

Relação entre índice de vegetação NDVI e densidade do solo na cultura do trigo

Renan Rolim de Oliveira¹ e Helton Aparecido Rosa²

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná, email: renan15_@hotmail.com

²Docente, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná, email: helton.rosa@hotmail.com

Resumo: A gestão dos cultivos vem buscando cada vez mais otimização da produção agrícola, com o menor consumo de insumos, maior produtividade, visando sustentabilidade. Nesse sentido, a agricultura de precisão vem mostrando ferramentas que permitem o uso racional destes insumos, com maior qualidade e produtividade. As ferramentas de sensoriamento remoto, como os índices de vegetação, permitem o monitoramento do crescimento e desenvolvimento da vegetação. Diante disso, o objetivo do presente estudo é analisar a correlação entre a densidade do solo e o índice de vegetação (NDVI), utilizando imagens do satélite Sentinel-2 em uma área de produção de trigo (*Tricum spp*), localizada na Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz, no município de Cascavel, Paraná. Para coleta dos dados de densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm. Foram obtidas imagens orbitais utilizando o sensor MSI instalado no satélite Sentinel-2 das bandas vermelho e infravermelho próximo e na sequência o cálculo do NDVI. Por último, foi realizada a análise estatística de correlação de Pearson (r) para verificar a correlação existente entre as variáveis pesquisadas. O resultado da correlação entre a densidade do solo e o índice de vegetação (NDVI) foi considerado baixo (fraco). Ainda, sugere-se a continuidade do estudo por meio de coleta de dados para os próximos anos, permitindo a avaliação do comportamento das variáveis ao longo do tempo, contribuindo para a caracterização da dinâmica do cultivo do trigo na região.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; NDVI; manejo do solo.

Relationship between NDVI vegetation index and soil density in wheat crop

Abstract: Crop management is increasingly seeking to optimize agricultural production, with less input consumption, greater productivity, sustainability and sustainability. In this sense, precision agriculture has been showing tools that allow the rational use of these inputs, with higher quality and productivity. As remote sensing tools, such as vegetation indices, it allows monitoring of vegetation growth and development. Therefore, the aim of the present study is to analyze the variability and correlation between soil density and vegetation index, using images from the Sentinel-2 satellite in a wheat production area (*Tricum spp*), located at Fazenda Escola do Centro University Student Assis Gurgacz, in the municipality of Cascavel, Paraná. To collect data on soil density, the volumetric ring method was used, at depths of 0-10 cm and 10-20 cm. Orbital images were presented using the MSI sensor installed on the Sentinel-2 satellite of the red and infrared bands and then the NDVI calculation. Finally, a statistical analysis of Pearson's correlation (r) was performed to verify if there is a correlation between the variables surveyed. It was concluded that the values of soil density did not differ differences differences between layers 0-10cm and 0-20cm, however, the coefficient of variation of the first layer had a greater result. The result of the correlation between soil density and vegetation index (NDVI) was considered low (weak). Still, it is necessary to continue the study through data collection for the next years, allowing the evaluation of the behavior of the variables over time, contributing to the characterization of the dynamics of wheat cultivation in the region.

Keywords: remote sensing; NDVI; soil management.

Introdução

O aumento da demanda por alimentos, energia e insumos provenientes da agricultura tornou-se um desafio mundial, diante da preocupação pela escassez dos recursos naturais. A produção global de alimentos deverá aumentar em 80% até 2050 para atender aproximadamente 9 bilhões de habitantes (OCDE, 2012). Nesse sentido, a gestão dos cultivos deve buscar a otimização da produção agrícola, com o menor consumo de insumo possíveis, visando sustentabilidade e segurança alimentar (MOLIN *et al.*, 2015; THORSTENSEN *et al.*, 2019).

A agricultura de precisão (AP) é considerada um conceito de gestão agrícola, com técnicas ou práticas, que consideram a variabilidade espacial e temporal, permitindo uma utilização mais racional dos insumos como água, pesticidas, fertilizantes, energia, herbicidas, com maior qualidade e aumento da produtividade (EZENNE *et al.*, 2019). Nesse contexto, a agricultura de precisão se mostra prática essencial, considerando as diferentes atividades que podem ser realizadas em uma lavoura, desde a aplicação de insumos à taxa variada até diferentes formas de manejo, por meio da identificação correta da variabilidade espacial do solo (SPERANZA *et al.*, 2018).

Os índices de vegetação são uma das técnicas de sensoriamento remoto que têm sido empregados para relacionar informações captadas em uma área com a vegetação presente. Ele resulta da combinação de valores em dois ou mais intervalos, relacionado com a quantidade e o estado da vegetação em uma área de plantio (RIZZI, 2004). Sendo que, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um dos mais utilizados (GONÇALVES, 2015; JUNGES *et al.*, 2007; ZANZARINI *et al.*, 2013).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) utiliza dados de reflectância do vermelho e infravermelho próximo (NIR) que resulta em dados em uma escala de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o vigor vegetativo. Quanto maiores os valores do NDVI, maiores as diferenças entre a reflectância do infravermelho com o vermelho, o que indica maior quantidade de clorofila e dessa forma, maior o potencial produtivo da planta (ROUSE *et al.*, 1973). Este índice pode ser obtido por meio de imagens de sensores de satélites orbitais que permitem avaliar a variação da área verde (ZANZARINI *et al.*, 2013).

Por outro lado, a análise da variabilidade do solo também pode indicar alternativas de manejo sobre a produção de culturas, como a do trigo. De acordo com Rosa *et al.* (2017), a cultura do trigo (*Tricum spp*) é sensível a vários níveis de densidade de solo, e assim, quanto

maior a densidade do solo, menor altura das plantas, menor produção de massa da parte aérea e o crescimento de raízes torna-se limitado.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi analisar a correlação entre a densidade do solo e o índice de vegetação (NDVI), utilizando imagens de satélite em uma área de produção de trigo (*Tricum spp*).

Material e Métodos

O trabalho foi realizado no município de Cascavel, região oeste do Estado do Paraná, durante a safra de inverno de 2020. O município está situado no terceiro planalto do estado, com altitude de 782 m. O clima da região é o subtropical úmido e apresenta temperatura média anual em torno de 19° C, considerando que no mês de julho apresenta a mínima média em torno de 11,2° C, com ocorrências de geadas.

A área de estudo está localizada nas coordenadas centrais 24° 56' 00" S e 53° 30' 29" W (Figura 1), situada na Fazenda Escola do Centro Universitário Assis Gurgacz, em talhão com área de aproximadamente 14 hectares de trigo (*Tricum spp*) semeado no dia 19 de maio e colhido no dia 13 de setembro. O tipo de solo na região de pesquisa é caracterizado como latossolo vermelho distroférrico típico (LVdf) (EMBRAPA, 2018; PILATTI, 2018).

Figura 1 – Delimitação do talhão estudado (Google Earth, 2020)



Na coleta dos dados do experimento para determinação da densidade do solo foi elaborado um grid amostral em pontos georreferenciados, totalizando de 17 pontos amostrais.

Após a colheita, nesses pontos foram coletadas amostras de densidade do solo, pelo método do anel volumétrico, nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, que posteriormente foram levadas em laboratório em estufa a 105 °C de temperatura por no mínimo 24h até peso

constante, segundo metodologia EMBRAPA (2018). Para obter os resultados foi utilizado a Equação 1:

$$Ds = \frac{MSS}{VC} \quad (\text{Equação 1})$$

DS – Densidade do Solo (Mg m^{-3})

MSS - Massa de solo seco (mg)

VC -Volume do cilindro (cm^3)

As coletas de imagens orbitais para análises do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) foram obtidas durante a fase de desenvolvimento da cultura do trigo nas datas 04 de julho, 24 de julho e 23 de agosto de 2020, utilizando o sensor *Multispectral Instrument* (MSI), instalado a bordo do satélite Sentinel-2, utilizando as bandas 8 (infravermelho próximo) e 4 (vermelho), respectivamente.

O índice NDVI, que é proposto por Rouse *et al.* (1973), é dado pela Equação 2:

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (\text{Equação 2})$$

NDVI – Valor do índice de vegetação da diferença normalizada

IVP – Valor da refletância na faixa do infravermelho próximo (nm)

V – Valor da refletância na faixa do vermelho (nm)

A análise dos dados coletados pelo satélite Sentinel-2 foi realizada através do software QGIS versão 3.12.2. Neste software foi realizada a interpolação dos dados gerando os mapas de densidade do solo e índice de vegetação. Além disso, foram gerados os dados de estatística descritiva (Tabela 1) referente ao índice de vegetação para as datas de 04 de julho, 24 de julho e 23 de agosto de 2020.

A fim de verificar possíveis correlações entre as variáveis: índice de vegetação (NDVI) e densidade do solo, foram feitas as correlações usando o coeficiente de Pearson (r) com o auxílio do software Minitab. Esse índice indica a relação entre duas variáveis lineares, cujos valores sempre serão entre -1 e +1, sendo que quanto mais próximos de -1, maior a correlação negativa entre as variáveis, e quanto mais próximo de 1, maior a correlação

positiva. Foi considerado a classificação de Dancey e Reidy (2006), em que o $r=0,1$ até $0,39$ (fraco); $r=0,4$ até $0,69$ (moderado); $r=0,7$ até 1 (forte). Foi considerada a correlação significativa com $p \leq 0,05$.

Resultados e Discussão

O resultado referente à análise da estatística descritiva da densidade do solo na área do estudo, nas camadas superficiais de 0-10 cm e 10-20 cm, pode ser observado nos valores da média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise estatística descritiva da densidade do solo na área em estudo.

	Camada 0-10 cm	Camada 10-20 cm
Média (Mg m^{-3})	1,14	1,18
Mínimo (Mg m^{-3})	1,00	1,03
Máximo (Mg m^{-3})	1,27	1,36
Desvio Padrão (Mg m^{-3})	0,04	0,02
Coeficiente de Variação (%)	3,50	1,82

A média dos valores obtidos nas camadas de 0-10 cm ($1,14 \text{ Mg m}^{-3}$) e 10-20 cm ($1,18 \text{ Mg m}^{-3}$) apresentaram valores muito próximos, entretanto a primeira camada apresentou valor médio menor que a segunda camada. Em estudo realizado por Stone e Silveira (2001) em área de plantio direto em latossolo vermelho perférrico os resultados obtidos foram: camada 0-10 cm ($1,39 \text{ Mg m}^{-3}$) e na camada 10-20 cm ($1,44 \text{ Mg m}^{-3}$). O mesmo ocorreu em pesquisa feita por Pilatti (2018) onde os resultados apresentados da densidade do solo nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm não tiveram diferenças significativas em diferentes culturas.

De acordo com Martelócio Junior (2019), quanto mais elevada o valor da densidade do solo, maior será sua compactação e consequentemente, maiores serão as restrições para o desenvolvimento das plantas.

Os mapas (Figuras 2 e 3) mostram as variações de densidade nas camadas.

Figura 2 – Mapa de densidade do solo na camada 0-10 cm.

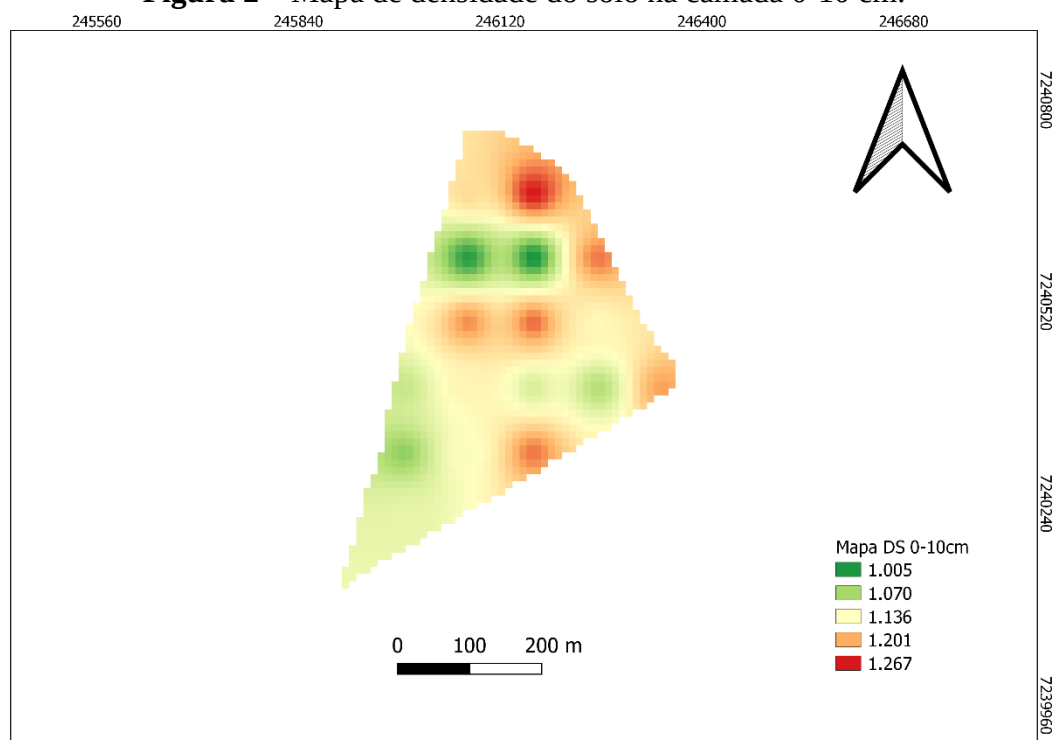
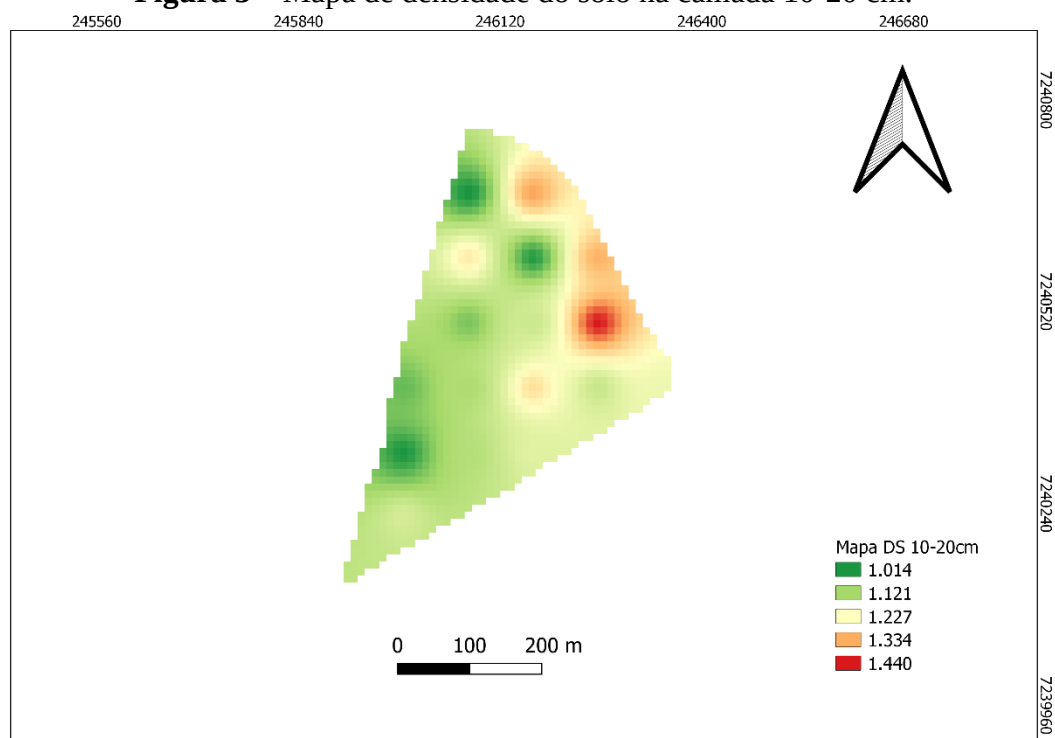


Figura 3 – Mapa de densidade do solo na camada 10-20 cm.



Os resultados obtidos do NDVI estão apresentados nas figuras 4, 5 e 6 respectivamente, que correspondem aos mapas gerados nas diferentes etapas do desenvolvimento da cultura do trigo na área pesquisada, e ainda, pela Tabela 2 que apresenta o índice de vegetação gerado pelo programa.

Figura 4 – Mapa NDVI na data de 04 de julho.

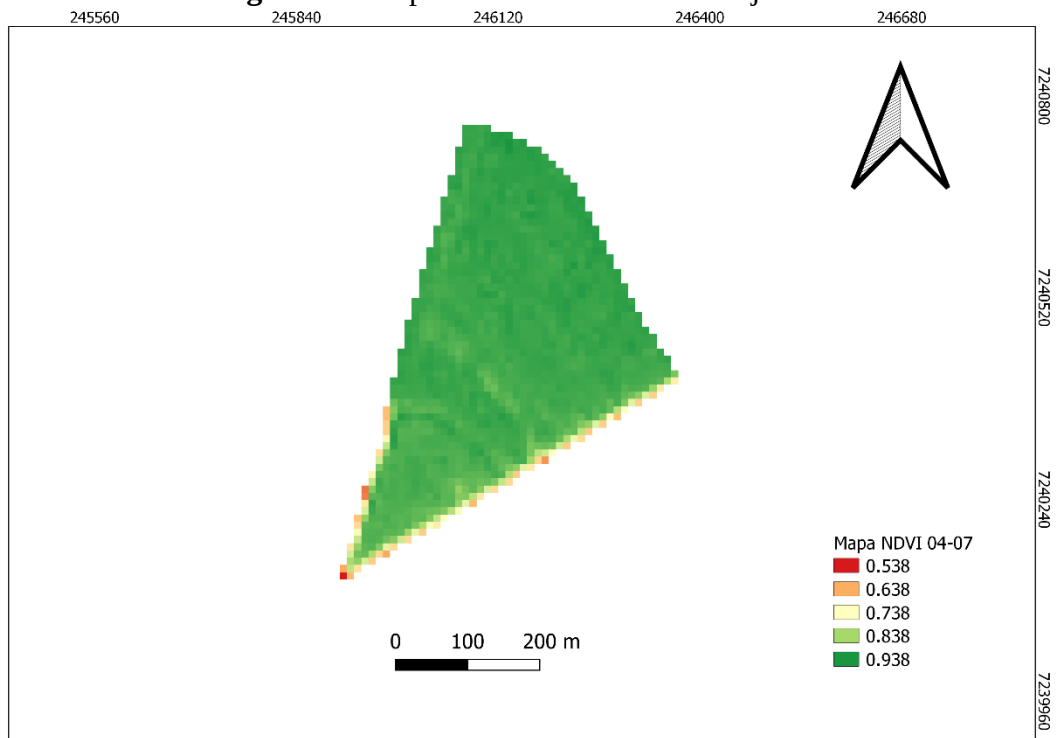
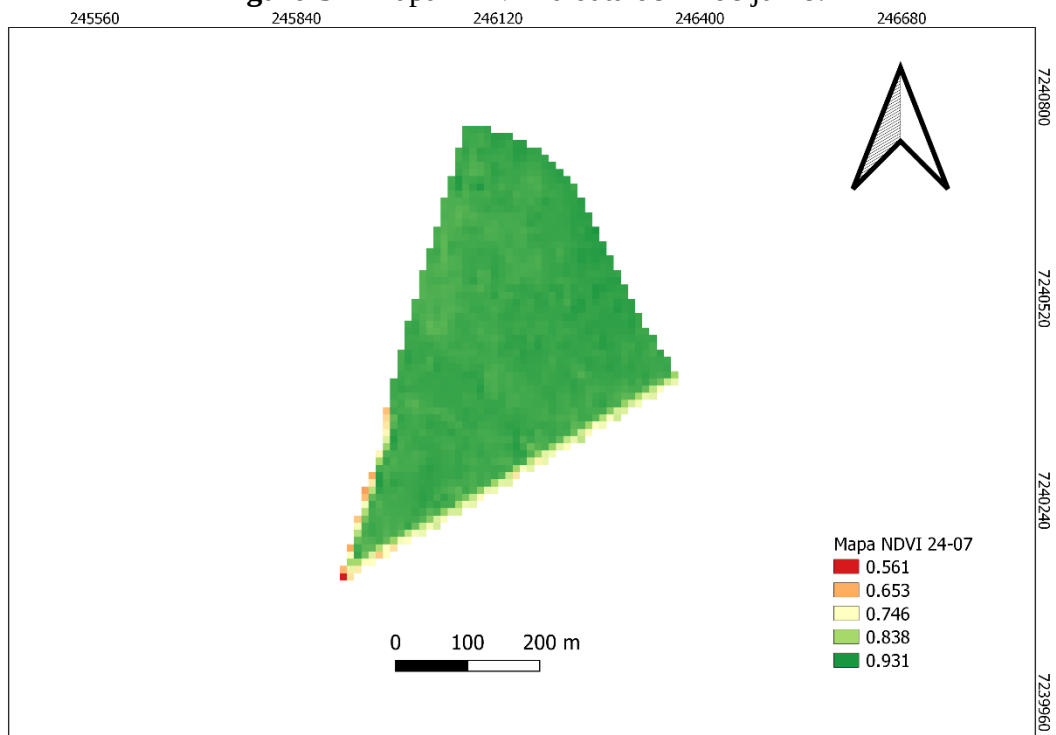
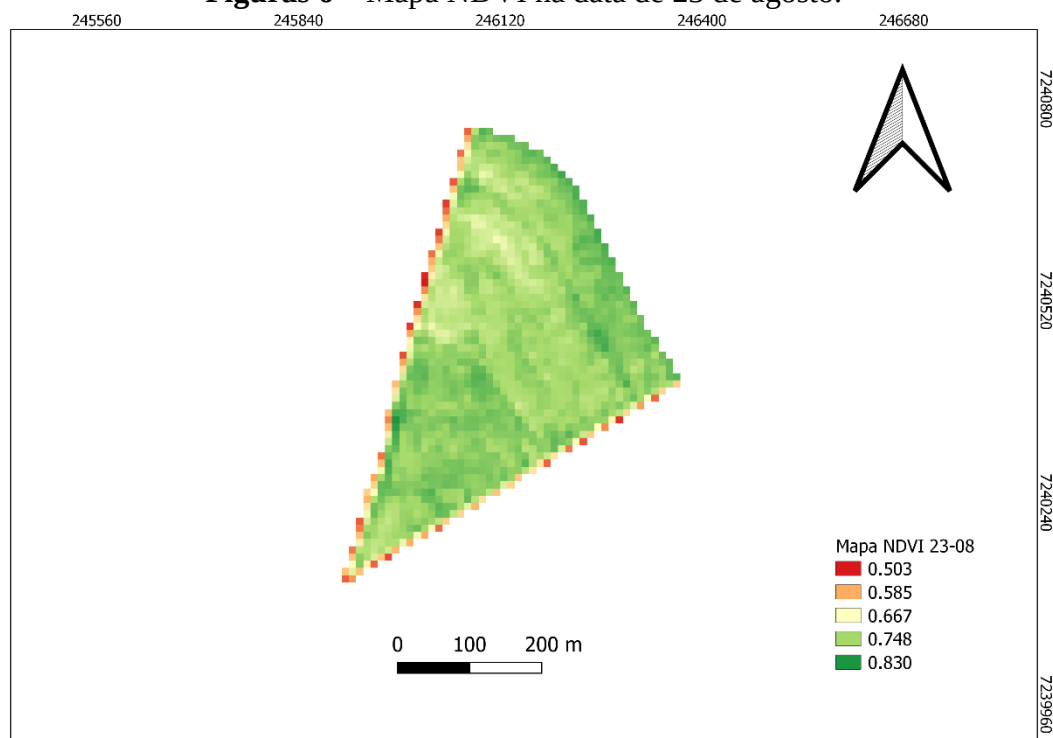


Figura 5 – Mapa NDVI na data de 24 de julho.



Figuras 6 – Mapa NDVI na data de 23 de agosto.



Para o NDVI, a coloração vermelha na imagem indica a menor produção de biomassa, enquanto que a cor verde a maior, sendo o amarelo a produção intermediária. Entretanto, no caso das Figuras 4, 5 e 6 a coloração vermelha pode estar associada a presença de estrada no entorno da área.

Como pode ser observado nas imagens e nos resultados da Tabela 2, os valores médios do índice de vegetação em todas as datas analisadas tiveram valores altos próximos a 1 (0,90; 0,89 e 0,74). Esse resultado ficou acima dos valores apresentados na pesquisa de Marques (2018), onde o pico máximo de NDVI no desenvolvimento trigo foi de 0,76.

Entretanto, é possível observar uma pequena variação do índice de vegetação referente a data da imagem do dia 23 de agosto. Essa variação justifica-se, pois, a presença de maior coloração amarela na imagem, pode estar associada a proximidade da colheita, que ocorreu no dia 13 de setembro.

Tabela 2 - Resultados dos dados NDVI.

	04/julho	24/julho	23/agosto
Média	0,90	0,89	0,74
Mínimo	0,53	0,56	0,50
Máximo	0,93	0,93	0,83
Desvio Padrão	0,04	0,03	0,04
Coeficiente de Variação (%)	4,44	3,37	5,40

A análise da correlação, representada pela correlação de Pearson (r), demonstrou uma baixa correlação entre os atributos pesquisados, densidade do solo nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm e o índice de vegetação (NDVI) dos dias 04 de julho, 24 de julho e 23 de agosto, conforme apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Correlação de Pearson (r) entre índice de vegetação (NDVI) e densidade do solo.

	DS 0-10		DS 10-20		NDVI 04/julho		NDVI 24/julho	
	r	p -valor	r	p -valor	r	p -valor	r	p -valor
DS 10-20	0,408	0,000						
NDI 04/julho	0,027	0,323	0,111	0,000				
NDVI 24/julho	0,021	0,446	0,108	0,000	0,921	0,000		
NDVI 23/agosto	0,092	0,001	0,159	0,000	0,660	0,000	0,667	0,000

($p \leq 0,05$)

Analisando os dados da correlação da densidade do solo na profundidade 0-10 cm e NDVI nas datas dos dias 04 de julho, 24 de julho e 23 de agosto, os valores obtidos foram respectivamente 0,027; 0,021 e 0,092. Entretanto, os resultados nas datas do dia 04 de julho e 24 de julho não foram significativos.

Os resultados na análise da densidade do solo na profundidade 0-20 cm e NDVI nas datas dos dias 04 de julho (0,111), 24 de julho (0,108) e 23 de agosto (0,159), embora tenham sido maiores que a primeira camada e significantes ($p \leq 0,05$), ainda apresentaram um resultado de correlação fraco. De acordo com Dancey e Reidy (2006), $r = 0,1$ até 0,39 é considerado fraco.

A análise de correlação entre NDVI e atributos físicos do solo ainda é uma temática pouco pesquisada na literatura. Em estudo realizado por Ephitânio *et al.* (1996) foram encontrados valores altos de coeficientes de correlação em teste realizado entre índice de vegetação e outros parâmetros biofísicos na cultura do trigo como: cobertura do solo, índice de área foliar, peso da matéria seca e altura. Já Trindade *et al.* (2019) em estudo realizado durante o ciclo fenológico da soja analisou a relação existe entre índices de vegetação (EVI e NDVI) e outros atributos como: produtividade, grãos, relevo, textura e matéria orgânica (MOS). Nesse estudo, é possível verificar alta correção entre NDVI e produtividade da soja.

Conclusões

A densidade do solo apresentou correlação fraca com o índice de vegetação estudado.

Sugere-se a continuidade do estudo por meio de coleta de dados para os próximos anos, permitindo a avaliação do comportamento das variáveis ao longo do tempo.

Referências

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Brasil, 5. ed., 2018.

EPIPHANIO, JOSÉ CARLOS NEVES; ALMEIDA JR, A. C.; FORMAGGIO, A. R. **Desenvolvimento do trigo avaliado com dois índices de vegetação**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 8, p. 19-24, 1996.

EZENNE, G. I.; JUPP, L.; MANTEL, S. K.; TANNER, J. L. Current and potential capabilities of UAS for crop water productivity in precision agriculture. **Agricultural water management**, v. 218, p. 158-164, 2019.

GONÇALVES, R. A. **Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) no Patossistema Puccinia Triticina – Triticum Aestivum**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

JUNGES, A. H.; ALVES, G.; FONTANA, D. C. Estudo indicativo do comportamento do NDVI e EVI em lavouras de cereais de inverno da região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através de imagens MODIS. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. 2007, P. 241-248, 2007.

MARQUES, F. J. M. **Utilidade agronômica dos índices NDVI e NDWI obtidos por imagem dos satélites Sentinel-2: estudos de caso nas culturas de trigo, brócolo e arroz**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora, 2018.

MARTELÓCIO JUNIOR, W. **Densidade do solo e teor de matéria orgânica em solo sob uso em sistema agrícola convencional e vegetação nativa no Noroeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. UNCESUMAR. Maringá, Paraná, 2019.

MOLIN, J.P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 223p.

OECD. **OECD Environmental Outlook to 2050**, OECD Publishing, 2012.

PILATTI, M. A. **Atributos físicos de um Latossolo argiloso sob sistemas de manejo do solo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Cascavel, 2018.

RIZZI, R. **Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - INPE, São José dos Campos, 2004.

ROSA, H. A.; FONTANA, W. C.; RESENDE, J. D. Desenvolvimento inicial do trigo em diferentes densidades de solo. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, n. 17, 2019.

ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. **NASA special publication**, v. 351, p. 309, 1973.

SPERANZA, E. A.; ANTUNES, J. F. G.; INAMASU, R. Y. Uso de imagens de sensoriamento remoto para identificação de variabilidade espacial em Agricultura de Precisão. In: Embrapa Informática Agropecuária. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. **Anais**. Jardim. INPE, p. 283-292, 2018.

STONE, L. F.; SILVEIRA, PM da. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

TRINDADE, F. S.; ALVES, M. C.; NOETZOLD, R.; ANDRADE, I. C.; POZZA, A. A. A. Relação espectro-temporal de índices de vegetação com atributos do solo e produtividade da soja. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, p. 1-11, 2019.

TRORSTENSEN, V. H.; MOTA, C. R.; THOMAZELLA, F. OCDE e a nova demanda da agricultura: produtividade e políticas agrícolas sustentáveis. **FGV São Paulo School of Economics**. V. 510, nº 16, p. 1-35, 2019.

ZANZARINI, F. V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 608-614, 2013.