

Avaliação da influência física e química do solo na produtividade da soja (*Glycine max*) através de mapa de colheita e NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada)

William Eduardo Staffen^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

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

^{1*}staffen@outlook.com.br

Resumo: O objetivo do trabalho foi analisar as correlações existentes entre o NDVI e propriedades físicas e químicas do solo, com a produtividade da soja. O experimento foi realizado no município de Cascavel – PR, durante os meses de outubro de 2021 a fevereiro de 2022. No período reprodutivo, foi realizado um Voo com VANT (veículo aéreo não tripulado), para obter imagens para geração do índice de vegetação. No período da colheita foram executadas calibrações na colhedora para coleta de informações de produtividade, na sequência a confecção de um mapa de produtividade filtrado. Após a colheita realiam-se medidas de resistência do solo a penetração (RSP), com três perfurações por ponto amostral, utilizando Penetrômetro digital, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Posteriormente, foram coletadas cinco amostras de solo aleatoriamente nas mesmas camadas utilizadas na RSP para aferição da umidade do solo no momento da coleta. Para o levantamento dos resultados utilizou-se a correlação linear de Pearson, utilizando o software Excel, através da classificação de Callegari-Jacques. Em relação aos atributos químicos do solo, as maiores correlações foram encontradas entre produtividade e pH (0,38) e com Mg (0,43), classificadas como fraca e moderada, respectivamente. Entre produtividade e RSP, todas correlações foram classificadas como fracas ou muito fracas. Entre NDVI e atributos químicos todas correlações foram muito fracas ($r < 0,20$). A correlação entre NDVI e produtividade foi fraca, com valor de 0,21, possivelmente devido a um período de déficit hídrico que ocorreu do meio pro final do ciclo da cultura, afetando diretamente a produtividade.

Palavra chave: interpolação; compactação do solo; agricultura de precisão; correlação.

Evaluation of soil physical and chemical influence on soybean yield (*Glycine max*) through harvest map and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Abstract: The objective of this work was to analyze the correlations between NDVI and physical and chemical soil properties, with soybean yield. The experiment was carried out in the municipality of Cascavel - PR, during the months of October 2021 to February 2022. In the reproductive period, a UAV flight (unmanned aerial vehicle) was carried out to obtain images to generate the vegetation index. During the harvest period, calibrations were performed on the harvester to collect yield information, followed by the creation of a filtered yield map. After harvesting, soil penetration resistance (RSP) measurements were performed with three perforations per sampling point, using a digital penetrometer, at depths of 0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm. Subsequently, five soil samples were randomly collected in the same layers used in the RSP to measure soil moisture at the time of collection. Pearson's linear correlation was used to collect the results, using Excel software, through the Callegari-Jacques classification. Regarding soil chemical attributes, the highest correlations were found between productivity and pH (0.38) and with Mg (0.43), classified as weak and moderate, respectively. Between productivity and RSP, all correlations were classified as weak or very weak. Between NDVI and chemical attributes, all correlations were very weak ($r < 0.20$). The correlation between NDVI and productivity was weak, with a value of 0.21, possibly due to a period of water deficit that occurred from the middle to the end of the cycle culture, directly affecting productivity.

Keywords: interpolation; soil compaction; precision agriculture; correlation.

Introdução

A soja (*Glycine max*), é uma planta herbácea, pertencente à família Fabaceae, que é muito cultivada no Brasil. Atualmente, área cultivada de soja cresceu cerca de 5%, em relação à safra passada, 19/20, chegando a 38,5 milhões de há, já na safra 20/21, a área cultivada foi de 40,7 milhões de ha, um crescimento de quase 4% (CONAB 2021).

Hoje o Brasil é o maior produtor de soja do mundo com uma produção de 136 milhões de toneladas, isso se deve não somente aos aumentos de áreas cultivadas, mas também as produções por ha, sendo que na safra 20/21, as médias de produtividades foram de 3,5 toneladas por hectare, 4,4% a mais que na safra 19/20. Isso tudo se deve não somente a variedades novas com elevados tetos produtivos, mas também a investimentos, por partes dos produtores, seja eles adubações melhores, aplicações de inseticidas, fungicidas e herbicidas de forma mais assertivas, e correções de solo, seja ela de forma convencional ou de precisão (CONAB 2022).

Com novos desafios relacionados a demanda de alimentos e a necessidades de adquirir elevadas produções, se fez necessário buscar alternativas como a agricultura de precisão (AP), uma resposta para a otimização dos recursos no sistema produtivo. O ponto inicial da AP, a coleta de amostras de solo em diferentes pontos do talhão, georreferenciadas, dispostas numa grade amostral (“*grid*”), de maneira em que os resultados das análises possam ser processados através de mapas interpolados, que representam a variação nos valores de cada atributo analisado. Após a interpretação, é possível gerar mapas de prescrição de fornecimentos de fertilizante e de calcário em quantidades distintas para diferentes partes do talhão (RESENDE *et al.*, 2010).

Dentre os fatores que se destacam na AP, as análises do histórico da área são de suma importância, para o início de um programa eficiente de variabilidade espacial existente na área. Esse levantamento é proporcionado através de sistemas de informação geográfica (SIG) onde colhedoras modernas e equipadas possibilitam o mapeamento através de GPS (Sistema de Posicionamento Global), sensores de rendimento e umidade, para gerenciar a variabilidade das produções das lavouras comerciais. Os mapas de produtividades, possibilitam armazenar, manipular, analisar e apresentar os dados coletados através das colhedoras e desta forma estabelecer as relações entre o solo e a planta georreferenciados, permitindo elaborar um programa de manejo localizado no talhão (ALBA *et al.*, 2011).

Segundo Zanzarini *et al.* (2013), outra tecnologia que vem sendo muito utilizada na AP, são os índices de vegetação, o qual processa a radiação, eletromagnética, técnica está utilizada por meio do sensoriamento remoto. Por meio deste, possibilita, analisar e detectar, as mudanças e monitorar a cobertura vegetal. O índice de vegetação mais difundido é o Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (COHEN *et al.*, 2003), que possibilita a interpretação de imagens de áreas verdes em diferentes datas e diferentes espectros de cores, permitindo assim acompanhar a variação em um certo período de tempo.

Através do uso do NDVI, possibilita calcular a atividade fotossintética da cultura por meio do pigmento da clorofila, o qual absorve raios solares, e os transformam em energia para a planta, refletindo o excedente da energia, para o espaço, possibilitando desta forma, captar o excedente pelos satélites com camera de infravermelho. Com a sua utilização, na agricultura, possibilita uma rápida e eficiente detecção das variações na cultura, sendo relacionados com a produtividade da soja com diferentes índices de vegetação gerados a partir de imagens multiespectrais (AMARAL *et al.*, 2018).

Diante do exposto o objetivo do experimento foi avaliar as correlações existentes entre o NDVI e as propriedades físicas e químicas do solo, com a produtividade da soja.

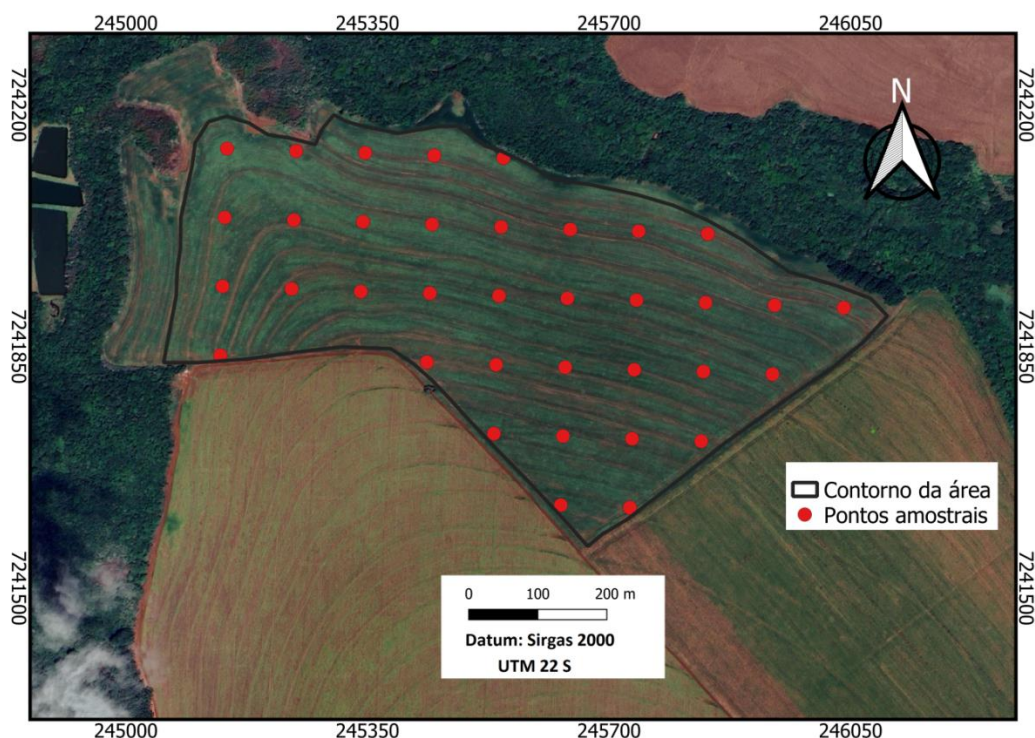
Material e Métodos

O experimento foi conduzido no centro de difusão de tecnologia – CEDETEC no Centro Universitário Assis Gurgacz, em Cascavel, no Paraná, com altitude de 680 m, nas coordenadas geográficas de latitude 24°55'41 Sul e longitude 53°30'44 Oeste.

Conforme Aparecido *et al.* (2016) o clima em todo o oeste do Paraná na Classificação de Koppen-Geeiger é Cfa (Clima temperado úmido com verão quente). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico com textura de 16,25% de areia, 18,75% de silte e 65% de argila. (EMBRAPA, 2020)

A cultura monitorada no experimento foi a soja (*Glycine max*) em um talhão de 36 hectares, onde antes da semeadura foi realizada coleta de amostras de propriedades químicas (macro nutrientes) de solo, em GRID amostral de 1 ponto por hectare (Figura 1).

Figura 1 – Delimitação da área de estudo e GRID amostral.



O experimento teve duração de um ano, com início no primeiro semestre de 2021 e término no final de abril de 2022, com coleta de solo realizada em 31/03/2021, semeadura em 22/10/2021, e voo com VANT feito na data de 14/12/2021. A colheita foi realizada 09/03/2022.

Quando a soja estava em seu pico máximo do estágio vegetativo, aos 52 dias após a semeadura (DAS), foi realizado um voo com um VANT (veículo aéreo não tripulado) Sensefly eBee SQ embarcado com Câmera Multiespectral Parrot Sequoia, possuindo câmera RGB e Infravermelho, para posterior confecção do índice de vegetação NDVI (Índice de vegetação da diferença normalizada) (Equação 1).

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

Em que:

RED: refletância do comprimento de onda Vermelho (nm)

NIR: refletância do comprimento de onda Infravermelho próximo (nm)

Na colheita utilizou-se colhedora da marca Massey Ferguson modelo 9695, embarcada com tecnologia de agricultura de precisão, que possibilitou a coleta de dados georreferenciados de produtividade. Para isso, realizou-se calibrações na máquina

referente ao tamanho da plataforma de colheita, regulagem de peneiras e da plataforma da máquina, para o mínimo de perdas, assim como da umidade dos grãos, onde realizaram-se medidas com medidor universal de grãos.

Após a colheita, para o diagnóstico da resistência do solo a penetração (RSP), utilizou-se Penetrometro digital (Penetrologger) versão 6,08, no mesmo GRID amostral utilizado para a coleta de atributos químicos (Figura 1), realizando três perfurações por ponto amostral, nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 e 30-40 cm, calculando a média das três perfurações, que foram utilizadas para geração dos mapas. Posteriormente, foram coletadas cinco amostras de solo aleatoriamente nas mesmas camadas utilizadas na RSP para aferição da umidade do solo no momento da coleta que apresentou 30% de umidade.

Para geração dos mapas de propriedades químicas, RSP e produtividade. Utilizou-se o Software livre QGIS, versão 3.16, pelo método IDW para geração da interpolação.

Para correlação entre os dados monitorados no talhão, utilizou-se a correlação linear de Pearson (r), utilizando o software Excel. Para avaliar as correlações utilizou-se a classificação de Callegari-Jacques (2003), onde:

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

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

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

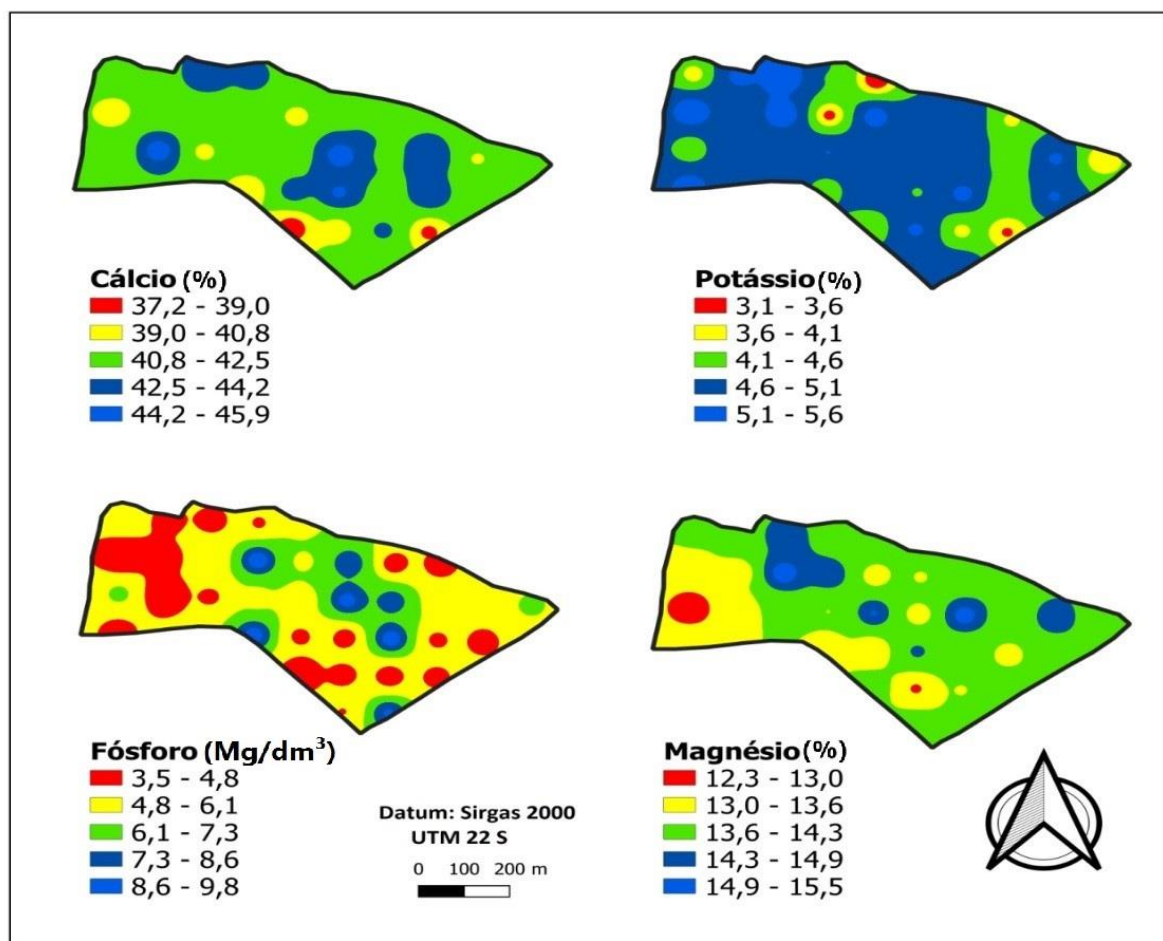
$0,2 \leq |r| < 0,4$ correlação fraca;

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

Resultados e Discussão

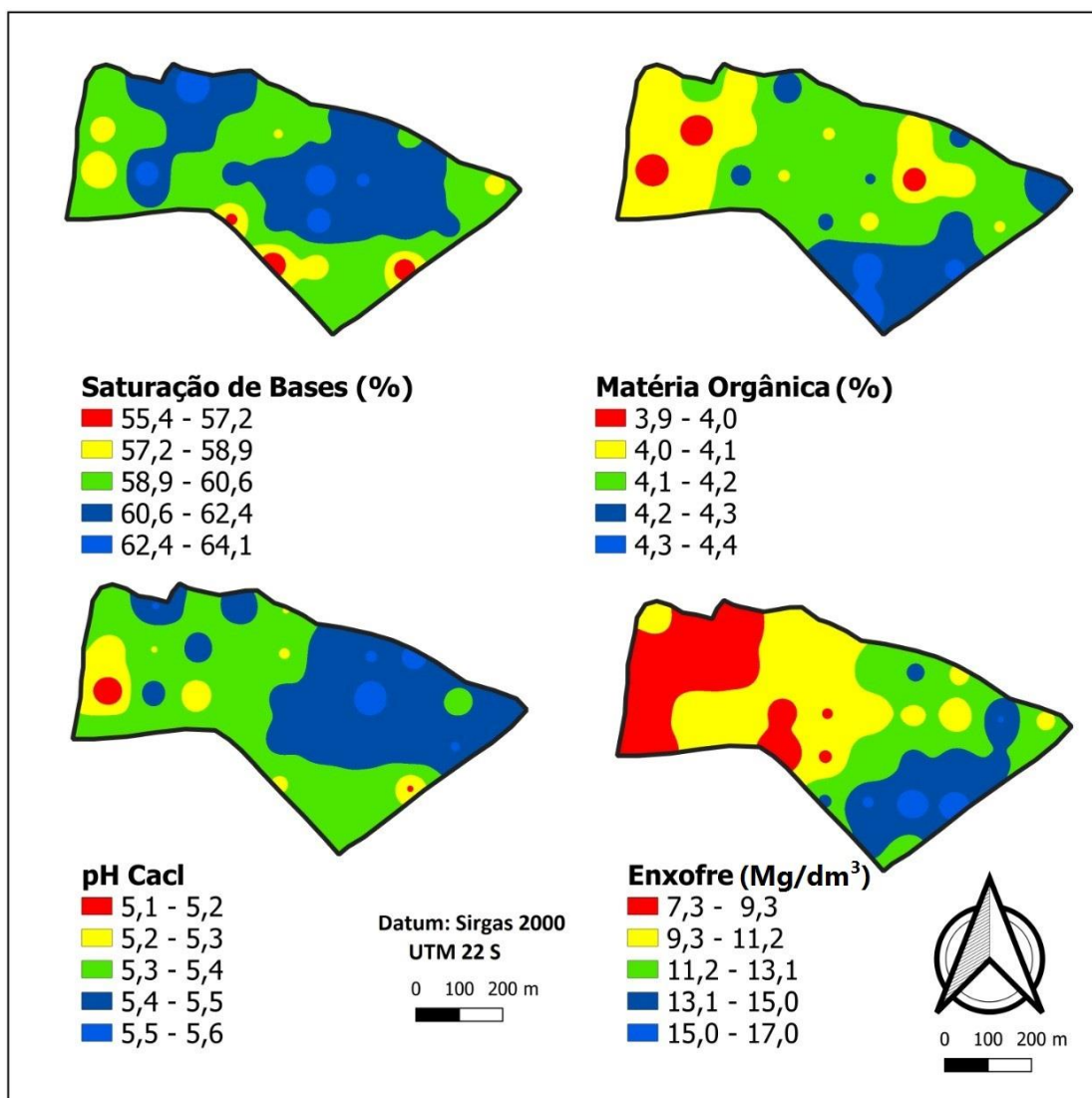
De acordo com o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (PAVINATO *et al.*, 2017) os valores de fósforo apresentaram uma variação de 3,5 a 9,8, que são níveis baixos para médios, levando em consideração que 3 a 6 é baixo, e 7 a 10 mg/dm³ são níveis médios. O potássio com valores mínimos de 3,1 e máximos de 5,6 são níveis considerados pelo manual por muito alto, cálcio com níveis de 37,2 a 45,9 está dentro da classificação alto, e o magnésio com valores acima de 12,3 apresentam níveis altos.

Figura 2 – Mapa de fertilidade do talhão, Cálcio, Magnésio e Potássio na participação da CTC e Fósforo Mehlich-1.



Para a saturação de bases obteve-se valores de 55,4 a 64,1 que conforme o manual de 51 a 70 são níveis altos, estando dentro da necessidade da cultura. A matéria orgânica apresentou valores de 3,9 a 4,4%, que acima de 3,4 são níveis muito alto. O pH apresentou na maior parte da área números entre 5,3 a 5,4 que são parâmetros dentro de 5,0 a 5,5, considerados altos. Enxofre obteve-se uma diferença entre 7,3 a 17 dentro do talhão e pelo manual acima de 6 é considerado muito alto (PAVINATO *et al.*, 2017).

Figura 3 - Mapa de fertilidade do talhão, Saturação de Bases e Matéria Orgânica em %, PH em cloreto de cálcio e Enxofre (mg/dm³)

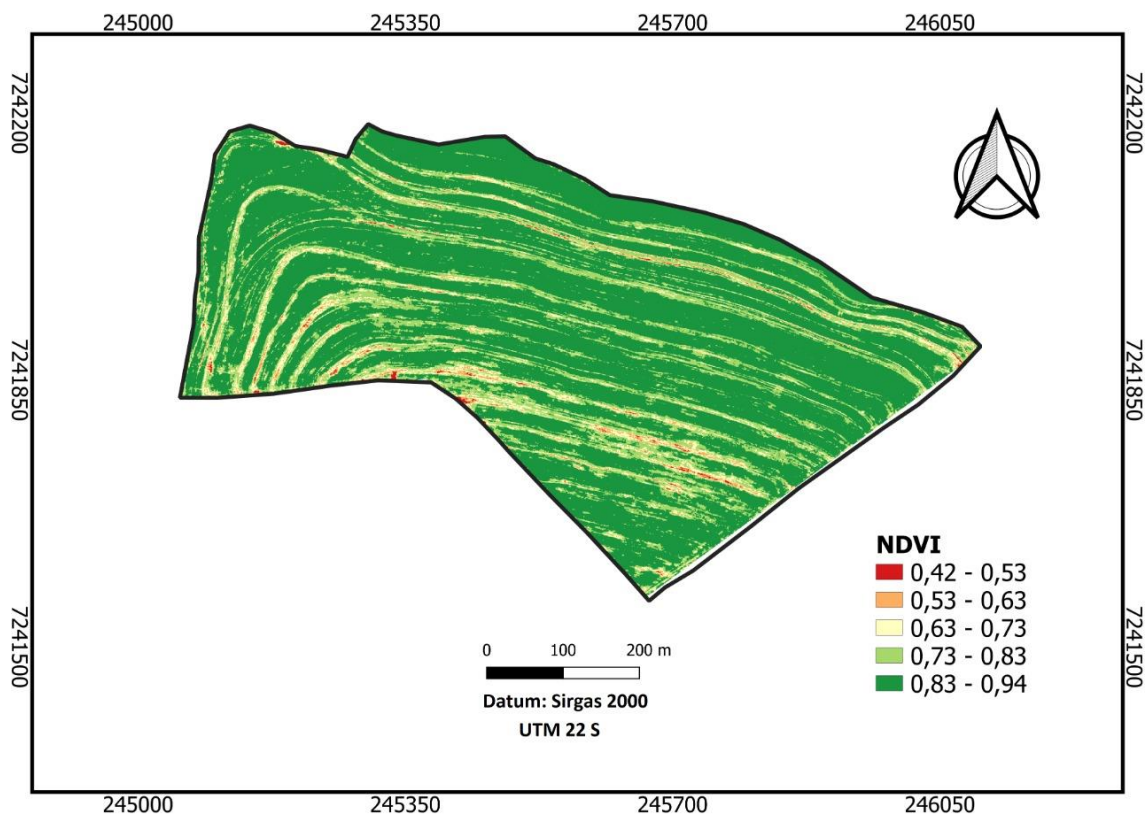


Conforme Silva (2009), onde nota-se tonalidade de verde mais intenso (Figura 4) indica que possivelmente esses locais haverá maior produtividade, por se tratar de plantas mais saudáveis, com alto volume de biomassa e maior porte. Isso acontece devido o índice de clorofila, que é um indicador de sanidade da planta. Porém nem sempre pode-se levar essa informação como parâmetro para estimar a produtividade, pois locais onde existe excesso de população, haverá um alto volume de biomassa, porém isso não irá refletir em um acréscimo de produtividade, e sim um decréscimo, pelo baixo desenvolvimento no terço baixo-médio da Soja (EMBRAPA, 2007).

Em relação ao NDVI gerado a partir de voo com VANT com 53 DAS, verifica-se que na maior parte da área os valores estavam entre 0,73 e 0,94, com poucos pontos com valores inferiores, principalmente em locais próximos aos terraços. Rosa (2021)

monitorando áreas com imagens do satélite Sentinel-2, com 70 DAS, verificou valores entre 0,72 a 0,96 na safra 19/20, e com 55 DAS, obteve 0,72 a 0,9 na safra 18/19.

Figura 4 – Mapa temático do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

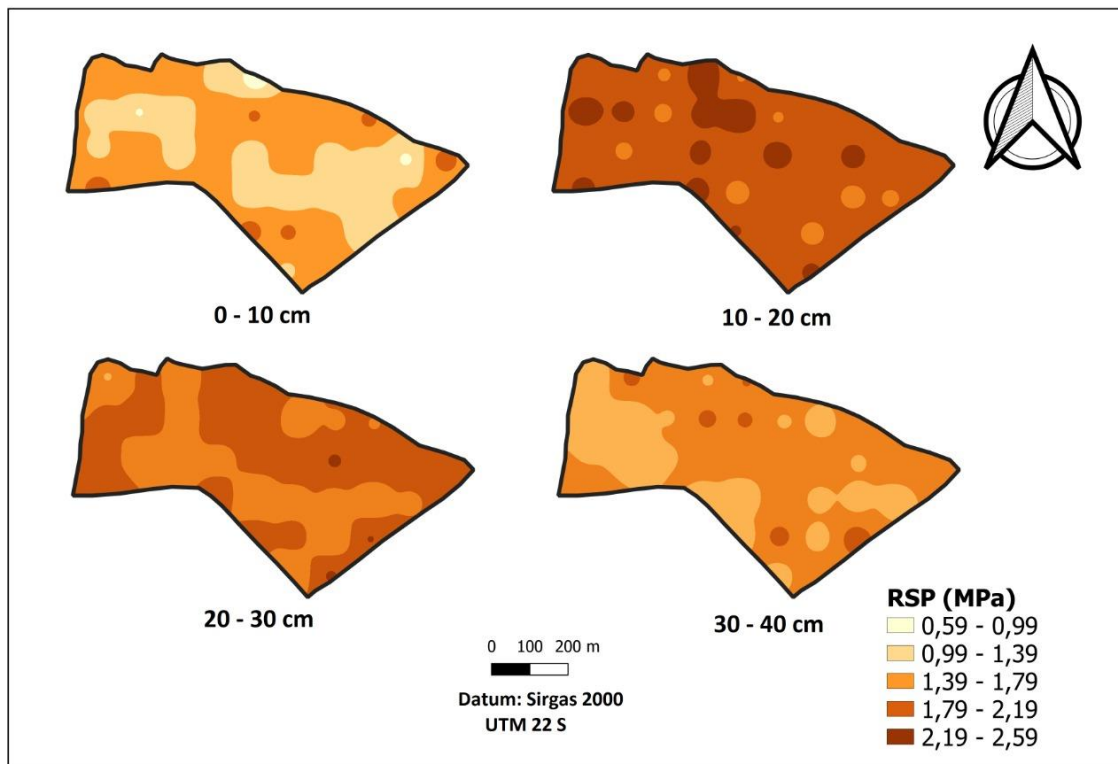


Nos mapas de RSP (Figura 5), nota-se que principalmente a camada de 10-20 cm, seguido de 20-30 cm, apresentaram no geral valores mais elevados, sendo que de 10-20 cm, a maior parte do mapa apresentou RSP entre 1,79 e 2,19 MPa.

Em solo argiloso sob pastagem degradada, Alves *et al.* (2019) verificaram que a camada que apresentaram os maiores valores de RSP foi a de 10-20 cm, validando os dados levantados nesse estudo.

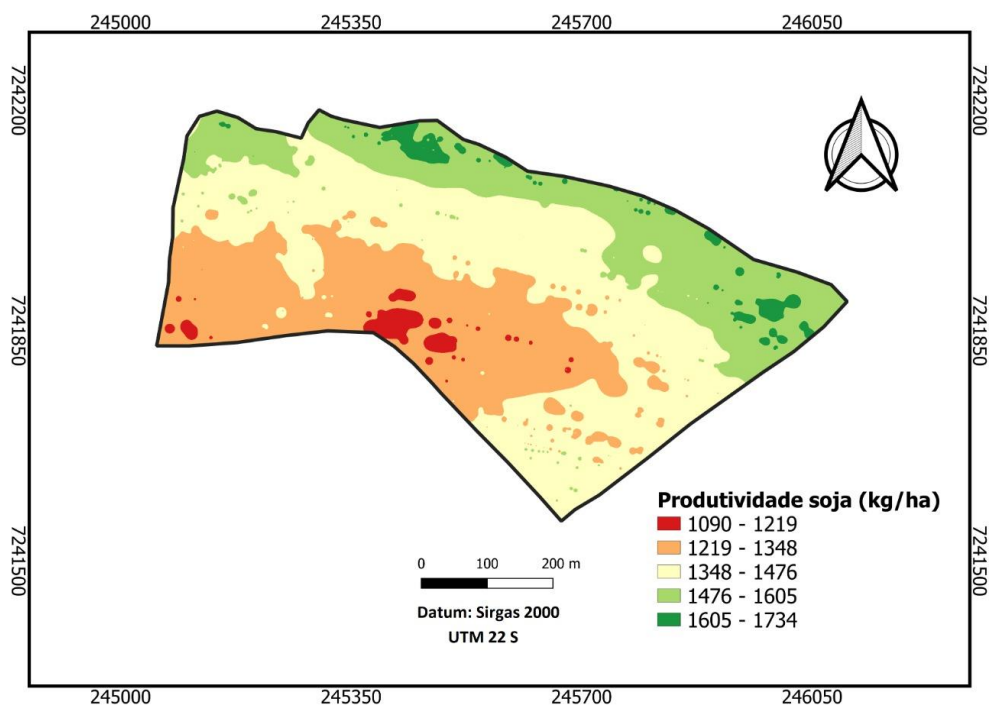
Segundo Bonato (2019), em Latossolos sob sistema plantio direto, geralmente a camada inicial do solo (0- 10 cm), não apresentam maiores valores de RSP, devido provavelmente ao revolvimento de solo que acontece pelas semeadoras adubadoras, que por via de sulcador tipo botinha abrem o sulco para depositar fertilizantes em profundidade.

Figura 5 – Mapa temático da RSP nas camadas de 0-40 cm com umidade gravimétrica média do solo no dia da coleta = 30%.



Observando o mapa de produtividade da Soja (Figura 6), constatou-se uma diferença de produtividade dentro do talhão, variando de 1090 a 1734 kg/ha e isso significa uma diferença de 59% de variação de produção dentro do talhão.

Figura 6 – Mapa temático da produtividade da Soja



Devido ao grande estresse hídrico presenciado na safra de soja 2021/2022. Nas regiões Oeste do Paraná, com fases mais adiantadas, foram as lavouras mais prejudicadas, onde ocorreram perdas bastante acentuadas (CONAB, 2022). Dados esses que influenciaram diretamente no potencial de produção dentro do talhão do estudo. A média de produção de soja do Paraná foi de 3370 kg/ha (CONAB, 2022), havendo assim uma quebra de 60% na produção dentro da área do trabalho quando comparado com a média do estado. No mapa de produtividade da Soja (Figura 6), as menores produtividades ficaram no centro oeste com produções de 1090 a 1219 kg/ha e as maiores produtividades no norte do talhão entre 1605 a 1734 kg/ha.

Percebe-se que os atributos químicos e físicos tiveram baixa correlação com a produtividade da soja e influência direta no NDVI, tendo moderada a fraca correlação quando se leva em conta os níveis de pH e Mg na influência da produtividade (Tabelas 1, 2, 3).

Corrêa (2017), em experimento em campos de produção de sementes de soja, não encontrou uma correlação significativa entre atributos químicos do solo e RSP com a produtividade da soja.

Rosa (2021), monitorando o NDVI, com imagens do Sentinel-2, registrou correlação com produtividade da soja de 0,21, com 39 DAS e 0,26 (69 DAS), sendo valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Monteiro (2021), trabalhando com correlação de imagens de NDVI na soja com produtividade, obteve, correlação fraca de 0,28 a 57 DAS, semelhante ao presente estudo, no qual o valor de 0,21, com 53 DAS. Oliveira (2021), aos 61 e 64 DAS, verificou correlações de 0,42 e 0,48 respectivamente.

O magnésio obteve uma correlação moderada de 0,43 com a produtividade, e para Gelain *et. al.* (2021) que também avaliou os atributos químicos com a produtividade no mesmo solo Latossolo vermelho obteve uma correlação semelhante de 0,49. Já Corrêa (2017) não obteve o mesmo resultado, em outro tipo de solo afirmou que os atributos químicos foram insuficientes para explicar a variabilidade espacial da produtividade e seu resultado foi nulo.

Tabela 1 - Correlação de Pearson entre produtividade da soja, NDVI e atributos químicos do solo.

<i>NDVI</i>	<i>M.O.</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ca</i>	<i>V%</i>	<i>PHCacL</i>	<i>Mg</i>
0,21	0,03	-0,21	-0,08	0,17	0,12	0,19	0,38	0,43

O pH de solo apresentou uma correlação fraca de 0,38, enquanto para V% foi de 0,19 (fraca). Gelain *et al.* (2021), encontraram para V% correlação de 0,14, sendo semelhante à encontrada no presente experimento.

Para os atributos (M.O, S e Ca), os valores foram inferiores a 0,20 (muito fracas). Já K e P, apresentaram correlações negativas, classificadas como fraca (-0,21) e muito fraca (-0,08) respectivamente.

Londero *et al.* (2020), correlacionando produtividade da soja com atributos químicos, verificaram correlação de 0,02 para pH, considerável nula. As maiores encontradas foram para K ($r = 0,25$) e P ($r = 0,30$). Gelain *et al.* (2021), encontraram para P (0,51) e K (0,49), consideradas moderadas.

Entre produtividade e RSP do solo, houveram correlações fracas e nulas, para as camadas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm e 30-40 cm, obteve-se 0,02, 0,12, 0,22 e 0,15, respetivamente. O trabalho de Corrêa (2017) também apresentou correlações fracas com a RSP, provavelmente em função dos valores dessa variável encontrar-se na faixa de baixa a moderada os valores foram 0,14, -0,11, 0,08, - 0,17 respectivamente.

Tabela 2 - Correlação de Pearson entre produtividade da soja, e RSP em diferentes camadas de solo.

<i>RS 0 - 10 cm</i>	<i>RS 10 - 20 cm</i>	<i>RS 20 - 30 cm</i>	<i>RS 30 - 40 cm</i>
0,02	0,12	0,22	0,15

A correlação do NDVI com o V% e pH foram de 0,11 e com Mg 0,14, consideradas como muito fracas (Tabela 3).

Tabela 3 - Correlação de Pearson entre NDVI e atributos químicos do solo.

<i>M.O.</i>	<i>K</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Ca</i>	<i>V%</i>	<i>PHCacl</i>	<i>Mg</i>
-0,04	0,00	0,01	0,00	0,07	0,11	0,11	0,14

Santos *et al.* (2021) com estudo da correlação da parte química do solo com o NDVI na cultura da soja, em Latossolo, verificaram correlação moderada para o V%, de 0,53, e para pH e Mg a correlação foi nula, provavelmente a saturação das bases foi um dos fatores que limitaram em alguns pontos do talhão a maior produção de área foliar da soja.

Conclusão

Em relação aos atributos químicos do solo, as maiores correlações foram encontradas entre produtividade e pH (0,38) e com Mg (0,43), classificadas como fraca e moderada, respectivamente.

Entre produtividade e RSP, todas correlações foram classificadas como fracas ou muito fracas.

Entre NDVI e atributos químicos todas correlações foram muito fracas ($r < 0,20$).

A correlação entre NDVI e produtividade foi fraca, com valor de 0,21. Possivelmente devido a um período de déficit hídrico que ocorreu do meio para final do ciclo da cultura, afetando diretamente a produtividade.

Referências

AMARAL, K. F. S.; OBUTI, R. B.; ROSA, H. A.; **Relação entre Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e Mapa de Produtividade na Cultura da Soja**, Nova Cantú, PR. TCC Pós-Graduação FAG, 2018. Disponível em <http://tcconline.fag.edu.br:8080/app/webroot/files/trabalhos/20181208-212823.pdf>. Acessado em: 07 de maio de 2022.

ALVES, E.; SANTOS, A. B. S.; MEDEIROS, L. C. L.; ALBERTO, D.; GOMES, M. D. A.; SANTOS, M. A. L.; GOMES, C. Variabilidade espacial da resistência a penetração em solo argiloso sob pastagem degradada. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 26570-26577, 2019.

ALBA, P. J.; AMADO, T. J. C.; GIOTTO, E. SCHOSSLER, D. FIORIN, J. E.; **Agricultura de Precisão: Mapa de Rendimento e de Atributos de Solo Analisados em Três Dimensões**, Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia – 2011.

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; RICHETTI, J.; SOUZA, P. S.; JOHANN, J. A. **Classificações climáticas de Köppen, Thornthwaite e Camargo para o zoneamento climático do Estado do Paraná, Brasil**. 2016. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil e Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.

BONATO, G. P. **Eficiência da semeadura de soja com distribuição simultânea ou antecipada de adubo**. 2019. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília.

COHEN, W. B.; MAIERSPERGER, T. K.; GOWER S. T.; TURNER, D. P. An improved strategy for regression of biophysical variables and Landsat ETM+ data. **Remote Sensing of Environment**, v.84, p.561-571, 2003.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.9, Safra 2021/22 n.6º sexto levantamento, março 2022.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.8, Safra 2020/21 n.12º decimo segundo levantamento, setembro 2021.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento, Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, DF, v.9, Safra 2021/22 n.8º oitavo levantamento, maio 2022.

CORRÊA, M. F. **Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade de sementes de trigo e soja em sucessão sob sistema de plantio direto**. 2017. Tese (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas.

EMBRAPA, **Atualização do levantamento de reconhecimento de solos dos municípios da Bacia do Paraná 3 e Palotina**. 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/219127/1/1805-capitulo-3.pdf>> Acesso em 28 março 2022.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I. O. N.; PORTUGAL, F. A. F. **EMBRAPA**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/470313/1/circtec51.pdf>>. Acesso em 04 abril 2022.

GELAIN, E.; BOTTEGA, E. L.; MOTOMIYA, A. V. A.; OLIVEIRA, Z. B. **Variabilidade espacial e correlação dos atributos do solo com produtividade do milho e da soja**. 2021. Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados, MS, Brasil.

LONDERO, R.; OLIVEIRA, R. B.; NASCIMENTO, J. M.; ARCOVERDE, S. N. S.; SEGRETTI, M. L. **Dependência espacial da fertilidade do solo sob plantio direto e suas relações com a produtividade da soja**. 2020. Caderno de ciências agrária – Universidade federal de Minas Gerais.

MONTEIRO, P. H. S. **Comportamento espectro-temporal da soja utilizando sensores orbitais e não orbitais e correlação dos índices de vegetação com a produtividade**. 2021. Pós-graduação (Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco

OLIVEIRA, V. H. D. **Unidades de gestão diferenciada por meio de índices de vegetação e mapas de produtividades**. 2021. Pós-graduação (Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

PAVINATO, P.S.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V; MOREIRA, ; MOTTA, A.C.V. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. [S.l: s.n.], 2017.

ROSA, H. A. **Sensoriamento remoto orbital e não orbital no delineamento de zonas de manejo para a agricultura de precisão.** 2021. Pós- graduação (Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

RESENDE, A. V; SHITATSUCHI, L. S; COELHO, A. M; CORAZZA, E. J; VILELA, M. F; INAMASU, R. Y; BERNARDI, A. C. C; BASSOI, L. H; NAIME, J. M; **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo, Segurança Alimentar e Sustentabilidade,** XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do solo e da água, Brasil – 2010.

SANTOS, S. C. C. C.; PEREIRA, L. M.; NASCIMENTO, J. M.; SECRETTI, M. L. Correlação da produtividade da soja com os atributos químicos do solo e o ndvi. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 11, n. 1, p. 430-438, Dezembro, 2021

SILVA, C. A. V. Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, 309 SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de 310 Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3079-3085.

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**, Campina Grande – 2013.