



## Índices NDVI e EVI-2 de *Eucalyptus grandis* sob diferentes sistemas de preparo do solo

**Laura Camila de Godoy Goergen<sup>1</sup>, David José Miquelluti<sup>2</sup>, Catize Brandelero<sup>3</sup>, Emanuel Araújo da Silva<sup>4</sup>, Matheus Nunes Silva<sup>5</sup>, Rudiney Soares Pereira<sup>6</sup>**

<sup>(1)</sup> Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Lages, SC; lauragoergen@yahoo.com.br; <sup>(2)</sup> Professor; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) <sup>(3)</sup> Professora; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); <sup>(4)</sup> Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); <sup>(5)</sup> Diretor executivo da Sul Florestas, Lages, SC <sup>(6)</sup> Professor; Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

**RESUMO:** Os sistemas de preparo do solo influenciam diretamente a produtividade de culturas florestais. O trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia dos índices *Normalized difference vegetation index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index-2* (EVI-2) na discriminação de diferentes sistemas de preparo de solo em povoamento de *Eucalyptus grandis*, com 20 meses de idade. Foram instalados três blocos com quatro parcelas de 600 m<sup>2</sup> cada uma, correspondendo aos tratamentos de preparo do solo: 1- plantio direto (PD); 2- escarificação (ESC); 3- escarificação + grade niveladora (EG); e 4- enxada rotativa (ER). Em cada parcela foi selecionada uma árvore de posição central, onde foram efetuadas coletas de 15 folhas distribuídas ao longo da copa, totalizando 45 folhas por tratamento, as quais foram utilizadas para realizar as leituras espectrorradiométricas e posteriormente calcular o NDVI e o EVI-2. Para comparar os tratamentos foi empregado o teste *Kruskal Wallis*. Através de valores de NDVI e EVI-2, foi possível diferenciar dois sistemas de preparo de solo no cultivo do eucalipto: o Sistema de Plantio direto (PD) e a escarificação (ESC). Os sistemas EG e ER não se diferenciaram entre si e apresentaram valores de NDVI e EVI-2 maiores do que PD e ESC. Os índices de vegetação estudados apresentaram-se úteis em aplicações sistemáticas no mapeamento de silvicultura de precisão.

**Termos de indexação:** espectrorradiometria, índice de vegetação, manejo do solo.

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de técnicas e métodos que permitam entender o comportamento dos cultivos de eucalipto em diferentes sistemas de preparo do solo é fundamental para garantir a eficiência dessas florestas e a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. Na literatura são abundantes os trabalhos desenvolvidos que envolvem o sensoriamento remoto e o comportamento de

diferentes espécies vegetais (Alvarenga et al. 2015; Boechat et al. 2014; Almeida, 2008)

Estudos básicos, utilizando radiometria terrestre, são fundamentais para dar suporte a pesquisas envolvendo imagens de satélite. Utilizando espectrorradiômetros é possível estabelecer relações úteis entre as respostas espectrais da cultura do eucalipto e parâmetros de crescimento das plantas, uma vez que recobrem a faixa espectral de 350 a 2500 nm.

Os índices de vegetação (IV) têm sido utilizados como indicadores da condição da vegetação. Segundo Jensen (2009), eles se configuram como medidas radiométricas adimensionais, que indicam abundância relativa e a atividade da vegetação verde, sobretudo nas regiões do visível e do infravermelho próximo.

Neste trabalho aplicou-se os índices *Normalized difference vegetation index* (NDVI) e *Enhanced Vegetation Index-2* (EVI-2), índice que abrange melhor a análise de biomassa com influências de solo e atmosfera minimizados (Jiang et al, 2008).

Nesse sentido, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia dos índices NDVI e EVI-2 na discriminação de diferentes sistemas de preparo de solo em povoamento de *Eucalyptus grandis*, com vistas a fornecer informações úteis possíveis de serem usadas no manejo do solo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria (Fepagro Florestas), localizada no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre as coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) 217.000 e 220.000 mE, 6.713.000 e 6.717.000 mN (Fuso 22 J).

A área encontra-se sob o domínio do clima subtropical úmido do tipo Cfa, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com precipitação média anual de 1546 mm e temperatura média anual de 19° C (Moreno, 1961).

### Tratamentos e amostragens



Foi selecionado um talhão em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden com 20 meses de idade, implantado sob o relevo suave ondulado, em solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico úmbrico (EMBRAPA, 2006).

Os procedimentos amostrais consistiram na instalação de três blocos com quatro parcelas de 600 m<sup>2</sup> cada uma, correspondendo aos tratamentos de preparo do solo (na linha): 1- plantio direto (PD); 2- escarificação (ESC); 3- escarificação + grade niveladora (EG); e 4- enxada rotativa (ER). A escarificação foi realizada com escarificador de 1 haste inclinada do tipo “jumbo” até uma profundidade de 0,30 metros, espaçadas a cada 3,0 metros. O plantio direto caracterizou-se por receber coveamento manual com auxílio de um trado e posterior aplicação de herbicida dessecante (glifosato) numa faixa de 1 metro de largura, somente na linha de plantio, com objetivo de evitar a competição com a vegetação. O sistema escarificado mais gradagem foi seguida por uma passagem de grade de disco em “V” com uma profundidade de operação de 0,10 m. O preparo com enxada rotativa mobilizou uma faixa de 1,0 m de largura e 0,20 m de profundidade.

Em cada parcela foi selecionada uma árvore de posição central, onde foram efetuadas coletas de 15 folhas distribuídas ao longo da copa, totalizando 45 folhas por tratamento.

Em laboratório, foram realizadas as leituras espectrorradiométricas com o espectrorradiômetro FieldSpec®3. Os procedimentos de leitura tiveram início 1 (uma) hora após o material vegetativo ter sido coletado. O espectrorradiômetro realiza medições de irradiação, radiância solar e fator de reflectância (FR), sendo um aparelho para uso no campo e em laboratório. Possui uma resolução espectral de 10 nm e capacidade de coletar até 10 espectros por segundo.

O material vegetativo (folha) foi posicionado no orifício da esfera (espectrorradiômetro), com face ventral voltada para o interior da esfera. Para cada folha foram realizadas 10 leituras por segundo. Os espectros gerados foram transferidos para o microcomputador e gravados em arquivo para o pós-processamento.

Os dados resultantes desse procedimento constituem num conjunto de arquivos contendo comprimento de onda e o FR correspondente na amplitude de 350 nm a 2.500 nm.

#### Obtenção dos índices de vegetação

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) conforme proposição de Rouse et al. (1973) normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a

+1, onde as áreas de vegetação mais intensa aproximam-se dos patamares superiores e áreas alagadiças, do limite inferior. Este índice é definido por Asner e Townsend (2000) como uma métrica utilizada para detecção de mudanças relativas do “verdor” do dossel florestal, o qual é proporcional a absorção da radiação fotossinteticamente ativa fracional, funcionalmente dependente do índice de área foliar (IAF). Constitui-se em um dos índices de vegetação de maior difusão, com larga aplicabilidade em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos. O NDVI foi obtido a partir da equação abaixo descrita:

$$NDVI = \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}$$

Onde:  $\rho_{IVP}$  é a reflectância média no infravermelho próximo e  $\rho_V$  é a reflectância média no vermelho.

O EVI-2 é um índice associado à biomassa e minimiza os efeitos do solo e da atmosfera (Jiang et al., 2008). Foi obtido a partir da seguinte equação:

$$EVI2 = 2,5 \times \left( \frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + 2,4 \rho_V + 1} \right)$$

#### Análise estatística

Os dados de FR foram submetidos inicialmente à análise exploratória e ao teste de Shapiro-Wilk para verificação de normalidade e de Levene para testar a homogeneidade de variâncias dos tratamentos. Dada a ausência de normalidade optou-se por aplicar o teste de Kruskal-Wallis para comparar-se o efeito dos tratamentos. As análises foram conduzidas com o uso do software R (R Core Team, 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística dos resultados utilizando o teste Kruskal Wallis mostrou que existem diferenças significativas dos índices NDVI e EVI-2 entre tratamentos (p-valores <0,0001). Os resultados apontaram, por meio das somas de ranks, valores mais elevados tanto para o NDVI (Tabela 1) quanto para o EVI-2 (Tabela 2) para o tratamento ER enquanto o tratamento ESC apresentou valores mais baixos para ambos os índices estudados.

O sistema de preparo de escarificação também diferenciou-se consideravelmente dos demais tratamentos, apresentando o menor índice de vegetação médio para NDVI (Tabela 1) e EVI-2 (Tabela 2). Os tratamentos EG e ER apresentaram



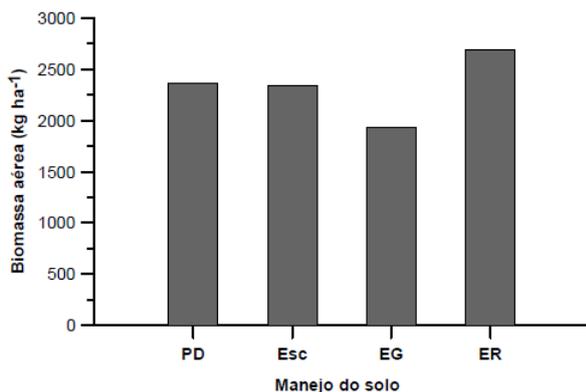
os maiores valores para NDVI e EVI-2, não diferindo entre si.

Alvarenga et al. (2015), utilizaram o índice EVI-2 a fim de discriminar diferentes sistemas de preparo do solo para plantio de soja e encontraram valores mais elevados para o sistema de plantio direto e valores mais baixos para o sistema de grade pesada. O que difere do encontrado neste trabalho. Há que considerar que as espécies estudadas possuem comportamentos bem distintos de crescimento.

Cortinove et al. (2014) não encontraram diferença significativa entre sistemas de preparo do solo (convencional e direto) em plantas de algodoeiro utilizando o NDVI. Os autores atribuíram isso ao fato de plantas de cobertura utilizadas (milheto e braquiária) aprofundarem os seus sistemas radiculares, anulando um possível efeito negativo de maior densidade dos solos no sistema de semeadura direta.

Diversas pesquisas comprovam que os sistemas de preparo de solo afetam as características físicas, químicas e biológicas dos solos (Gupta et al., 1985; Dias Junior & Pierce, 1996), influenciando diretamente na produção de biomassa pelas plantas.

Prevedello (2008) comparou diferentes preparos de solo e verificou que quanto maior a intensificação no preparo do solo, melhor será o desenvolvimento das mudas de *E. grandis* (Figura 1).



**Figura 1-** Biomassa das árvores médias, determinada aos 8 meses de idade do *E. grandis*. (Fonte: Prevedello, 2008)

A autora atribuiu o crescimento mais rápido no preparo do solo com enxada rotativa a maior disponibilidade de nutrientes nesse sistema proporcionado pelo maior revolvimento do solo. Finger et al. (1996) também verificaram efeito positivo da subsolagem no crescimento inicial do *E. grandis*.

Kluthcouski et al (2000) destaca que o rendimento na maioria das culturas sob diferentes manejo do solo depende, dentre outros, das condições climáticas, da qualidade do manejo, do nível de fertilidade do solo e do estado sanitário da cultura. Por estas razões, tem sido bastante variável, na literatura, o comportamento das culturas sob diferentes manejos do solo.

## CONCLUSÕES

A utilização dos índices de NDVI e EVI-2 possibilitou diferenciar dois sistemas de preparo de solo no cultivo do eucalipto: o Sistema de Plantio direto (PD) e a escarificação (ESC). Os sistemas EG e ER não se diferenciaram entre si e apresentaram valores de NDVI e EVI-2 maiores do que PD e ESC.

O uso de sensores multiespectrais têm se expandido principalmente em estudos envolvendo espécies agrícolas, no entanto, são mais escassos os estudos envolvendo espécies florestais. Nesse trabalho demonstrou-se a possibilidade de uso de dados espectrais de forma que possam ser utilizados em aplicações sistemáticas no mapeamento de silvicultura de precisão com destaque para diferenciação de práticas de manejo do solo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T.S. Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo do solo. 2008. 100p. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ALVARENGA, S.V.R. et al. Discriminação de sistemas de preparo do solo para plantio de soja por meio de EVI-2 aplicados a dados do sensor Worldview-2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, João Pessoa, 2015. Anais. João Pessoa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. p. 2701-2707.

ASNER, G. P. & TOWNSEND, A. R. Satellite observation of El Niño effects on Amazon forest phenology and productivity. Geophysical Research Letters, 27: 981-984, 2000.

BOECHAT, L. T. et al. Detecção do mofo-branco no feijoeiro, utilizando características espectrais. Revista Ceres, 61: 907-915, 2014.

CORTINOVE, L.; GIMENEZ, L.; KAPPES, C. efeito da rotação de culturas e sistemas de preparo do solo no vigor de plantas de algodão determinado através de dois índices de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, São Pedro-SP, 2014.

- DIAS JUNIOR, M. S.; PIERCE, F. J. Revisão de Literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20: 175-182, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- FINGER, C.A. et al. Influência da camada de impedimento no solo sobre o crescimento de *Eucalyptus grandis* (Hill) ex Maiden. *Ciência Florestal*, 6:137- 145, 1996.
- GUPTA, S.C. et al. Development of quids for estimating the ease of compaction of world soils. Bet Dagan, Israel: Binational Agriculture Research Development. University of Minnesota, 1985. 178 p.
- JENSEN, J.R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- JIANG, Z., et al. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112: 3833–3845, 2008.
- KLUTHCOUSKI, J. et al. Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia agricola*, 57: 97-104, 2000.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.
- PREVEDELLO, J. Preparo do solo e crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. em argissolo. 2008. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- ROUSE, J.W. et al. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: ERTS Symposium, 3, Washington, 1973. Proceedings. NASA, 1973. p. 309-317.

**Tabela 1.** Estatística descritiva e teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis* para o NDVI.

Tratamentos	Nº de amostras	Média	Desvio Padrão	Ranking Médias	Grupos
Plantio Direto (PD)	45	0,793	0,023	78,511	b
Escarificação (ESC)	45	0,792	0,011	57,555	c
Esc + Grade niveladora (EG)	45	0,802	0,008	104,622	a
Enxada Rotativa (ER)	45	0,805	0,009	121,311	a

**Tabela 2.** Estatística descritiva e teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis* para o EVI-2.

Tratamentos	Nº de amostras	Média	Desvio Padrão	Ranking Médias	Grupos
Plantio Direto (PD)	45	0,628	0,038	84,422	b
Escarificação (ESC)	45	0,620	0,013	44,378	c
Esc + Grade niveladora (EG)	45	0,644	0,024	112,378	a
Enxada Rotativa (ER)	45	0,647	0,031	120,822	a