

Correlação entre Índices de Vegetação e teor de clorofila avaliado na fase inicial da cultura do milho

Rafael Antonio Bernardi^{1*}; Helton Aparecido Rosa¹

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

*rafaelantoniobernardi@hotmail.com

Resumo: Na busca de encontrar uma correlação entre índice de vegetação e teores de clorofila na cultura do milho, realizou o seguinte trabalho. O sensoriamento remoto envolve o uso de fontes de imagens como de satélites, aviões ou drones. O objetivo do trabalho foi analisar a correlação de índices de vegetação obtidos com imagens de satélite, com os teores de clorofila da cultura do milho (*Zea mays*). A pesquisa foi realizada na Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, localizada no município de Cascavel - PR, no dia 11/11/2021. Foram avaliados os pontos de teores de clorofila, retirados de três diferentes plantas por ponto, elaborado um grid com 18 pontos espaçados de 50x50 m. Utilizando o instrumento portátil ClorofiLog, os teores de clorofila foram mensurados nas plantas. Com os dados utilizou-se o software QGIS para gerar por interpolação (IDW) o mapa de clorofila. As imagens orbitais utilizadas foram do sensor MSI instalado no satélite Sentinel-2, utilizando bandas do comprimento visível (RGB) e infravermelho próximo (NIR), e forneceram dados para o cálculo dos índices de vegetação (IV): NDVI, GNDVI, MPRI e SR. Realizou-se análise estatística de correlação linear de Pearson (r), verificando a correlação existente entre as variáveis pesquisadas, relacionando os índices de clorofila com os índices de vegetação. A correlação entre os índices de vegetação e ao teor de clorofila foi baixa, tendo em vista que a cultura estava em fase de desenvolvimento ainda, estágio V10, podendo ter correlação mais alta em outros períodos. Os índices MPRI e NDVI, apresentaram os maiores valores de correlação.

Palavras Chaves: Agricultura de Precisão, Satélite, Sensoriamento Remoto.

Correlation between Vegetation Index and chlorophyll content evaluated in the initial phase of the corn crop

Abstract: In an attempt to find a correlation between vegetation index and chlorophyll contents in maize crops, he carried out the following work. Remote sensing involves the use of image sources such as satellites, planes or drones. The objective of this work was to analyze the correlation of vegetation indices obtained from satellite images with the chlorophyll contents of the maize crop (*Zea mays*). The research was carried out at the Escola Farm of the University Center of the Assis Gurgacz Foundation, located in the municipality of Cascavel - PR, on 11/11/2021. The chlorophyll content points, taken from three different plants per point, were evaluated, creating a grid with 18 points spaced 50x50 m. Using the portable instrument ClorofiLog, the chlorophyll contents were measured in the plants. With the data, the QGIS software was used to generate by interpolation (IDW) the chlorophyll map. The orbital images used were from the MSI sensor installed on the Sentinel-2 satellite, using visible (RGB) and near infrared (NIR) length bands, and provided data for the calculation of vegetation indices (IV): NDVI, GNDVI, MPRI And MR. Statistical analysis of Pearson linear correlation (r) was performed, verifying the existing correlation between the researched variables, relating the chlorophyll indices with the vegetation indices. The correlation between vegetation indices and chlorophyll content was low, considering that the crop was still in the development stage, stage V10, and may have a higher correlation in other periods. The MPRI and NDVI indices presented the highest correlation values.

Keywords: Precision Agriculture, Satellite, Remote Sensing.

Introdução

Historicamente a evolução e a transformação da agricultura estão altamente relacionadas com evolução da humanidade no decorrer do tempo. Isso porque, havia a necessidade do homem deixar de ser nômade e passar ser sedentário, fixando-se em suas próprias terras e com isso, cultivar seus próprios alimentos, a partir dessa transição inicializou o processo de agricultura (MAZOYER; ROUDART, 2010).

A modernização que está ocorrendo em vários segmentos da vida humana chegou também à agricultura, tendo em vista que nos últimos anos aumentou-se a informatização das propriedades e a produtividade das culturas. Um dos fatores responsáveis por essa transformação é a agricultura de precisão (AP), que possui ferramentas importantes que podem ser utilizadas para avaliar a capacidade produtiva de uma determinada propriedade e realizar tomadas de decisão (ROSA, 2021)

Práticas de AP têm sido possibilitadas pela enorme variedade de soluções para a aquisição de dados e intervenções em nível de talhão (MOLIN *et al.*, 2020). O propósito desse sistema de administração das informações do campo é resolver falhas das glebas utilizando técnicas, e ainda se executáveis tirar proveito desses problemas (BRASIL, 2009).

Uma das ferramentas utilizadas na agricultura de precisão é o Sensoriamento Remoto (SR), que segundo Florenzano (2011) é a captação de informações de um objeto, área ou fenômeno sem contato físico com o alvo de investigação. O elo entre os objetos da superfície terrestre e os sensores remotos que os observam é a radiação eletromagnética (REM), (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014)

Coleta de dados utilizando (SR), associados a dados monitorados ao longo do ciclo das culturas, bem como de suas produtividades, permitem a geração de dados relevantes ao agricultor ou gerente agrícola na inferência da variabilidade espacial das áreas (MOLIN *et al.*, 2020).

Segundo Zanzarini *et al.* (2013), com dados de SR, consegue-se a obtenção de Índices de Vegetação (IV), que são transformações espectrais de duas ou mais bandas, projetados para aumentar a contribuição das propriedades da vegetação e permitir comparações espaciais e temporais confiáveis da atividade fotossintética terrestre e variações estruturais no dossel. Ponzoni (2001) afirma os IV são apresentados como parâmetros de crescimento e vitalidade das vegetações, e podem auxiliar na análise de critérios biofísicos, como: biomassa, cobertura do solo, índice foliar, produtividade e atividade fotossintética.

Por meio dos IVs é possível detectar a clorofila, sendo que sua denominação foi proposta em 1818 por Pelletier e Caventou, para indicar o elemento verde extraído das folhas (STREIT et al. 2005). Von Elbe (2000) também define clorofila como um dos mais abundantes pigmentos presentes nas plantas, que sucedem nos cloroplastos e outros tecidos das folhas. A vantagem de medir o teor de clorofila é de não ser influenciada pelo consumo de N pela planta, sob a forma de nitrato (BLACKMER; SCHEPERS, 1995). Os maiores valores de clorofila encontrados na cultura do milho, são observados no estágio V7, já os menores valores são vistos em estágio V3 (SOUZA, et al., 2015).

Apontado por Tucker (1979), Jordan (1969) foi o pioneiro nos estudos de índices de vegetação, desenvolvendo o Índice de Vegetação Simples (SR). O uso de índices de vegetação, como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), auxilia na obtenção de parâmetros biofísicos das plantas, na região do espectro eletromagnético do infravermelho (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996). Segundo Gitelson et al., (1996), com as bandas do verde visível e do infravermelho, calcula-se o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada Verde (GNDVI). Já Yang et al., (2008) indicaram um novo índice, o Índice de Reflectância Fotoquímica Modificado (MPRI), que substitui o infravermelho pela banda Verde na equação do (NDVI).

Um instrumento capaz de medir indireta e não destrutiva os indicativos de clorofila presentes nas plantas é o clorofilômetro, por meio das características óticas das folhas (ARGENTA et al., 2001). Um dos modelos utilizados é o ClorofiLOG, que possui uma ótima precisão nas leituras dos pigmentos fotossintetizantes (RIGON et al. 2012).

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Gramineae/Poaceae, tendo sua origem no Teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays*ssp. mexicana (Schrader) Iltis, há mais de 8000 anos. Este cereal é cultivado em muitas partes do Mundo, como: Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia, África do Sul, entre outros países. O milho é uma das culturas arvenses mais importante, sendo a que mais explorações agrícolas envolve, e segundo a Associação Nacional de Produtores de Milho e Sorgo desde 2006 tem ocupado uma área entre 130 a 150 mil hectares em todo o Brasil (BARROS; CALADO, 2014).

O objetivo do trabalho foi correlacionar índices de clorofila com índices de vegetação no desenvolvimento inicial da cultura do milho.

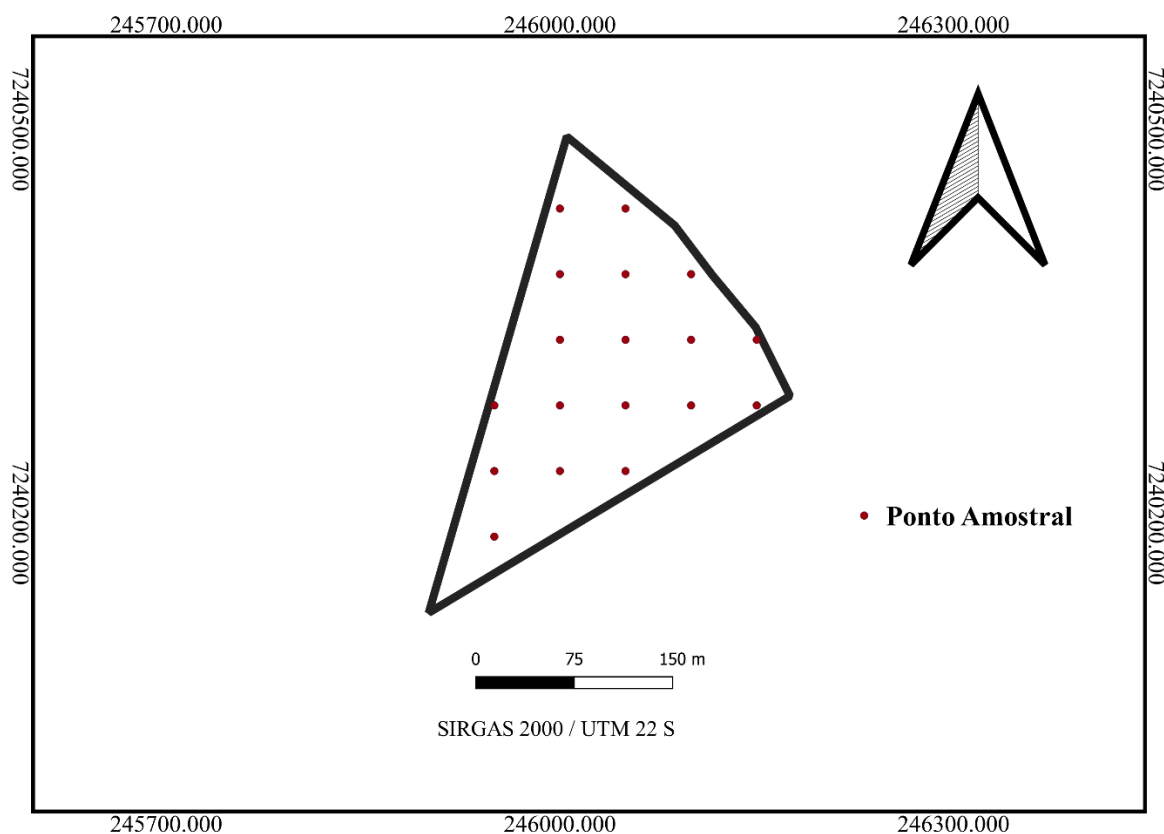
Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Cascavel, no Oeste do Paraná, no Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, na área da Fazenda Escola, localizada nas coordenadas 24°56'17.10"S e 53°30'27.76"O. O clima predominante da região é subtropical úmido (ITCG) e possui Latossolo vermelho distroférrico, de textura argilosa.

A cultura analisada no experimento foi de milho, híbrido Morgan 30A37, com semeadura realizada no dia 10/09/2021, utilizando espaçamento de 0,90 m entre linhas.

A primeira etapa foi elaborar um grid regular com pontos espaçados de 50x50 metros, totalizando 18 pontos amostrais, em uma área de 4,30 hectares. (Figura 1).

Figura 1 – Grid de coleta de dados.



Foram realizadas amostras de índice de clorofila, em três plantas por ponto amostral, no dia 11/11/2021 (62 dias após a semeadura), no estágio V10, com a utilização de um clorofilômetro da marca (FALKER) ClorofiLog, posteriormente, foi criada uma tabela com o Excel, para calcular as médias das clorofilas coletadas. Com a utilização do software QGIS, utilizando pixels de 10x10 m, através do método de interpolação IDW, com potência 2, utilizando a ferramenta calculadora Raster.

Utilizando imagens do satélite Sentinel-2, do dia 11/11/2021, gerou-se os índices de vegetação da área, NDVI (Equação 1), GNDVI (Equação 2), SR (Equação 3) e MPRI (Equação 4), fazendo o download das bandas eletromagnéticas, pelo site LandViewer, sendo elas: B02 (azul), B03 (verde), B04 (vermelho) e B08 (infravermelho próximo), assim apresentados nas equações, Tabela 1.

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

$$GNDVI = \frac{(NIR-GREEN)}{(NIR+GREEN)} \text{ (Equação 2)}$$

$$SR = \frac{(NIR)}{(RED)} \text{ (Equação 3)}$$

$$MPRI = \frac{(GREEN-RED)}{(GREEN+RED)} \text{ (Equação 4)}$$

Em que:

RED= reflectância na região do vermelho (nm);

NIR= reflectância no infravermelho próximo (nm).

GREEN= reflectância na região do verde (nm).

Tabela 1- Faixas espectrais do satélite Sentinel-2 utilizadas na pesquisa.

Número da Banda	Nome da Banda	Comprimento de Onda Central (nm)
B02	Azul	490
B03	Verde	560
B04	Vermelho	665
B08	NIR (Infravermelho próximo)	842

Fonte: ENGESAT, 2021

Realizou-se análise de estatística descritiva, e para o coeficiente de variação, utilizou-se a classificação de Pimentel Gomes (1985), quando o CV for inferior a 10% é baixo, médios quando de 10 % a 20 %, altos quando estão de 20 % a 30 % e muito altos quando superior a 30 %.

Extraindo o valor de cada pixel calculado, 10x10 m utilizou os dados para a análise de correlação de Pearson, onde se uma variável é positiva, maior que 0, e o valor dela for aumentado, o mesmo irá acontecer com o valor da outra variável, já ela sendo negativa, ou seja, menor que 0, à medida que o valor de uma variável aumenta, o valor da outra diminui. Sendo classificada a partir dos valores obtidos na análise dos dados da seguinte maneira:

$0,9 \leq |r| \leq 1,0$ significam correlação muito forte; $0,7 \leq |r| < 0,9$ representam correlação forte; $0,4 \leq |r| < 0,7$ representam correlação moderada; $0,2 \leq |r| < 0,4$ significam correlação fraca; $0,0 \leq |r| < 0,2$ representam correlação muito fraca.

Resultados e Discussão

O valor médio para o índice de clorofila foi de 37,88 e seu coeficiente de variação foi baixo (Tabela 2), segundo Pimentel Gomes (1985), pois foi inferior a 10%, tendo assim pouca variação. Os IVs também apresentaram baixo coeficiente de variação, exceto para o MPRI, que foi de 43 % (classificado como alto), possivelmente pelo índice ter apresentado nas faixas de valores com menor vigor vegetativo, áreas com índice negativo.

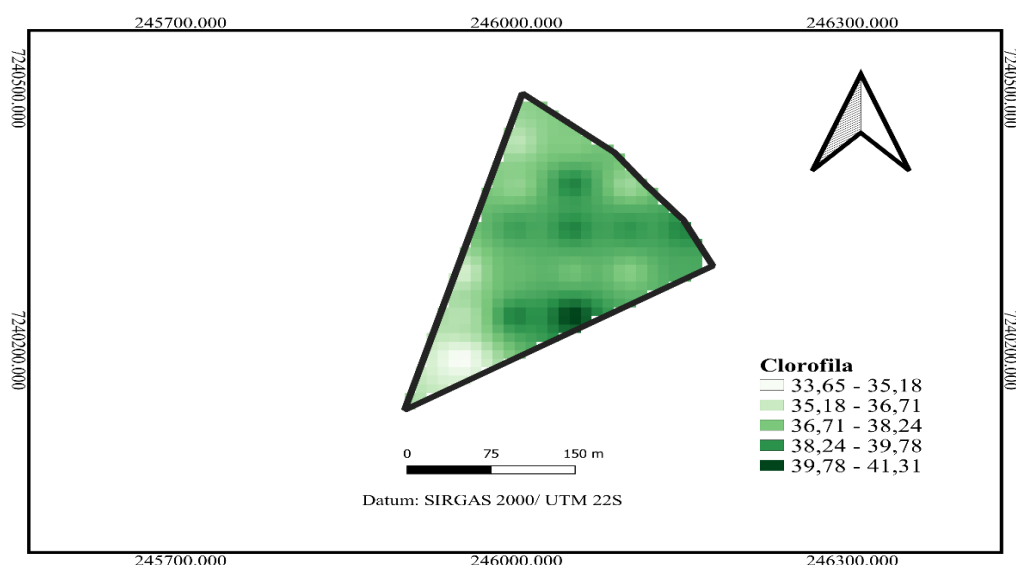
Tabela 2 – Estatística descritiva dos índices usados na pesquisa.

	Clorofila	NDVI	GNDVI	MPRI	SR
Média	37,9	0,8	0,8	0,2	10,2
Mediana	38,1	0,8	0,8	0,2	10,6
Desvio Padrão	1,3	0,1	0,0	0,1	2,1
Mínimo	33,7	0,5	0,6	-0,1	3,2
Máximo	41,3	0,9	0,8	0,3	14,8
CV	3,5	5,9	3,4	43,0	20,6

CV = coeficiente de variação

No mapa apresentado na Figura 2, é relatado o índice de clorofila encontrado no local.

Figura 2 – Mapa do índice de Clorofila.



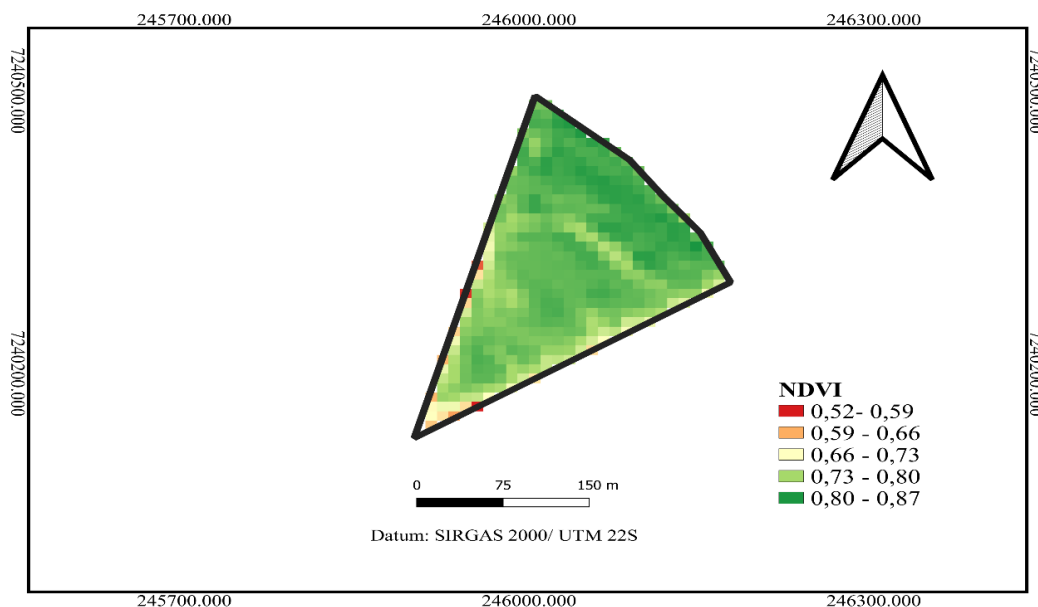
Analisando os valores mínimos, mostrados no mapa de índice de clorofila, Figura 2, cor (verde claro), todos apresentaram baixa atividade vegetativa, devido aos valores que variam entre 33,65 – 36,71, sendo que a faixa de maior extensão, cor (verde escuro), apresenta valores mais altos, variando de 36,71 – 41,31, representando assim, um alto índice de vegetação na maior parte da área.

O índice de clorofila encontrado na área, relacionando o mesmo com a tabela, a cor (verde) é mais presente, pois os valores encontrados foram mais altos, e não possui grande variação, pois o índice de vegetação é alto. Uma pequena faixa apresenta uma cor de tonalidade mais clara, sugerindo que o local apresenta um índice vegetativo mediano para baixo, devido a faixa de valores encontrados, variando de 33,65 – 35,18.

A Figura 3, apresenta o mapa do índice de NDVI da área, relacionando o mesmo com os valores notados na tabela 1, verificou alto índice vegetativo, pois os valores encontrados na maior extensão de área, representados pela cor (verde), são valores altos, indo de 0,80 – 0,87.

Os resultados obtidos pelo índice de NDVI, foram influenciados apenas pela densidade de plantas, onde o resultado de índice de vegetação já era o esperado, pois a densidade era alta. Segundo Borghi et al. (2016), isso era esperado, pois quando a densidade de plantas é maior o índice de vegetação tende a ser maior também.

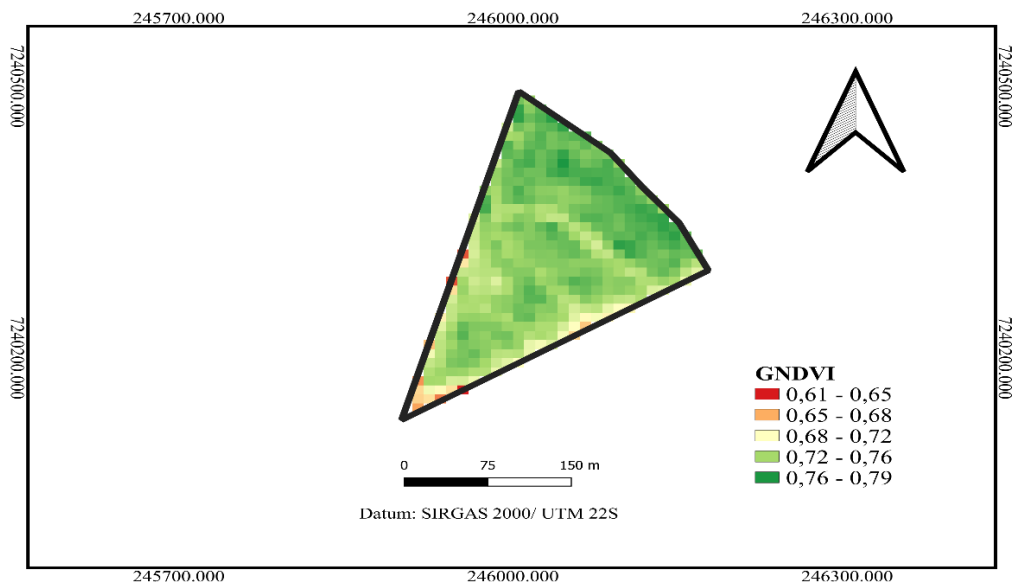
Figura 3 – Mapa do índice de NDVI.



Na figura 4, é apresentado o índice de GNDVI da área, onde grande parte dos valores estão perto do 1, fazendo uma relação assim de um alto índice vegetativo em uma

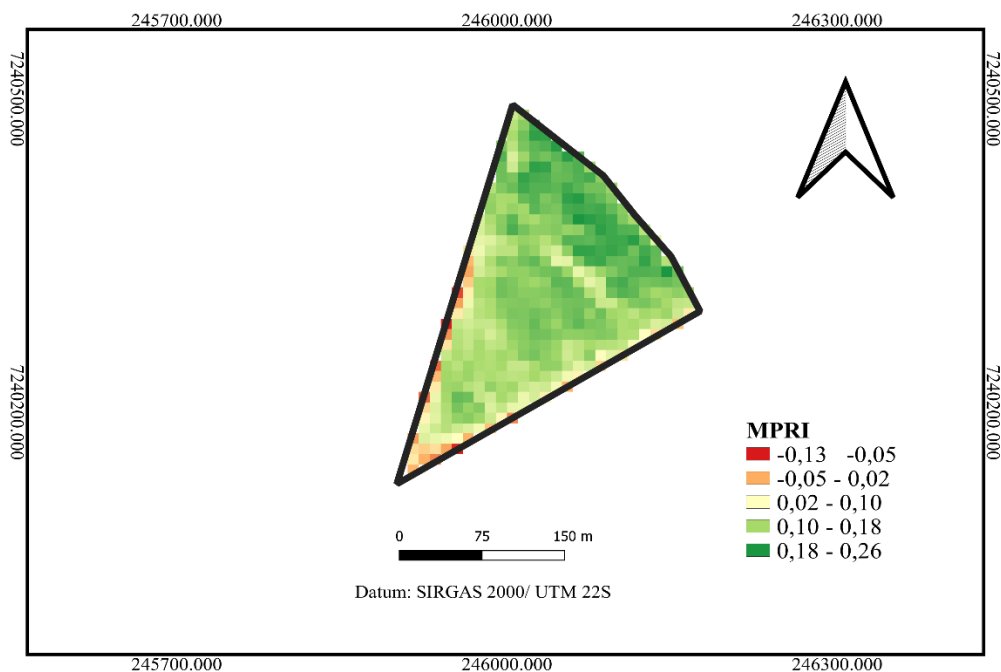
maior extensão. Algumas partes vermelhas também são mostradas, indicada por valores menores, porém sem grande extensão, relacionando assim com falhas nos locais, representadas ao sul do mapa.

Figura 4 – Mapa do índice de GNDVI



O mapa de índice de MPRI (Figura 5), em relação aos outros índices, apresentou valores negativos, representados pela faixa vermelha, relacionando assim com seu maior CV.

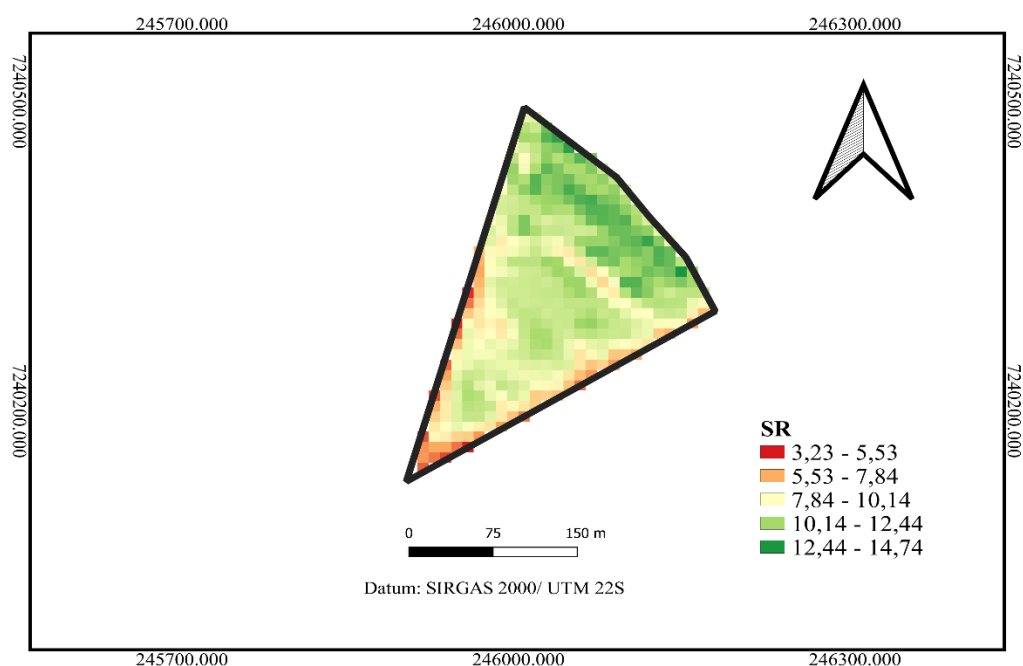
Figura 5 – Mapa do índice MPRI



Segundo Sampaio et al. (2020), através de um estudo sobre Capim-Mombaça, o MPRI é um dos índices mais adequados para se avaliar diferenças da vegetação e cobertura do solo, pois proporciona a distinção visual adequada entre as variáveis.

O índice de SR (Figura 6), apresenta uma faixa de valores diferentes dos demais, onde a banda vermelha é representada por uma faixa de valores negativos, e a faixa verde, mais presente, por valores positivos, diferenciando dos outros índices.

Figura 6– Mapa do índice SR



A matriz de correlação dos índices retirados da área, correlacionando com os índices de clorofila, está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Matriz de Correlação de Pearson entre Clorofila e os IVs (NDVI, GNDVI, MPRI, SR).

	Clorofila	NDVI	GNDVI	MPRI	SR
Clorofila	1				
NDVI	0,28	1			
GNDVI	0,22	0,96	1		
MPRI	0,31	0,96	0,87	1	
SR	0,26	0,94	0,92	0,96	1

Para avaliar a correlação, utilizou-se o método de correlação de Pearson, onde mostra que o índice de clorofila, em relação aos IVs, apresentou correlação fraca, pois os valores não

ultrapassaram 0,4. Já a correlação entre os demais índices, revela que a correlação é muito forte, quase perfeita, por ter valores acima de 0,9, muito próximos de 1, sendo esse um resultado já esperado.

Conclusão

A correlação entre os índices de vegetação e ao teor de clorofila foi baixa, tendo em vista que a cultura estava em fase de desenvolvimento (estádio V10), podendo apresentar correlação mais alta em outros períodos.

Os índices MPRI e NDVI, apresentaram os maiores valores de correlação com a clorofila.

Referências

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extratível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 158- 167, 2001.

BARROS, José F.C; CALADO, José G. **A cultura do Milho**, Évora: Universidade de Évora, 2014. Disponível em : < <http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804> > Acesso em 08 de Novembro de 2021.

BLACKMER, T.M., SCHEPERS, J.S. **Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, n.9/10, p.1791-1800, 1995.

BORGHI, Emerson et al. **Índice de vegetação, teor de clorofila e eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho**. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso nacional de milho e sorgo, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1054987/1/Indicevegetacao.pdf> > Acesso em 22 de novembro de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de precisão** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. Disponível em: < https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/agric_precisao.pdf > Acesso em 12 de setembro de 2021.

ENGESAT. **Sentinel-2**. 2021. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/sentinel-2/>. Acesso em: 04 set. 2021.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996

FALKER, Automação agrícola. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: < <https://www.falker.com.br/download.php> >. Acesso em: 08 de Novembro de 2021.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011.

GITELSON, A. A.; KAUFMAN, Y. J.; MERZLYAK, M. N. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. **Remote Sens. Environ.** 58:289–298. 1996 doi:10.1016/S0034-4257(96)00072-7

JENSEN, J. R. (1949) Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres / tradução José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos. SP. 2009
JORDAN, C. F. Derivation of leaf area index from quality of light on the Forest floor. **Ecology**, 50:663-666, 1969.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. [Tradução de Cláudia F. Falluh Balduino Ferreira]. São Paulo: UNESP, 2010. Disponível em: < http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252017000200016/ > Acesso em 12 de setembro de 2021.

MOLIN, J. P.; BAZAME, H. C.; MALDANER, L.; DE PAULA CORREDO, L.; MARTELLO, M.; CANATA, T. F. Agricultura de precisão e as contribuições digitais para a gestão localizada das lavouras. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 51, n. 5, p. 1–10, 2020.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental** São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da vegetação**. In: MENESSES, P.R.; MADEIRA NETTO, J. S. Sensoriamento Remoto: Refletância dos alvos naturais. Brasília, DF: UNB. Planaltina: EMBRAPA Cerrados. 262 pag. 2001.

RIGON, J. P. G.; BELTRÃO, N. E. M.; CAPUANI, S.; BRITON NETO, J. F.; SILVA, F. V. F. Análise não destrutiva de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 258-261, 2012a.

ROSA, H. A. **Sensoriamento remoto orbital e não orbital no delineamento de zonas de manejo para agricultura de precisão**. 2021. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

SAMPAIO, H. S. et al. Comparação entre índices de vegetação obtidos por imagens aéreas com veículo aéreo não tripulado (vant) e satélite. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 14, n. 2, p. 111-124, 2020. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/214696/1/ComparacaoIndicesVegetacao.pdf> > Acesso em 22 de novembro de 2021.

SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDAO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P.; VILELA, M. F. Sensoriamento remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p.58-73.

SOUZA, R.; CARVALHO, M.; SILVA, M. D.; GOMES, S.; GUIMARAES, W.; ARAÚJO, A. Leituras de clorofila e teores de n em fases fenológicas do milho. **Colloquium Agrariae**, v. 11, n.1, Jan-jun. 2015, p.57-63.

STREIT, N.M. et al. **As clorofilas**. Ciência Rural, v.35, n.3, p.748-755, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/cr/a/dWwJymDzZRFwHhchRTpzbqK/?lang=pt> > Acesso em 08 de novembro de 2021.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127-150, 1979.

VON ELBE J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2.ed. Zaragoza: Wisconsin - Madison, 2000. Cap.10, p.782-799. Disponível em: < <https://docero.com.br/doc/ns8vn5e> > Acesso em 08 de novembro de 2021.

YANG, Z.; WILLIS, P.; MUELLER, R. Impact of Band-Ratio Enhanced AWIFS Image to Crop Classification Accuracy. In: Pecora – The Future of Land Imaging... Going Operational, 17. 2008, Denver, Colorado, USA. **Proceedings...** Maryland: (ASPRS). 2008.

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.