



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 10, Issue, 09, pp. 40509-40514, September, 2020

<https://doi.org/10.37118/ijdr.19943.09.2020>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE EM PLANTIOS JOVENS DE PALMA DE ÓLEO CONVENCIONAL POR SENSOR ORBITAL NO MUNICÍPIO DE TAILÂNDIA-PA

João Almiro Corrêa Soares¹, Paulo Roberto Silva Farias², Artur Vinícius Ferreira dos Santos³
Michele Teixeira Moutinho⁴ and ARTHUR José da Silva Rocha⁵

¹Geólogo. Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE). Doutor em Agronomia (UFRA). Prof. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

²Engenheira Cartógrafa e Agrimensora. Secretária de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Pará (SEMAS).

³Agrônomo. Mestre em Agronomia (UFRA). Doutorando em Agronomia (UFRA).

⁴Discente da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

⁵Agrônomo. Mestre em Agronomia (UNESP). Doutor em Agronomia (UNESP). Prof. Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

ARTICLE INFO

Article History:

Received 15th June 2020

Received in revised form

14th July 2020

Accepted 09th August 2020

Published online 30th September 2020

Key Words:

Agricultura de Precisão,
Sensoriamento Remoto, Predição Agrícola,
Elaeisguineensis.

*Corresponding author:

Cristina Albuquerque Douberin

ABSTRACT

A estimativa da produtividade, como suporte para projeções ou previsões de safra, é comumente realizada por meio de coletas de informações em campo, geralmente imprecisas, demoradas e com alto custo de execução. Neste contexto, tem-se o sensoriamento remoto com grande potencial para estimar a produtividade do óleo de Palma por meio de índices de vegetação. Objetivo deste experimento foi estimar a produtividade de plantios em início da vida produtiva da palmeira, para posterior correlação com plantios maduros. Foi utilizada uma imagem do sistema Rapideye referente as áreas de manejo com oito talhões produtivos localizados no município de Tailândia-PA, pertencentes ao grupo Agropalma S.A. Os dados de campo referentes a produtividade contabilizada na colheita foram coletados por funcionários da empresa e serviram para correlação com os resultados estimados remotamente. A partir das imagens do ano de 2014 foram derivados os índices de vegetação: NDVI, EVI, ARVI e RENDVI. Empregou-se o método estatístico de regressão linear para os quatro índices analisados, para correlações com as produtividades medidas no plantio. Preliminarmente o EVI e o NDVI apresentaram melhor correlação com o rendimento observado em campo, demonstrando potencial para estimar a produtividade. A validação do método foi realizada através do erro médio Quadrático - RMSE, o qual considerou satisfatório em se tratando de estimativa de produtividade, confirmando potencial eficácia do sensoriamento remoto orbital para pesquisas relacionados predição produtiva ou de safras.

Copyright © 2020, João Almiro Corrêa Soares et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: João Almiro Corrêa Soares, Paulo Roberto Silva Farias, Artur Vinícius Ferreira dos Santos et al. 2020. "Estimativa da produtividade em plantios jovens de Palma de Óleo convencional por sensor orbital no município de Tailândia-PA", *International Journal of Development Research*, 10, (09), 40509-40514.

INTRODUCTION

Nas últimas quatro décadas a palmicultura obteve um notável avanço na mesorregião do Nordeste Paraense, com produção que passou a atender a demanda nacional através da consolidação de extensos cultivos de palma de óleo. Para ser ter um parâmetro da importância do óleo de Palma, dos dezessete óleos vegetais mais comercializados no mercado internacional, o óleo de Palma é o líder mundial em comércio e consumo entre os óleos comestíveis, com lucros superiores a US\$ 50 bilhões aos produtores ao redor do mundo. Adicionalmente, a cultura da Palma se destaca por promover benefícios socioeconômicos, como geração de emprego e renda, onde aproximadamente dez hectares cultivados emprega um trabalhador (LEVERMANN; SOUZA, 2014). Em razão da importância econômica atual do óleo de Palma, a rapidez na

estimativa da produtividade e na consolidação de modelos preditivos nas áreas de cultivo é fundamental para o planejamento dos ciclos de produção em campo. Um modelo baseado em estimativa remota pode antecipar a confirmação de expectativas positivas de produção ou servir com indicador de perdas futuras. Tradicionalmente o cálculo de produção é obtido, em geral, do conhecimento dos agricultores ou a partir de procedimentos de amostragem em áreas representativas. Entretanto, esses métodos são imprecisos e demorados. Com o surgimento do sensoriamento remoto, iniciou-se o uso de diversas técnicas e metodologias capazes de perceber as mudanças e variações na cobertura da superfície, por meio de imagens e dados orbitais. Tais ensaios têm se mostrado eficientes para estudos relacionados à dinâmica da cobertura vegetal e dos cultivares (RAMOS, 2013). Varella et al. (2011)

consideraram que dentre as diversas abordagens propostas para a estimativa de produtividade com utilização do sensoriamento remoto, os índices de vegetação ou refletância na região do infravermelho próximo demonstraram eficiência na estimação da produtividade, em relação a sua correlação com a produção de em campo. Na obra de Jensen (2009), fica nítido que as combinações da reflectância dos alvos em pelo menos duas porções espectrais, nas regiões do visível e infravermelho, produzem medidas radiométricas adimensionais que geram os índices de vegetação. Existem inúmeros índices de vegetação até hoje propostos, com objetivo de realçar características da vegetação tais como: área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e a radiação fotossinteticamente ativa absorvida. Vale frisar que, nos últimos anos, diversos estudos têm avaliado a correlação entre a produtividade e a reflectância de dosséis por meio de índices de vegetação, na perspectiva de estabelecer uma modelagem que permita estimar a produtividade agrícola com maior eficiência, a qual faça uso de imagens de sensores remotos, geoprocessamento e técnicas estatísticas. Entretanto, também se faz necessário correlacionar tais resultados com episódios de infestação por doenças e pragas ou anomalias climáticas. Neste contexto, o presente artigo objetiva analisar a aplicabilidade de diversos índices de vegetação, a partir de imagens orbitais, em plantios jovens de palma de óleo para a determinação da produtividade e sua comparação com os cálculos convencionais de rendimento adotados no manejo atual no município de Tailândia-PA. Especificamente pretende-se obter o melhor produto de estimação, em termos de acurácia, bem como possibilitar sua correlação, futura, com plantações de outras idades produtivas na região. Desta forma, o pioneirismo deste experimento na região visa consolidar uma metodologia que possa ser aplicável na rotina operacional do manejo na palma de óleo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo: A área de estudo está localizada na propriedade da empresa Agropalma S.A no município de Tailândia, microrregião de Tomé-Açu, e corresponde a oito talhões jovens e produtivos da Fazenda CRAI (Companhia Real Agroindustrial S.A) (Figura 1). Representa uma das áreas de produção composta por plantios convencionais de idades entre 3 e 6 anos. A tabela apresenta as características espaciais dos talhões de Palma de óleo da área de estudo.

Tabela 1. Características dos talhões da área de estudo

Talhão	Idade Plantio	Localização		Área (ha)
		X(m)	Y(m)	
B08	Palma de óleo de 3 a 6 anos	766765,754	9751419,669	32,60
B09		752039,911	9.719.815,488	34,00
B10		766757,696	9750682,484	34,00
C07		765750,892	9751783,981	34,00
C08		765746,461	9751428,602	33,90
C10		765737,144	9750694,643	30,20
C11		765733,367	9750336,004	31,90
C12		765728,550	9749978,418	32,10

Na área ocorrem solos do tipo latossolo amarelo e textura argilosa média, com um teor de argila variando de 15% a 35% (EMBRAPA, 2006). O clima da região é do tipo tropical-úmido corresponde ao megatérmico tipo Am da classificação de Köppen. Ocorre uma precipitação média de 2.076,4 mm, estabelecidas em uma frequência de aproximadamente 140

dias por ano, com período chuvoso de dezembro a maio, tendo seu maior pico entre os meses de fevereiro e abril; e período seco se estendendo de junho a novembro de cada ano (RODRIGUES, 2005). A temperatura média anual varia em torno de 26° C e nos meses mais quentes (agosto a novembro) oscila em torno de 27°C, já nos meses entre janeiro e março, a temperatura média ameniza para torno de 25°C (Rodrigues, 2005). O relevo local é predominantemente plano (declives entre 0% a 3%) e suave ondulado (declives de 3% a 8%), seguidos por um relevo ondulado (declive de 8% a 25%). Apresenta uma topografia levemente dissecada e ocorrência de colinas e ravinas bastante drenadas (RODRIGUES, 2005).

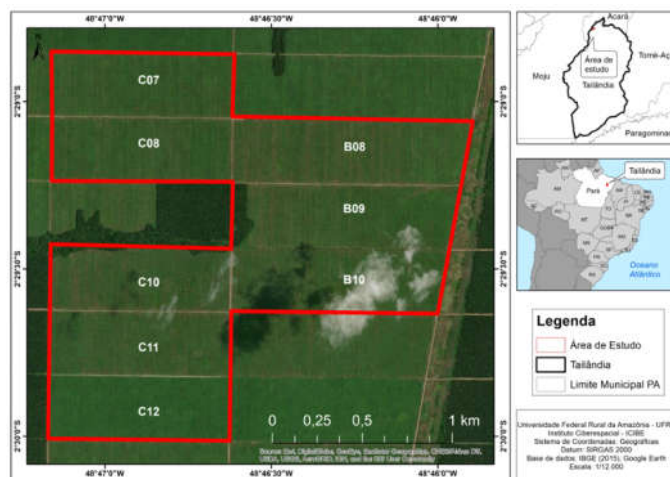


Figura 1: Localização da área de estudo, Fazenda CRAI (Agropalma S.A).

Base de dados: Foi utilizada uma cena orbital Rapideye obtida em 20 de junho de 2014, através do geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente do Brasil-MMA, reservada a UFRA para uso em pesquisa. A imagem, corresponde ao código de localização 2237925, possui resolução espacial de 6,5 metros composta das seguintes bandas espectrais: Banda 1 (440-510 nm), Banda 2 (520-590 nm), Banda 3 (630-685 nm), Banda 4 (690-730 nm), Banda 5 (760-850 nm). A imagem foi georreferenciada e submetidas a correção atmosférica, para em seguida haver a conversão de DN dos pixels para valores de reflectância. Após a realização do pré-processamento, foram realizadas as operações aritméticas para geração dos índices de vegetação.

Os dados de produtividade de palma registrados em toneladas por hectare, dos 8 talhões de estudo, foram disponibilizados em planilhas Excel pelo setor agrícola da Agropalma S.A, registrados a partir do manejo diário nas plantações, entre os anos de 2003 e 2018.

Geração dos Índices de Vegetação: Inicialmente foi gerado o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) que é a normalização do índice razão simples entre a banda do vermelho e infravermelho, variando entre -1, em superfícies d'água, e 1, representando superfícies densamente vegetadas, dado pela relação já mencionado na Equação (1):

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

Na qual, o ρ_{NIR} corresponde a Banda 5 Rapideye e ρ_{RED} corresponde a banda 3, gerando assim a imagem de NDVI.

Também foi calculado o índice de vegetação EVI, que tem como finalidade atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação. O EVI melhora a sensibilidade nas regiões de alta biomassa, com melhor desempenho para monitoramento da vegetação, reduzindo a influência do sinal do substrato abaixo do dossel, bem como através da redução da influência atmosférica (HUETE et al., 1997; HUETE et al., 2002.). É calculado pela relação da Equação (2):

$$EVI = G \cdot \frac{(\rho_{NIR} - \rho_{RED})}{(\rho_{NIR} + C1 * \rho_{RED} - C2 * \rho_{blue} + L)} \quad (2)$$

Onde, o G é um fator ajustado pelo valor de 2,5. E os dois coeficientes (C1, C2) que descreve o uso da banda azul para a correção da banda do vermelho, esses coeficientes assumem valores de (6,0 e 7,5) respectivamente. Já o fator de ajuste para o solo (L) foi determinado o valor de 0,5, sendo P_{nir} correspondente a Banda 5 e Pred a banda 3, gerando a imagem EVI.

Em seguida foi realizado o processamento para gerar o índice de vegetação resistente a atmosfera (ARVI), o qual usa a diferença de radiância entre o canal azul e o canal vermelho para reduzir os efeitos atmosféricos.

A reflectância no vermelho é menor que no infravermelho próximo, assim sendo susceptível aos efeitos atmosféricos. Desta forma, utiliza-se a radiância na região do vermelho-azul (PredPblue) mais resistente aos efeitos atmosféricos (PONZONI; SHIMABUKURO, 2007), ao invés da radiância no vermelho (como no NDVI) que. O ARVI é calculado pela seguinte Equação (3):

$$ARVI = \frac{(\rho_{nir} - (2 * \rho_{pred} - \rho_{blue}))}{(\rho_{nir} + (2 * \rho_{pred} - \rho_{blue}))} \quad (3)$$

O P_{nir} equivalente a banda 5, P_{pred} a banda 3 e P_{blue} a banda 1.

Por último o índice RENDVI, que foi obtido pela Equação (4):

$$RENDVI = \frac{(\rho_{nir} - \rho_{red\ edge})}{(\rho_{nir} + \rho_{red\ edge})} \quad (4)$$

Sendo o P_{nir} correspondente a banda 5, conforme citado anteriormente e P_{red edge} a banda 4.

Correlação índices de vegetação e produtividade: Sendo os índices de vegetação resultados da associação entre os parâmetros biofísicos das culturas e a radiação eletromagnética, é perfeitamente possível estabelecer correlação dos mesmos com a produtividade das lavouras.

Regressão linear: Neste estudo, foi utilizado modelo proposto por Montgomery et al. (2001), bastante utilizado na área agrícola, buscando as devidas adaptações para estimar a produtividade da palma de óleo na área de estudo. A regressão linear é representada pela Equação (5):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 \quad (5)$$

Onde: β_0 (coeficiente de intercepto) corresponde à média de Y quando as demais variáveis equivalem a zero, e o coeficiente β_1 (podendo até β nem caso de múltipla) representa o coeficiente de regressão parciais. A equação de regressão linear simples é representada pelo coeficiente de determinação R². Desta forma, foi aplicada a equação (6):

$$R^2 = \frac{\text{variância de Y explicada pela análise de regressão}}{\text{variância total}} \quad (6)$$

R² é um coeficiente de determinação que representa a medida dimensional de quantidade do ajuste do modelo aos dados. Seus valores variam entre 0 e 1. Assim, se R² for próximo de 1, as variáveis medidas respondem quase que totalmente pela variação de Y (LANDIM, 1998). Na prática a análise estatística, através do software InfoStat (versão aluno), gerou o gráfico de regressão linear para a modelagem da equação que foi aplicada novamente aos índices de vegetação, sendo deste modo foi possível estimar a produtividade. Os resultados permitiram ainda determinar de quais imagens-índices se obteve variações que melhor explicam a variabilidade dos dados de produtividade, com maior coeficiente de determinação R². Os índices com melhor correlação com os valores de produtividade, foram os que apresentaram elevado valor do determinante R² como pode ser observada na Equação (7):

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{mod,i})^2}{n}} \quad (7)$$

Onde n é o número de talhões; X_{obs} é a produtividade observada; e X_{mod} representa a produtividade estimada. O RMSE é a raiz do erro médio quadrático da diferença entre a estimada e a observada, e representa a medida de erro usada para aferir a qualidade do ajuste do modelo.

Coefficiente de Pearson: A correlação real entre o índice de vegetação e a produtividade de dendzeiros foi calculada pelo Coeficiente de Pearson que mede o grau da correlação entre as duas variáveis. Como a correlação é uma relação entre duas variáveis medidas em um certo número de indivíduos, foram inseridos dados em um diagrama de dispersão com eixos cartesianos onde os pontos deverão alinhar-se em uma reta. Com isso, é possível a produção de uma equação linear para análise de correlação entre duas variáveis, estimando-se uma variável em relação a outra (LANDIM, 1998). As imagens índices que apresentaram os maiores valores de correlação foram as selecionadas para a modelagem da produtividade. O coeficiente de correlação de Pearson foi calculado segundo a fórmula (8):

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}} \quad (8)$$

onde x_i , \bar{x} e y_i , \bar{y} representam os valores medidos de ambas as variáveis. Os valores do resultado da correlação são adimensionais, variando entre -1 e +1, que é inverso (-) ou direto (+), respectivamente. O sinal indica a direção, se a correlação é positiva ou negativa, e o tamanho da variável indica a força da correlação. Valores próximos de zero significam que não há relação linear entre as duas variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os índices de vegetação processados, que deram origem aos valores de média, máximos e mínimos para os oito talhões avaliados.

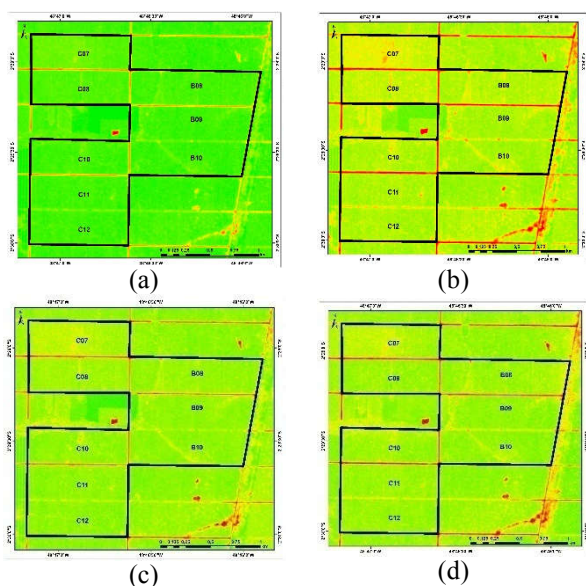


Figura 2: Imagens dos índices de vegetação NDVI (a), EVI (b), ARVI (c) e RENDVI (d) dos oito talhões de palma de óleo no ano de 2014

Na Figura 3 são apresentadas as análises de regressão linear, possibilitando visualizar as relações de correlação entre os valores médios dos índices de vegetação NDVI, EVI, ARVI e RENDVI dos oito talhões de palma de óleo e as respectivas produtividades em campo para o ano de 2014. Observa-se pelos coeficientes de determinação R^2 0,66 e 0,59, que o EVI e NDVI, respectivamente, foram as variáveis independentes que melhor se correlacionam com a produtividade observada da área de estudo (variável dependente), indicando que o modelo consegue estimar a produtividade. De outra forma, o RENDVI apresentou o mais baixo coeficiente de determinação, sendo possível constatar que, mesmo apresentando alguma sensibilidade às variações espectrais da vegetação, o mesmo se correlacionou com a produtividade, porém com menor poder preciso, que os observados pelo EVI e NDVI.

A eficiência do EVI, que melhor explicou a produtividade dos talhões, se deu possivelmente por ser um índice que leva em consideração as bandas do visível (red e blue), tornando o modelo mais sensível a eficiência fotossintética da palmeira e bandas espectrais do infravermelho próximo, expressando a integridade estrutural das folhas de palma, além de minimizar o ruído da influência do background e da atmosfera. O EVI e o NDVI possibilitaram o melhor realce espectral dos talhões com biomassa mais ativa e densa. O EVI apresentou os valores máximos mais expressivos em todos os talhões, diferenciando do NDVI, que por sua vez, mesmo apresentando boa correlação com a produtividade, evidenciou baixos valores máximos nos talhões, possivelmente pela sua alta susceptibilidade ao background. Por sua vez, os índices ARVI e RENDVI apresentaram as mais baixas correlações entre as médias dos índices dos talhões e a produtividade em campo. Dentre os índices de mais “baixa eficiência” aquele que apresentou menor coeficiente de determinação para a palma de óleo para a média dos talhões de estudo foi o RENDVI. Além

disso, o RENDVI apresentou os seus valores máximos menos pronunciados entre os quatro índices avaliados. Outra evidência preliminar, refere-se ao fato deste índice utilizar uma faixa estreita, a banda red-edge, possibilitando a redução da influência dos pigmentos foliares, restringindo os registros das variações das atividades fotossintéticas nos talhões, fato que dificultou a melhor inferência da produtividade.

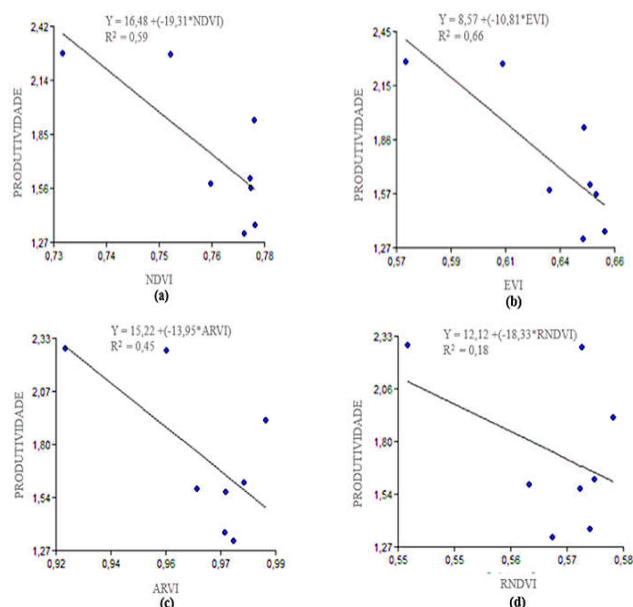


Figura 3. Gráficos de correlação por regressão linear da produtividade em campo (ton/ha) e os valores dos médios dos índices de vegetação NDVI (a), EVI (b), ARVI (c) e RENDVI (d) dos oito talhões de palma de óleo no ano de 2014.

Em resumo, se constata que os índices EVI e NDVI apresentaram forte potencial para estimar a produtividade da palma de óleo na área de estudo. Além disso, vale ressaltar que os resíduos foram considerados normais, pelos testes de uniformidade dos resíduos (Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) ao nível de 1% de significância.

A partir dos cálculos de produtividade pelas equações da Tabela 2, baseados nos índices de vegetação e na colheita do ano de 2014, foram geradas as estimativas de produtividade para os índices NDVI, EVI, ARVI e RENDVI, que são apresentadas na Tabela 3. A análise comparativa das produtividades demonstra que os índices NDVI, EVI e ARVI evidenciam correlações significativas com a Produtividade real. Na Tabela 3 optou-se por apresentar a comparação dos valores da predição da produtividade observada em campo e as médias obtidas pelos índices de vegetação para cada Talhão. Desta forma, verifica-se que todos os índices de vegetação apresentaram produtividade estimada bastante próximas aos valores de campo para os talhões estudados. Destaque para o EVI que apresentou a menor diferença na produtividade estimada em relação a produtividade observada na colheita. Ao analisarmos individualmente os talhões versus índices, observa-se que os talhões B08, B09 e C11 possuem maior aproximação da sua produtividade real com o NDVI e EVI. No geral a produtividade RENDVI apresentou maiores distanciamentos da produtividade medida em campo para todos os talhões. Esperava-se melhor rendimento da banda red-edge através do RENDVI, este por sua vez

Tabela 2. Regressão – Produtividade da Palma de Óleo (Y) nos índices de vegetação – Média dos Talhões. Os índices NDVI, EVI, ARVI e RENDVI apresentam correlação significativa com a Produtividade.

Talhão	Idade (anos)	Índice	R ²	ρ	Equação de Regressão (produtividade)
B08	3 a 6	NDVI	0,59	-0,7681	Y= 16,48+(-19,31*NDVI)
B09		EVI	0,66	-0,8124	Y= 8,57+(-10,81*EVI)
B10		ARVI	0,45	-0,6708	Y= 15,22+(-13,95*ARVI)
C07		RENDVI	0,18	-0,4243	Y= 12,12+(-18,33*RENDVI)
C08					
C10					
C11					
C12					

Tabela 3. Correlação (r) entre produtividade observada em campo e produtividade estimada através dos diferentes índices de vegetação, no ano de 2014

Talhão	Produtividade campo x Estimativas Índices de Vegetação (ton/ha)				
	Redimento Campo	NDVI	EVI	ARVI	RENDVI
B08	2,40	2,382	2,400	2,287	2,100
B09	1,92	1,916	1,960	1,882	1,675
B10	2,28	1,743	1,747	1,759	1,803
C07	1,58	1,555	1,592	1,482	1,600
C08	1,61	1,573	1,562	1,568	1,646
C10	1,32	1,600	1,593	1,611	1,747
C11	1,56	1,553	1,498	1,646	1,655
C12	1,36	1,569	1,536	1,641	1,679

superestimou as estimativas. O fato de ser um índice bastante sensível ao estresse hídrico e fisiológico no cultivo, em um ano normal de produtividade, como foi em 2014, pode ter potencializado seus resultados, levando a erros ou uma menor correlação pretendida. O RMSE calculado entre a produtividade estimada e a observada para o índice EVI foi de 20,89% para os oito talhões estudados. O RMSE é resultado da falta de precisão de uma medida e quanto menor é o seu valor, melhor é a habilidade do modelo em fazer previsões. Deste modo, podemos constatar que o valor de 20,89% é considerado satisfatório para estimativas de produtividade. (BERTOLIN, 2016). Vale ressaltar que existem pouquíssimos estudos de modelagem de produtividade por sensoriamento remoto na cultura da palma de óleo na Amazônia brasileira. Ou seja, a presente técnica ainda não foi incorporada ao manejo produtivo na região. Desta forma, os resultados preliminares obtidos com o presente experimento já permitem a adoção sistemática da estimativa da produtividade da palma de óleo, através de imagens orbitais; e em um futuro próximo uso de drones para se atingir uma alta precisão espacial e espectral. Os índices de vegetação se mostram cada vez mais versáteis não somente na estimativa de produtividade, mas também em outras rotinas de interesse do manejo agrícola, como o monitoramento de pragas e doenças. O suporte estatístico através da técnica de regressão linear encontra fundamento inquestionável em outras lavouras e culturas e, neste estudo se mostrou amplamente viável. Os Índices de vegetação que apresentam resultados mais satisfatórios foram o EVI e o NDVI. Vale ressaltar, entretanto, que clássico NDVI pode cumprir a função com ótima precisão, podendo estes serem rotineiramente utilizados como estimadores na cultura da palma de óleo. Ressalta-se ainda, que para qualquer modelagem utilizada na estimativa da produtividade, faz-se importante um maior número de imagens analisadas, preferencialmente com disponibilidade que melhor se ajuste aos ciclos produtivos da cultura de palma de óleo, que possui produção perene. Isto se faz necessário, pois de busca produzir correlações contínuas e sincronizadas com a dinâmica produtiva, sazonalidade e ocorrência de eventos fortuitos como infestação de pragas e doenças, estiagens severas, dentre outros fatores adversos.

Assim recomenda-se análises mais detalhada a fim de fornecer dados mais acurados, onde a empresa agrícola possa mapear suas áreas com precisão e custo viável, em relação ao modo tradicional.

REFERÊNCIAS

- Bertolin, N. de O. Predição da produtividade de milho irrigado com auxílio de imagens de satélite. Viçosa-MG, 2016.
- Embrapa - Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária. Palmas para o Dendê. Revista Agroenergia. nº 2, Brasília, 2011. Acesso em: 27 dez. 2017.
- Embrapa- Empresa Brasileira DE Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.
- Huete, A.; Liu, H. Q.; Batchily, K.; Leween, W. A. Comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment, n. 59, p. 440-451, 1997.
- Huete, A. Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sensing of Environment. p.195-213. 2002.
- Jensen, J.R., Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres - São Paulo – SP; Editora Parêntese. 598p. 2009.
- Landim, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos. São Paulo: Fundação Editora da Unesp, 1998.
- Levermann, R. A.; Souza, J. P. M. Óleo de palma: o crescimento da indústria global. Agroanalysis, v. 34, n. 08, p. 25-26. 2014.
- Montgomery, D. C.; Vining, G. C.; Peck, E. A. Introduction to linear regression analysis. New York: J. Wiley, 3. ed. 2001.
- Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação. 1. ed. São José dos Campos: Parêntese. 135 p. 2007.
- Ramos, M. C. A. Estimativa de Produtividade de cana-de-açúcar por meio de imagens do satélite Landsat-5/ TM em áreas de pivôs centrais na região de Jaíba - MG. 2013. 59 p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola e

- Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2013.
- Rodrigues, T. E.; Silva, J. M. L. da; Silva, B. N. R. da.; Valente, M. A.; Gama, J.R.N.F.; Santos, E.S. dos; Rollim, P. A. M.; Ponte, F. C. da. Caracterização e classificação dos solos do município de Tailândia, estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 55 p. 2005.
- Varella, C. A. A; Medeiros, R.; Gleriani, J. M. Agricultura de Precisão e Sensoriamento Remoto. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol: 58 tecnologias e perspectivas. 2ed. revisada e ampliada. Viçosa, MG: Os editores, Cap. 9, p. 258. 2011.
