

Analises físicas do solo correlacionadas com índices vegetação e produtividade na cultura da soja

Vinicius Montanaro^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

¹Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}viniciusmontanaro08@hotmail.com

Resumo: Através de imagens de satélites, consegue-se detectar as diferentes coberturas do solo, identificando áreas cultivadas e também gerar índices de vegetação (IV), que são indicativos da saúde da vegetação e podem ser correlacionados com atributos coletados no solo ou planta. O objetivo deste experimento foi avaliar amostras físicas com do solo e correlacionar com índices NDVI, clorofila e produtividade da cultura da soja. O experimento foi conduzido em uma propriedade localizada no município de Mamborê- PR. Foi gerado um grid amostral de 1 ponto por hectare, totalizando 22 pontos amostrais. A semeadura foi realizada no dia 30 de setembro de 2021, utilizando a cultivar NEO 610 IPRO utilizando 700 kg de NPK como adubação. Os parâmetros avaliados, índice de vegetação (IV), resistência do solo à penetração (RSP) e produtividade da cultura da soja e correlação entre os dados. A correlação entre produtividade e clorofila, obteve maior valor correlacionando com análise feita aos 115 DAS. A clorofila A 115 DAS correlacionou melhor com o NDVI 117 DAS (0,46), além da clorofila 137 DAS com NDVI 52 DAS com o mesmo valor de correlação. Já a produtividade com RSP notou-se que houve correlação entre 0,4 e 0,5 assim como o esperado. Na correlação da produtividade com IV obteve maior valor com IV 117 DAS (0,60), sendo que o índice 107 DAS obteve correlação muito parecida (0.53).

Palavras-chave: agricultura de precisão; compactação do solo; sensoriamento remoto.

Soil physical analysis correlated with vegetation and productivity indices in soybean crop

Abstract: Through satellite images, it is possible to detect the different soil covers, identifying cultivated areas and also generate vegetation indices (VI), which are indicative of the health of the vegetation and can be correlated with attributes collected in the soil or plant. The objective of this experiment was to evaluate physical samples with soil and to correlate with NDVI indices, chlorophyll and soybean yield. The experiment was conducted on a property located in the municipality of Mamborê-PR. A sampling grid of 1 point per hectare was generated, totaling 22 sampling points. Sowing was carried out on September 30, 2021, using the cultivar NEO 610 IPRO using 700 kg of NPK as fertilization. The parameters evaluated, vegetation index (IV), soil penetration resistance (RSP) and soybean yield and correlation between the data. The correlation between productivity and chlorophyll obtained the highest value correlating with the analysis performed at 115 DAS. Chlorophyll A 115 DAS correlated better with NDVI 117 DAS (0.46), in addition to chlorophyll 137 DAS with NDVI 52 DAS with the same correlation value. As for productivity with RSP, it was noted that there was a correlation between 0.4 and 0.5, as expected. In the productivity correlation with IV, 117 DAS obtained a higher value with IV (0.60), and the index 107 DAS obtained a very similar correlation (0.53).

Keywords: precision agriculture; soil compaction; remote sensing.

Introdução

Através de imagens de satélites, detecta-se locais que estão cobertos de vegetação e também gera-se índices, que corresponde a o sistema espectral das plantas ou seja com atividades vegetativas, com isso é possível obter correlações diversas.

A compactação do solo pode ser avaliada por vários atributos do solo, dentre os existentes, destacam-se a densidade do solo e a resistência do solo a penetração (RSP). Pois a densidade do solo é considerada o atributo físico mais comum em avaliação de compactação de solos em experimentos sobre plantio direto e preparo convencional de solo (CARVALHO *et al.*, 2012).

As imagens via satélite permitem que sem contato físico, tenha-se informações de objetos terrestres feito por uma energia emitida através de sensores remotos, que transformam em um sinal registrado e com isso gerando imagens para obter informações contidas nos objetos, e também assim conseguindo visualizar imagens do espectro eletromagnético, onde a olho nu não se consegue enxergar, com isso aumentando o campo sensorial, e tornando possível a visualização de pequenas e grandes cores nos objetos (GAMEIRO *et al.*, 2017), com isso essas imagens são propícias para calcular os IV.

Segundo Marcussi *et al.* (2010), os índices de vegetação (IV) são padrões matemáticos possíveis de avaliar a cobertura vegetal, podendo indicar o índice de biomassa, área foliar, atividades fotossintéticas, porcentagem de cobertura de solos, sendo assim muito utilizado para monitorar mudanças na vegetação em grande escala em todo o globo terrestre.

Com o uso dos IVs na agricultura, pode-se estimar a produção, deficiência de nutrientes, presença de patógenos, estresse hídrico. Também é possível indicar o crescimento e vigor da vegetação, diagnosticar vários parâmetros biofísicos, incluindo o índice de área foliar (IAF), biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade, com os quais têm apresentado elevados graus de correlação (Ponzoni; Shimabukuro, 2009).

De acordo com Antuniassi; Baio; Sharp (2007), existe correlação positiva entre a refletância das plantas, expressa em valores de NDVI, e a produtividade das cultura da soja.

A cultura da soja é de grande importância, sendo uma das principais commodities de exportação do Brasil, na safra 2021/22 houve um crescimento de 4,3% da área de

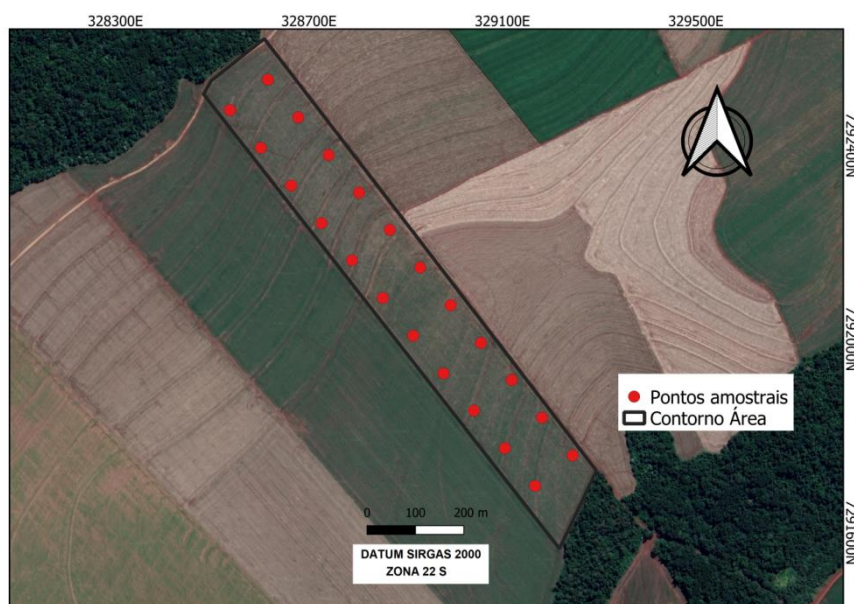
soja cultivada em relação à safra anterior (CONAB, 2022). Na safra 2021/22, o Brasil produziu 123.829,5 milhões de toneladas de soja, com medias produtivas de 3.026 kg ha⁻¹, somente no estado do Paraná, foram 19,872 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Sendo uma cultura de muita importância para o país, agregando valor a economia pois além de seus valores comerciais de exportação também tem grande participação na cadeia alimentar de animais como bovinos, suínos e aves.

O objetivo deste experimento foi avaliar resistência do solo a penetração correlacionando com índice de vegetação (NDVI), teores de clorofila da cultura e a produtividade da soja.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em uma propriedade localizada no município de Mamborê- PR (24°28' 26.41" S – 52°41' 18.61" O), altitude de 600 metros, o clima predominante no local é temperado (IBGE 2002). O solo do local do experimento é classificado como Latossolo vermelho (BHERING; SANTOS, 2008). A área de estudo possui 19,36 hectares de extensão (Figura 1). O experimento se desenvolveu entre os dias 20 de setembro de 2021 e 20 de fevereiro de 2022, abrangendo todo o ciclo da cultura da soja.

Figura 1 - Localização da área experimental.



Elaborou - se um grid Regular de 100x100 m, totalizando 22 pontos amostrais, onde foram realizadas as análises.

A cultura da soja foi cultivada na área com fins comerciais, a cultivar a ser utilizada é a NEO 610 IPRO, a adubação da cultura foi dividido em duas etapas foi feito adubação no pré plantio utilizando 200 kg do formulado de NPK 02 23 23, após isso foi feito adubação no sulco de plantio com 500 kg do mesmo formulado de NPK, em relação a controle de pragas e doenças foi feito conforme necessário.

Análise do índice de clorofila na cultura da soja, com 115 DAS. A segunda análise foi com 137 DAS. Para isso, utilizou-se um medidor de Clorofila, Clorofilog Falker CFL 1030. A resistência do solo a penetração, foi avaliada em 3 profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm, utilizando um penetrômetro de solo digital (Penetrologger) versão 6.08.

Para obter dados de produtividade foram colhidos 2,7 m², em torno de cada ponto do grid, que posteriormente foram pesados e corrigidos para 13% de umidade e convertidos para kg/ha.

Utilizando plugin *Smart-Map* do software QGIS®, foram gerados o mapas temáticos de produtividade, clorofila e resistência do solo a penetração, pelo método de Krigagem ordinária.

Para gerar o NDVI, foram capturadas cenas da área do experimento utilizando o satélite Sentinel-2, o mesmo tem uma resolução espectral e espacial ampliada que consiste em 13 bandas espectrais (FEIO, 2017). Os índices foram gerados no programa QGIS, para realizar o cálculo do NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada), utilizando a (equação 1). Para gerar os índices foram utilizadas cenas de satélite (Sentinel - 2) correspondentes aos 32 DAS, 52 DAS, 62 DAS, 107 DAS, 117 DAS e 132 DAS, as cenas são disponibilizadas pelo *Earth Observing System* (<https://eos.com/pt/>).

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad \text{(Equação 1)}$$

No qual:

NIR = refletância no comprimento de onda infravermelho próximo (nm);
RED = refletância no comprimento de onda vermelho (nm);

Na Tabela 1, encontra-se as bandas do satélite Sentinel – 2, usadas no experimento.

Tabela 1 - Faixas espectrais Sentinel-2 utilizadas no experimento.

Bandas	Comprimentos de onda central (nm)	Resolução espacial (m)
B3 (Vermelho)	665	10
B4 (IV Próximo)	842	10

Fonte: ENGESAT (2018).

Para determinar as correlações existentes entre as variáveis do solo, índices de vegetação e a produtividade da cultura da soja, realizou – se a análise de correlação linear de Pearson (POTRICH, 2012). A correlação linear de Pearson foi realizada através do software Excel.

As correlações foram avaliadas pela classificação de Callegari-Jacques (2003), onde o r pode ser avaliado qualitativamente pelos seguintes intervalos:

$0,9 \leq |r| \leq 1,0$ representam correlação muito forte;

$0,7 \leq |r| < 0,9$ representam correlação forte;

$0,4 \leq |r| < 0,7$ representam correlação moderada;

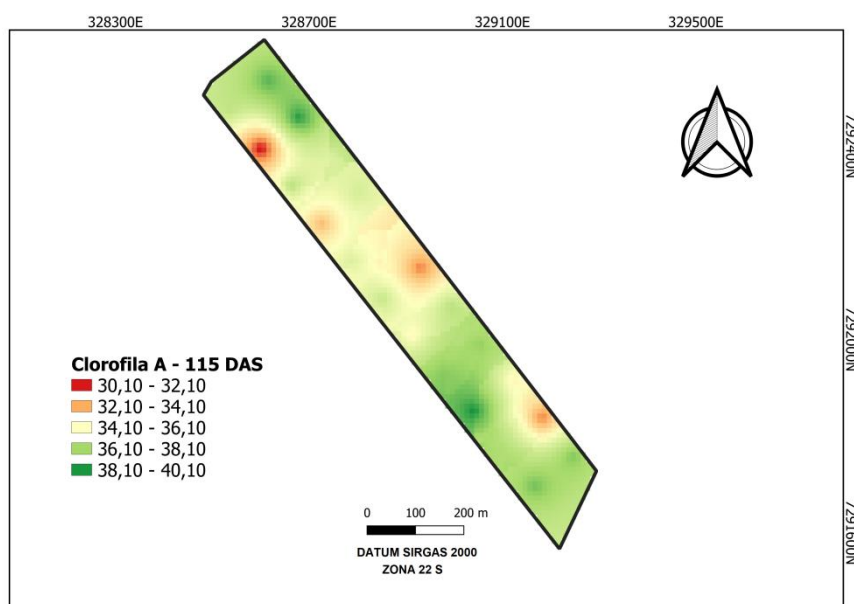
$0,2 \leq |r| < 0,4$ representam correlação fraca;

$0,0 \leq |r| < 0,2$ representam correlação muito fraca.

Resultados e discussão

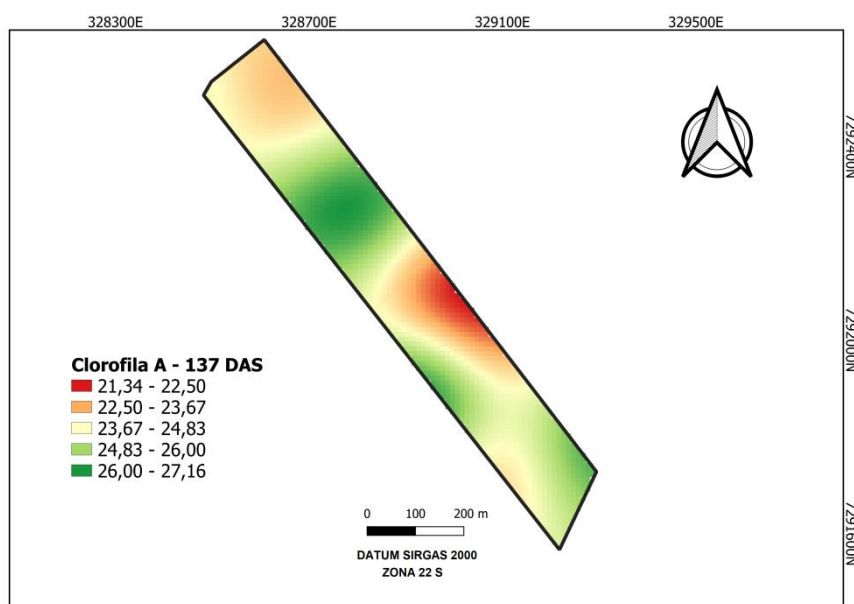
Os mapas de clorofila A mostram intervalos de (30,10 - 40,10) para a primeira medição com 115 DAS, e (21,34 - 27,16) para a segunda medição com 137 DAS, com média (35,6) para a primeira coleta, já a segunda medição teve média (24,6), essa diferença se deve ao estágio R 5.5 e R 7 que se encontravam a cultura nas medições (Figuras 2 e 3).

A maior parte do talhão apresentou valores de (35 – 40) para medição realizada aos 115 DAS, já na medição realizada aos 137 DAS foram obtidos a maior parte dos entre (25 -27).

Figura 2 – Índices de clorofila A 115 DAS.

Ao observar os mapas nota-se que a diferença entre as medições no terço médio e superior dos mapas, onde aos 115 DAS mostra valores baixos no médio e valores mais altos no terço superior (29,5 -39,9).

Já na amostragem realizada aos 137 DAS, nota-se uma inversão de valores, onde os maiores estão no terço médio superior e menores no terço superior (28,4 – 21,3). Além disso, nota-se que no terço médio inferior a esquerda, apresenta valores altos para duas medições (30,1 – 38,6).

Figura – 3 Índices de clorofila A 137 DAS.

Observou-se no mapa de produtividade que os valores ficaram entre 2098 e 3752 kg/ha, com média 2730 kg/ha, sendo que a maior parte da área apresentou produtividade entre (2280 – 2700 kg/ha) (Figura 3).

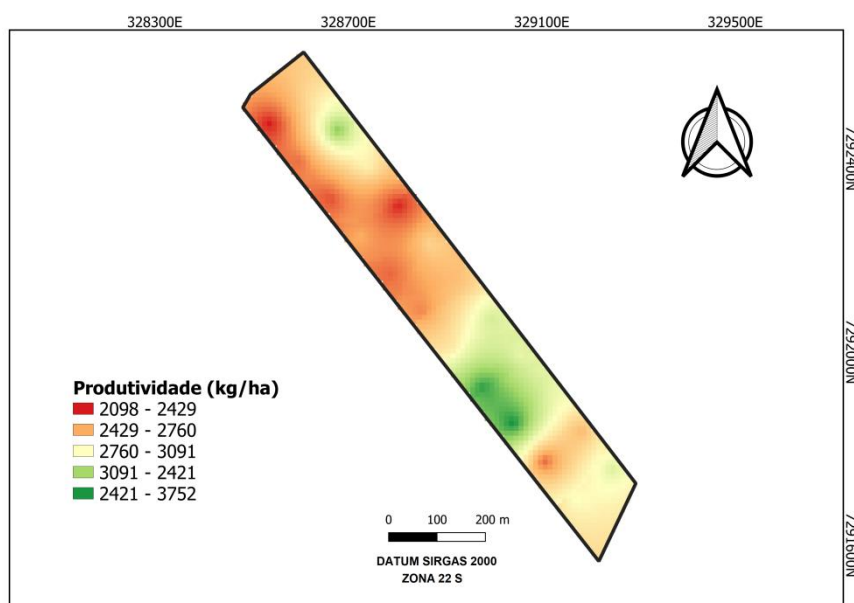
No período em que foi desenvolvido o experimento a região onde está localizada a área passou por vários dias de baixa taxa pluviométrica, interferindo diretamente na produtividade da cultura, (Tabela 2).

Tabela 2 - Volume de chuva entre os meses de outubro à fevereiro em Mamborê - PR

Meses	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Precipitação (mm)	681,7	89,7	73,3	202,7	50,5

Fonte: AGUASPARANÁ, 2022.

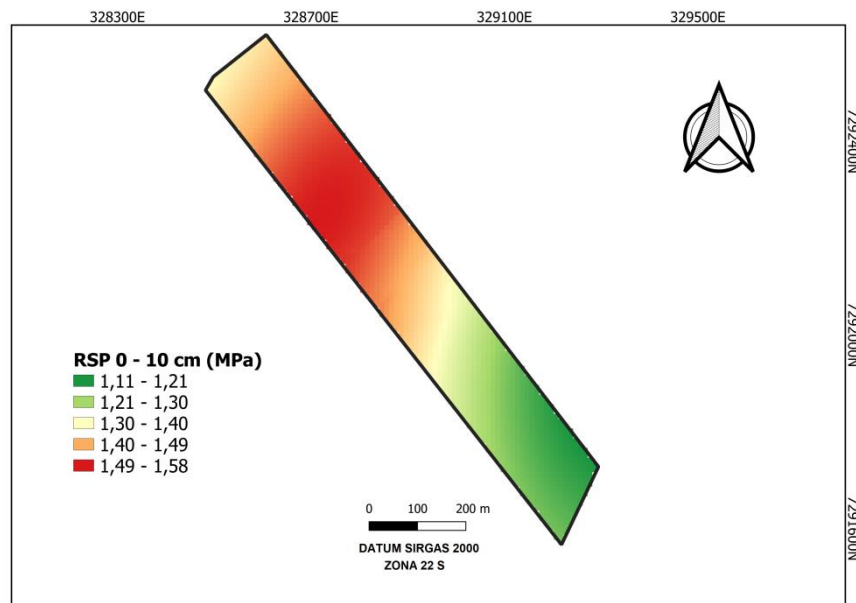
Figura 4 - Produtividade da soja.



A RSP teve a menor média observada na primeira camada de 0–10 cm (Figura 5), onde o solo tem menor resistência. Isso possivelmente foi causado pelo efeito do uso de máquinas exemplo as semeadoras, que revolvem o solo na camada superior quando utilizadas, e pela maior entrada de matéria orgânica na qual contribui para uma maior agregação do solo (CUNHA et al., 2007).

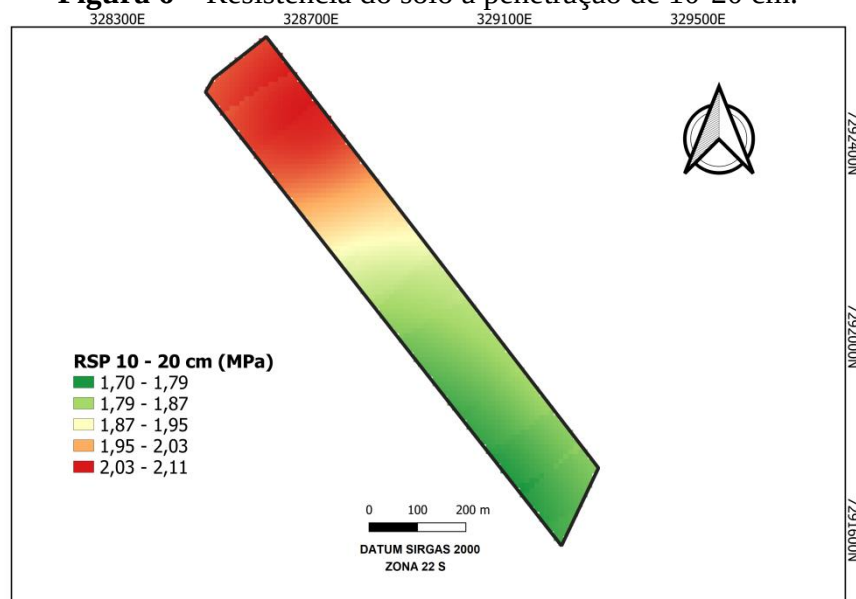
No dia em que foi realizado as medidas do RSP foram coletadas algumas amostras de solo para aferição da umidade que teve como resultado 24,5 e 27,95% para as camadas 0-10 e 10-20 no terço inferior, no terço médio foi observado 7,2 – 24,5% nas respectivas camadas, e 24,5 – 27,4% 0-10 e 10-20 no terço superior do talhão.

Figura 5 – Resistência do solo a penetração de 0-10 cm.



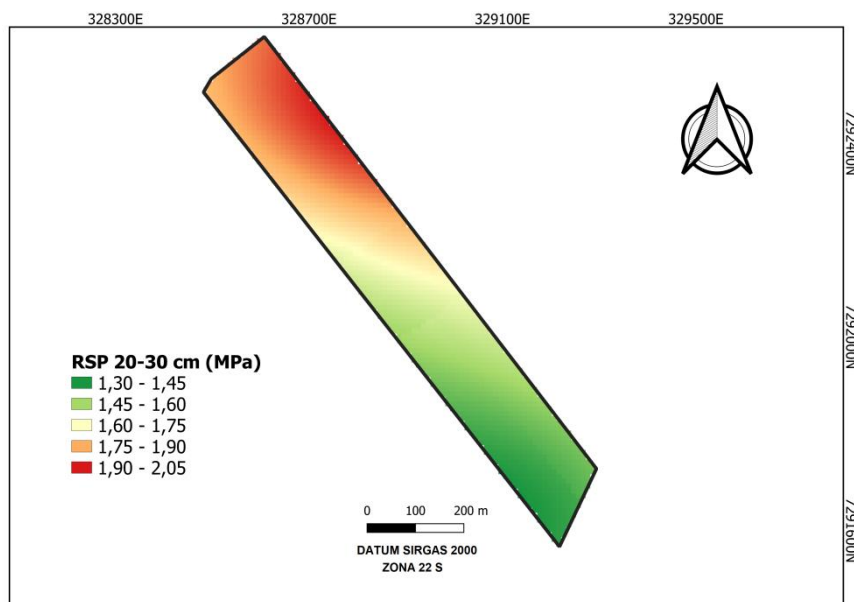
Segundo Montanari et al. (2012), para um mesmo solo Latossolo vermelho quanto maior for a densidade será maior sua resistência à penetração e menor sua macroporosidade, ou seja onde se obteve os maiores valores o solo se encontrava mais denso e menos poroso. Os maiores valores de RSP foram obtidos na profundidade de 10-20 cm (Figura 6), mesmo que muito parecidos com os valores da camada de 20-30 cm (Figura 7), na camada superior o valor mínimo está mais próximos do máximo, mostrando um nível padrão de compactação na camada. As duas camadas mostram uma igualdade, na região da área onde se encontram os maiores valores de RSP.

Figura 6 – Resistência do solo a penetração de 10-20 cm.



A terceira camada (20 – 30 cm) apresentou valores intermediários em relação as outras duas, mais próximos da (10–20 cm), pois nenhuma das duas possui o fator de revolvimento da camada superior.

Figura 7 – Resistência do solo a penetração de 20-30 cm.



O NDVI apresentou valores de (0 – 0,92), onde os picos de vegetação foram alcançados próximos aos 62 DAS, tendo valores entre (0,61 – 0,92), os menores valores apresentados aos 32 DAS, sendo registrado valores de (0,17 – 0,31), outra cena que registrou valor baixo foi a de 132 DAS, mostrando valores entre (0,02 – 0,57), isso se deve provavelmente pela cultura estar no começo e final do ciclo (Figura 8).

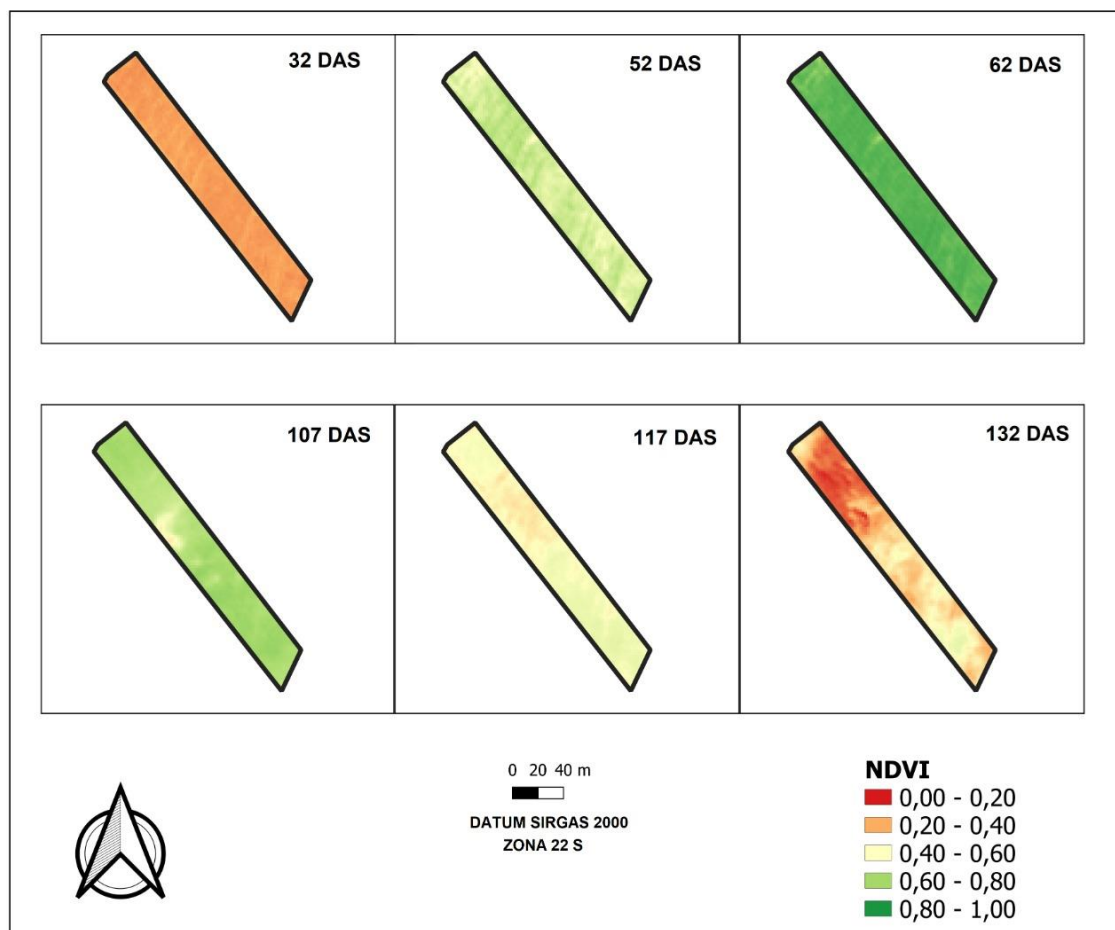
Aos 52 DAS, foram registrados valores medianos (0,40 – 0,77), assim como aos 107 DAS registrando valores de (0,42 – 0,78), isso se deve a questão da planta estar em início de ciclo aos 52 DAS e maturação fisiológica aos 107 DAS.

Aos 107 e 132 DAS mostra valores menores na mesma região onde as três camadas de RSP, apresentou altos valores de compactação, o mapa de produtividade também mostra maiores valores na mesma área onde o NDVI apresentou menores valores. Neste sentido, em um estudo que analisou o NDVI de estádios fenológicos da soja, demonstrou que do estágio R6 ao R7, houveram redução de 19,08% no valor de NDVI que estava ascendente (NEIVERTH et al., 2013).

De acordo com Casaroli et al. (2007), na soja, as variações respiratórias e os níveis fotossintéticos ocorrem de acordo com os estádios de desenvolvimento e as

condições ambientais, em função da alteração na força dreno, na arquitetura e estrutura foliar do dossel vegetativo. O processo de expansão foliar está diretamente relacionado ao aumento da taxa fotossintética de forma gradativa durante o estágio vegetativo para o reprodutivo, alcançando valores máximos no período de enchimento de grãos.

Figura 8 – índices de vegetação (NDVI)



Os dados da matriz de correlação de Pearson, indicaram que as correlações entre clorofila A e produtividade variaram de $(-0,23 - 0,60)$ (Tabela 3). Somente a clorofila com 115 DAS teve correlação moderada com a produtividade, já com 137 DAS, apresentou correlação negativa e fraca, com a cultura já estando em fase de senescência, em estágio reprodutivo R7, com isso a atividade vegetativa bem baixa, os índices de clorofila foram bem baixos.

Talvez se tivesse feito a análise dos índices de clorofila com a cultura em fases vegetativas, aos 62 DAS talvez teria o melhor resultado pois foi onde a cultura estava em seu pico vegetativo como mostra os IV.

Tabela 3 - Matriz de Correlação de Pearson entre os dados de produtividade da soja e Clorofila A

	Produtividade	Clorofila A 115 DAS	Clorofila A 137 DAS
Produtividade	1,00		
Clorofila A 115 DAS	0,60	1,00	
Clorofila A 137 DAS	-0,23	-0,11	1,00

A correlação de Pearson apresentou dados entre (-0,53 a -0,45), tendo correlação moderada entre produtividade e as camadas RSP, assim como o esperado onde possivelmente em vários pontos, nos quais foram registrados valores altos de produtividade, ocorreram valores baixos de RSP e vice versa. Entre as camadas foram obtidas correlações mais elevadas da RSP (Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz de Correlação de Pearson entre os dados de produtividade da soja e RSP.

	Produtividade	RSP 0-10 cm	RSP 10-20 cm	RSP 20-30 cm
Produtividade	1,00			
RSP 0-10 cm	-0,53	1,00		
RSP 10-20 cm	-0,50	0,74	1,00	
RSP 20-30 cm	-0,45	0,81	0,97	1,00

Analisando a tabela da matriz de Correlação de Pearson (Tabela 5), entre os dados de clorofila A e NDVI, nota –se que as correlações obtiveram valores entre (-0,50 – 0,46), a maior correlação foi classificada como moderada (0,46), a correlação em questão foi entre a clorofila 115 DAS com índice aos 117 DAS, e clorofila 137 DAS com índice aos 52 DAS, sendo as duas correlações classificadas como moderada.

O índice obtido aos 107 DAS teve correlação fraca com a clorofila de 115 DAS (0,34), a clorofila obtida aos 137 DAS teve correlação fraca com índice obtido aos 32 DAS e 62 DAS (0,26 e 0,21) respectivamente, a correlação entre a clorofila 115 DAS e o índices de 62 DAS e 67 DAS, teve correlação muito fraca (0,02 – 0,10).

Aos 132 DAS, ´por se tratar do IV com a data mais aproximada da análise do índice de clorofila 137 DAS, foi obtido uma correlação fraca (0,29), mais teve correlação como no IV 117 e 107 DAS com a clorofila 115 DAS.

Com isso foi possível observar melhores correlações do índice com os IV das cenas com datas mais próximas.

Tabela 5 - Matriz de Correlação de Pearson entre os dados de clorofila A e NDVI.

Clorofila A	32	52	62	67	107	117	132	142
x NDVI	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS
115 DAS	-0,16	-0,11	0,02	0,10	0,34	0,46	-0,18	-0,08
137 DAS	0,26	0,46	0,21	-0,11	-0,50	-0,32	0,29	-0,08

Ao observar a matriz de correlação de Pearson entre produtividade e os índices de vegetação nota – se que os valores variaram (-0,23 – 0,60), sendo a melhor correlação entre produtividade e o IV 117 DAS (0,60) classificada como moderada, além dessa outras duas foram moderadas, produtividade com IV 107 DAS e 67 DAS (0,53-0,41) respectivamente, o índice a 132 DAS e 142 DAS obtiveram o mesmo valor de correlação com a produtividade (0,31), classificadas como fraca, também se observa uma correlação fraca entre o índice com 62 DAS e a produtividade (0,18), os índices 32 DAS e 52 DAS tiveram correlações negativas com a produtividade (Tabela 6).

Tabela 6 - Matriz de Correlação de Pearson entre os dados de produtividade e NDVI

IV	32	52	62	67	107	117	132	142
	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS	DAS
NDVI	-0,23	-0,16	0,18	0,41	0,53	0,60	0,31	0,31

Oliveira (2021), encontrou correlações moderadas utilizando cenas capturadas a 64 DAS correlacionando com a produtividade, tendo como valor (0,428), para a safra 17/18 e (0,438) para a safra 18/19, assim como no presente experimento, onde a maior correlação foi moderada (0,60).

De acordo com Monteiro (2021), a produtividade apresentou correlação fraca ($r = 0,283$) com o NDVI - Sentinel-2 (57 DAS), contudo o NDVI extraído do satélite Landsat 8 com 64 DAS, apresentou a menor correlação com produtividade, expressando, portanto, correlação muito fraca ou inexistente ($r = 0,153$), aproximando do experimento atual onde as correlações mais fortes entre os IV e a produtividade foram classificadas como moderadas, onde o mesmo também apresentou valores fracos na correlação em questão.

Conclusão

A correlação entre produtividade e clorofila, obteve maior valor correlacionando com análise feita aos 115 DAS.

Ao correlacionar clorofila A com IV, obteve – se maior correlação entre clorofila 115 DAS e NDVI 117 DAS (0,46), além da clorofila 137 DAS com NDVI 52 DAS com o mesmo valor de correlação.

Correlacionando produtividade com RSP notou- se que houve correlação entre 0,4 e 0,5 assim como o esperado.

Na correlação da produtividade com IV obteve maior valor com IV 117 DAS (0,60), sendo que o índice 107 DAS obteve correlação muito parecida (0,53).

Referências

AGUASPARANÁ – Instituto das Aguas do Paraná. Alturas diárias de precipitação 2021/2022 na cidade de Mamborê – PR.

ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R.; SHARP, T. C. Agricultura de Precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 6., 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: CNPA, 2007. p. 11-21.

CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artemed, 2003. 255p.

CARVALHO, J.; MASIERO, F. C.; LANÇAS, K. P.; RODRIGUES, E. C. P. Avaliação da resistência do solo sob dois sistemas de manejo: plantio direto e convencional. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v.22, n.2, p.ex.-x, dez 2012. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/2iWyap3vRUfb9KU_2013-5-17-18-15-18pdf/ Acesso em: 10 de setembro de 2021

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.9, safra 2021/22, n. 7 sétimo levantamento, abril. 2022.

CUNHA, E. Q., BALBINO, L. C., STONE, L. F., LEANDRO, W. M. AND OLIVEIRA, G. C. 2007. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p.665- 674, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. 2. Ed. Brasília: 2012. 43 p.

FEIO, S. V. M. **Análise Multitemporal de imagem de satélite Sentinel-2 como suporte à elegibilidade das ajudas comunitárias agrícolas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia). Universidade de Lisboa, Lisboa Portugal, 2017.

GAMEIRO, S.; TEIXEIRA, C.P.B.; SILVA NETO, T.A.; LOPES, M.F.L.; DUARTE, C.R.; SOUTO, M.V.S.; ZIMBACK, C.R.L. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. **Terrae**, 13(1-2), 2016, p.15-22.

MARCUSSI, B. A.; BUENO, R. P. C.; MIQUELONI, D. P.; ARRAES, C. L. Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica. **Caminhos de Geografia**, v. 11, n. 35, p. 41 – 53, 2010.

MONTANARI, R.; ZAMBIANCO, E. C.; CORRÊA, A. R.; PELLIN, D. M. P.; CARVALHO, M. P.; DALCHIAVON, F. C. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho correlacionados linear e espacialmente com a consorciação de guandu com milho. **Revista Ceres**, v.59, n.1, p.125-135, 2012.

RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; FREITAS, J. G. Resposta espectral do milho e sua relação com altos níveis de produtividade de grãos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 2597-2603.

MONTEIRO, P. H. S. **Comportamento espectro-temporal da soja utilizando sensores orbitais e não orbital e correlação dos índices de vegetação com a produtividade**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NEIVERTH, W. et al. NDVI de estádios fenológicos da soja BRS 284 de crescimento indeterminado em casa de vegetação. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 8., 2013, Londrina. **Anais...**Londrina: Embrapa Soja, 2013. p. 204-209.(Embrapa Soja. Documentos, 339), 2013.

OLIVEIRA, V.H.D. **Unidades de Gestão Diferenciada por meio de índices de vegetação e mapas de produtividade**. 2021. 66 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 126 p.

POTRICH, Diego Costa. **Variabilidade espacial de atributos do solo e correlação com a produtividade da cultura da soja: Agricultura de precisão**. 2012. 67 f. - Curso de Agronomia, Universidade Federal da Grande Dourados- UFGD, Dourados, 2012.