

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (IRVI) NA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA AVEIA-BRANCA IRRIGADA POR ÁGUA RESIDUÁRIA

ANDERSON P. COELHO¹, DAVID L. ROSALEN², ALINE M. da S. BARBOSA³, YANE de F. da SILVA⁴, ROGÉRIO T. de FARIA⁵

¹Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, anderson_100ssp@hotmail.com

²Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, rosalen@fcav.unesp.br

³Eng^a Ambiental, Mestranda em Agronomia (Ciência do solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, aline.m.barbosa@hotmail.com

⁴Eng^a. Agrônoma, Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, yanefsilva@gmail.com

⁵Eng. Agrônomo, Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, rogeriofaria@fcav.unesp.br

Apresentado no
XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa viável para atender as necessidades hídricas e nutricionais das plantas. Objetivou-se avaliar a acurácia de modelos de regressão linear na estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca, irrigada por efluente de esgoto tratado (EET), utilizando o índice de vegetação IRVI (inverse ratio vegetation index). O experimento apresentou 5 tratamentos, com diferentes níveis de EET na lâmina de irrigação (100%, 87%, 60%, 31% e 11%), cada um com 4 repetições. Obtiveram-se os índices médios de IRVI na cultura pelo sensor terrestre ativo (GreenSeeker), aparelho que também fornece valores de NDVI, em 4 estádios da cultura. As regressões foram submetidas à análise de variância (Teste F) e sua acurácia verificada pela avaliação do coeficiente de determinação (R^2), raiz quadrada do erro médio (RMSE) e erro médio (ME). O IRVI apresenta elevada correlação para a estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca. A produtividade de grãos pode ser estimada com elevada acurácia, a partir de leituras de IRVI, desde o início do ciclo da aveia-branca, enquanto a biomassa apresenta maior acurácia para leituras a partir do aparecimento da folha bandeira da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa; Efluente de esgoto; Nitrogênio

VEGETATION INDEX (IRVI) IN THE ESTIMATION OF THE YIELD WHITE OATS IRRIGATED BY WASTEWATER

ABSTRACT: The use of wastewater in agriculture is a viable alternative to meet the water and nutritional needs of plants. The objective of this study was to evaluate the accuracy of linear regression models in estimating grain yield and biomass of white oats irrigated by treated sewage effluent (TSE) using the vegetation index IRVI (inverse ratio vegetation index). The experiment had 5 treatments, with different levels of TSE in the irrigation depths (100%, 87%, 60%, 31% and 11%), each with 4 repetitions. Mean IRVI values in the crop were obtained by the active terrestrial sensor (GreenSeeker), which also provides NDVI values, at 4 stages of culture. The regressions were submitted to analysis of variance (Test F) and their accuracy was verified by the determination of the coefficient of determination (R^2), square root mean error (RMSE) and mean error (ME). The IRVI presents high correlation for the estimation of grain yield and biomass of white oats. Grain productivity can be estimated with good accuracy from IRVI readings since the beginning of the white oat cycle, while biomass is more accurate for readings from the appearance of the leaf of the crop.

KEYWORDS: Biomass; Nitrogen; Sewage effluent

INTRODUÇÃO

O uso de águas residuárias na irrigação vem sendo amplamente estudado e recomendado em todo o mundo como alternativa viável para atender as necessidades hídricas e nutricionais das plantas, bem como alternativa para sustentabilidade ambiental. A pouca experiência com a utilização de efluentes em irrigação no país resulta na falta de legislação para a aplicação de água de esgoto tratado na

agricultura. Assim, há carência de estudos para embasar a elaboração de legislação específica, seja em função da quantidade máxima a ser aplicada bem como a definição de culturas aptas ou não. A utilização de sensores na agricultura é uma forma eficiente para avaliar o estado nutricional das culturas e estimar a produtividade e biomassa (GROHS et al., 2011; BREDEMIER et al., 2013). Além disso, permite uma adaptabilidade e facilidade de aquisição de dados em tempo real para fazer os tratamentos culturais necessários. Os índices de vegetação são umas das medidas que apresentam maior adaptabilidade às diferentes condições, seja em função de doses de adubação, lâminas de irrigação e cultura (IHUOMA & MADRAMOOTOO, 2017). Existem diversos índices que são calculados em função da reflectância de ondas em comprimentos específicos. Dentre os mais conhecidos estão o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), RVI, NDRE e SAVI. No entanto, existe o índice razão inversa do índice de vegetação (IRVI) que é muito pouco utilizado e estudado. Em culturas de inverno, como o trigo, o IRVI apresenta precisão semelhante ao NDVI, com potencial para estimar a biomassa da cultura (KAPP JÚNIOR et al., 2016). Dessa forma, objetivou-se avaliar a acurácia da estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca utilizando o IRVI e modelos de regressão linear.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da FCAV-UNESP, Jaboticabal, SP, com latitude de 21°14'44"S, longitude 48°17'00"W e altitude de 545 metros. Foi utilizado um desenho experimental do tipo "linha de aspersores" com três linhas, uma central para distribuir efluente de esgoto tratado (EET) e duas externas para aplicar água de irrigação. Esse desenho experimental possibilita distribuir a água de irrigação e EET de tal forma que a lâmina aplicada seja uniforme no centro da área experimental, porém com taxas variáveis de aplicação do efluente (LAUER, 1983). Desta forma, a taxa de aplicação do efluente varia na direção perpendicular à linha de aspersores, de alta concentração, próximo da linha de aspersores que aplica EET, até concentração muito baixa, próximo das linhas de aspersores que aplicam somente água. Em teste de campo definiram-se também as frações de distribuição da precipitação dos aspersores, que foram utilizadas para definir as doses de efluente em água, correspondentes a 100%, 87%, 60%, 31% e 11%, para os tratamentos E5, E4, E3, E2 e E1, respectivamente, com as doses de N variando na mesma proporção para os tratamentos. As parcelas experimentais possuíam 4,5 m de comprimento e 2,4 m de largura. Os primeiros 50 cm iniciais de cada lado das parcelas foram considerados como bordadura. A aveia-branca, cultivar IAC 7, foi semeada no dia 09 de maio de 2017, na densidade de 80 kg de sementes por ha e no espaçamento de 17 cm entre linhas, em área anteriormente cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A calagem foi realizada 30 dias antes da instalação do experimento, com dose de 1,5 t ha⁻¹ de calcário com PRNT igual a 80. A adubação de plantio foi: 20 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura foi realizada em função da demanda hídrica da cultura. O manejo da irrigação foi realizado com base na demanda hídrica da cultura, de acordo com o método FAO 56, utilizando dados climáticos obtidos diariamente na estação agrometeorológica automatizada da FCAV/UNESP. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi estimada diariamente pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). A irrigação sempre foi realizada quando o déficit hídrico na área fosse igual a 23 mm. Essa lâmina foi calculada em função das características culturais da aveia e físicas do solo, com base na curva de retenção de água. Para o cálculo foi utilizado profundidade efetiva de raízes de 40 cm e fator de disponibilidade de água no solo de 50% (ALLEN et al., 1998). O índice de vegetação inverse ration vegetation index (IRVI) foi medido por toda a parcela útil, apresentando de 20 a 30 medidas por cada unidade experimental. Utilizou-se a média das medidas para o IRVI de cada parcela. Foram definidas quatro épocas de avaliação, sendo elas: estágio 4 (aparecimento do pseudocaule), estágio 8 (início do emborrachamento), estágio 10 (bainha da folha bandeira visível) e outra no estágio 10.5.4 (grão aquoso), de acordo com a escala fenológica de Feekes e Large para cereais de inverno (LARGE, 1954). Regressões lineares simples para previsão da produtividade da aveia-branca foram geradas a partir do valor médio do IRVI em cada parcela experimental e para cada avaliação. As regressões foram submetidas à análise variância (Teste F), ao nível de significância de 5%. A verificação da acurácia das regressões foi realizada pelos seguintes parâmetros: raiz quadrada do erro médio (RSME), erro médio (ME) e coeficiente de determinação (R²).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das 20 parcelas do experimento para a análise da regressão, 8 pontos foram retirados, referentes aos tratamentos E4 e E5. Isso ocorreu, pois as plantas acamaram devido à elevada altura nesses tratamentos. O acamamento ocorreu na fase de enchimento de grãos, afetando muito a produtividade final da cultura. Com isso, a correlação das leituras de IRVI com a biomassa e produtividade de grãos quando a análise foi realizada com todos os tratamentos apresentou-se muito baixa ($r < 0.3$). Utilizando o IRVI médio na última avaliação e a regressão com os demais tratamentos para estimar a produtividade de grãos dos tratamentos E4 e E5, verifica-se rendimentos de 6087 kg ha^{-1} e 6152 kg ha^{-1} , respectivamente.

Para a produtividade de grãos (Figura 1), os coeficientes de determinação foram elevados em todos os períodos avaliados, sendo superiores a 0,75. O erro apresentado pelos modelos (RSME) foram próximos para todas as avaliações, variando de 474 kg ha^{-1} a 520 kg ha^{-1} . Além disso, o erro médio de estimativa (ME) foi próximo a zero em todas as fases avaliadas, indicando não existir tendência de sub ou superestimar os valores observados em campo. Dessa maneira, observa-se que, do ponto de vista técnico, a produtividade de grãos da aveia branca pode ser estimada por leituras de IRVI a partir do início do ciclo da cultura, não existindo grandes diferenças de acurácia para avaliações próximas ao florescimento.

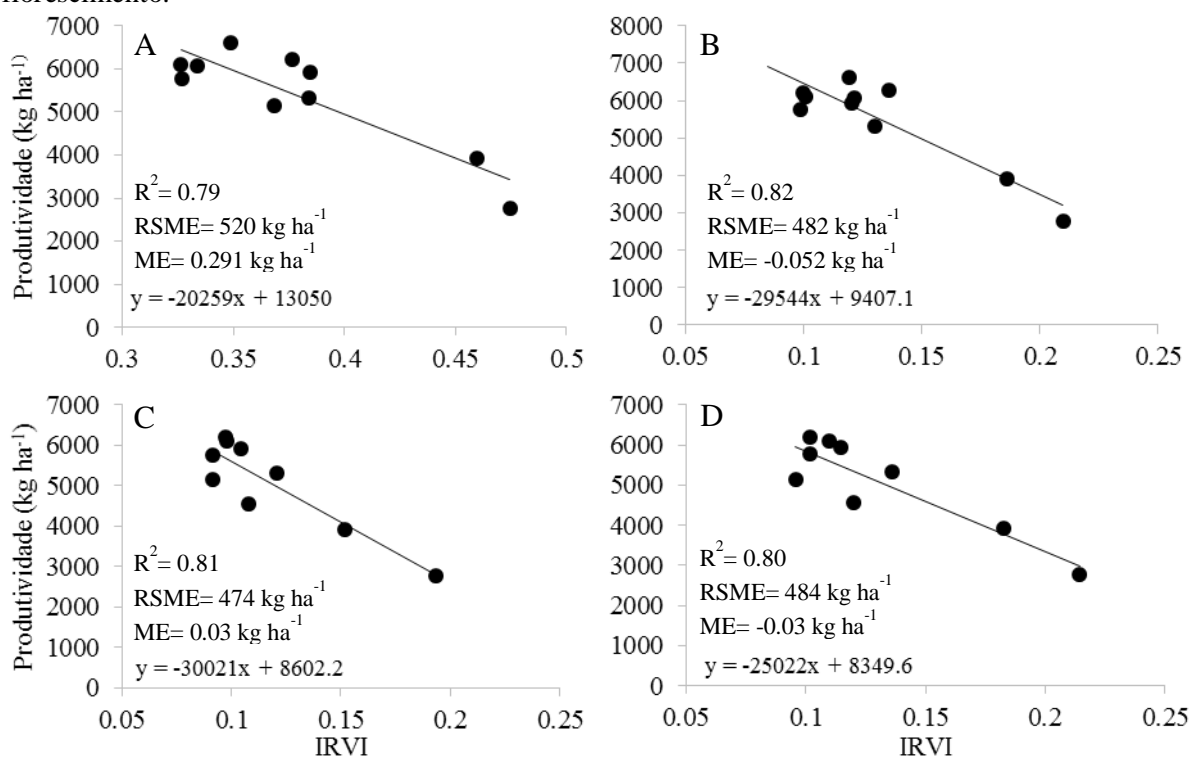


Figura 1. Estimativa da produtividade de grãos da aveia-branca sob aplicação de níveis de efluente de esgoto, utilizando leituras de IRVI, para as fases de início do aparecimento do pseudocaule (A), emborrachamento (B), bainha da folha bandeira visível (C) e grão aquoso (D).

Para a estimativa da biomassa (Figura 2), observa-se que a precisão foi maior nas duas últimas avaliações, apresentando coeficiente de determinação de 0,73 e 0,68 para as fases de bainha da folha bandeira visível e grão aquoso, respectivamente. Além disso, o RSME foi menor para as duas últimas avaliações, com média de 1500 kg ha^{-1} . Bao et al. (2009), observaram maior correlação de leituras de índices de vegetação com a biomassa de trigo no início do desenvolvimento da cultura, na fase de alongamento. Para o presente trabalho as maiores correlações da leitura do IRVI com a biomassa foram próximas ao florescimento da aveia-branca. Isso pode ter ocorrido, pois o fornecimento de N para a aveia era em função da demanda hídrica da cultura. Dessa maneira, maiores quantidades de N foram aplicadas em fases mais próximas ao florescimento, uma vez que a demanda hídrica da cultura aumenta de forma linear do início do desenvolvimento até o aparecimento das flores (ALLEN et al., 1998).

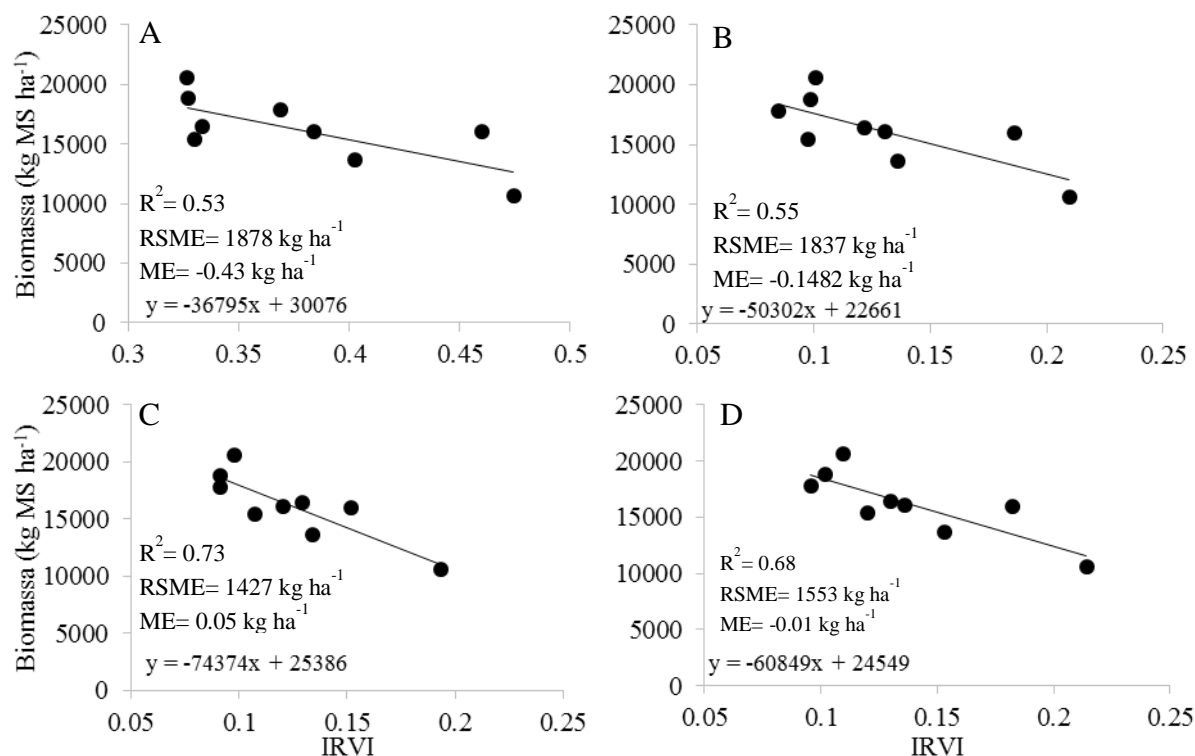


Figura 2. Estimativa da biomassa da aveia-branca sob aplicação de níveis de efluente de esgoto, utilizando leituras de IRVI, para as fases de início do aparecimento do pseudocaule (A), emborrachamento (B), bainha da folha bandeira visível (C) e grão aquoso (D).

CONCLUSÕES

O IRVI apresenta elevada correlação para a estimativa da produtividade de grãos e biomassa da aveia-branca. A produtividade de grãos pode ser estimada com boa acurácia a partir de leituras de IRVI desde o início do ciclo da aveia-branca. A biomassa da aveia-branca pode ser estimada com elevada acurácia em fases mais adiantadas do ciclo, a partir do aparecimento da folha bandeira.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** - Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO. 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).
- BAO, Y.; GAO, W.; GAO, Z. Estimation of winter wheat biomass based on remote sensing data at various spatial and spectral resolutions. **Front. Earth. Sci**, v.3, n.1, p.118-128, 2009.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1.147-1.154, 2013.
- GROHS, D. S.; BREDEMEIER, C.; POLETTO, N.; MUNDSTOCK, C. M. Validação de modelo para predição do potencial produtivo de trigo com sensor óptico ativo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.4, p.446-449, 2011.
- IHUOMA, S.O.; MADRAMOOTOO, C.A. Recent advances in crop water stress detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.141, p.267-275, 2017.
- KAPP JUNIOR, C.; GUIMARÃES, A.M.; CAIRES, E.F. Use of active canopy sensors to discriminate wheat response to nitrogen fertilization under no-tillage. **Engenharia Agrícola**, v.36, n.5, p.886-894, 2016.
- LARGE, E.C. Growth stages in cereals illustration of the Feeks scales. **Plant Pathology**, v.4, p.22-24, 1954.
- LAUER, D. A. Line-source sprinkler systems for experimentation with sprinkler-applied nitrogen fertilizers. **Soil Science Society of America Journal**, v. 47, n. 1, p. 124-128, 1983.