



CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA

Anderson Prates Coelho¹, Rogério Teixeira de Faria², Alexandre Barcellos Dalri³, Luiz Fabiano Palaretti⁴, José Renato Zanini⁵

RESUMO

A utilização de clorofilômetros na agricultura é uma maneira eficiente de determinar estresses nutricionais e hídricos sofridos pelas culturas, além de dar embasamento para tratamentos culturais como adubação nitrogenada e irrigação. Objetivou-se avaliar a dose de N em cobertura, fornecida por efluente de esgoto, e a lâmina de irrigação que não causa estresse na cultura da aveia-branca, através de leituras indiretas de clorofila, além de indicar a melhor folha para a avaliação. O experimento foi conduzido na FCAV/Unesp, Jaboticabal, SP. Os níveis de efluente de esgoto na lâmina de irrigação foram de 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. As lâminas de irrigação para os tratamentos L5, L4, L3, L2 e L1 seguem os mesmos níveis anteriores, respectivamente. Cada tratamento apresentava 4 repetições. A leitura de clorofila (ICF) foi realizada pelo clorofilômetro Falker ClorofiLOG[®] 1030 nas folhas bandeira (FB) e bandeira -1 (FB-1). Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e o teste de média foi realizado pelo teste t de Student ao nível de 5% de significância. As regressões foram comparadas pelo teste de Akaike. Não houve diferença da leitura de clorofila entre a FB e FB-1. A dose de N em cobertura que garantiu o maior ICF foi de 91,7 kg ha⁻¹. A lâmina mínima de irrigação que apresentou o maior ICF foi de 74,3% da ETc. Plantas sob estresse apresentam maior relação clorofila *a/b*.

Palavras-chave: Água residuária; Clorofila; Doses de N; Lâminas de irrigação

¹ Mestrando em Agronomia (Produção vegetal), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, e-mail: anderson_100ssp@hotmail.com

² Prof. Dr. (Dpto de Engenharia Rural), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, e-mail: rogeriofaria@fcav.unesp.br

³ Prof. Dr. (Dpto de Engenharia Rural), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, e-mail: dalri@fcav.unesp.br

⁴ Prof. Dr. (Dpto de Engenharia Rural), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, e-mail: lfpalaretti@fcav.unesp.br

⁵ Prof. Dr. (Dpto de Engenharia Rural), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal/SP, e-mail: jrzanini@fcav.unesp.br

CHLOROPHYLL METERS AS FORM IRRIGATION MANAGEMENT AND NITROGEN FERTILIZATION IN OATS

ABSTRACT

The use of chlorophyll meter in agriculture is an efficient way of determining nutritional and water stresses suffered by crops, as well as providing support for crop managements as nitrogen fertilization and irrigation. The objective of this study was to evaluate the rate of N, provided by sewage effluent, and the irrigation depth non-stressing in oats crop, through indirect chlorophyll readings, and too indicating the best leaf for the evaluation. The experiment was conducted at FCAV/Unesp, Jaboticabal, SP. The levels of sewage effluent in the irrigation depth were 100%, 87%, 60%, 31% and 11% for treatments E5, E4, E3, E2 and E1, respectively, with N rates varying in the same proportion. The irrigation depths for the treatments L5, L4, L3, L2 and L1 follow the same levels above, respectively. Each treatment had 4 replicates. Chlorophyll reading (ICF) was performed by the Falker ChlorophiLOG® 1030 chlorophyll meter on flag leaf (FL) and Flag-1 (FL-1). Data were submitted to analysis of variance (Teste F) and the mean test was performed by t Student at the 5% level significance. The regressions were compared by Akaike test. There was no difference in chlorophyll reading between FL and FL-1. The Rates of N that begin the highest ICF was 91.7 kg ha⁻¹. The irrigation depth that presented the highest ICF was 74.3% of the ETc. Plants under stress have higher chlorophyll *a/b* ratio.

Keywords: Chlorophyll; Rates of N; Irrigation depth; Wastewater

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 utilização de águas residuárias na agricultura irrigada pode ser uma forma efetiva de controle da poluição, aumento da disponibilidade hídrica e redução na demanda de fertilizantes para adubação convencional, apresentando assim, benefícios econômicos, sociais e ambientais (HESPANHOL, 2003). Além disso, a otimização de água para uso na agricultura é outro assunto de relevante importância social, ambiental e econômica. Diversas pesquisas indicam que as culturas podem obter seu máximo rendimento quando cultivadas sob irrigação deficitária (COSTA et al., 2016), apresentando receitas economicamente viáveis com lâminas de irrigação que podem variar de 75% a 80% da ETc (ZWIRTES et al., 2015; MARTINS et al., 2016).

A irrigação torna-se fundamental para obtenção de máximos rendimentos em culturas de inverno no Brasil, dentre as quais pode-se destacar trigo, aveia, centeio e cevada. Nessas condições, incrementos de produtividade de até 250% podem ser alcançados (BOSCHINI et al., 2011). A importância da cultura da aveia vem crescendo exponencialmente no Brasil nos últimos 10 anos, sendo que a área plantada passou de 106,1 10³ ha em 2007 para 291,5 10³ ha em 2017, crescimento de 174% (CONAB, 2017). Para o aumento da produtividade da cultura, verifica-se que o manejo da adubação nitrogenada torna-se essencial, uma vez que doses baixas podem levar ao estresse nutricional das plantas. Para produção de forragem, o máximo retorno econômico, em plantio convencional, é obtido com dose de N equivalente a 160 kg ha⁻¹ (PRIMAVESI et al., 2004). Para a produção de grãos, doses de N, com fonte mineral, equivalentes a 80 kg ha⁻¹ garantem produtividade que variam de 3,2 t ha⁻¹ (KOLCHINSKI & SCHUCH, 2003) a 3,8 t ha⁻¹ (CECCON et al., 2004).

O fluxo de massa é o principal processo de transporte de N no solo e, devido a água ser

CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA

o maior meio de transporte de nutrientes e metabólitos (LISAR et al., 2012), a falta de umidade no solo pode levar às plantas ao estresse nutricional (FAROOQ et al., 2009). No entanto, a avaliação do estresse nutricional requer avaliações laborais onerosas e, muitas vezes, de elevado custo. Dessa forma, a utilização de clorofilômetro portátil para a avaliação, especialmente para o N, é uma maneira rápida e precisa de avaliação (BARBIERI JÚNIOR et al., 2012).

Os clorofilômetros medem, de forma não destrutiva, o teor de clorofilas (*a*, *b* e total) das folhas. Como grande parte do nitrogênio da planta está na molécula de clorofila, observam-se correlações fortes da leitura do clorofilômetro com a clorofila determinada e com as doses de N aplicadas (SILVA et al., 2014; GODOY et al., 2007). Dentre os clorofilômetros portáteis, a leitura do teor de clorofila pelo equipamento Falker ClorofILOG[®] 1030 é igual a determinada no laboratório, sendo o mais preciso para essa variável (SCHLICHTING et al., 2015).

Sendo assim, objetivou-se, por meio de modelagem, determinar a dose de N, fornecida por água residuária, e a lâmina de irrigação ideal às plantas de aveia-branca (*Avena sativa* L.), por meio de leituras indiretas de clorofila, além de indicar a melhor folha para a avaliação desse componente.

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. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, subtropical, relativamente seco no inverno, com chuvas de verão, apresentando temperatura média anual de 22°C e precipitação anual normal de 1.424,6 mm (ALVARES et al., 2013). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2013), cujas características físicas são apresentadas na Tabela 1 e químicas nas Tabela 2.

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental. Jaboticabal, SP.

Prof. (cm)	ds* (g cm ⁻³)	Umidade na CC* (cm ³ cm ⁻³)	Umidade no PMP* (cm ³ cm ⁻³)	Areia total (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Textura do solo
0 – 20	1,45	0,45	0,33	310	470	220	Argiloso
20 – 40	1,49	0,41	0,30	270	520	200	Argiloso

*ds: densidade do solo; CC: Capacidade de campo; PMP: Ponto de murcha permanente

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental. Jaboticabal, SP.

Camada (cm)	pH CaCl ₂	M.O. (g dm ⁻³)	P _{resina} (mg dm ⁻³)	S							CTC	V%
					H+Al	Al	K	Ca	Mg	SB		
0 – 20	5,6	40	67	5	21	1	3,4	36	13	52,7	73,9	71
20 – 40	5,8	40	68	5	20	1	3,2	36	11	50,3	70,4	71

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 (Figura 1). 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.

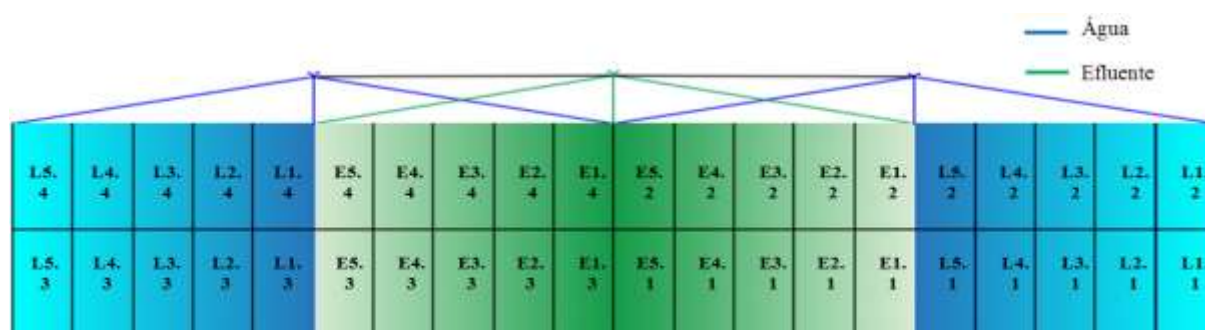


Figura 1. Croqui da área experimental com os tratamentos que aplicam taxas variáveis de efluente de esgoto tratado (E1 a E5) e lâminas de irrigação (L1 a L5), com quatro repetições. Jaboticabal, SP.

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 aos tratamentos experimentais 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 (Figura 2). A mesma distribuição dos tratamentos foi utilizada para a distribuição o manejo da água nos tratamentos que receberam somente água, com os tratamentos L5, L4, L3, L2 e L1 recebendo 100%, 87%, 60%, 31% e 11%, respectivamente, da quantidade de água evapotranspirada pela cultura (ETc).

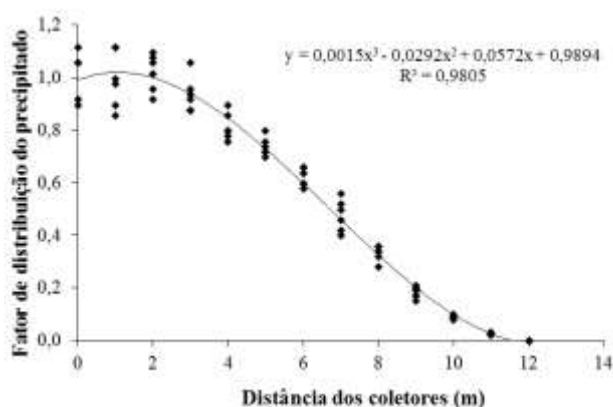


Figura 2. Frações de distribuição da precipitação dos aspersores em função da distância ou tratamentos das linhas de irrigação espaçadas de 12 m, com aspersores espaçados de 6 m na linha.

Foi utilizado aspersores Senninger Modelo 3023-2 e bocais $\frac{3}{4}$ " M 08Qx05. O espaçamento foi de 12 m entre linhas de aspersores e 6 m entre aspersores. A intensidade de aplicação de água dos aspersores foi medida em campo, em testes com coletores, obtendo-se taxa de 12 mm hora⁻¹. O fator de distribuição da precipitação dos aspersores foi definido em teste de coletores, definindo os tratamentos de acordo com a Figura 2. As parcelas experimentais possuíam 4,5 m de comprimento e 2,4 m de largura, totalizando uma área total para o experimento de 432 m² (48 m × 9 m). Os primeiros 50 cm

Distância (m)	Tratamento	Fator de distribuição da precipitação
0,0 – 2,4	E5 e L5	1,00
2,4 – 4,8	E4 e L4	0,87
4,8 – 7,2	E3 e L3	0,60
7,2 – 9,6	E2 e L2	0,31
9,6 – 12,0	E1 e L1	0,11

iniciais de cada lado das parcelas foram considerados como bordadura.

A aveia-branca foi semeada no dia 09 de maio de 2017, na densidade de 80 kg de sementes por hectare e no espaçamento de 17 cm entre linhas, em área anteriormente cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Foi utilizada a cultivar IAC 7, que tem como características agrônomicas altura variando de 90 a 120 cm, ciclo precoce (90 a 120 dias), produtividade de grãos de até 4,0 t ha⁻¹, produtividade de palha de até 15 t ha⁻¹, além de possuir dupla aptidão, no entanto, utilizada principalmente para produção de grãos. A calagem foi realizada 30 dias antes da

CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA

instalação do experimento, com dose de 1,5 t ha⁻¹ de calcário com PRNT igual a 80. A adubação de base para o experimento com diferentes níveis de efluente de esgoto tratado foi realizada com as seguintes doses de nutrientes: 20 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura com N foi em função da demanda hídrica, com a quantidade de N variando em função dos tratamentos. Para o experimento com lâminas de irrigação, a adubação de plantio foi: 20 kg ha⁻¹ de N, 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 160 kg ha⁻¹ de K₂O. A adubação de cobertura será realizada somente com N (ureia), na dose de 100 kg ha⁻¹ e parcelada em duas vezes, a primeira no perfilhamento da aveia (60% da dose) e a segunda na fase de emborrachamento (40% da dose).

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 evapotranspiração da cultura da aveia (ET_c) foi calculada pela pelo produto da ET_o com os coeficientes de cultura (kc), de acordo com 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 (Tabela 1). 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 teor de clorofila foi medido em cinco plantas por parcela, totalizando 20 plantas por tratamento. A medida foi realizada no centro da largura das folhas a um terço do comprimento das mesmas. Nas mesmas plantas a medida foi realizada na folha bandeira (FB) e na folha bandeira -1 (FB-1), objetivando-se definir a melhor folha para a avaliação. A avaliação foi realizada no estádio reprodutivo (10.5.4), de acordo com a escala fenológica de Feekes e Large para cereais de

inverno (LARGE, 1954). Os dados obtidos no clorofilômetro Falker ClorofiLOG[®] 1030 foram transferidos para o software ClorofiLOG[®], separando a clorofila total em *a* e *b*.

O índice de clorofila obtido pelo aparelho é denominado de ICF (Índice de Clorofila Falker), sendo um valor adimensional. É um índice proporcional a valores medidos em laboratório, como gramas de clorofila por grama de folha. No entanto, a relação de proporcionalidade varia conforme a espécie em que se trabalha. O ICF é calculado com base na absorção de luz em comprimentos de onda característicos da clorofila. O aparelho mede a quantidade de radiação transmitida através das folhas, de forma óptica, em três comprimentos de onda (dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila e um no infravermelho próximo).

Foram realizadas análises de variância (Teste F) para as regressões, ao nível de significância de 5%. Além disso, o modelo geral (FB + FB-1) foi comparado com os modelos individuais das folhas Bandeira e Bandeira -1 pelo teste de Akaike corrigido (MOTULSKY & CHRISTOPOULOS, 2003), afim de definir a melhor folha e modelo para avaliação. As médias da relação clorofila a/b foram comparadas pelo teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média durante o período experimental foi de 19,5 °C (Figura 3). As temperaturas máxima e mínima médias foram 26,7 °C e 13,58 °C, respectivamente. A menor temperatura foi de 7,2 °C, enquanto a mais elevada foi de 33,6°C. De acordo com Mantai et al. (2017), as temperaturas mínimas, ideais e máximas que simulam adequadamente o ciclo da aveia são 4, 22 e 30 °C, respectivamente, para o período compreendido entre a emergência e a antese. Para o período entre a antese e a maturação as temperaturas são de 15, 25 e 35 °C, indicando que as temperaturas do período experimental foram adequadas ao desenvolvimento da aveia branca.

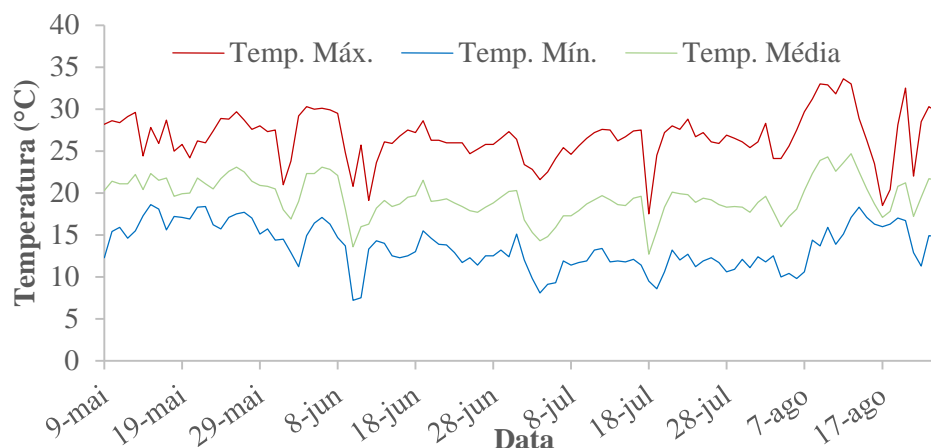


Figura 3. Temperaturas máximas, mínimas e médias do período experimental de 09/05/2017 a 24/08/2017. Jaboticabal, SP.

A precipitação e a evapotranspiração da aveia durante o ciclo foram de 126,60 mm e 207,36 mm, respectivamente (Figura 4). A lâmina total de irrigação para os tratamentos que forneciam 100% da ETc foi de 158 mm,

enquanto que a ETc máxima diária foi de 3,82 mm. As lâminas de irrigação aplicadas nos tratamentos L4, L3, L2 e L1 variaram na mesma proporção da taxa de aplicação de água pelos aspersores.

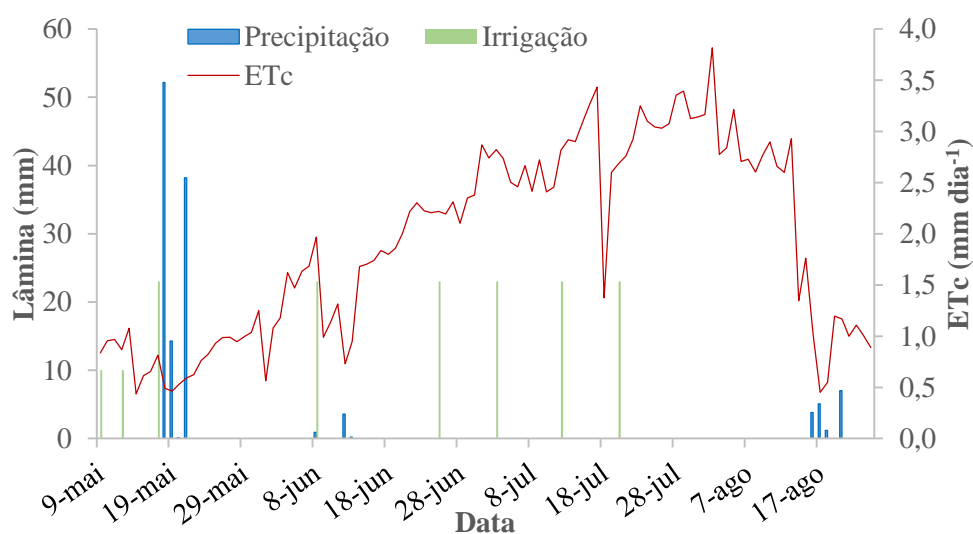


Figura 4. Precipitação, irrigação e evapotranspiração diárias para o período experimental de 09/05/2017 a 24/08/2017. Jaboticabal, SP.

A regressão foi estatisticamente significativa ($p < 0,01$) para as doses de N (Tabela 3). O R^2 ajustado foi de 0,981, ou seja, a regressão possui elevada precisão, conseguindo explicar mais de 98% dos dados. De acordo com o teste de Akaike corrigido, o modelo geral tem maior probabilidade (99,9%) de ser o mais provável, ou seja, não existe

diferença do ICF quando estimado com base na leitura na folha bandeira ou bandeira -1, explicando igualdade entre os tratamentos. Avaliando a razão de evidência (0,001), há 0,001 vezes mais probabilidade do modelo individual (FB e FB-1) estar correto em comparação ao modelo geral, indicando baixíssima chances de ocorrer essa condição.

**CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA**

Tabela 3. Análise de variância e teste de Akaike corrigido para as regressões com doses de N e lâminas de irrigação. Jaboticabal, SP.

ANOVA - Doses de N							
F.V	SQ	G.L.	QM	F	Valor-p	R²	R² ajust
Regressão	234.101	2	117.050	233.943**	<0.0001	0.985	0.981
Resíduo	3.502	7	0.500				
Total	237.603	9					
Teste de Akaike corrigido (AICc) - Doses de N							
Modelo	SQE	N	G.L.	AICc	Probabilidade	Razão de evidência	
Geral	3.502	10	3	-0.491	0.999	0.001	
Individuais	2.965	10	5	12.843	0.001		
ANOVA - Lâminas de irrigação							
F.V	SQ	G.L.	QM	F	Valor-p	R²	R² ajust
Regressão	68.413	2	34.207	123.839**	<0.0001	0.973	0.965
Resíduo	1.934	7	0.276				
Total	70.347	9					
Teste de Akaike corrigido (AICc) - Lâminas de irrigação							
Modelo	SQE	N	G.L.	AICc	Probabilidade	Razão de evidência	
Geral	1.934	10	3	-6.432	0.999	0.001	
Individuais	1.616	10	5	6.771	0.001		

A regressão para as lâminas de irrigação foi estatisticamente significativa ($p < 0,01$) (Tabela 5). O modelo possui elevada precisão, com R^2 ajustado de 0,965, ou seja, consegue explicar mais de 96% dos dados. Pelo teste de Akaike o modelo geral é mais provável que os individuais, indicando não existir diferença entre os tratamentos (FB e FB-1). A probabilidade do modelo geral ser o melhor é de 99,9%. Além disso, é a razão de evidência é praticamente nula (0,001), indicando ser muito pouco provável os modelos individuais serem melhores do que o geral. Dessa maneira, não

existe diferença entre as folhas bandeira e bandeira -1 para a análise do ICF, seja para as doses de N quanto para as lâminas de irrigação.

O modelo para estimativa do ICF em função das doses de N, com seu respectivo intervalo de confiança (5%), é apresentado na Figura 5. A dose de N que garante o máximo valor do ICF (62,1) é de 91,7 kg ha⁻¹. Sem nenhuma aplicação de N em cobertura, com apenas 20 kg do nutriente na semeadura, o ICF para aveia-branca foi de 46,1, valor 25,8% inferior ao índice máximo.

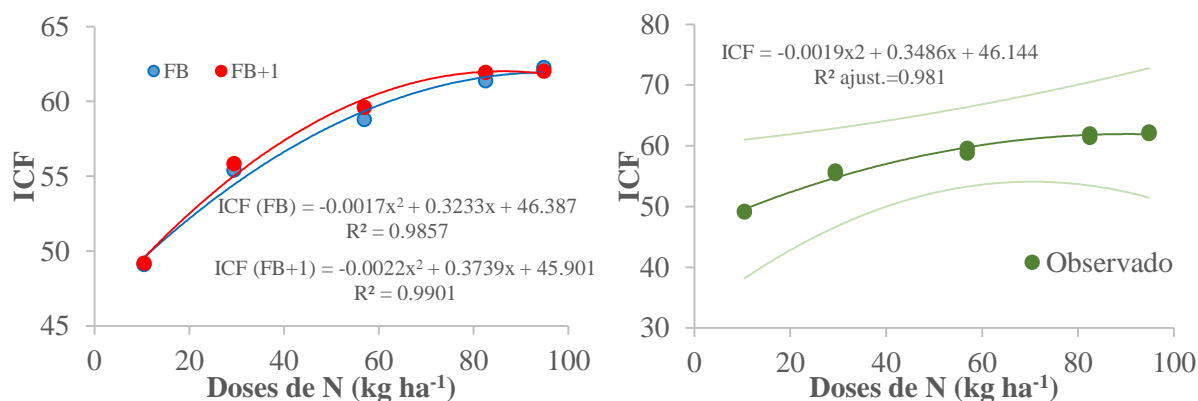


Figura 5. Modelos de estimativa do ICF utilizando dados das folhas bandeira (FB) e bandeira -1 (FB-1) (A) e o modelo geral com o respectivo intervalo de confiança (FB + FB-1) (B), em função das doses de N aplicadas em cobertura. Jaboticabal, SP.

A utilização de medidas indiretas de clorofila nas plantas pode ser muito eficiente para a agricultura, principalmente no manejo da adubação nitrogenada. Em cereais, como a aveia, existe alta correlação entre as leituras obtidas por clorofilômetros portáteis com a produtividade final (ARGENTA et al., 2001). Em arroz, a definição de doses ideais de N podem ser realizadas por meio da utilização de clorofilômetro (HUANG et al., 2008). Até mesmo em leguminosas o manejo da adubação nitrogenada por meio de leituras indiretas de clorofila é eficiente. No caso do feijão, a dose da adubação nitrogenada pode ser reduzida em até 70 kg ha⁻¹ sem interferir no rendimento de grãos (MAIA et al., 2013). Isso ocorre, pois o acompanhamento do estado nutricional da planta por meio do clorofilômetro permite a aplicação do fertilizante no momento adequado, aumentando a eficiência do mesmo.

A vantagem da utilização de

clorofilômetro portátil na avaliação nutricional de N nas plantas está no fato da medição não ser influenciada pelo consumo de luxo do nutriente (BLACKMER & SCHEPERS, 1995). Além disso, para a cultura do trigo, a clorofila é uma medida mais precisa da absorção de N pela planta do solo do que a concentração de N total na folha (SCHADCHINA & DMITRIEVA, 1995). Dessa maneira, para o presente estudo, a dose ideal de N em cobertura, fornecida por água residuária é de, aproximadamente, 90 kg ha⁻¹.

O modelo para estimativa do ICF em função das lâminas de irrigação, com seu respectivo intervalo de confiança (5%), é apresentado na Figura 6. A lâmina de irrigação que garante o máximo valor do ICF (62,9) é de 74,3% da ETc. Verifica-se que o ICF máximo para o experimento com doses de N foi de 62,1, valor muito próximo do ICF máximo para a condição sob lâminas de irrigação (62,9).

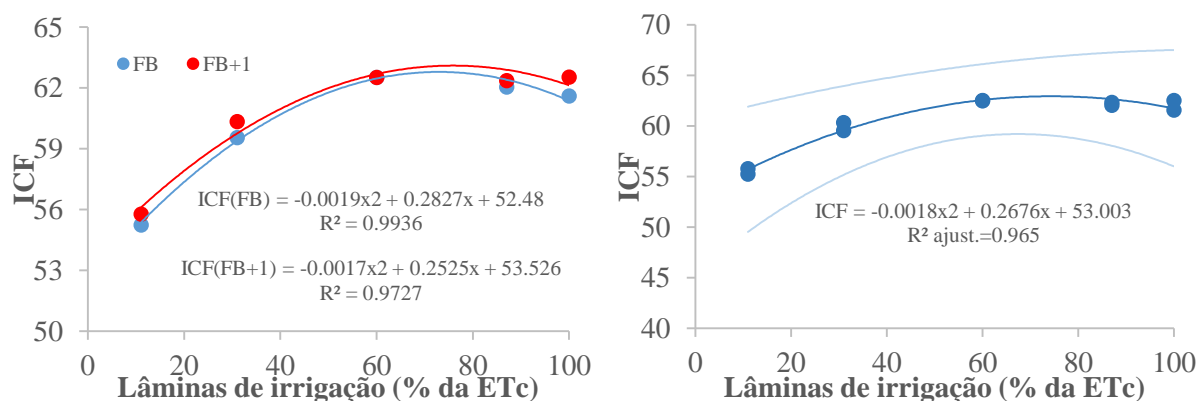


Figura 6. Modelos de estimativa do ICF utilizando dados das folhas bandeira (FB) e bandeira -1 (FB-1) (A) e o modelo geral com o respectivo intervalo de confiança (FB + FB-1) (B), em função das lâminas de irrigação aplicadas. Jaboticabal, SP.

CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA

O manejo da irrigação em culturas pode ser realizado em função de métodos não convencionais. Segundo Ihuoma & Madramootoo (2017), avaliações com índices de vegetação, como o NDVI, podem ser utilizados para o manejo da irrigação, pois o NDVI é um indicador do conteúdo de clorofila nas folhas. Leituras indiretas de clorofila também podem ser utilizadas para definição do melhor manejo de irrigação. Em culturas como o milho, sorgo e milheto, o máximo índice de clorofila foi obtido no manejo de irrigação que supria as plantas quando o solo atingia 60% da umidade da capacidade de campo (BONFIM-SILVA et al., 2011). Em arroz, a definição de índices críticos de clorofila, como parâmetro de estresse hídrico, pode levar à economia de água de irrigação (CABANGON et al., 2011).

O acompanhamento, seja nutricional ou hídrico, das lavouras por meio de clorofilômetros portáteis deve ser realizado em função de uma área referência (MAIA et al., 2012). Nela não devem existir deficiência nutricional e hídrica, utilizando para o seu manejo métodos padrões. Em função dos valores de clorofila obtidos na área referência pode-se fazer o manejo dos demais talhões, fato que dependerá da cultura de interesse.

Para feijão, por exemplo, o melhor índice para a adubação nitrogenada é quando a média do talhão for igual ou inferior a 90% da média obtida na área referência (MAIA et al., 2017).

De acordo com a Tabela 4, a relação clorofila *a/b* aumenta com o estresse, seja ele causado por baixas doses de N ou por deficiência hídrica. Para as doses de N, os tratamentos E4 e E5 possuíram relação de clorofilas estatisticamente iguais ($p < 0,01$). Para as lâminas de irrigação, os tratamentos L3, L4 e L5 foram iguais estatisticamente ($p < 0,05$) para a mesma variável. Verifica-se que tanto os tratamentos E4 e E5, quanto L3, L4 e L5 estão entre a doses de N ($91,7 \text{ kg ha}^{-1}$) e a lâmina de irrigação (74,3% da ETc) que garantem o máximo ICF. A interação “Tratamento X tipo de folha” não foi significativa, ou seja, a relação entre as clorofilas não é influenciada pelo tipo de folha avaliado.

Dessa maneira, plantas de aveia-branca estressadas apresentam maior relação clorofila *a/b*. O mesmo foi observado por Jabeen et al. (2008) em plantas de milho, em que as plantas com déficit hídrico apresentavam maior relação de clorofila *a/b*.

Tabela 4. Relação clorofila *a/b* em função das doses de N e lâminas de irrigação para as folhas Bandeira e Bandeira -1. Jaboticabal, SP.

Doses de N		Lâminas de irrigação	
Dose de N (A)	Razão clorofila <i>a/b</i>	Lâmina (A)	Razão clorofila <i>a/b</i>
E1 (10.43 kg ha^{-1})	2.88 a	L1 (11%)	2.11 a
E2 (29.39 kg ha^{-1})	2.42 b	L2 (31%)	1.99 ab
E3 (56.88 kg ha^{-1})	2.12 bc	L3 (60%)	1.85 bc
E4 (82.48 kg ha^{-1})	1.98 c	L4 (87%)	1.86 bc
E5 (94.80 kg ha^{-1})	1.95 c	L5 (100%)	1.77 c
CV (%)	13.42	CV (%)	9.1
F	13.02**	F	4.76*
Folha (B)	Razão clorofila <i>a/b</i>	Folha (B)	Razão clorofila <i>a/b</i>
FB	2.42 a	FB	1.98 a
FB-1	2.12 b	FB-1	1.85 a
CV (%)	10.89	CV (%)	12.89
F	15,45*	F	3.11 ^{ns}
AxB	2.55 ^{ns}	AxB	0.06 ^{ns}

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si (t de Student 0,05). **significativo ao nível de 1%; *significativo ao nível de 5%; ns-não significativo.

CONCLUSÕES

- 1- A dose de N em cobertura, fornecida por água residuária, que garantiu o maior índice de clorofila (62,1) para a aveia-branca foi de 91,7 kg ha⁻¹.
- 2- A lâmina de irrigação de 74,3% da ETc foi a que garantiu o maior índice de clorofila (62,9) para a aveia-branca.
- 3- Plantas com deficiência hídrica ou nutricional apresentaram maior relação de clorofila *a/b*.
- 4- Não houve diferença entre as folhas bandeira e bandeira -1 para as avaliações.

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).
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.D.; BORTOLINI, C.G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.715-722, 2001.
- BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R.O.P.; SILVA, R.V.M.M.; RIBEIRO, R.C.; MORENZ, M.J.F. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. **Ciência Rural**, v.42, n.12, p.2242-2245, 2012.
- BLACKMER, T. M.; SCHEPERS, J. S. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.1791-1800, 1995.
- BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A.; CABRAL, C.E.A.; KROTH, B.E.; REZENDE, D. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v.24, n.2, p.180-186, 2011.
- BOSCHINI, A.P.M.; SILVA, C.L.da; OLIVEIRA, C.A.daS.; OLIVEIRA JÚNIOR, M.P.de; MIRANDA, M.Z.de; FAGIOLI, M. Aspectos quantitativos e qualitativos do grão de trigo influenciados por nitrogênio e lâminas de água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.450-457, 2011.
- CABANGON, R.J.; CARTILLO, E.G.; TUONG, T.P. Chlorophyll meter-based nitrogen management of rice grown under alternate wetting and drying irrigation. **Field Crops Research**, v.121, p.136-146, 2011.
- CECCON, G.; GRASSI FILHO, H.; BICUDO, S.J. Rendimento de grãos de aveia branca (*Avena sativa* L.) em densidades de plantas e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1723-1729, 2004.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Sexto Levantamento, v.4, n.6. março/2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf > Acesso em 25 mai. 2017.
- COSTA; C.T.S.; SAAD, J.C.; SILVA JÚNIOR, H.M. da. Growth and productivity of sugarcane varieties under various irrigation levels. **Revista Caatinga**, v.29, n.4, p.945-955, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- FAROOQ, M. WAHID, A.; KOBAYASHI, N.; FUJITA, D.; BASRA, S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. **Agronomy for Sustainable Development**, v.29, p.185-212, 2009.

CLOROFILÔMETRO PORTÁTIL COMO FORMA DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO E ADUBAÇÃO
NITROGENADA EM AVEIA-BRANCA

- GODOY, L.J.G.; SOUTO, L.S.; FERNANDES, D.M.; BÔAS, R.L.V. Uso do clorofilômetro no manejo da adubação nitrogenada para milho em sucessão a pastagem de *Brachiaria decumbens*. **Ciência Rural**, v.37, n.1, p.38-44, 2007.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, v. 13, n. ESPECIAL, p. 411-437, 2003.
- HUANG, J.; HE, F.; CUI, K.; BURESH, R.J.; XU, B. GONG, W.; PENG, S. Determination of nitrogen rate for rice varieties using a chlorophyll meter. **Field Crops Research**, v.105, p.70-80, 2008.
- IHUOMA, S.O.; MADRAMOOTOO, C.A. Recent advances in crop water stress detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.141, p.267-275, 2017.
- JABEEN, F.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. **Pakistan Journal of Botany**, v.40, n.6, p.2329-2343, 2008.
- KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1033-1038, 2003.
- 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.
- LISAR, S.Y.S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M.M.; RAHMAN, M.M. **Water stress in plants: Causes, effects and responses**. Water stress, 300 p. 2012.
- MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; NASTARO, B.; FREITAS, L.B. The nitrogen sufficiency index underlying estimates of nitrogen fertilization requirements of common bean. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.183-191, 2012.
- MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; BIAZOTTO, F.O.; ALMEIDA, A.Q. Estimativa da necessidade de nitrogênio em obertura no feijoeiro IAC Alvorada com clorofilômetro portátil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.5, p.2229-2238, 2013.
- MAIA, S.C.M.; SORATTO, R.P.; LIEBE, S.M.; ALMEIDA, A.Q. Criteria for topdressing nitrogen application to common bean using chlorophyll meter. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.7, p.512-520, 2017.
- MANTAI, R.D.; SILVA, J.A.; MAROLLI, A.; MAMANN, A.T.W.; SAWICKI, S.; KRUGER, C.A.M.B. Simulation os oat development cycle by photoperiod and temperature. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.1, p.3-8, 2017.
- MARTINS, J.D.; PETRY, M.T.; RODRIGUES, G. C.; CARLESSO, R. Viabilidade econômica da irrigação deficitária em milho irrigado por gotejamento. **Irriga**, Edição Especial, Grandes Culturas, p.150-165, 2016.
- MOTULSKY, H.; CHRISTOPOULOS, A. **Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression: A practical guide to curve fitting**. GraphPad Software Inc., San Diego. 2003.
- PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CANTARELLA, H.; GODOY, R. resposta da aveia branca à adubação em Latossolo vermelho-Amarelo em dois sistemas de

plantio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.79-86, 2004.

SCHLICHTING, A.F.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, M.C.; PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, T.J.A.; FARIAS, L.N. Efficiency of portable chlorophyll meters in assessing the nutritional status of wheat plants. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1148-1151, 2015.

SCHADCHINA, T. M.; DMITRIEVA, V. V. Leaf chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant nitrogen uptake from the soil. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1427-1437, 1995.

SILVA, M.A.; SANTOS, C.M.; VITORINO, H.S.; RHEIN, A.F.L. Pigmentos fotossintéticos e índice SPAD como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.30, n.1, p.173-181, 2014.

ZWIRTES, A.L.; CARLESSO, R.; PETRY, M.T.; KUNZ, J.; REIMANN, G.K. Desempenho produtivo e retorno econômico da cultura do sorgo submetida à irrigação deficitária. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.4, p.676-688, 2015.