



Imagem digital da folha do milho como diagnóstico do teor de nitrogênio e clorofila

Nilton Koga Ferreira Rosa⁽²⁾; Leandro José Grava de Godoy⁽³⁾; André Tirapelle Perez⁽⁴⁾; Caio Rodrigues de Campos⁽⁴⁾; Alexandre Katsuyoshi Kiyomura⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Pró-Reitoria de Pesquisa (PROPe)

⁽²⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (niltonkoga@registro.unesp.br); ⁽³⁾ Dr., Professor de Fertilidade do Solo, Nutrição e Adubação de Culturas; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP; (legodoy@registro.unesp.br); ⁽⁴⁾ Estudante do curso de Agronomia; Universidade Estadual Paulista - UNESP; Registro, SP.

RESUMO: Cada vez mais se busca rapidez no diagnóstico nutricional das plantas para agilizar as tomadas de decisão para sanar deficiências encontradas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a utilização da imagem digital da folha para estimar a concentração de nitrogênio e clorofila nas folhas de plantas de milho. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6, sendo dois cultivares de milho e seis doses de nitrogênio que foram aplicadas na semeadura e em cobertura. Cada vaso continha duas plantas de milho, com sete repetições. Foram obtidas imagens digitais da folha recém-desenvolvida das plantas de milho por meio de câmera digital. As imagens obtidas com a câmera digital foram descarregadas no computador e, por fim, processadas em dois programas diferentes. Foram realizadas medidas com o clorofilômetro, teor de nitrogênio na planta, e fitomassa seca. O matiz e o ICVE calculados com base na imagem digital da folha recém-desenvolvida do milho são influenciados pelas doses de N e pelas cultivares, e podem auxiliar no diagnóstico do teor de N e de Clorofila da planta. Novos estudos devem ser realizados para aperfeiçoar e validar a técnica.

Palavras-chave: *Zea mays*; adubação; foto.

INTRODUÇÃO

Dentre as técnicas para obtenção do diagnóstico do estado nutricional em nitrogênio estão a utilização do clorofilômetro, medidor portátil de nitrato, análise química da folha e a análise da imagem digital. Esta última técnica vem sendo estudada e parece ser vantajosa pela simplicidade, rapidez e baixo custo.

A deficiência de N é manifestada pela coloração verde-clara da planta ou pela clorose nas folhas inferiores (Filgueira, 2008). Entretanto, quando os sintomas se manifestam, a produção já pode ter sido prejudicada, principalmente em culturas anuais onde o ciclo é curto.

São poucos ainda os trabalhos com imagem digital para auxílio na diagnose nutricional de plantas na agricultura, porém, com o aumento da qualidade e mais fácil obtenção e manipulação dessas imagens por meio de programas editores, pode ser uma técnica promissora para predizer o estado

nutricional em N e de forma simples e rápida, auxiliar no manejo e na recomendação da adubação nitrogenada.

Diante desse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar a utilização da imagem digital da folha para estimar a concentração de nitrogênio e clorofila nas folhas de milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação ('teto em arco') situada no Câmpus de Registro, Universidade Estadual Paulista, localizado no município de Registro, SP, localizado nas coordenadas geográficas -24°29'15" S, 47°50'37" O.

O solo foi coletado na camada de 10 a 30 cm, no Câmpus de Registro, e classificado como Latossolo Amarelo (Lepsch et al., 1999).

Uma amostra do solo coletado foi submetida a análise, e por meio do resultado foi realizado a calagem com calcário dolomítico para elevar a saturação de bases para 70% (Rajj et al, 1997). Após 20 dias, aplicou-se 250 mg dm⁻³ P e 150 mg dm⁻³ K, na forma de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. O nitrogênio foi aplicado de acordo com os tratamentos. Cada vaso continha 10 kg de solo com duas plantas compondo a unidade experimental. As plantas foram conduzidas até o pendoamento.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 com sete repetições, sendo dois cultivares de milho (AG7098 e AG8676) e seis doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100, 150 e 300 mg dm⁻³ N), que foram aplicadas em 1/3 na semeadura e 2/3 em cobertura, dividido nos estádios de 3 folhas ('V3') e 6 folhas ('V6'). Na cobertura foi aplicado também mais 50 mg dm⁻³ de K. Como fonte de N utilizou-se a ureia.

A irrigação foi feita por meio de rega buscando manter o teor de água a 70 % da capacidade máxima de retenção do solo.

Um dia antes da adubação nitrogenada de cobertura, nos estádios 'V3' e 'V6', e no pendoamento foram obtidas as imagens digitais e a medida com o clorofilômetro (SPAD-502) da folha recém-desenvolvida de cada planta.

Para obtenção das imagens foi utilizada uma câmera digital com resolução de 8 megapixel, com função Macro (para obter foto a pequena distância) e sem flash com aproximadamente 25 cm de distância da folha, no período da manhã, gravadas no formato JPEG. Para destacar a coloração verde e evitar a influência da radiação solar, foi usada uma caixa de papelão revestida por TNT rosa, aonde as folhas foram alocadas, uma de cada vez, para destacar a coloração verde e evitar a influência da radiação solar. As imagens obtidas com a câmera digital foram descarregadas no computador e analisadas no programa Image J 1.44p Java 1.6.0_20 (32-bit) e no Corel-Photo Paint X7 (64-bit).

Os valores médios dos componentes vermelho, verde e azul (RGB) da imagem da folha, foram salvos na planilha do MS Excel® e, em sequência, convertidos para valores HSB, ou seja, de matiz, saturação e brilho de acordo com Karcher & Richardson (2003). Após a obtenção dos valores de HSB foi calculado o Índice de Cor Verde Escuro (ICVE) proposto por Karcher & Richardson (2003), que varia de 0 – 1.

No pendoamento, as duas plantas por parcela, foram coletadas, cortadas e colocadas em estufa, à 65 °C, por 72 horas e em seguida determinada a fitomassa seca. Logo, as mesmas passaram pelo processo de moagem, e foram novamente acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para determinação da concentração de nitrogênio (CN), segundo Malavolta et al. (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o teste F a 95 e 99% de confiança, análise de regressão e correlação de Pearson, utilizando o software “SISVAR” versão 5.0 para Windows®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estágio V3, não houve interação significativa entre cultivar e doses de N para nenhuma característica avaliada (Tabela 1). O matiz da imagem da folha determinado no Corel (MIDC) ajustou-se de forma quadrática, em relação às doses de N aplicadas, somente para o cv AG8676 (Figura 1) e o valor máximo apresentado foi de 63 graus na dose de 100 mg dm⁻³ N. Este mesmo efeito não foi observado quando o matiz foi determinado pelo Image J (MIDI). O matiz, independente do editor utilizado para determiná-lo, foi superior na cv AG8676 em todas as doses, menos no tratamento sem N. Na média das doses de N, O MIDC e o MIDI foram maiores na cv AG8676. Neste mesmo estágio, não houve ajuste do ICVE da imagem da folha, determinado pelos dois editores, com as doses de N, verificando apenas a superioridade do ICVE na cv AG8676 em algumas doses de N. Para as medidas do clorofilômetro, no

V3, houve efeito quadrático e linear das doses de N, para o cv AG7098 e AG8676, respectivamente (Figura 2). Na dose de 300 mg dm⁻³ N, o cv AG7098 obteve a medidas indireta de clorofila (MIC) máxima de 40,36 unidades SPAD. Não houve correlação significativa entre o MIDC e do MIDI com a MIC.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos resultados do experimento (Registro, SP, 2015).

Fator de variação	IMAGE J (ICVE)			IMAGE J (Matiz)		
	V3	V6	VT	V3	V6	VT
	p-value					
CV	0,001	0,460	0,940	0,000	0,695	0,675
DOSES	0,851	0,144	0,001	0,436	0,944	0,002
CV x D	0,297	0,270	0,521	0,370	0,404	0,556
C.V. (%)	8,1	7,4	23,4	8,6	6,1	22,3
CV1	0,409 b	0,442 a	0,498 a	57,7 b	66,4 a	76,8 a
CV2	0,437 a	0,436 a	0,496 a	62,6 a	66,7 a	78,4 a
	Corel Photo Paint (ICVE)			Corel Photo Paint (Matiz)		
CV	0,001	0,788	0,800	0,000	0,234	0,391
DOSES	0,472	0,003	0,001	0,102	0,664	0,006
CV x D	0,508	0,420	0,625	0,591	0,633	0,606
C.V. (%)	7,8	6,7	22,3	8,2	6	21,1
CV1	0,39 b	0,42 a	0,48 a	55,1 b	63,4 a	72,7 a
CV2	0,42 a	0,43 a	0,48 a	60,1 a	64,4 a	75,6 a
	SPAD-502			Teor de N na planta		MS
CV	0,810	0,914	0,727	0,363	0,855	
DOSES	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
CV x D	0,289	0,316	0,008	0,784	0,486	
C.V. (%)	7,3	5,3	11	17	12,5	
CV1	37,45 a	40,66 a	24,5 a	8,20 a	51,98 a	
CV2	36,41 a	40,71 a	24,29 a	8,49 a	51,73 a	

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

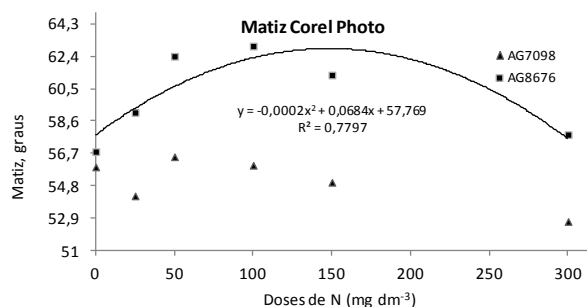


Figura 1. Matiz da imagem da folha determinada no Corel em função das doses de N e cultivares de milho no estágio V3 (Registro, SP, 2015)

No V6, também não houve interação significativa entre cultivar e doses de N para nenhuma característica avaliada e os cultivares não diferiram entre si pelo matiz ou ICVE, determinados pelos dois editores (Tabela 1). O ICVE, determinado no Corel, ajustou-se de forma linear para os dois cultivares, entretanto, determinado pelo Image J, somente foi linear no cv AG8676 (Figura 3 e 4). A MIC foi ajustada de forma quadrática em relação às doses de N, para os dois cultivares. Na dose de 206 mg

dm^{-3} N, no AG7098, e na dose 242 mg dm^{-3} N, no AG8676, foram obtidos as MIC máximas de 44,94 e 43,89, respectivamente (Figura 3). Houve correlação significativa e fraca entre o ICVE determinado pelos dois softwares e a MIC.

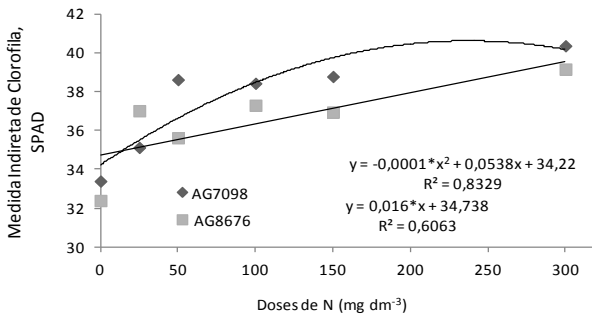


Figura 2. Medida indireta de clorofila da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estádio V3 (Registro, SP, 2015).

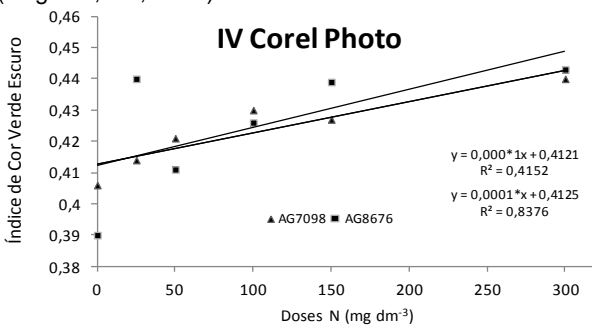


Figura 3. Índice de Cor Verde Escuro da imagem da folha determinada no Corel em função das doses de N e cultivares de milho no estádio V6 (Registro, SP, 2015).

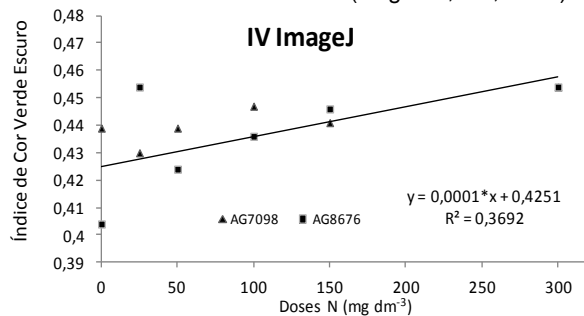


Figura 4. Índice de Cor Verde Escuro da imagem da folha determinada no Image J em função das doses de N e cultivares de milho no estádio V6 (Registro, SP, 2015).

No pendoamento, houve interação significativa entre cultivar e doses de N somente para MIC (Tabela 1). Somente o MIDC do cv AG8676 ajustou-se de forma linear em função das doses de N (Figura 4). O MIDI ajustou-se de forma quadrática e linear, para os cvs AG7098 e AG8676, respectivamente (Figura 5). O AG7098 apresentou o valor máximo de 85,3 graus na dose de 100 mg dm^{-3} N. Os ICVE obtido com os dois softwares (Image J e Corel Photo) ajustaram-se de forma quadrática e linear, para os cvs AG7098 e AG8676,

respectivamente (Figura 6 e 7). Para o cv AG7098, o valor máximo do ICVE no Image J foi de 0,567 em na dose de 100 mg dm^{-3} N, enquanto para o Corel foi de de 0,524 na dose de 150 mg dm^{-3} N. A MIC foi ajustada de forma quadrática em relação às doses de N, para os dois cultivares. Os cultivares AG7098 e AG8676 obtiveram o MIC de 31,28 e 32,39 para as doses de 225 e 300 mg dm^{-3} N, respectivamente (Figura 8). Houve correlação significativa moderada entre o matiz e a MIC e forte entre o ICVE e a MIC. Tanto o matiz quanto o ICVE, determinados pelos dois softwares, se correlacionaram de forma positiva e moderada com o teor de N na planta (TN) e com a fitomassa seca acumulada (FS). O maior acúmulo de FS das plantas, para os dois cultivares, foi obtido na dose aproximada de 200 mg dm^{-3} N, entretanto, o TN aumentou de forma linear em função das doses de N, para os dois cultivares.

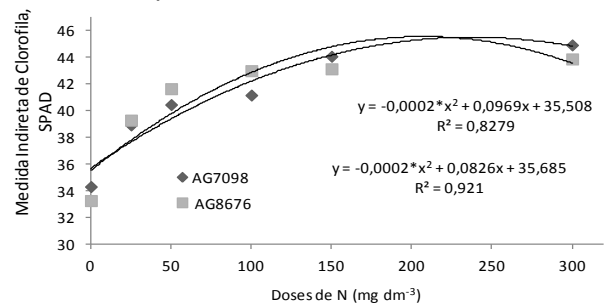


Figura 5. Medida indireta de clorofila da folha em função das doses de N e cultivares de milho no estádio V6 (Registro, SP, 2015).

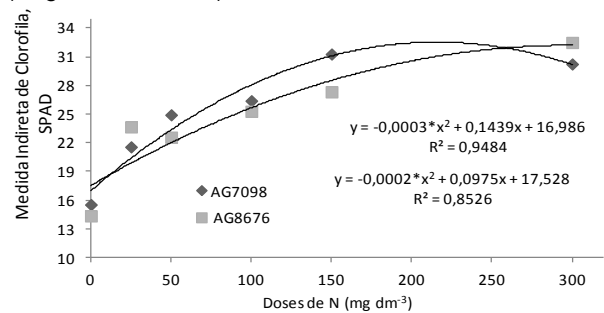


Figura 6. Medida indireta de clorofila da folha em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

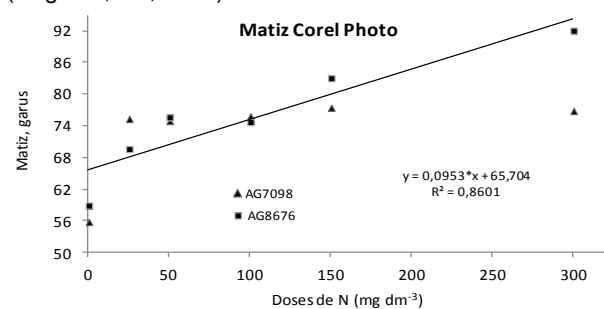


Figura 7. Matiz da imagem da folha determinada no Corel em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

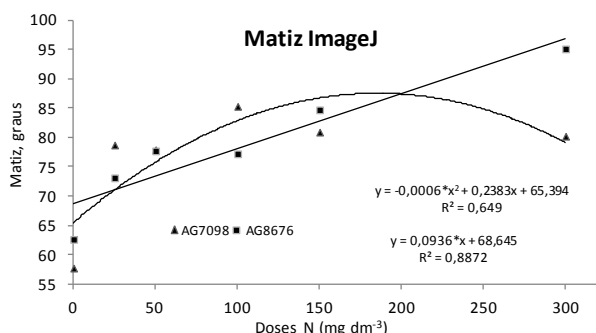


Figura 8. Matiz da imagem da folha determinada no Image J em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

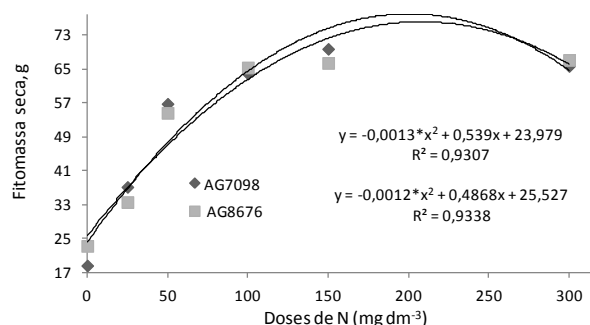


Figura 12. Fitomassa seca na parte aérea em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

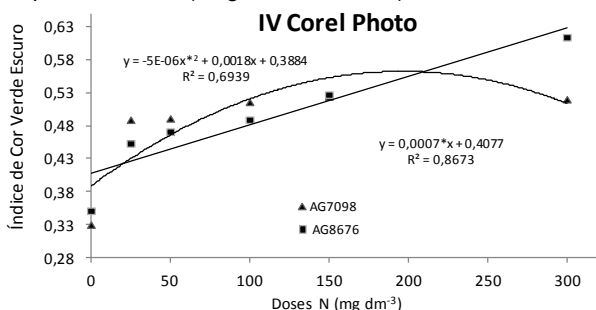


Figura 9. Índice de Cor Verde Escuro da imagem da folha determinada no Corel em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

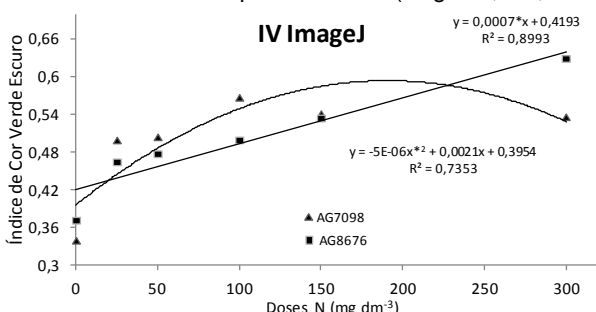


Figura 10. Índice de Cor Verde Escuro da imagem da folha determinada no Image J em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

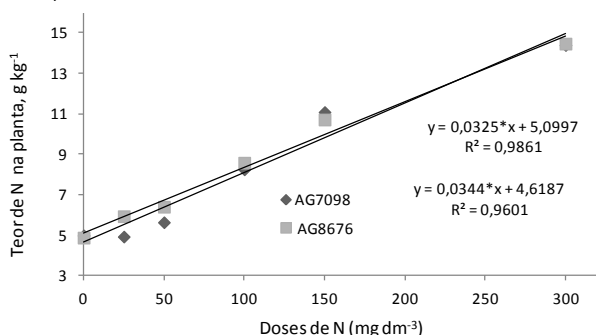


Figura 11. Teor de N na parte aérea em função das doses de N e cultivares de milho no pendoamento (Registro, SP, 2015).

CONCLUSÕES

O matiz e o ICVE calculados com base na imagem digital da folha recém-desenvolvida do milho são influenciados pelas doses de N e pelas cultivares, e podem auxiliar no diagnóstico do teor de N e de Clorofila da planta. Novos estudos devem ser realizados para aperfeiçoar e validar a técnica.

REFERÊNCIAS

- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2008.
- KARCHER, D.E., RICHARDSON, M.D. Quantifying turfgrass color using digital image analysis. **Crop Science**. V.43, p.943-951, 2003.
- LEPSCH, I.F.; PRADO, H.; MENK, J.R.F.; SAKAI, E.; RIZZO, L.T.B. **Levantamento de reconhecimento com detalhes dos solos da região do rio Ribeira de Iguape, SP**. Instituto Agrônomo, Secretaria de Agricultura do Governo do Estado de São Paulo. 1999. Mapa. Escala: 1:250.000.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Boletim Técnico nº 100. 2 ed. Campinas, SP, Instituto Agrônomo, 1997. 285 p.

