

ESTIMATIVA DA FITOMASSA DOS ADUBOS VERDES POR ÍNDICE DE REFLECTÂNCIA (NDVI)

FABRÍCIO ROSSI¹, LUCAS M. LIMA², BRUNO F. CAPODIFÓGLIO², TAMARA M. GOMES³

¹ Eng^o Agrônomo, Professor doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP), Pirassununga-SP, (019) 3565-4189, fabricio.rossi@usp.br

² Discente, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA/USP, Pirassununga-SP

³ Eng^a Agrônoma, Professor doutor, Depto. de Engenharia de Biossistemas, FZEA/USP, Pirassununga-SP

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Os adubos verdes apresentam grande potencial de recuperação da capacidade produtiva em diversos solos agrícolas. Estimar sua produtividade de maneira simples é importante para o correto manejo do sistema. O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é um indicativo de atividade da vegetação que estima o índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila e biomassa verde. Este valor pode ser obtido por sensor óptico ativo multiespectral denominado radiômetro, que emite radiação eletromagnética nas regiões do vermelho e infravermelho próximo, e mensura o refletido após atingir o alvo. O objetivo deste trabalho foi estimar a produção de fitomassa dos adubos verdes pelo acompanhamento do índice de reflectância. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco adubos verdes (*Crotalaria juncea*; *Crotalaria breviflora*; *Crotalaria spectabilis*; *Cajanus cajan*; *Canavalia ensiformes*) e quatro repetições. Cada parcela foi composta por cinco linhas de cinco metros, espaçadas de 0,50 m entre si. Os adubos verdes desenvolveram por 90 dias, sendo a reflectância mensurada quatro vezes neste período. A crotalaria-júncea e o feijão-de-porco apresentaram os maiores índices iniciais (0,43 e 0,28, respectivamente), e o guandu-anão o menor índice (0,09). Aos 70 dias após semear o índice não apresentou diferença entre os adubos verdes, ficando na média em 0,76.

PALAVRAS-CHAVE: Índice vegetativo, adubação verde, fertilidade do sistema produtivo

ABSTRACT: Estimation of the green manure biomass by reflectance index (NDVI)

Green manures present great potential for recovery of productive capacity in various agricultural soils. Estimating your productivity in a simple way is important for the correct management of the system. The NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) is an indicative of vegetation activity that estimates leaf area index, percentage of green cover, chlorophyll content and green biomass. This value can be obtained by multispectral active optical sensor called radiometer, which emits electromagnetic radiation in the regions of red and near infrared, and measures the reflected one after reaching the target. The aim of this work was to estimate the phytomass production of green manures by monitoring the reflectance index. The experimental design was in randomized blocks, with five green manures (*Crotalaria juncea*; *Crotalaria breviflora*; *Crotalaria spectabilis*; *Cajanus cajan*; *Canavalia ensiformes*) and four replicates. Each plot was composed of five rows of five meters, spaced 0.50 m apart. Green fertilizers developed for 90 days, with the reflectance being measured four times in this period. Sun hemp and jackbeans had the highest initial indices (0.43 and 0.28, respectively), and the pigeon pea had the lowest index (0.09). At 70 days after sowing, the index did not show any difference between green manures, averaging 0.76.

KEYWORDS: Vegetative index, green manuring, fertility of the productive system

INTRODUÇÃO: Os adubos verdes são essências a fertilidade dos sistemas produtivos de base agroecológica. São cultivados com os mais variados objetivos, entre eles para a diversificação e melhoria do potencial produtivo das culturas em sucessão (ROSSI et al., 2014). Entre os adubos verdes, espécies da família Fabaceae (Leguminosae), são muito cultivadas em função da fixação biológica do nitrogênio (FBN), ou seja, estas espécies fazem simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio. Entre as leguminosas destacam-se as espécies do gênero *Crotalaria*, entre elas a *crotalaria-júncea*, a *crotalaria-spectabilis* e a *crotalaria-breviflora*. Estas espécies são utilizadas porque, além de produzir grande quantidade de fitomassa, podem contribuir para o controle de nematoides (ROSA et al., 2015).

A agricultura de precisão é um sistema de gestão da produção que emprega um conjunto de tecnologias e procedimentos para que os sistemas de produção agrícola sejam otimizados (MOLIN, 2000), sendo para isto considerado o manejo da variabilidade da produção e dos fatores envolvidos. O sensoriamento remoto é um dos métodos que permite determinar os índices de vegetação. Dentre os índices de vegetação, o NDVI é um dos mais conhecidos e utilizados para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação. A utilização de equipamentos como o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) possibilita uma avaliação imediata da vegetação, sendo que o emprego dessa tecnologia permite avaliar o desenvolvimento das plantas ao longo do tempo, permitindo desta forma a estimativa da produtividade dos adubos verdes. O sensor, a partir dos índices de reflectância obtidos (nas bandas de ondas na faixa do vermelho - 650 nm, e do infravermelho próximo - 770 nm), calcula o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) por um microprocessador interno (GROHS et al., 2009). O índice é dado por:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_r}{\rho_{nir} + \rho_r} \quad (1)$$

em que,

ρ_{nir} - refletância no infravermelho próximo (770 nm)

ρ_r - refletância no vermelho (650 nm).

O NDVI realça o contraste da radiação refletida nos intervalos espectrais do vermelho e infravermelho, que está relacionado com a atividade fotossintética da planta (MASCARENHAS; FERREIRA; FERREIRA, 2008), permitindo fazer leituras e dar os índices instantaneamente, sem destruí-la, a partir da refletância do dossel da planta. Os valores obtidos nas medições podem variar de -1 a +1. Os negativos representam as nuvens, ao redor de zero o solo sem vegetação ou nu, e os valores maiores que zero representam a vegetação. Quanto maior for o índice apresentado, maior o vigor de crescimento da cultura (GROHS et al., 2009). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estimar a produção de fitomassa dos adubos verdes pelo acompanhamento do índice de reflectância.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido a campo na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), no município de Pirassununga-SP, com altitude de 627 m, latitude de 21°59'S e longitude 47°25'W. O clima na região é do tipo Cwa na classificação de Koppen, a temperatura média anual é de 20,8°, com precipitação pluviométrica média anual de 1089 mm. O delineamento foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos (adubos verdes) e quatro repetições. Os adubos verdes foram: *crotalaria-júncea* (*Crotalaria juncea*), *crotalaria-spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), *crotalaria-breviflora* (*Crotalaria breviflora*), guandu-anão (*Cajanus cajan*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*). As parcelas foram compostas de 5 linhas de 5 m, espaçadas a 50 cm, totalizando 12 m². Os adubos verdes foram semeados em 02 de novembro de 2016, sendo conduzidos por 90 dias após semeio (DAS).

As avaliações para coleta dos dados de índice de reflectância (NDVI) foram realizadas com o *GreenSeeker*[®] *Handheld Crop Sensor* aos 24, 40, 56 e 70 DAS, sendo realizadas três coletas do NDVI por parcela, com caminharmento entre as linhas dos adubos verdes. Aos 50 DAS duas linhas da crotalária-júncea foram manejadas, uma de cada lado da linha central. Elas foram cortadas, pesadas e retornaram a parcela, pois em função da altura das plantas encontrava-se difícil a avaliação através do *Greenseeker*[®]. Os dados coletados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias, em cada data, comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. As avaliações no tempo foram consideradas como sub-parcelas e os dados submetidos a análise de regressão polinomial a 5% de probabilidade utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVIs) apresentaram diferença entre os adubos verdes ao longo do tempo. A crotalária-júncea e o feijão-de-porco apresentaram os maiores índices iniciais, diferindo estatisticamente entre si. O guandu-anão apresentou o menor índice (0,09), sem diferença para crotalária-breviflora e crotalária-spectabilis. Aos 70 dias após semeio o índice não apresentou diferença entre os adubos verdes, ficando na média em 0,76 (Figura 1).

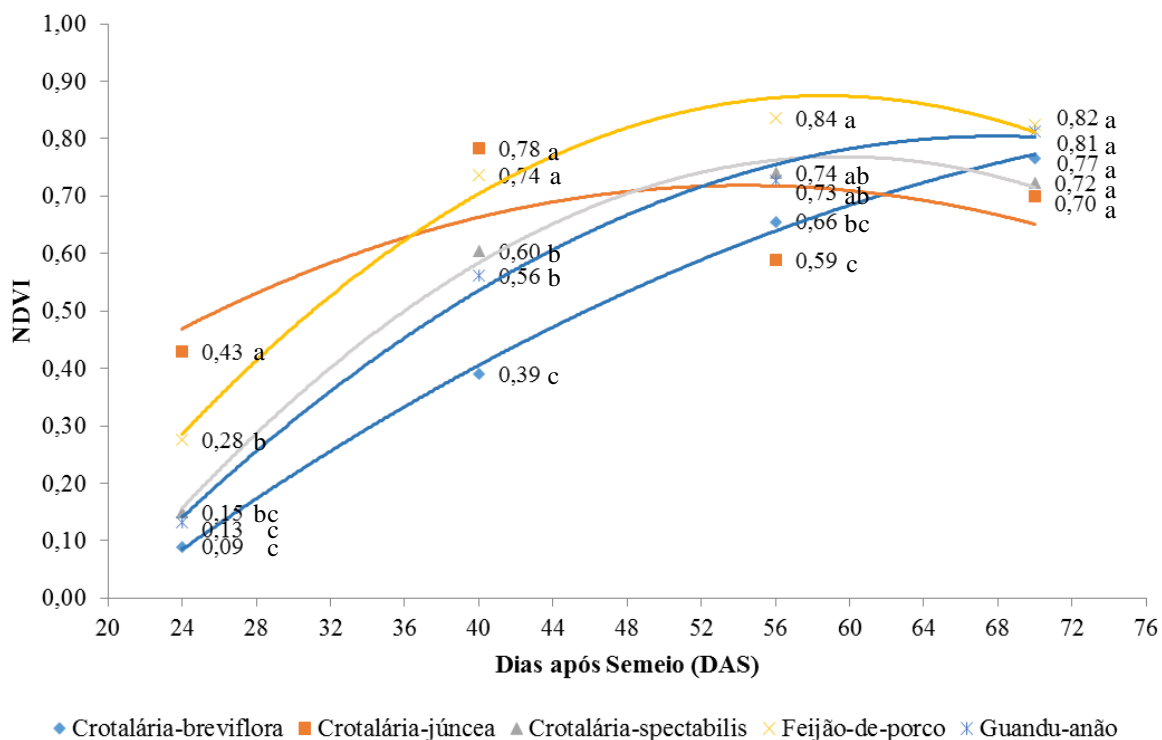


FIGURA 1 - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) dos adubos verdes ao longo do tempo. Médias seguidas de letras diferentes, em cada data de avaliação, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). C.V. (Adubos verdes) = 9,75%; C.V. (Tempo=DAS) = 8,78%.

As equações ajustadas ao desenvolvimento dos adubos verdes são apresentadas na tabela 1. Todos os ajustes, com exceção ao para crotalária-júncea, apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2). O baixo R^2 para crotalária-júncea ocorreu em função do manejo de parte da fitomassa (2 linhas) aos 50 dias após semeio (DAS), seis dias antes da terceira avaliação do NDVI. O feijão-de-porco e a crotalária-spectabilis apresentaram o maior desenvolvimento vegetativo mensurado pelo NDVI aos 57,5 e 57,4 DAS, respectivamente. Bredemeier et al. (2013) verificaram que as leituras do NDVI ao longo do ciclo ativo foram eficientes para identificar variações de produtividade do trigo.

TABELA 1 - Equações ajustadas ao desenvolvimento dos adubos verdes ao longo do tempo, seu respectivo coeficiente de determinação (R^2), e produtividade da fitomassa aos 90 dias após semeio (DAS). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. FZEA/USP, 2017.

Adubo verde	Equação	R^2 (%)	Fitomassa (kg m ⁻²)
Feijão-de-porco	$y = -0,0005x^2 + 0,0575x - 0,8124$	98,77	4,61 a
Crotalária-júncea	$y = -0,0003x^2 + 0,0295x - 0,0825$	49,43	4,24 ab
Crotalária-spectabilis	$y = -0,0005x^2 + 0,0574x - 0,9432$	99,57	3,85 ab
Guandu-anão	$y = -0,0003x^2 + 0,0468x - 0,7832$	99,40	2,77 bc
Crotalária-breviflora	$y = -0,0002x^2 + 0,0305x - 0,5513$	99,79	2,20 c

Médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), C.V. = 21,79%

As fitomassas produzidas aos 90 dias após semeio dos adubos verdes são apresentadas na tabela 1. O feijão-de-porco apresentou a maior produção de fitomassa (4,61 kg m⁻²) e não diferiu estatisticamente da crotalária-júncea (4,24 kg m⁻²) e da crotalária-spectabilis (3,85 kg m⁻²). A menor produção de fitomassa obtida foi da crotalária-breviflora (2,20 kg m⁻²) e não diferiu do guandu-anão (2,77 kg m⁻²).

CONCLUSÕES: A estimativa da produção de fitomassa dos adubos verdes é possível através das equações ajustadas para os índices NDVI. Nas condições do presente estudo, o período entre 40 e 60 dias após semeio (DAS) mostrou-se adequado para uso do *GreenSeeker*[®] a fim de acompanhar o desenvolvimento dos adubos verdes.

REFERÊNCIAS

- BREDEMEIER, C. et al. **Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável.** *Cienc. Rural*, Jul 2013, vol.43, no.7, p.1147-1154.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GROHS, D. S. et al. Model for yield potential estimation in wheat and barley using the GreenSeeker sensor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 101-112, 2009.
- MASCARENHAS, L. M. A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G.. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 5-18, 2009.
- MOLIN, J.P. Geração e Interpretação de Mapas de Produtividade para Agricultura de Precisão. In: Borém, A.; Giúdice, M. P.; Queiroz, D. M.; Mantovani, E. C.; Ferreira, L. R.; Valle, F. X. R.; Gomide, R. L. Agricultura de Precisão. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 237-258.
- ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas e plantas utilizadas na adubação verde. **Rev. Ciênc. Agron.**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 826-835, 2015.
- ROSSI F.; CARLOS J.A.D. Histórico da adubação verde no Brasil. In: LIMA FILHO, O. F. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil.** Brasília: Embrapa, 2014. 507 p.