



ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE IVDN E PRECIPITAÇÃO PARA O MONITORAMENTO AGRÍCOLA

FLAVIO DEPPE¹
MARCIEL LOHMANN²
ANGELO BREDÁ³
DIONISIO SACCOL SANGOI⁴

Resumo: O trabalho objetiva analisar e caracterizar os plantios de verão no Paraná na safra 2013/2014. Os dados MODIS foram analisados com base em máscaras de cultivo, e os dados de precipitação foram agrupados com base em regionais do SIMEPAR. Os resultados indicam que a metodologia utilizada possibilitou o monitoramento fenológico da cultura da soja e milho da safra de 2013/14.

Palavras chave: Monitoramento de Safras, MODIS, Precipitação, Agricultura;

Abstract: The work aims to analyze and characterize the summer crops in Paraná in 2013/2014 harvest. The MODIS data were analyzed based on cultivation masks and rainfall data, grouped based in SIMEPAR Regionals. The results indicate that the methodology enabled the phenological monitoring of soybean and maize from the 2013/14 season.

Keywords: Harvest Monitoring, MODIS, Precipitation, Agriculture;

1 – Introdução

Dados oriundos de Sensoriamento Remoto, aliados a técnicas e metodologias de processamento e tratamento de imagens, são utilizados atualmente tanto para gerar estimativas de área e produtividade, bem como para o monitoramento e caracterização do desenvolvimento fenológico de cultivos.

Wagner *et al.* (2007) desenvolveram metodologia de estimativa de cultivos de soja no Rio Grande do Sul baseados em informações espectrais de IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), obtido através de imagens orbitais do sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro Radiometer), a bordo do satélite TERRA.

Uma das aplicações em que o IVDN é utilizado é o monitoramento de culturas através de perfis espectrais. Trabalhos nesta linha mostraram resultados promissores como Fontana *et al.* (1998), e Schroeder *et al.* (1999). Lucas e Schuler (2006) analisaram o comportamento do IVDN, também obtido de imagens NOAA/AVHRR durante um ciclo da

¹ Engenheiro Florestal, Mestre e Doutor em Sensoriamento Remoto pela Cranfield University, Inglaterra. Pesquisador no SIMEPAR. Contato: deppe@simepar.br

² Geógrafo, Mestre e Doutor em Geografia pela UFPR. Pesquisador no SIMEPAR. Contato: marciel@simepar.br

³ Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela UFPR. Pesquisador no SIMEPAR. Contato: angelo@simepar.br

⁴ Geógrafo, Mestre em Geografia pela UFSM. Pesquisador no SIMEPAR. Contato: dionisio@simepar.br



cana-de-açúcar e correlacionaram a sua resposta com a precipitação do mês anterior e atual. Lohmann *et al.* (2007) analisaram a evolução temporal de IVDN MODIS para monitoramento do desenvolvimento fenológico de soja para a safra 2005/06 no estado do Paraná. Deppe *et al.* (2007) analisaram a evolução temporal de cultivos trigo e aveia na safra 2006 no Paraná, bem como geraram estimativas de área, a partir de IVDN gerados pelo sensor MODIS.

Assim, este trabalho objetiva: (i) Calcular os valores médios de IVDN para as safras de 2005/06 até 2013/14; (ii) Comparar a evolução fenológica da soja e milho para as safras de 2005/06 até 2013/14 via perfil fenológico; (iii) Gerar mapas de diferença de IVDN para caracterização da evolução dos plantios e evolução fenológica e; (iv) Elaborar perfis espectrais relacionando os IVDNs com a respectiva chuva acumulada.

2 – Metodologia

O satélite TERRA, o qual possui a bordo o sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro Radiometer), pertencente ao programa EOS (Earth Observing System) da NASA, apresentando características apropriadas para diversos fins, como análises de diferentes fenômenos terrestres, oceânicos e atmosféricos.

Um dos produtos MODIS é o MOD13, o qual inclui o IVDN (Equação 1) além de imagens de reflectância de superfície nas bandas do Azul, Vermelho, Infravermelho Próximo (NIR) e Infravermelho Médio (MIR).

$$IVDN = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Vermelho}}{\rho_{NIR} + \rho_{Vermelho}} \quad (1)$$

Onde ρ é a reflectância da superfície nas bandas NIR e Vermelho.

Esse produto pode ser obtido com uma resolução temporal de 8 ou 16 dias. O produto final é uma Imagem-composição contendo os valores máximos de IVDN dos respectivos dias. Neste trabalho foram utilizadas as composições de 16 dias.

Foram utilizadas 10 imagens do produto MOD13 (IVDN de 16 dias), do Paraná no período entre Outubro de 2006 e Março de 2014. As imagens foram padronizadas para um intervalo de IVDN de $-1,0$ a $+1,0$.

De posse das imagens, gerou-se a máscara de cultivos, obtida por meio da operação de diferença entre as imagens correspondentes aos períodos de máximo e de mínimo desenvolvimento vegetativo, caracterizados pelas fases de floração/enchimento de grão e de semeadura respectivamente. No período entre outubro a março (safra de verão), o alto valor de IVDN decorre da taxa de fotossíntese na fase de floração/enchimento de grão. Já



na época de plantio as áreas recém-semeadas, e que conseqüentemente estão ainda sem cobertura vegetal, apresentam nas imagens os menores valores de IVDN. A diferença entre essas duas imagens gera uma terceira, chamada Imagem-diferença. As áreas de cultivos anuais apresentam alto contraste nos valores do IVDN nas duas fases mencionadas. Isso determina que tais áreas tenham valores altos na Imagem-diferença.

De modo oposto, as demais áreas (florestas, pastagens, solo exposto, etc) que não apresentam diferenças significativas na ocupação do solo nos períodos mencionados, têm valores baixos na Imagem-diferença. Por tais razões, as regiões da Imagem-diferença que tiverem valores acima de um limiar, correspondem às áreas de cultivos anuais. Essas áreas constituem a máscara de plantio (FIGURA 01). Para este trabalho, as culturas de soja e milho foram tratadas conjuntamente. No entanto, estudos já mostram que é possível diferenciar as duas culturas utilizando-se as imagens TERRA MODIS.

Outro critério adotado foi considerar 90% do total de área plantada no Estado. Esses representam, para fins de análise e comportamento da safra, um valor confiável, podendo ser utilizado como base para estimativa da safra no Estado. Os 230 municípios maiores produtores representam os 90% da cultura monitorada. A região coberta por estes municípios constitui a principal região produtora do Estado e delimita a área do monitoramento.

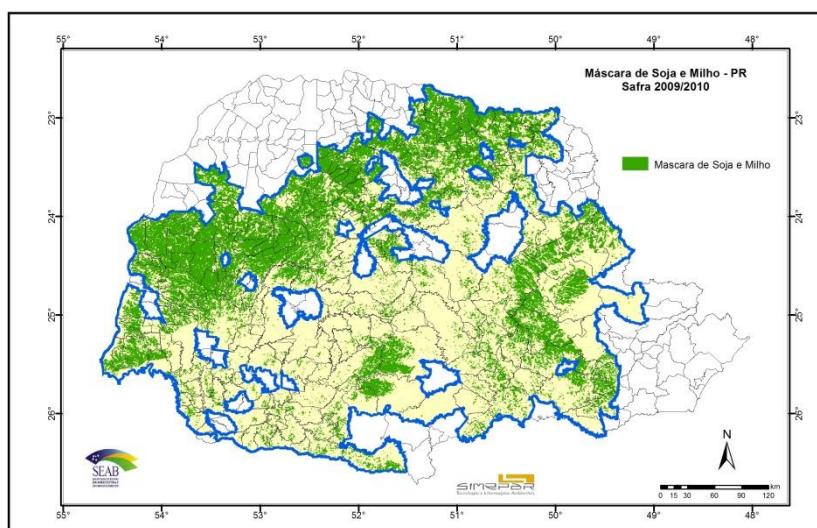


FIGURA 01 Máscara de plantio de soja e milho no estado do Paraná (Safra 2009/10)

Com o intuito de verificar o comportamento do vigor vegetativo ao longo da safra, elaboraram-se mapas de diferença de IVDN, nos quais se observa acréscimo e/ou decréscimo do vigor vegetativo. Foram realizadas operações de diferenças de imagens para a safra 2013/14 com a safra 2012/13, considerando como referência a máscara de cultivos



de 2009/10 já que não foi gerada uma nova máscara para a safra de 2013/14. Os dados foram agrupados de acordo com as Regionais do SIMEPAR (FIGURA 02).

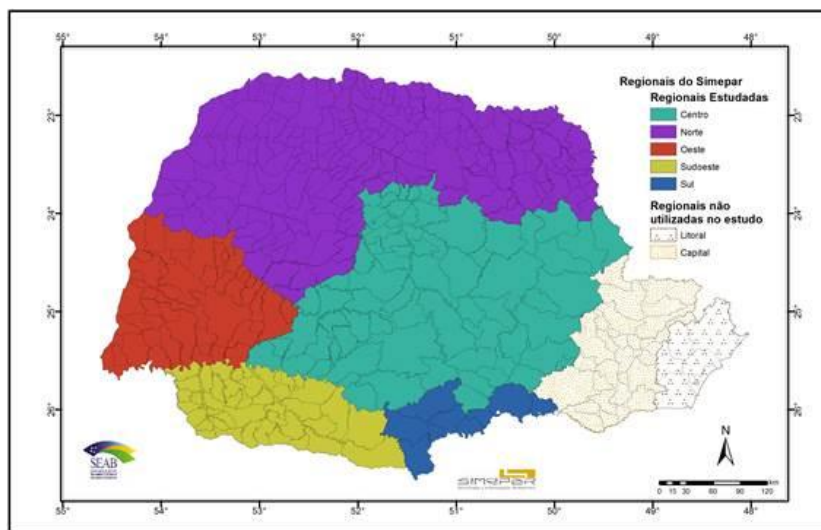


FIGURA 02: Regionais do SIMEPAR

Para relacionar o IVDN e a precipitação, foram gerados gráficos. O cálculo da precipitação foi o seguinte: a partir das séries horárias de precipitação, registradas entre Junho de 1997 e Março de 2014, gerou-se para cada estação de monitoramento, séries diárias de precipitação acumulada nos últimos sete dias. Utilizando as séries dos postos de monitoramento da mesma região, calculou-se a média para cada dia do período de dados, compondo assim, a série diária da região. Portanto, é a série da chuva média acumulada nos últimos sete dias. Um detalhe é o fato de, em muitos casos, o desvio padrão ser maior que a média, resultando em uma faixa climática começando em um valor negativo, o que não tem sentido físico. Nestes casos, o limite inferior da faixa de clima, foi alterado para 0 mm.

3 – Resultados

A partir das análises dos perfis espectrais médios da safra 2013/14 e comparando-se com as anteriores (FIGURA 03), observa-se que o desenvolvimento fenológico ocorreu de maneira similar as outras safras e considerado normal. A exceção se aplica nas safras 2008/09 e 2011/12.

No mês de outubro (composição 289), constatou-se que os valores de IVDN permanecem em torno de 0,4 a 0,5, caracterizando a presença de plantios em fase inicial, com reduzida atividade vegetativa. Em novembro (composição 321), os valores de IVDN,



atingiram valores acima de 0,6, representando atividade fisiológica significativa, ilustrando que a cultura encontra-se em fase de crescimento.

Na primeira quinzena de dezembro (Composição 337), os valores de IVDN mostraram que a cultura da soja e do milho desenvolveu-se de forma suficiente, ilustrando o aumento da atividade fotossintética. Também pode ser interpretado como o período em que a planta ainda cresce e inicia o ciclo de florescência

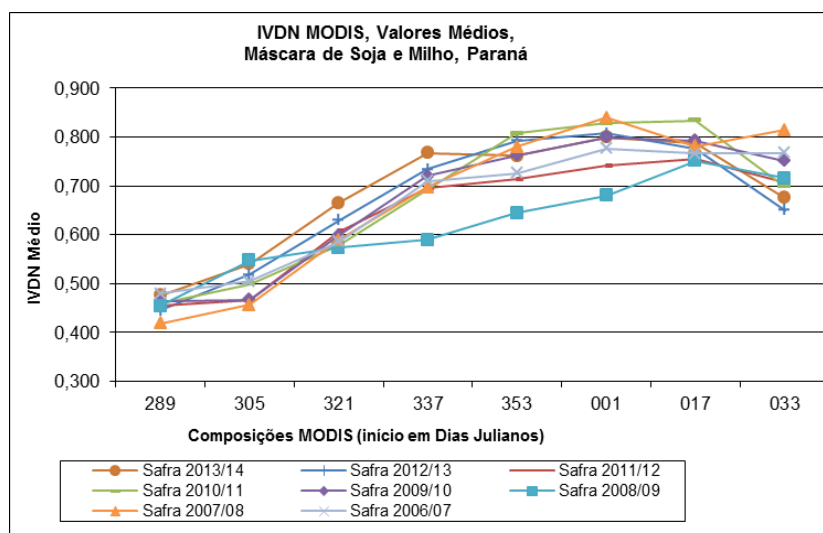


FIGURA 03: Comparação da evolução fenológica da soja e milho no estado do Paraná

Na segunda quinzena do mês de dezembro (composição 353), os valores de IVDN alcançaram 0,75, elucidando que a cultura encontra-se em fase de produção de grãos e atividade fisiológica intensa. No entanto, comparando-se com as safras de 2007/2008 e 2010/2011, nota-se que os valores de IVDN ficaram abaixo, indicando possivelmente uma situação de estresse hídrico.

Em janeiro de 2014, o IVDN atingiu valores de 0,8. Isso demonstra que a cultura teve crescimento, florescência e produção de grão de maneira normal, ou seja, teve um ciclo vegetativo normal ou próximo ao normal. Fevereiro apresenta o amadurecimento dos grãos, em termos de valores de IVDN, nota-se uma queda gradativa, até atingir valores de IVDN baixos, quando a planta já está seca, pronta para a colheita.

Como técnica auxiliar para o monitoramento da safra de 2013/2014, utilizou-se as imagens diferença de IVDN. Observando-se na FIGURA 04, referente às diferenças de IVDN no que diz respeito ao acréscimo e/ou decréscimo do vigor vegetativo, constata-se que no período 337/2013 (primeira quinzena de dezembro), a porção oeste do estado do PR não apresentou mudanças (cor amarela) nos valores de IVDN.

A porção norte apresenta acréscimo (> de 25%) nos valores de IVDN, ilustrando que em relação ao mesmo período do ano anterior, possivelmente o plantio foi feito antes e a



resposta fenológica é maior. A porção mais leste e sul mostraram-se com decréscimo (cor vermelha). Infere-se que o plantio da cultura nessas áreas foi realizado em um período posterior quando comparado ao ano anterior. Assim, a resposta fenológica era menor e, portanto, os valores de IVDN também.

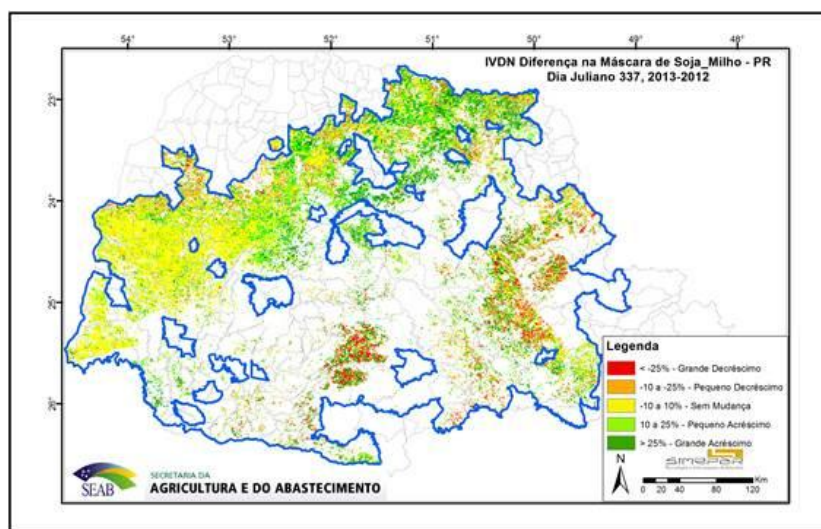


FIGURA 04: Imagem diferença dia juliano 337, safra 2012/13

As FIGURAS 05,06 e 07 demonstram a dinâmica de variação dos valores de IVDN para a segunda quinzena de dezembro (composição 353) e para o mês de janeiro (composição 001 e 017).

Na FIGURA 05, nota-se que a porção norte do estado, que apresentava na quinzena anterior acréscimo nos valores de IVDN, na última quinzena de dezembro apresenta decréscimo. Isso é explicado em função do clima, pois nesta quinzena os valores de chuva acumulados nesta região foram 30 mm menores que a média histórica.

Tal deficiência hídrica tem relação direta com os valores de IVDN (linha vermelha da FIGURA 09, Regional Norte) que mostra uma leve queda quando comparada aos valores médios da quinzena anterior. A chuva acumulada no período, a média histórica e os valores de IVDN podem ser visualizados na mesma FIGURA (09).

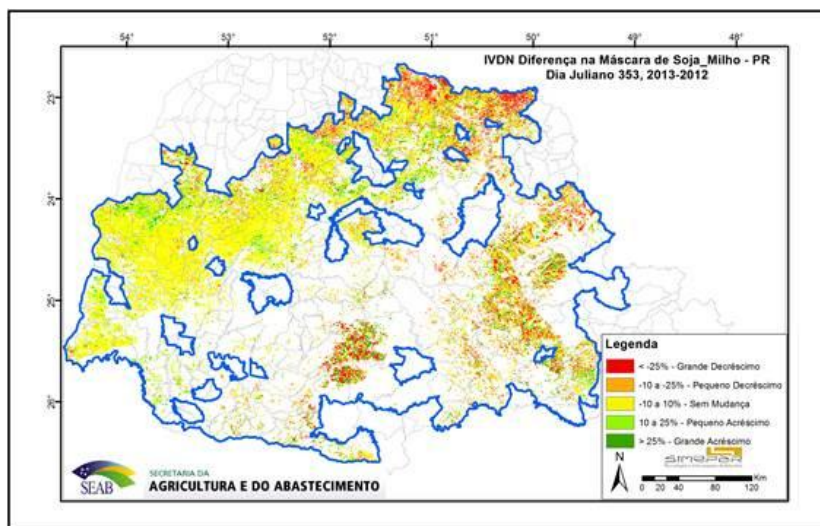


FIGURA 05: Imagem diferença, dia juliano 353, safra 2013/2014

A primeira quinzena de janeiro (FIGURA 06) apresentou uma situação estável nos valores de IVDN quando comparados com ano anterior. Apenas em algumas áreas ocorreram acréscimos ou decréscimos. Tal fato explica-se em função dos altos valores de IVDN nos período, ou seja, o mês de janeiro constitui-se no mês em que ocorre o pico fenológico da safra. A chuva acumulada nesta quinzena foi significativa, superando os valores médios históricos (FIGURA 08 à 12).

A segunda quinzena de janeiro (composição 017), FIGURA 07, mostra que a região Oeste do PR apresenta algumas áreas com grande decréscimo nos valores de IVDN, a região norte e sul com a classe “sem mudança” e a região de Ponta Grossa com acréscimo. Nesta quinzena os valores de chuva acumulados também foram significativos.

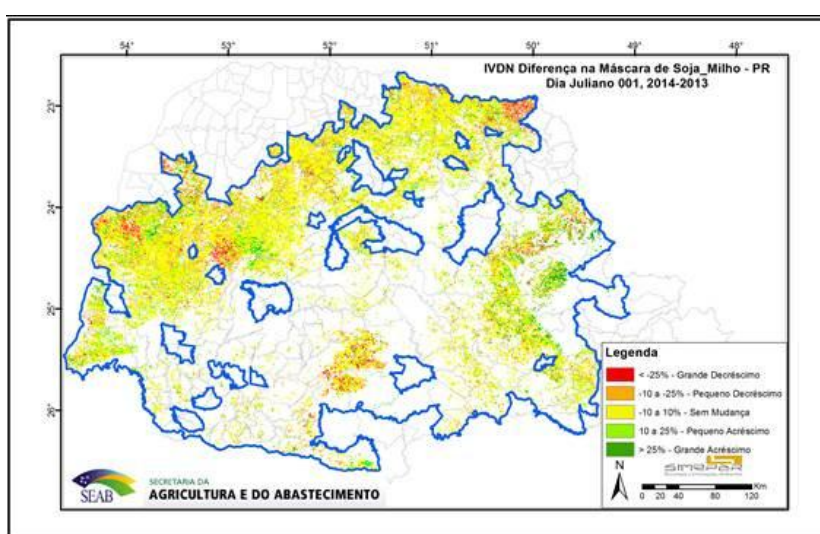


FIGURA 06 Imagem diferença, dia juliano 001, safra 2013/2014

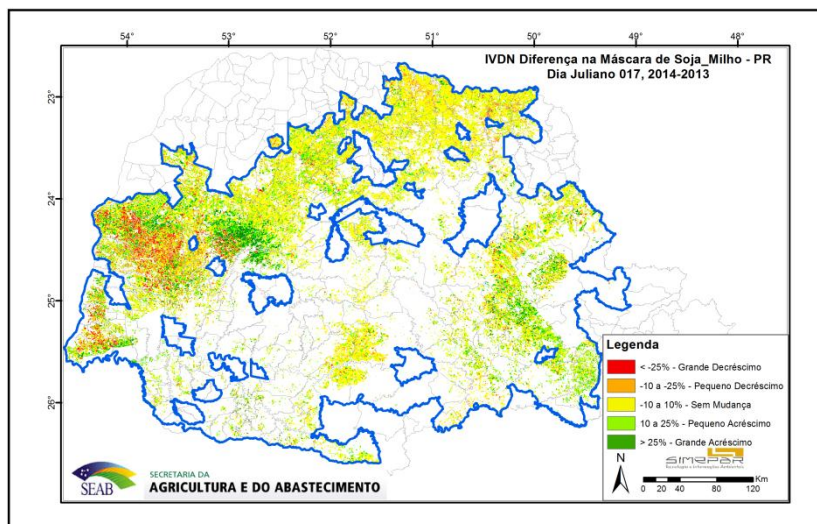


FIGURA 07: Imagem diferença, dia juliano 017, safra 2013/2014

Análises regionais se fazem necessárias em função principalmente de aspectos relacionados a diferentes épocas de plantio, e variações nas condições meteorológicas, edáficas e tecnológicas (práticas de manejo agrícola). Sendo assim, o Estado foi regionalizado em 5 diferentes áreas: (i) Regional Centro; (ii) Regional Norte; (iii) Regional Oeste; (iv) Regional Sudoeste e (v) Regional Sul. Utilizando-se os limites das regionais do SIMEPAR, foram gerados perfis espectrais para as mesmas áreas, além dos valores médios do IVDN calculados sobre a máscara de cultivos 2009/2010 e relacionaram-se os valores de chuva acumulados em sete dias, para ilustrar a dinâmica climática. Tais perfis são visualizados nas FIGURAS 08 à 12.

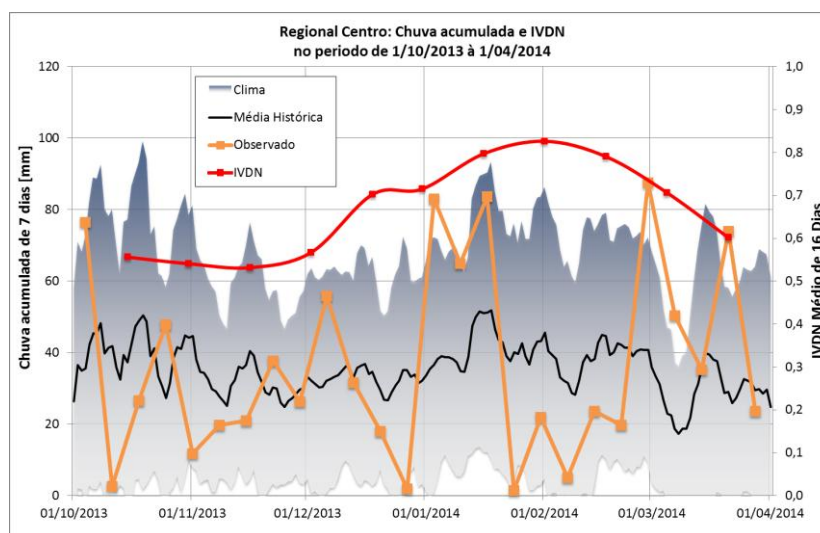


FIGURA 08 : Chuva acumulada e IVDN no período de 1/10/2014 à 1/04/2014 na regional Centro

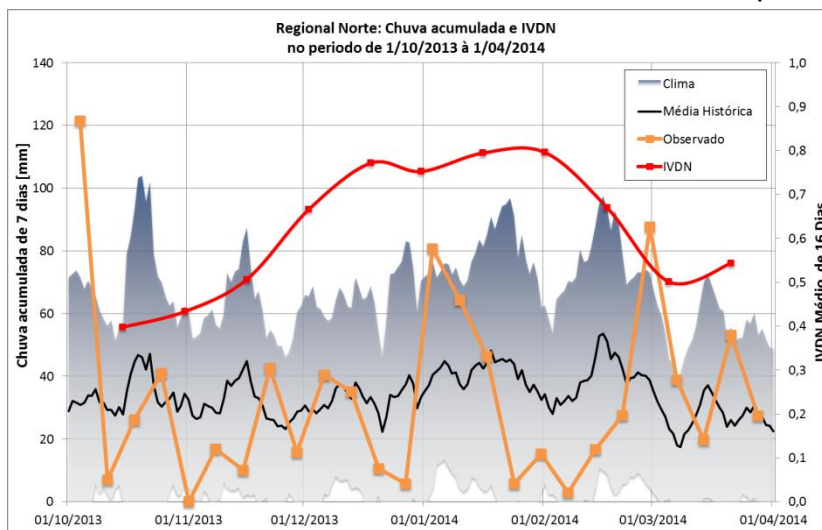


FIGURA 09: Chuva acumulada e IVDN no período de 1/10/2014 à 1/04/2014 na regional Norte

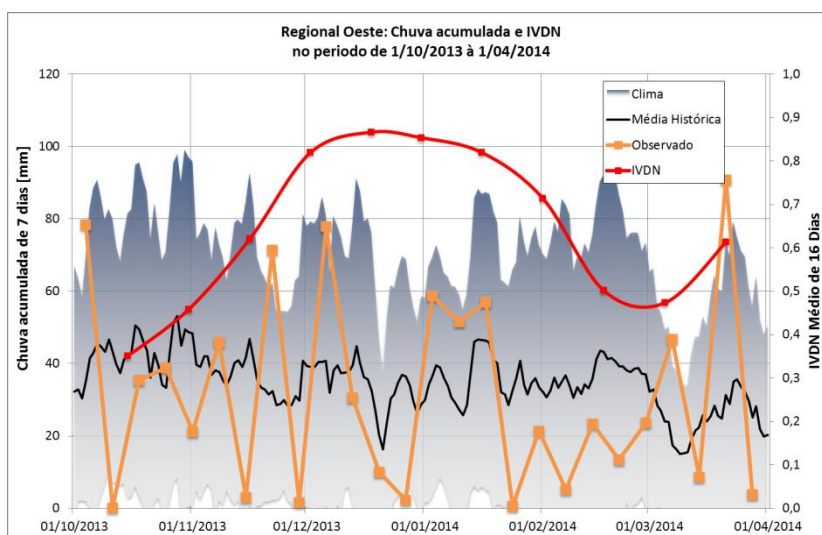


FIGURA 10: Chuva acumulada e IVDN no período de 1/10/2014 à 1/04/2014 na regional Oeste

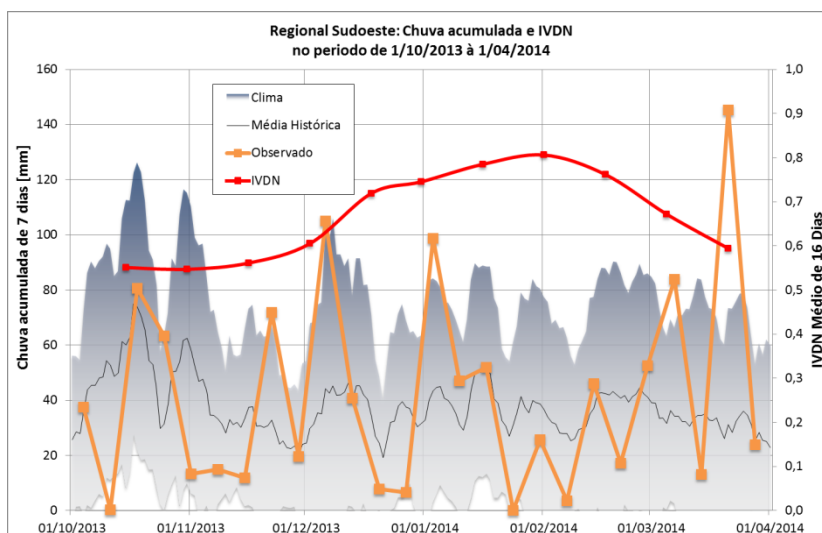


FIGURA 11: Chuva acumulada e IVDN no período de 1/10/2014 à 1/04/2014 na regional Sudoeste

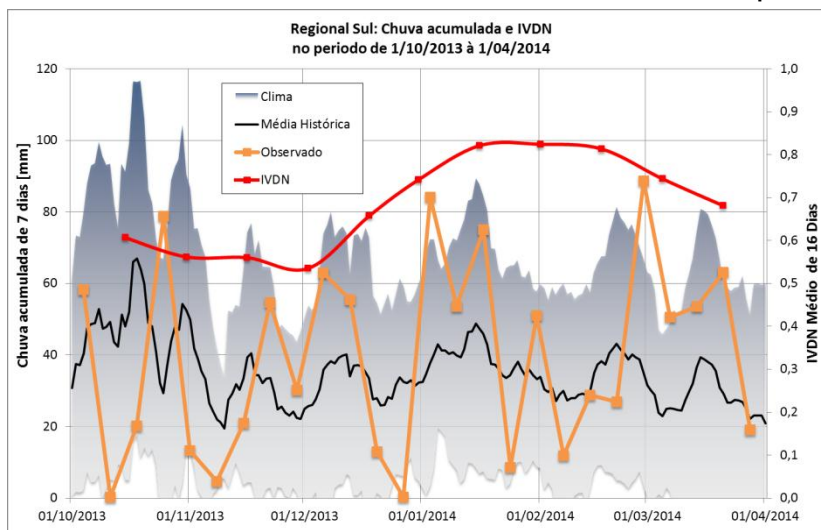


FIGURA 12: Chuva acumulada e IVDN no período de 1/10/2013 à 1/04/2014 na regional Sul

Observando as FIGURAS 09 a 12 e a FIGURA 13, as quais ilustram as médias dos IVDNs na área da máscara, nos períodos das composições MODIS, comprova-se a diferença no desenvolvimento fenológico entre as regionais. Os maiores valores de IVDNs médios foram em torno de 0,8 na segunda quinzena de janeiro. Observa-se ainda um leve declínio na curva que ilustra os IVDNs na primeira quinzena de janeiro, possivelmente em função do déficit hídrico no mês de dezembro. O mesmo déficit hídrico pode ser observado na segunda quinzena de fevereiro, onde as temperaturas atingiram valores recordes no Estado.

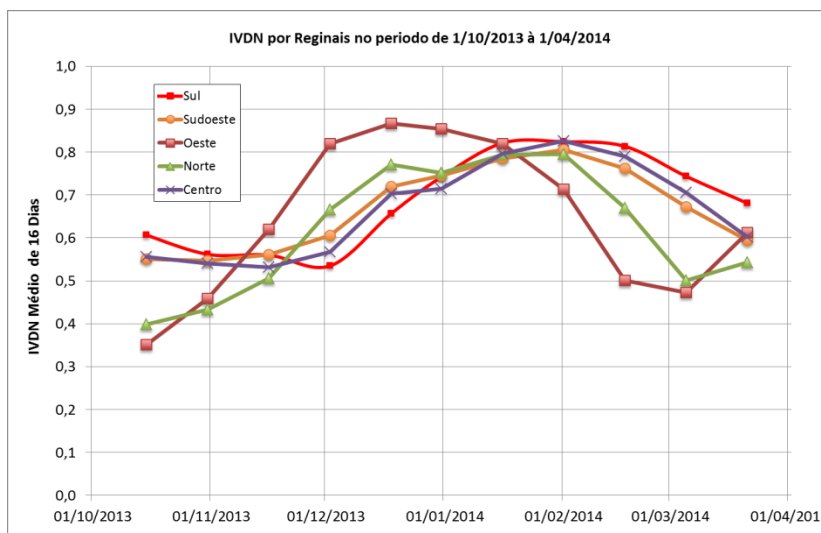


FIGURA 13 Perfis espectrais por regional (Safrá 2013/14)

A partir de análises dos perfis espectrais, pode-se concluir o seguinte:

- Na regional Oeste, o período de todo o ciclo fenológico é menor quando comparado com as outras regionais e este ocorre na segunda quinzena de dezembro.



- As outras regionais apresentam perfil espectral semelhantes, com pico fenológico na primeira e segunda quinzenas de janeiro;
- O valor máximo de IVDN médio ocorreu na regional Oeste com valor em torno de 0,85;
- O período de senescência nas regionais, como exceção da Oeste, ocorre na primeira quinzena de fevereiro;
- De forma geral, os perfis espectrais mostram um leve declínio na primeira quinzena de janeiro, fato que pode ter contribuído para uma redução no enchimento dos grãos e conseqüentemente uma redução na produção como um todo;

4 – Conclusões

A utilização de IVDN possibilita a geração de máscaras de plantios, bem como o monitoramento do desenvolvimento fenológico ao longo das safras. Sendo assim, é possível obter avaliações qualitativas e quantitativas dos plantios, anteriormente às colheitas.

Apesar das limitações das imagens MODIS, ainda há muito a ser explorado no que diz respeito à sua alta resolução temporal e à sua capacidade de produzir informações sobre a dinâmica de culturas agrícolas.

As análises dos perfis espectrais conjuntamente com os dados de chuva acumulados permitem ilustrar todo o desenvolvimento fenológico da cultura. É possível analisar as quinzenas com os menores acumulados e a resposta no índice de vegetação. Tais declínios de valores nos índice são refletidos posteriormente com quebras na safra.

Os perfis espectrais permitem corroborar informação de diferentes épocas de plantio em cada regional, sendo que a regional Oeste é a que inicia primeiro o plantio, colhendo antes e aproveitando o solo para a colheita do milho safrinha.

A metodologia possibilitou o monitoramento fenológico da cultura da soja e milho da safra de 2013/14. Sugerem-se estudos que incluam avaliação e/ou validação, com dados de campo e fornecidos pela SEAB.

A metodologia utilizada não objetivou relacionar os índices de vegetação à possíveis perdas. Para isso seria necessário criar ou utilizar um modelo agrometeorológico espectral. No entanto, sabe-se que para a safra 2013/14 o clima foi fator determinante, pois em dezembro, janeiro e fevereiro, ocorreram períodos de estiagem, que causaram estresse hídrico aos cultivos, e combinados com temperaturas acima da média, geraram, de acordo com o DERAL, uma redução de aproximadamente 12% na produção do estado do Paraná.



5 - Referências Bibliográficas

DEPPE, F.; LOHMANN, M.; MARTINI, L.; ADAMI, M.; FARIA, R. T. Monitoramento da evolução temporal de cultivos agrícolas através de imagens TERRA/MODIS. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 145-152.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; BERGAMASCHI, H. Relação entre o Índice de Vegetação Global e Condições Hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, 1399-1405, 1998.

LOHMANN, M.; MARTINI, L.; DEPPE, F. Monitoramento da evolução temporal da cultura da soja no estado do Paraná utilizando imagens do sensor MODIS. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 263-269.

LUCAS, A. A.; SCHULER, C. A. B. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, p. 607-614. 2007.

SCHROEDER, W.; FRANÇA, J. R. de A.; CEBALLOS, J. C. Análise da Evolução Temporal da Cobertura Vegetal Usando dados AVHRR/NOAA. In: **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 11., 1999, Florianópolis. Anais..., Florianópolis: SBA, 1999. 1 CD-ROM.

WAGNER, A. P. L.; WEBER, E. J.; FONTANA, D. C.; DUCATI, J. R.; KLERING, E. V. Estimativa de Área de Soja no Rio Grande do Sul Utilizando Imagens NDVI/MODIS. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)**, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p. 457-464.