaboticabal, no Estado de São Paulo. Localiza-se próxima a latitude de 21°15'12"S, longitude 48°17'00" com altitude média de 590 m e declividade aproximada de 7%. A área experimental possuía em torno de 14 ha e era cultivada com soja (Figura 1).



FIGURA 1. Imagem orbital da área de estudo. Fonte: imagem do Google Earth.

Para fins de caracterização topográfica, foi realizado um levantamento topográfico da área. Para esse levantamento foi utilizado receptor GNSS Trimble R6 e coletor de dados Trimble TSC3 operado no método Relativo Semicinemático (MONICO, 2008). Destaca-se que esse método de posicionamento GNSS permite atingir precisão na ordem de centímetros para os pontos mapeados. As medidas de campo obtidas foram pós-processadas no software Trimble Business Center v.2.8 e posteriormente exportados em formato texto para o *software* TopoEVN v.6 para a elaboração da respectiva representação gráfica do perímetro da área.

Para a obtenção dos valores de NDVI e de IRVI utilizou-se o sensor ativo GreenSeeker da Trimble acoplado a um trator via suporte confeccionado especialmente para esse fim pelo Núcleo de Geomática e Agricultura de Precisão - NGAP em conjunto com a oficina de manutenção da FCAV, ambos pertencentes ao câmpus da UNESP Jaboticabal (Figura 5). O sensoriamento foi realizado 37 dias após a sementeira, aproveitando-se um trato cultural realizado na área.



FIGURA 2. Trator equipado com o GreenSeeker no momento do sensoriamento terrestre.

Em conjunto com o sensor GreenSeeker, foi utilizado o receptor GPS Nomad e o software Farm Works Mobil instalado neste. Esse receptor em conjunto com o software FarmWorks, permitiu registrar e georreferenciar os valores de NDVI e de IRVI gerados pelo GreenSeeker, a partir da resposta espectral da Banda Vermelha (660 nm) e da banda Infravermelha próxima (770 nm). Os dados assim obtidos foram processados no software Farm Works Office.

Os resultados obtidos no levantamento topográfico e pelo sensoriamento via GreenSeeker, foram convertidos em formatos de intercâmbio de dados vetoriais (DXF) e em formato texto, respectivamente, para serem transferidos posteriormente para o software de geoprocessamento SPRING v.5.3 (CÂMARA et al., 1996). No software SPRING foram gerados os geocampos, na forma de imagem, para os valores de NDVI e de IRVI, utilizando-se do método de interpolação Inverso do Quadrado da Distância. Após a geração do geocampo, foi realizado o fatiamento de ambos em classes de 0 a 1 com intervalo de 0,05. Também, no *software* SPRING, foram também determinados às áreas ocupadas para cada faixa de valores de NDVI e de IRVI. Todos os resultados assim obtidos foram compilados em planilha eletrônica. Realizou-se análise descritiva dos dados e teste de hipóteses para a média e a variância, utilizando-se do *software* BioEstat 5.0 e de planilha eletrônica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 exibe o resultado do levantamento topográfico realizada na área experimental.

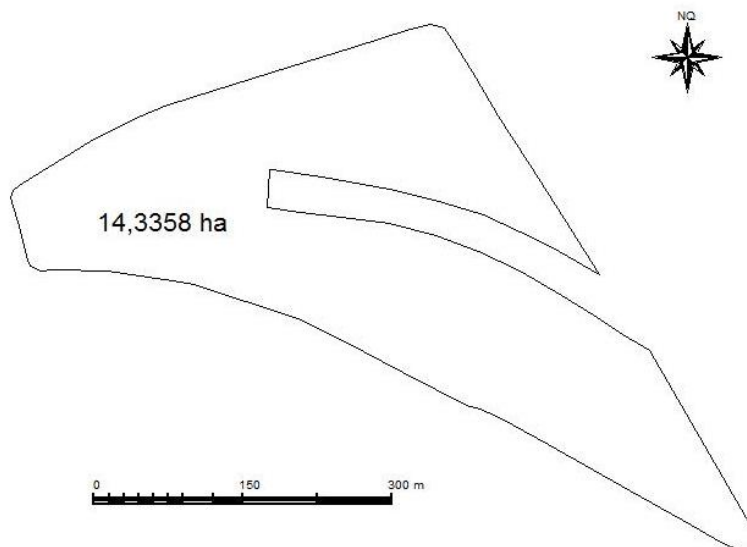


FIGURA 3. Planta topográfica do perímetro da área de estudo.

Na Figura 3 exibe os limites da área de estudo que delimita uma gleba de terras com 14,3358 ha. Destaca-se que a faixa de terra que adentra a área de estudo e que se encontra fora desta, não foi cultivada com soja.

Os resultados da análise estatística descritiva dos valores de NDVI e de IRVI coletados na área experimental são exibidos na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva relativa aos valores de NDVI e de IRVI coletados na área experimental.

	NDVI	IRVI
Número da amostra	5755	5755
Amplitude total	0,9500	0,9990
Média aritmética	0,4687 ± 0,0046	0,4453 ± 0,0047
Variância	0,1216	0,1247
Desvio Padrão	0,3487	0,3532
Coefficiente de Variação	74,4%	79,3%

Os dados exibidos na Tabela 1 indicam uma proximidade de valores entre os registros de NDVI e IRVI; porém aplicando-se o Teste t de comparação de médias e o Teste de  $\chi^2$  de comparação de variâncias, obteve-se que tanto a média como a variância foram estatisticamente diferentes para o nível de significância de 5%. Dessa forma, pode-se afirmar que os valores dos índices tiveram um comportamento ligeiramente diferente, tanto para o parâmetro de tendência central (média aritmética) como para o parâmetro de dispersão (variância). Um coeficiente de variação maior poderia indicar que o índice IRVI teve um comportamento de maneira geral mais sensível e identificou melhor a área sem vegetação verde, isto é, teve uma maior oscilação, como indica sua amplitude ligeiramente superior comparada ao do NDVI.

A Figura 4 exibe o mapa do geocampo gerado a partir das amostras de valores de NDVI obtidos no sensoriamento terrestre utilizando-se o GreenSeeker.

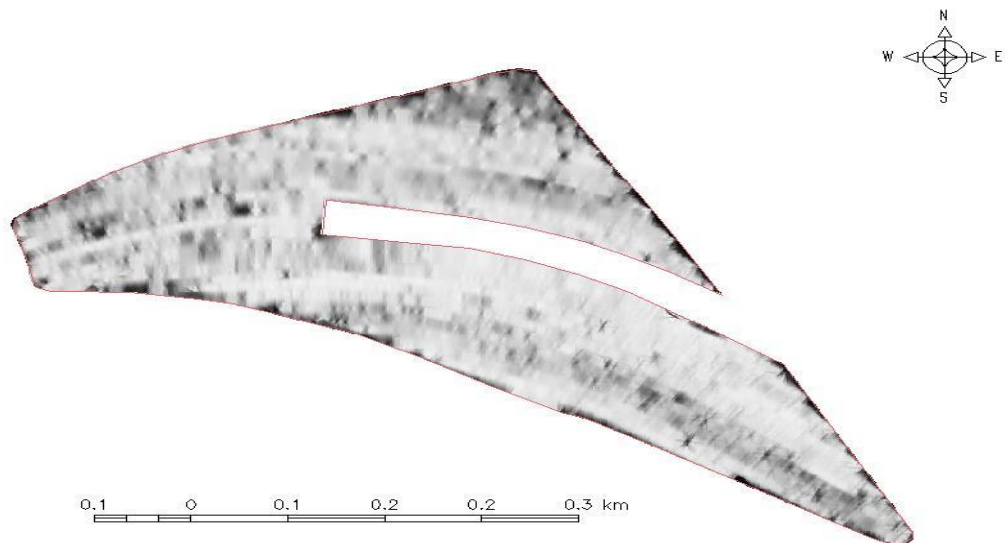


FIGURA 4. Mapa do geocampo com os valores do NDVI obtidos a partir do sensoriamento com o GreenSeeker na área de estudo.

A tonalidade predominantemente clara indica que a cultura encontra-se em plena fase vegetativa, pois a produção de biomassa esta diretamente relacionada com os valores de NDVI. Ao norte do mapa, a coloração é mais escura, devido a falhas no plantio; assim como nas bordas da área, indicando também maior influência do solo nos valores de NDVI.

A Figura 5 exibe o mapa do geocampo gerado a partir das amostras de valores de IRVI obtidos no sensoriamento terrestre utilizando-se o GreenSeeker.

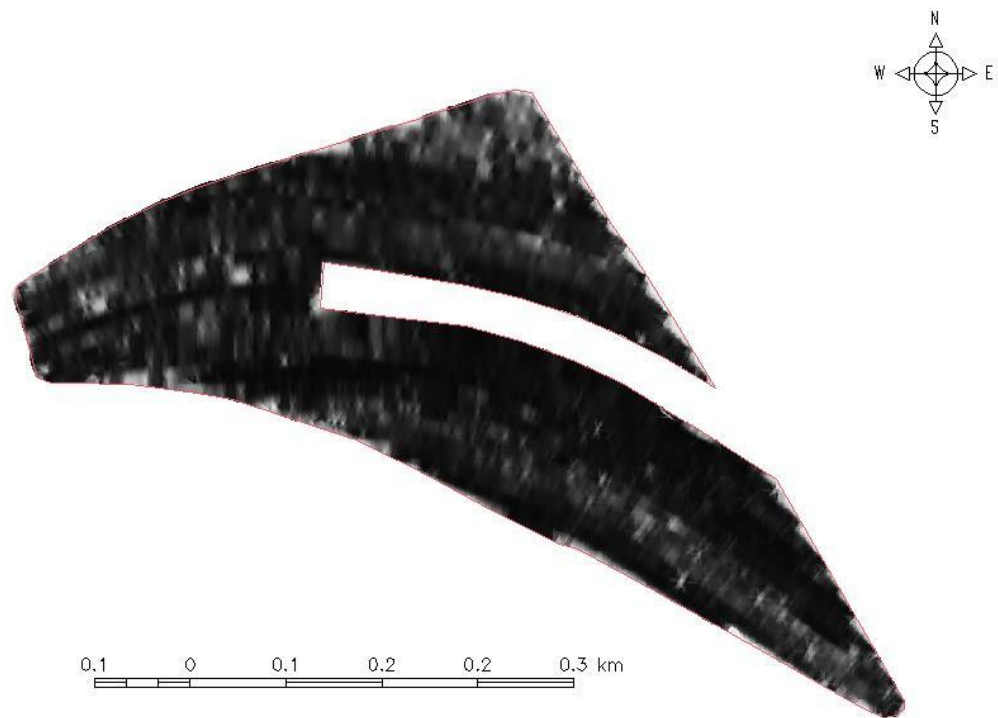


FIGURA 5. Mapa do geocampo com os valores do IRVI obtidos a partir do sensoriamento com o GreenSeeker na área de estudo.

O IRVI trabalha com o índice reverso, portanto onde as tonalidades são mais escuras no mapa, indicam valores menores de IRVI, dessa forma, maior quantidade de infravermelho refletido e, portanto maior quantidade de biomassa verde no local, e o restante mostrando maior reflectância e assim maior produtividade.

A Figura 6 exibe o mapa com o geocampo gerado a partir da diferença de valores entre o NDVI e o IRVI obtidos no sensoriamento terrestre utilizando-se o GreenSeeker.

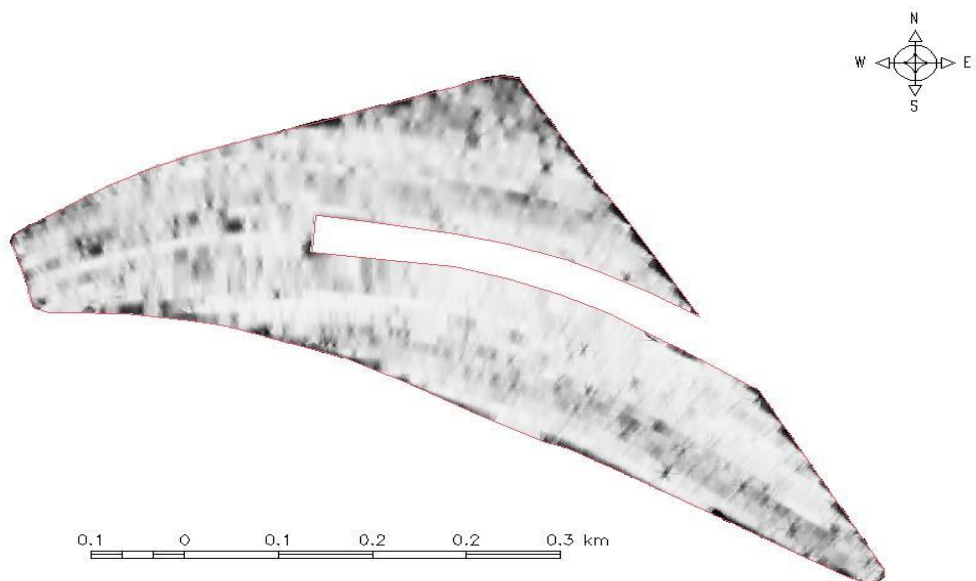


FIGURA 6. Mapa do geocampo com os valores das diferenças entre os valores de NDVI e de IRVI.

No mapa exibido pela Figura 6, tonalidades mais claras indicam diferenças maiores; valores próximos ao preto indicam diferenças negativas. Nota-se que nos locais onde a biomassa era maior (porção centro-sul do mapa), ocorreram maiores diferenças, pois o comportamento dos índices é inverso, isto é, o NDVI está próximo de 1, enquanto que o IRVI está próximo de zero.

A Figura 8 e 9 exibem os mapas dos valores de NDVI e IRVI classificados em dez classes com amplitude de 0,1.

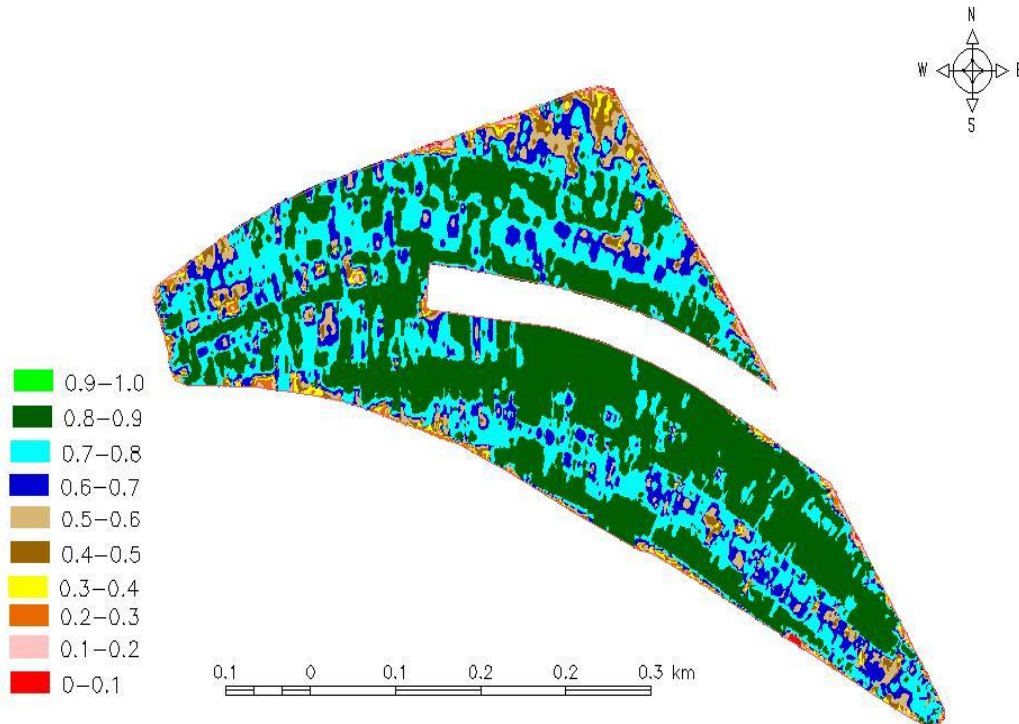


FIGURA 8. Mapa do geocampo dos valores de NDVI classificado.

Os valores de NDVI variam entre -1 e 1, em vegetações saudáveis (elevado teor de biomassa verde), o índice pode apresentar valores em torno de 0,8 (ROUSE et al., 1973). Dessa forma, maiores valores de NDVI relacionam-se às áreas de vegetação com maior vigor, enquanto que os menores valores representam as áreas de vegetação com problemas, como falhas de plantio e ataque de pragas ou doença. Os índices gerados no mapa exibido pela Figura 8 mostram que parte da área está com o crescimento vegetativo elevado, com valores de NDVI próximos a 0,9 (cor verde escura), indicando que nessas áreas há maior quantidade de biomassa verde na cultura de soja.

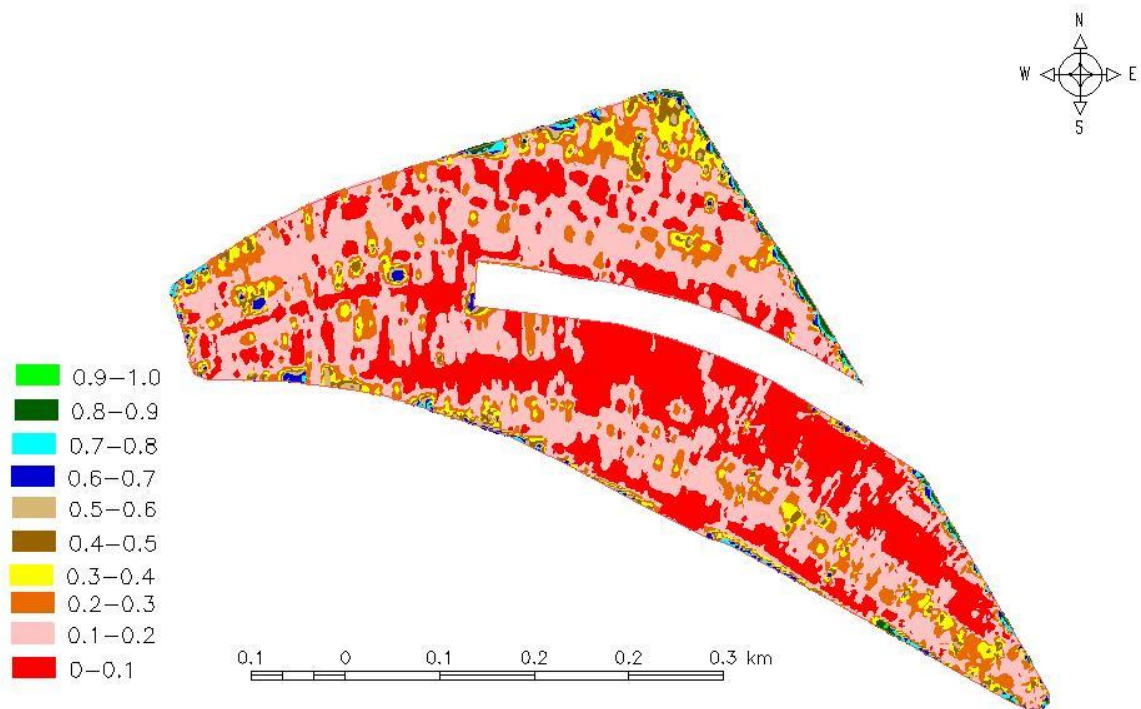


FIGURA 9. Mapa do geocampo dos valores IRVI classificado.

O IRVI varia entre 1 e -1, em vegetações com bom desenvolvimento, o índice apresenta valores mais próximos de 0, ao contrário dos valores de NDVI que apresentam valores mais próximo de 1. Sendo assim, os menores valores de IRVI estão relacionados às áreas de vegetação com maior desenvolvimento, enquanto que os maiores valores representam as áreas de vegetação com baixa vigor ou ainda solo exposto. No mapa exibido na Figura 9, observa-se que parte da área está com maior crescimento vegetativo (cor vermelha), com valores próximos a 0; portanto, nessas áreas têm-se maior quantidade de biomassa verde na cultura de soja. Nota-se também uma semelhança muito grande em termos de distribuição espacial entre as áreas de maior biomassa indicadas pelo NDVI (cor verde escura) e pelo IRVI (cor vermelha).

A Figura 9 exhibe o mapa de valores da diferença entre o NDVI e o IRVI (Figura 8 e 9), classificados em dez classes com amplitude igual a 0,1.

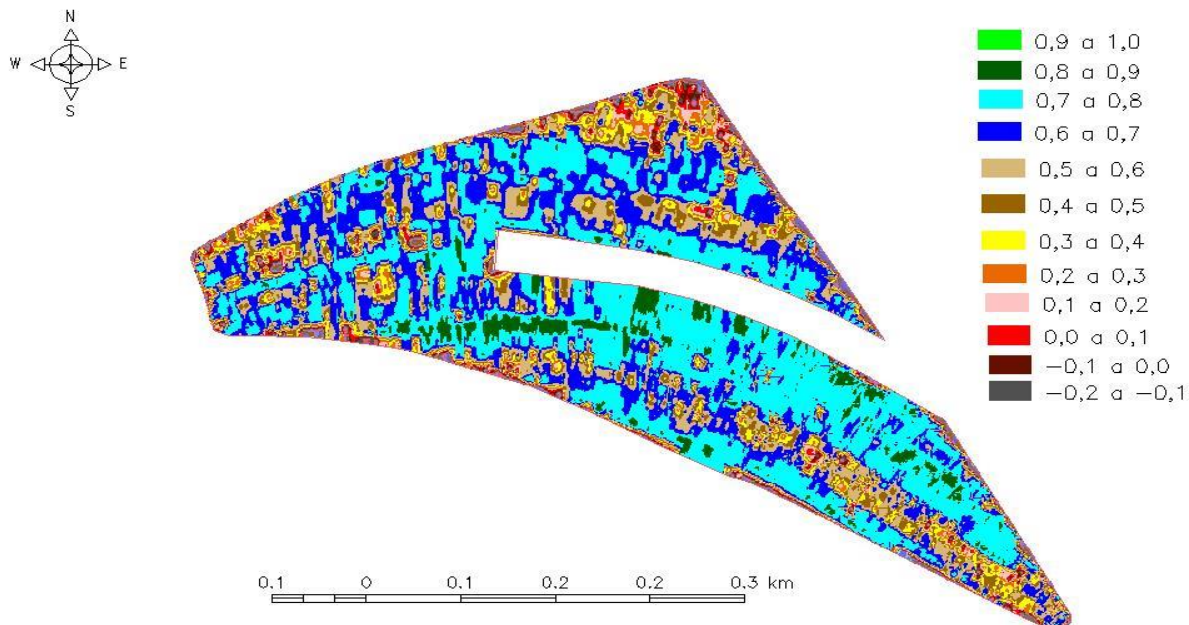


FIGURA 10. Mapa do geocampo da diferença entre os valores de NDVI e de IRVI classificado.

Observa-se no mapa da Figura 10 que as localidades com maiores diferenças foram àquelas que apresentaram índices de vegetação que indicaram maior produção de biomassa verde (áreas verdes escuras e vermelhas exibidas pelas figuras 10 e 11 respectivamente). Esse fato é explicado, conforme já citado, pelos valores limites atingidos pelo NDVI (próximo de 1) e pelo IRVI (próximo de 0). As menores diferenças restringiram-se às áreas de menor produção de biomassa, como a região norte do mapa, pois nessas os índices teriam valores mais próximos.

A Tabela 2 exhibe os valores de área ocupados pelas classes de NDVI e de IRVI.

**Tabela 2.** Áreas ocupadas pelas dez classes de valores de NDVI, IRVI e pela diferença entre os valores de NDVI e IRVI.

Classe	Áreas (ha)		
	NDVI	IRVI	NDVI – IRVI
0,0 a 0,1	0,0379	4,8912	0,2048
0,1 a 0,2	0,1163	6,4730	0,2841
0,2 a 0,3	0,1556	1,6063	0,4154
0,3 a 0,4	0,2258	0,5977	0,6592
0,4 a 0,5	0,4219	0,2948	1,0403
0,5 a 0,6	0,8031	0,1717	1,8013
0,6 a 0,7	1,7625	0,1279	3,4579
0,7 a 0,8	4,5696	0,0958	5,1721
0,8 a 0,9	6,2415	0,0756	0,6479
0,9 a 1,0	0,0007	0,0009	0,0001
Total	14,3349	14,5919	13,6831

Os dados exibidos pela Tabela 2 indicam a área do NDVI e a área do IRVI no talhão, correspondendo a cada classe de vegetação, e tem a diferença entre os dois índices que são com os valores gerados pelo NDVI e IRVI. Os resultados mostram que as maiores discrepâncias de áreas ocupadas pelas diferentes faixas de valores de NDVI e de IRVI ocorreram em locais de maior biomassa, que foram a partir da faixa de 0,5 a 0,6, tendo seu máximo na faixa de 0,8 a 0,9. Esse fato é explicado pelo comportamento inverso dos índices, isto é, onde o NDVI é maior, o IRVI é menor (áreas com maior produção de biomassa verde), dessa forma a faixa de diferença de valores é superior. As menores diferenças de área ocorreram nas faixas menores (área com menor biomassa) e na faixa de 0,9 a 1,0, faixa de valores pouco encontrada em ambos os índices. Destaca-se que as pequenas discrepâncias dos valores das áreas totais de NDVI e IRVI com relação à área obtida no levantamento topográfico é explicada pelo formato de representação matricial (imagens classificadas) e vetorial (levantamento topográfico). Já para a diferença de áreas, o valor total inferior aos demais é devido não ter sido inserido na tabela, as áreas relativas às diferenças negativas entre os dois índices.

## CONCLUSÕES

As áreas delimitadas pelos dois índices de vegetação, classificadas em dez classes e inversas, foram aproximadamente compatíveis, demonstrando que ambos os índices podem ser utilizados. Porém, apesar da proximidade dos valores médios, estes foram estatisticamente diferentes.

## REFERÊNCIAS

- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Grãos.** Décimo segundo acompanhamento. Brasília, p-1-182. Setembro de 2016.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwaveeffect) of natural vegetation.** Greenbelt: NADA/GSFC, 1974. 371 p. (Type III Final Report).
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS:** descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Unesp, 2008. 476p.