

Índice de vegetação, teor de clorofila e eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho.

Emerson Borghi⁽¹⁾; Luana Rafaela Maciel Wilda⁽²⁾; Alvaro Vilela de Resende⁽¹⁾; Israel Alexandre Pereira Filho⁽¹⁾; Rafael Augusto Lima Rodrigues⁽³⁾

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas/MG, emerson.borghi@embrapa.br. ⁽²⁾ Técnica administrativa, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais; ⁽³⁾ Estudante, Universidade Federal de São João Del Rey Campus Sete Lagoas.

RESUMO: A densidade de plantas é uma característica importante na determinação do potencial produtivo no milho. A depender do híbrido, da densidade populacional e do ambiente a planta pode aumentar a eficiência de uso de nutrientes (EUN). Para cultivos de milho, importância particular deve ser dada à EUN de Nitrogênio, vez que este é o nutriente requerido em maior quantidade por esta cultura. O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e a eficiência de uso de nitrogênio em híbridos de milho submetidos a diferentes densidades populacionais e doses de nitrogênio em cobertura. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas/MG, no ano agrícola 2014/15. Foram avaliados três híbridos de milho (BRS 1055, BRS 3040 e DKB 390), duas populações (50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹) e quatro doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg de N ha⁻¹). Foram avaliados o índice de vegetação por diferença normalizada e do teor de clorofila em diferentes estádios de desenvolvimento da planta, a produtividade de grãos e a eficiência de uso do nitrogênio. Não houve efeito significativo na interação entre as causas de variação estudadas. A densidade de plantas influenciou no índice de vegetação apenas no estádio V4, e no teor de clorofila somente no estádio V7. Os híbridos influenciaram no índice de vegetação somente no estádio V7 e o teor de clorofila variou entre os híbridos em todas as épocas de avaliação, refletindo na produtividade de grãos. Quanto menor a dose de N em cobertura maior a eficiência de uso do nutriente pelos híbridos. A produtividade de grãos foi influenciada apenas pelos híbridos.

Termos de indexação: adubação; nitrogênio; população de plantas.

INTRODUÇÃO

Existem inúmeros trabalhos de pesquisa conduzidos nas diferentes regiões produtoras de milho no Brasil para identificar e posicionar os híbridos de milho que melhor se adequam a diferentes condições de cultivo, em especial variações na população de plantas e doses de nitrogênio. Normalmente estes resultados estão relacionados a inúmeros fatores que vão desde local de cultivo até o histórico da área e condições edafoclimáticas.

A utilização de indicadores de planta para monitorar o crescimento e a disponibilidade de nitrogênio de forma a auxiliar na decisão sobre a quantidade e época de aplicação deste nutriente se somam às avaliações fitotécnicas, contribuindo no maior entendimento dos fatores relacionados a possíveis alterações na produtividade das culturas. Um indicador ideal deve reproduzir a relação do nível de N no sistema solo-planta, sendo capaz de detectar ou prever tanto a deficiência quanto o excesso de N (ARGENTA et al., 2001).

Para que estes indicadores possam ser obtidos equipamentos são utilizados para leituras de determinadas variáveis instantaneamente. De acordo com Jesus et al. (2014) o emprego de sensores para detecção de índices de vegetação e teores de clorofila têm por finalidade identificar, em tempo real, possíveis alterações em função de variações que possam ocorrer no cultivo ao longo do período de desenvolvimento do milho. De acordo com os autores, os sensores têm capacidade de gerar leituras de clorofila, biomassa e outras variáveis que, quando realizadas em diferentes

estádios de desenvolvimento das plantas, podem estimar indicadores que permitem alta precisão na qualidade das informações, permitindo compreender de maneira mais precisa possíveis variações na produtividade de grãos.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes requeridos em maior quantidade pelo milho, estando diretamente relacionado aos teores de clorofila na folha. De acordo com Lopes et al. (2012) quanto maior o teor de N na folha do milho, maior a síntese de clorofila, sendo variável em decorrência de híbridos e dos ambientes de produção aos quais estas plantas estão sendo semeadas.

Os índices de clorofila nas folhas, obtidos com o sensor SPAD, apresentam alta correlação com o conteúdo de N na folha. Assim, pode ser utilizado para o diagnóstico da necessidade desse nutriente pelo milho (Coelho, 2010).

Para identificar possíveis deficiências de N pode-se utilizar o sensoriamento remoto através do emprego de sensores remotos proximais de reflectância para estimar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), os quais permitem o acompanhamento e monitoramento do desenvolvimento da cultura em função de diferentes variações ao longo do desenvolvimento da cultura (Jesus et al., 2014).

De forma a avaliar a predição destes indicadores e as relações que possam existir entre diferentes variáveis, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade de grãos e a eficiência de uso de nitrogênio por híbridos de milho em diferentes densidades populacionais e doses de nitrogênio em cobertura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo no ano agrícola 2014/15 na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas/MG, apresentando as coordenadas: 19°26'50" S de latitude e 44°10'13,41" de longitude, e 717 m de altitude. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas. As unidades experimentais foram constituídas por três híbridos de milho (BRS 1055, BRS 3040 e DKB 390) e duas populações (50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹) sendo as subparcelas

compostas por quatro doses de N em cobertura (0, 50, 100 e 150 kg de N ha⁻¹). Cada unidade experimental foi constituída por 4 linhas de 6 metros de comprimento espaçadas em 0,70 m, perfazendo uma área total de 16,8 m².

Antes da instalação do experimento (novembro/2014), a área experimental foi submetida à dessecação química utilizando herbicida glyphosate (1,8 kg do i. a. ha⁻¹). A semeadura do experimento foi realizada mecanicamente em 20 de novembro de 2014, utilizando semeadora-adubadora para plantio direto.

A adubação mineral de semeadura constou da aplicação de 34,4 kg ha⁻¹ de N, 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 68,8 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondendo a 430 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-28-16, seguindo as recomendações de Alves et al. (1999) para a cultura do milho.

A emergência do milho ocorreu 5 dias após a semeadura, em 29/11/2014. Quando a cultura do milho atingiu o estágio fenológico de 4 folhas desenvolvidas, procedeu-se a aplicação das doses de N, utilizando como fonte a ureia. Para cada subparcela, o fertilizante nitrogenado foi aplicado manualmente à lanço nas entrelinhas do milho, sendo incorporado por lâmina de água fornecida via irrigação por aspersão. As doses nitrogenadas foram calculadas seguindo recomendações de Alves et al. (1999) para atingir o teto de produtividade de 8 toneladas de grãos com classe de resposta alta para este nutriente.

Nos estádios fenológicos de 4, 7 e 10 folhas totalmente desenvolvidas que de acordo com a escala fenológica correspondem a V4, V7 e V10 (Ritchie et al., 1993) foram realizadas avaliações de reflectância (NVDI) utilizando o equipamento Greenseeker®, posicionando o equipamento a uma altura entre 0,8 e 1,0 m acima das plantas e paralelamente à superfície do solo, percorrendo toda a unidade experimental. Nestes mesmos estádios de desenvolvimento e também no florescimento foi estimado o teor de clorofila por meio de leitura utilizando o SPAD (“Soil plant analysis development”, Minolta SPAD 502 Osaka, Japan) na primeira folha desenvolvida a partir do ápice da planta, sendo que a avaliação no florescimento a leitura foi efetuada na folha da base da espiga.

Realizou-se a colheita das duas linhas centrais de cada subparcela, sendo as espigas coletadas e após debulha os grãos foram pesados para determinação da produtividade, sendo os valores corrigidos a 13% de umidade. A eficiência de uso de nitrogênio foi calculada pela relação entre a produtividade de grãos obtida em função da dose de N aplicada.

Os resultados obtidos foram submetidos à

análise de variância, sendo as médias de sistema de cultivo comparadas pelo Teste de Tukey a 5%, e para doses de nitrogênio e as interações realizou-se análise de regressão utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** encontram-se os valores de F referente as leituras de NDVI em função dos híbridos, população de plantas e doses de N nos estádios fenológicos do milho avaliados. Na primeira avaliação, realizada aos 27 dias após a emergência (correspondendo ao estágio fenológico V4), as leituras de NDVI foram influenciadas somente pela densidade de plantas, sendo a população de 70.000 plantas por hectare significativamente superior à população de 50.000 plantas com hectare, com leituras de 0,76 e 0,73 respectivamente. Este resultado já era esperado uma vez que na maior densidade de plantas o índice de vegetação tende a ser maior. Porém, nas demais avaliações, este efeito da população de plantas não se pronunciou nas leituras de NDVI.

Tabela 1: Valores de F e níveis de significância referentes às avaliações do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em diferentes estádios fenológicos do milho, em função de híbridos, populações de plantas e doses de N em cobertura. Sete Lagoas-MG, ano agrícola 2014/15.

Tratamentos	NDVI		
	V4	V7	V10
Híbrido (H)	0,68 ^{ns}	3,18 [*]	0,04 ^{ns}
Densidade (D)	24,45 ^{**}	0,51 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Dose de N (N)	2,06 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,29 ^{ns}
H x D	0,52 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,48 ^{ns}
H x N	1,40 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,56 ^{ns}
D x N	1,81 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,11 ^{ns}
H x D x N	0,34 ^{ns}	2,07 ^{ns}	1,48 ^{ns}
CV (%)	2,65	3,20	3,00

* e ** são significativos a 5 e 1%, respectivamente (p<0,05)

Na avaliação realizada aos 42 dias após a emergência (**Tabela 1**), correspondendo ao estágio de desenvolvimento V7 do milho, o híbrido influenciou significativamente nos valores do NDVI. Nesta época, o híbrido BRS 1055 apresentou o maior valor de NDVI (0,78), embora o híbrido BRS 3040 seja estatisticamente semelhante (0,77). A menor leitura de NDVI foi obtida no híbrido DKB 390 (0,76).

Aos 51 dias após a emergência, correspondendo a 10 folhas totalmente desenvolvidas não houve diferenças significativas entre os fatores avaliados, tampouco entre as interações (**Tabela 1**).

Os teores de clorofila por meio da leitura com o SPAD estão apresentados na **tabela 2**. Na avaliação efetuada aos 14 dias após a emergência constatou-se que o teor de clorofila foi influenciado somente pelos híbridos, não diferindo estatisticamente para as variáveis população de plantas e doses de N em cobertura. O híbrido BRS 3040 apresentou o maior teor de clorofila (48,17) e o híbrido DKB 390 o menor (45,55).

Tal resultado já era esperado uma vez que, nesta avaliação, o milho ainda encontra-se em estágio de desenvolvimento em que o número de folhas ainda não sofre competição por variações como o aumento na densidade, por exemplo. Além disso, nesta época, não foi efetuada a adubação nitrogenada em cobertura, assim, efeitos referentes a esta causa de variação não seriam constatados.

Estas diferenças significativas no teor de clorofila entre os híbridos permaneceram na segunda avaliação, efetuada aos 42 dias após a emergência, correspondendo ao estágio de desenvolvimento V7 do milho (**Tabela 2**). Assim como na avaliação anterior, o híbrido BRS 3040 apresentou o maior teor de clorofila (54,90), porém, nesta avaliação, o híbrido BRS 1055 apresentou o menor (49,90).

Aos 52 dias após a emergência, correspondendo a 10 folhas totalmente desenvolvidas todos os fatores avaliados influenciaram nos teores de clorofila (**Tabela 2**). Com relação aos híbridos, BRS 3040 apresentou teor estatisticamente superior (51,29) e o híbrido DKB 390 o menor (48,83). Com relação a população de plantas, a densidade de 50.000 plantas por hectare apresentou teor de clorofila estatisticamente superior comparado à densidade de 70.000 plantas por hectare (50,98 e 49,06, respectivamente). O aumento da dose de N em cobertura proporcionou aumento linear no teor de clorofila nesta época de avaliação (**Gráfico 1**).

Esta diferença significativa no teor de clorofila entre os fatores permaneceu até o florescimento,

com exceção da densidade de plantas (**Tabela 2**). Neste estágio de desenvolvimento, o híbrido DKB 390, que nas avaliações anteriores apresentava o menor teor de clorofila, foi semelhante estatisticamente ao híbrido BRS 3040 (53,51 e 53,11 respectivamente), ambos estatisticamente superiores ao híbrido BRS 1055 (50,54). Assim como na avaliação anterior, o teor de clorofila foi significativamente influenciado pelas doses de N em cobertura, apresentando aumento linear com o incremento das doses (**Gráfico 1**).

Ressalta-se que, embora constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para o teor de clorofila ao longo dos períodos de avaliação, as interações entre os fatores não proporcionaram diferenças significativas nos estádios de desenvolvimento avaliados, demonstrando não haver correlações entre estas variáveis para o estudo em questão. Embora trabalhos conduzidos em determinadas regiões apresentem resultados diferentes aos encontrados neste trabalho, pode-se inferir que o teor de clorofila é determinado por fatores isolados, não havendo relação entre os mesmos.

Tabela 2: Valores de F e níveis de significância referentes por meio de leitura utilizando o SPAD em diferentes estádios fenológicos do milho, em função de híbridos, populações de plantas e doses de N em cobertura. Sete Lagoas-MG, ano agrícola 2014/15.

Tratamentos	SPAD			
	V4	V7	V10	Floresc.
Híbrido (H)	8,24**	3,88*	5,07**	5,03**
Densidade (D)	0,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}	9,12**	2,39 ^{ns}
Dose de N (N)	0,46 ^{ns}	1,73 ^{ns}	4,81**	9,59**
H x D	0,61 ^{ns}	0,74 ^{ns}	1,36 ^{ns}	1,04 ^{ns}
H x N	0,38 ^{ns}	0,57 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,63 ^{ns}
D x N	1,54 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,56 ^{ns}
H x D x N	1,96 ^{ns}	0,83 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,43 ^{ns}
CV	4,78	12,96	5,36	6,72

* e ** são significativos a 5 e 1%, respectivamente (p<0,05)

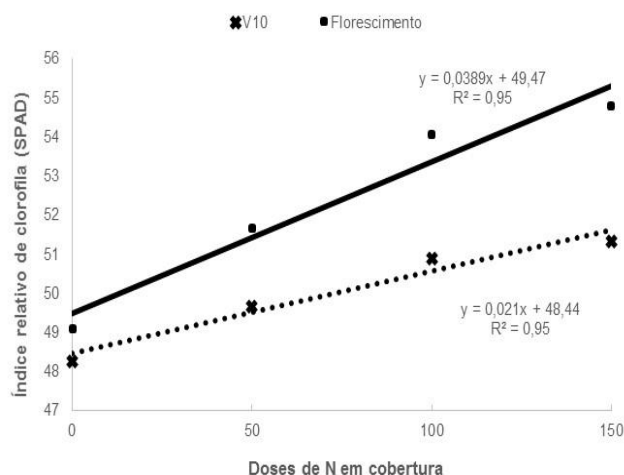


Figura 1: Teores de clorofila nas folhas de milho obtidas por meio de leitura utilizando o SPAD na avaliação realizada no florescimento (87 dias após a emergência).

Na **tabela 3** constam os valores de F e níveis de significância para as variáveis produtividade de grãos de milho e eficiência de uso de nitrogênio (EUN). A produtividade de grãos foi influenciada somente pelos híbridos na seguinte ordem: DKB 390 (9759 kg ha⁻¹), BRS 1055 (8883 kg ha⁻¹) e BRS 3040 (7951 kg ha⁻¹). Mesmo com maiores valores de SPAD superiores nas avaliações realizadas ao longo do desenvolvimento do milho, o híbrido BRS 3040 foi estatisticamente inferior aos demais híbridos na produtividade de grãos. Além disso, as densidades de plantas e as doses de N em cobertura não influenciaram significativamente na produtividade (**Tabela 3**).

Tabela 3: Valores de F e níveis de significância referentes a produtividade de grãos de milho e eficiência de uso de nitrogênio (EUN) em função de híbridos, populações de plantas e doses de N em cobertura. Sete Lagoas-MG, ano agrícola 2014/15.

Tratamentos	Produtividade	EUN
	kg ha ⁻¹	kg grãos kg N ⁻¹
Híbrido (H)	12,53**	9,81**
Densidade (D)	2,14 ^{ns}	1,43 ^{ns}
Dose de N (N)	1,78 ^{ns}	291,65**
H x D	1,21 ^{ns}	0,92 ^{ns}
H x N	0,45 ^{ns}	3,01**
D x N	1,17 ^{ns}	0,32 ^{ns}
H x D x N	0,70 ^{ns}	0,41 ^{ns}
CV	14,11	18,94

* e ** são significativos a 5 e 1%, respectivamente (p<0,05)

Para a EUN, que representa a produtividade de grãos em decorrência da quantidade de nitrogênio aplicada, constatou-se que esta variável foi influenciada estatisticamente pelos híbridos e doses de N em cobertura (**Tabela 3**). Os híbridos DKB 390 e BRS 1055 obtiveram valores de EUN estatisticamente superiores ao híbrido BRS 3040 (respectivamente 130, 118 e 102 kg de grãos kg de N aplicado⁻¹) demonstrando que o maior teor de clorofila deste último híbrido ao longo das épocas de avaliação não resultou em incremento na produtividade de grãos.

Na interação híbridos e doses de N em cobertura (**Figura 2**) verificou-se que o aumento das doses de N em cobertura proporcionou reduções na EUN nos 3 híbridos avaliados, todos com respostas quadráticas aos aumentos das quantidades de N. Para o híbrido BRS 3040 o maior valor de EUN foi obtido com 128 kg de grãos por kg de N aplicado; já para os híbridos BRS 1055 e DKB 390 os valores foram de 121 e 125 kg de grãos por kg de N aplicado, respectivamente.

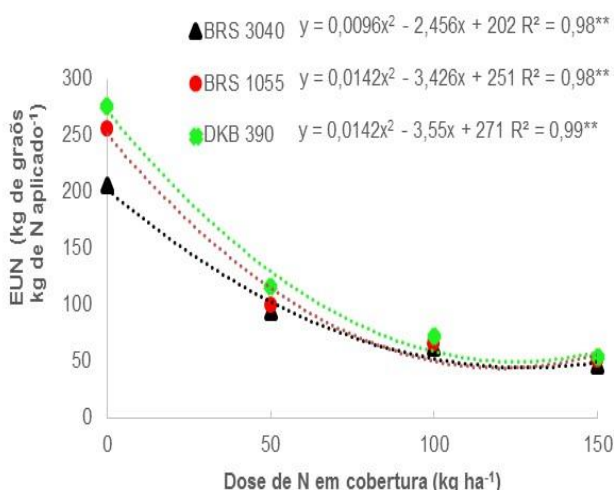


Figura 2: EUN por híbridos de milho em função da dose de N aplicada em cobertura.

CONCLUSÕES

Há relação indireta entre produtividade de grãos e teor de clorofila sendo variável em função dos híbridos avaliados.

Quanto menor a dose de N em cobertura maior a eficiência de uso do nutriente pelos híbridos.

A produtividade de grãos pelos híbridos não foi influenciada pelo aumento da população e pelas doses crescentes de nitrogênio em cobertura.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do

estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 715-722, 2001.

COELHO, A. M. **Uso de Sensores no Diagnóstico da Necessidade da Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 5 p. (Comunicado Técnico 181).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. *Ciência Agrotecnológica*, Lavras, v. 35, n. 6., p. 1039-1042, 2011.

JESUS, M. H.; BREDEMEIER, C.; VIAN, A. L.; ALMEIDA, D.; SILVA, J. A. Variação do índice de vegetação por diferença normalizada em milho em função do potencial produtivo e densidade de plantas. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2014, São Pedro, **Resumos...**São Pedro: SBEA, 2014. CD-ROM.

LOPES, E. C. P.; MORAES, A.; SANDINI, I. E.; KAMINSKI, T. H.; BASI, S.; PACENTCHUK, F. Relação da leitura do clorofilômetro com teores de nitrogênio na folha de milho em sistema de integração lavoura-pecuária. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29., 2012. **Anais...**Aguas de Lindoia: ABMS, 2012. CD-ROM

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. How a corn plant development. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar"
