



## Respostas bioquímicas e fisiológicas em híbridos de milho em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura<sup>1</sup>

Maria Diana Melo<sup>2</sup>, Anacláudia Alves Primo<sup>3</sup>, Helen Cristina de Arruda Rodrigues<sup>4</sup>, Henrique Antunes de Souza<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Parte de doutorado do quarto autor, financiada pela CAPES.

<sup>2</sup>Discente em Zootecnia – Universidade Estadual Vale do Acaraú. Bolsista ICT/FUNCAP. e-mail: [diana.amello@hotmail.com](mailto:diana.amello@hotmail.com)

<sup>3</sup>Discente em Biologia – Universidade Estadual Vale do Acaraú. Bolsista ICT/FUNCAP. e-mail: [anaclaudiaprimo@hotmail.com](mailto:anaclaudiaprimo@hotmail.com)

<sup>4</sup>Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Dr<sup>a</sup>. – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. e-mail: [helenarruda11@gmail.com](mailto:helenarruda11@gmail.com)

<sup>5</sup>Eng. Agrônomo, PqC. Dr. – Embrapa Caprinos e Ovinos. Bolsista BPI/FUNCAP. e-mail: [henrique.souza@embrapa.br](mailto:henrique.souza@embrapa.br)

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a adubação nitrogenada em cobertura em variáveis bioquímicas-fisiológicas de diferentes híbridos de milho. Onde inicialmente foi realizada uma coleta de solo na camada de 0-20 cm para verificar a fertilidade do mesmo, posteriormente à área foi preparada com adubação de sementeira. Os tratamentos corresponderam a dois genótipos submetidos a quatro níveis de N. O delineamento foi feito em blocos ao acaso, com três repetições. Foram realizadas coletas e análises dos dados, quando significativos foi executado teste de comparação de médias para o fator qualitativo e análise de regressão linear e polinomial para o fator quantitativo. As análises foram procedidas com auxílio do software SISVAR. Houve diferença de respostas bioquímicas-fisiológicas entre os híbridos de milhos em função da adubação nitrogenada em cobertura. Para aminoácidos livres totais nos grãos o genótipo AS1522 foi superior ao AS1596.

**Palavras-chave:** adubação, isótopos, produção de grãos, *Zea mays*

### Physiological and biochemical responses in maize hybrids in relation to the applied doses of nitrogen

**Abstract:** This study aimed to evaluate the nitrogen application on physiological-biochemical variables of different corn hybrids. Where was initially conducted a soil sampling at 0-20 cm to check soil fertility, after the area was prepared with sowing fertilization. The treatments consisted of two genotypes subjected to four levels of N. The experiment was done in randomized block design with three replications. Were collected and analysis of the data was performed when significant test for comparison of means for the qualitative factor analysis and linear regression and polynomial for the quantitative factor. The testing was performed using the software SISVAR. Differences in the biochemical and physiological responses among corn hybrids due to nitrogen application. For free amino acids in the grain genotype AS1522 was higher than AS1596.

**Keywords:** fertilization, isotopes, grain production, *zea mays*

### Introdução

A exploração comercial de uma lavoura de milho visa obter alta produtividade e retorno econômico com a venda do produto colhido seja para produção de grãos seja para a confecção de silagem. Além de condições de solo e clima favoráveis ao seu crescimento, a cultura requer do agricultor tomadas de decisões importantes, em geral baseadas em recomendações técnicas da pesquisa. Dentre estas destacam-se a escolha da cultivar e da melhor alternativa de manejo da adubação (BORGES et al., 2006).

O nitrogênio influencia diretamente no rendimento de grãos, principalmente por ele estar relacionado aos mais importantes processos fisiológicos que ocorrem na planta, tais como: fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular e genética (GAVA et al., 2010).

O nitrogênio é o nutriente mais exigido pela cultura do milho, e a dose a ser aplicada pode variar em função da cultura antecessora, expectativa da produtividade de grãos e o teor de matéria orgânica no solo (SILVA et al., 2005). As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cobertura são realizadas com base em curvas de resposta, histórico da área e produtividade esperada (COELHO, 2007).

Assim, objetivou-se avaliar a adubação nitrogenada em cobertura em variáveis bioquímicas-fisiológicas de diferentes híbridos de milho.



### Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em condições de campo em Jaboticabal, SP, em local cujas coordenadas geográficas são: 21°15'22" de latitude sul e 48°18'58" de longitude oeste e altitude de 614 m. O clima da região é tipo Aw, baseado na classificação internacional de Köppen. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico típico textura muito argilosa, segundo Andrioli & Centurion (1999).

Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem de solo na camada de 0-20 cm, para verificação da fertilidade (Tabela 1), e posteriormente a área foi arada e gradeada. Segundo os resultados apresentados na Tabela 1 as concentrações de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> apresentam a seguinte classificação: alto, alto, alto, alto, médio, alto, médio, alto, alto e alto, respectivamente, conforme Raij et al. (1997)

**Tabela 1.** Análise de rotina, micronutrientes e enxofre da área experimental

	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O. g/dm <sup>3</sup>	P (resina) mg/dm <sup>3</sup>	K	Ca	Mg	(H+Al) mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	SB	T	Al	V
<b>Solo</b>	5,5	26	75	5,5	44	20	31	69,5	100,5	-	69
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				
<b>Solo</b>		0,56	1,0	12	41,3	1,7	11				

Na véspera da instalação do experimento, a área foi sulcada e, após esse procedimento, realizou-se a adubação de sementeira, que consistiu em 300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-20-20. Após quinze dias da sementeira foi aplicado o herbicida Velpar K® para controle de plantas invasoras e os inseticidas Karate® e Lorsban® para o controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

A unidade experimental foi composta por parcelas com quatro linhas de cinco metros de comprimento, no espaçamento de 0,9 metros entre linhas. A área útil da parcela foi constituída pelas duas linhas centrais, com bordadura de 0,5 m nas extremidades.

Os tratamentos corresponderam a dois genótipos submetidos a quatro níveis de N em delineamento em blocos ao acaso, com três repetições. Os genótipos utilizados foram os híbridos simples AS1522 e AS1596 da Monsanto do Brasil®, obtidos junto à Agroeste Sementes. A sementeira foi realizada manualmente, utilizando oito sementes por metro. As doses de N aplicadas em cobertura utilizadas foram: zero, metade da padrão, padrão e duas vezes a padrão, conforme Raij & Cantarella (1997), considerando média resposta à adubação nitrogenada em função do histórico e expectativa de produtividade de grãos entre 10 e 12 t ha<sup>-1</sup>, correspondendo às doses: 0, 55, 110 e 220 kg ha<sup>-1</sup> de N. As doses foram aplicadas em cobertura, 30 dias após a sementeira (estádio V<sub>7</sub>), utilizando uréia com 45% de N.

As variáveis avaliadas foram: redutase do nitrato, teor de N e aminoácidos livres totais na folha; teor de N e aminoácidos livres no colmo e teor de N e aminoácidos livres no grão.

A avaliação da redutase do nitrato e aminoácidos na folha foram procedidas coletando-se o terço central da folha da base da espiga (folha diagnóstica), em 10 plantas por parcela, na fase do pendoamento (50% das plantas pendoadas) segundo Cantarella et al. (1997).

No estágio de maturidade fisiológica, procedeu-se a coleta de colmo e grãos, nos quais também foi mensurada a concentração de aminoácidos livres totais.

As diferentes partes da planta foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C até peso constante e, em seguida, pesadas. Uma vez secas, as plantas foram moídas para realização das análises químicas. A atividade da redutase do nitrato foi determinada pelo método *in vivo* (JAWORSKI, 1971), conforme o descrito por Cazetta (1997). O teor de aminoácidos livres totais foi realizado conforme método de Moore (1968), em folhas secas.

Os dados foram analisados utilizando-se o teste F e, quando significativos (p ≤ 0,05), foi realizado teste de comparação de médias (teste de Tukey a 5%) para o fator qualitativo e análise de regressão linear e polinomial para o fator quantitativo. As análises foram procedidas com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2011).



### Resultados e Discussão

Houve resultado significativo para o fator genótipos para as seguintes variáveis: redutase do nitrato, nitrogênio total no colmo, aminoácidos livres totais no colmo, folha diagnóstica e grãos; para o fator doses de nitrogênio houve significância para nitrogênio total no colmo e grãos, aminoácidos livres totais no colmo, folha diagnóstica e grãos. Considerando a interação (genótipos x doses) houve efeito significativo para nitrogênio total no colmo e grãos, aminoácidos livres totais no colmo, folha diagnóstica e grãos (Tabela 2).

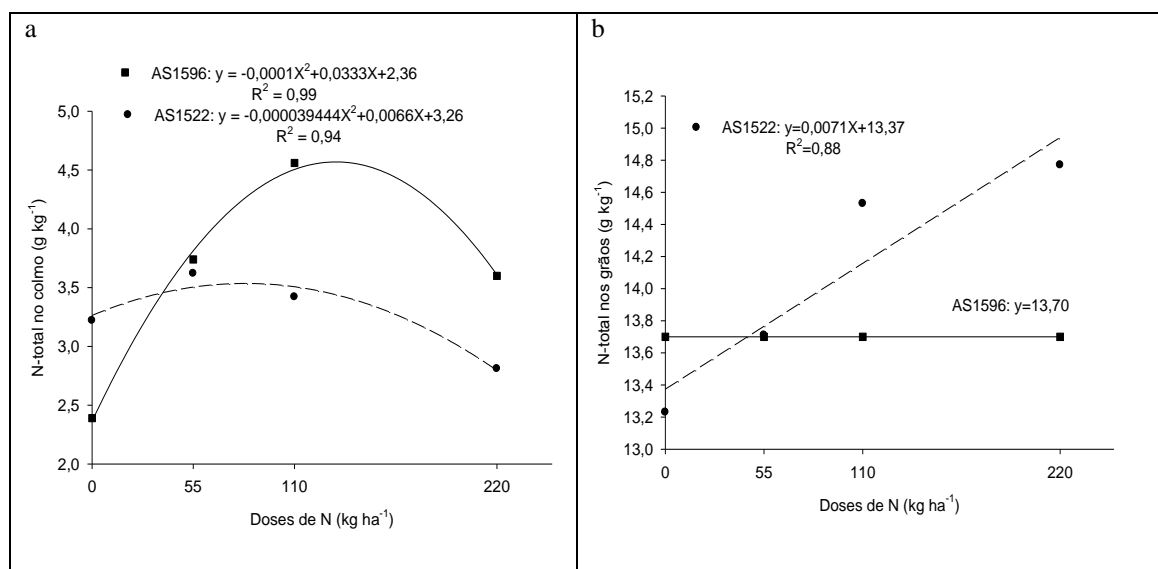
**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para redutase do nitrato (RN), nitrogênio total no colmo (NTC), folha diagnóstica (NTFD), grãos (NTG), aminoácidos livres total no colmo (ALC), folha diagnóstica (ALFD) e grãos (ALG)

Causas de variação	RN	NTC	NTFD	NTG	ALC	ALFD	ALG
-----Teste F-----							
Genótipos (G)	3,73*	5,87*	0,05 <sup>NS</sup>	3,83 <sup>NS</sup>	15,28**	7,12*	49,51**
Doses (D)	1,73 <sup>NS</sup>	16,41**	1,38 <sup>NS</sup>	3,73*	9,51**	22,07**	14,74**
G x D	3,53 <sup>NS</sup>	11,80**	2,46 <sup>NS</sup>	4,44*	5,97**	7,48**	4,32*
C.V. (%)	10,5	9,1	12,9	3,3	20,9	3,3	9,9

<sup>NS</sup>, \*\* e \* - não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

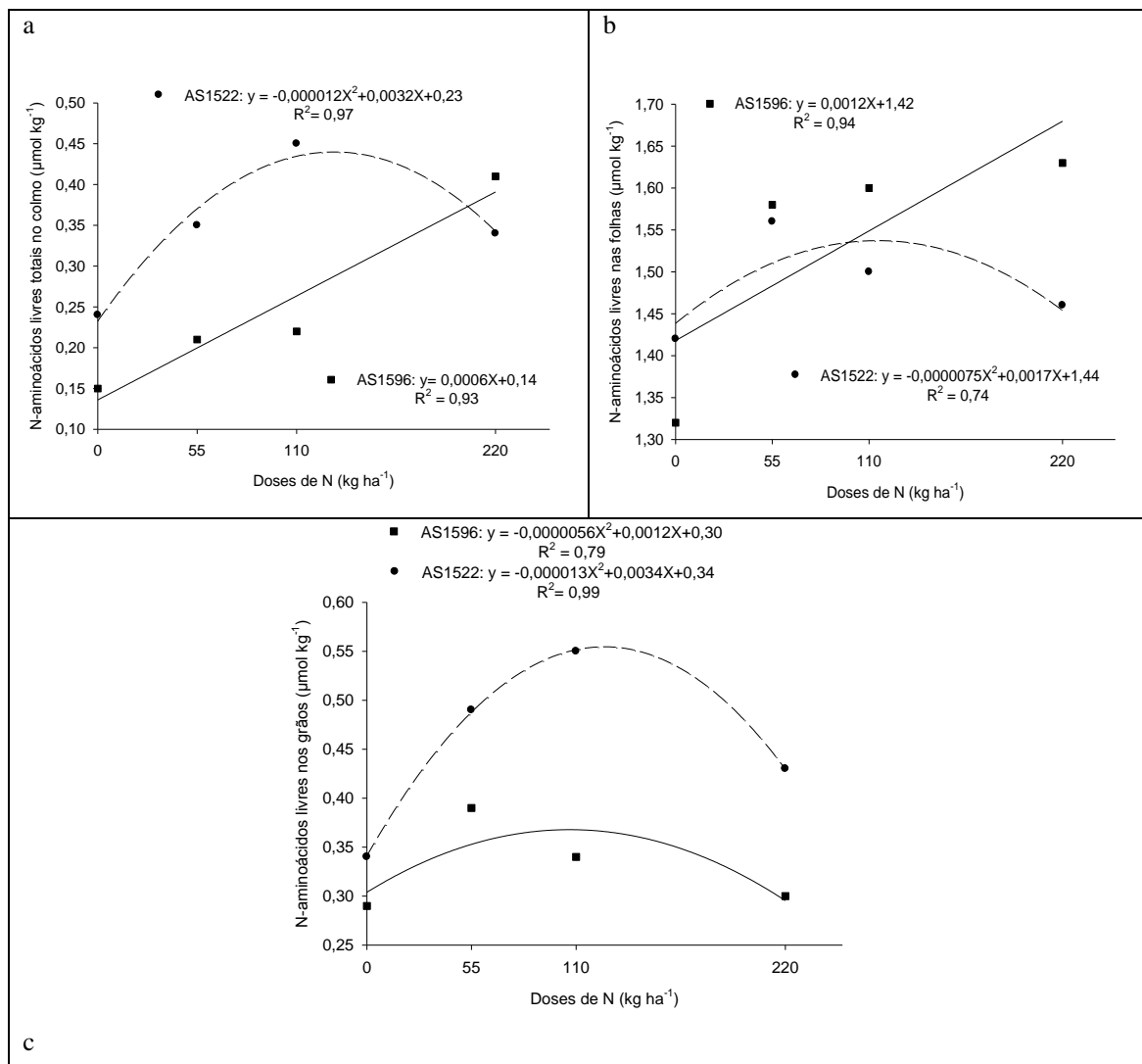
Para redutase do nitrato o genótipo AS1596 apresentou superioridade em relação ao AS1522, cujos valores médios foram 390,26<sup>(a)</sup> e 352,25<sup>(b)</sup>  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ hora}^{-1}$  de N-NO<sub>2</sub>, respectivamente.

As doses que proporcionaram maior teor de nitrogênio total no colmo foram 166 e 83,66 kg ha<sup>-1</sup> de N (Figura 1a) para os genótipos AS1596 e AS1522, respectivamente, cujo melhor modelo de resposta foi o quadrático. Para o teor de N-total nos grãos houve aumento da concentração do nutriente com as doses aplicadas, no entanto esta resposta foi verificada apenas para o genótipo AS1522 (Figura 1b).



**Figura 1.** Teor de nitrogênio total do colmo (a) e dos grãos (b) em híbridos de milho em função de doses de nitrogênio em cobertura

Em relação ao teor de aminoácidos livres totais, houve significância para ambos os genótipos nas diferentes partes da planta. No colmo e nas folhas diagnósticas houve ajuste linear crescente para as plantas AS1596, Figura 2a e 2b, respectivamente. Para as plantas AS1522, a melhor dose foi de 131,46 kg ha<sup>-1</sup> para colmo (Figura 2a) e 113,14 kg ha<sup>-1</sup> para as folhas diagnósticas (Figura 2b). Nos grãos, o melhor modelo foi o quadrático para ambos os genótipos com ponto de máximo nas doses 106,48 kg ha<sup>-1</sup> para as plantas AS1596 e 123,65 kg ha<sup>-1</sup> para as plantas AS1522 (Figura 2c). Logo, verifica-se superioridade para as plantas AS1522 na concentração de aminoácidos para os grãos em relação às plantas AS1596.



**Figura 2.** Teor de aminoácidos livres totais no colmo (a), teor de aminoácidos livres totais nas folhas (b) e teor de aminoácidos livres totais nos grãos (c) em híbridos de milho em função de doses de nitrogênio em cobertura

Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Silva (2005) quando cultivaram plantas de milho em diferentes níveis de nitrogênio, que apresentavam aumentos nos acúmulos de aminoácidos livres nas folhas e nos colmos, e diferentes dos obtidos por Cazetta (1997) que observaram maiores níveis de aminoácidos em plantas cultivadas sob as menores aplicações de nitrogênio. Tais resultados sugerem que o aumento das doses aplicadas, nas condições deste experimento, mostrou que as plantas AS1596 e AS1522 são diferentes quanto ao acúmulo de nitrogênio e teor de aminoácidos.

### Conclusões

1. Houve diferença de respostas bioquímicas-fisiológicas entre os híbridos de milhos em função da adubação nitrogenada em cobertura.
2. Para aminoácidos livres totais nos grãos o genótipo AS1522 foi superior ao AS1596.

### Agradecimentos

À FUNDUNESP pelo auxílio financeiro e à CAPES pela bolsa de doutorado ao terceiro autor.



### Referências Bibliográficas

- ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Levantamento detalhado dos solos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...**, Brasília: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. CD ROM.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- BORGES, E. A.; FERNANDES, M. S.; LOSS, A.; SILVA, E. E.; SOUZA, S. R. Acúmulo e remobilização de nitrogênio em variedades de milho. **Revista Caatinga**, v. 19, p.278-286, 2006.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p. 45-47.
- CAZETTA, J.O. **Influência do nitrogênio, fósforo e potássio no metabolismo, no desenvolvimento e na produção de plantas de milho**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997, 121p. (Livre Docência).
- COELHO, A.M. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 11p. Circular Técnica, 96.
- COSTA, A.M. **Adubação nitrogenada na cultura do milho (*Zea mays L.*) em sistema de plantio direto**. 2000. 90 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Curso de pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2000.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p. 1039-1042, 2011.
- GAVA, G. J. C. ; OLIVEIRA, M. W.; SILVA, M. A.; JERÔNIMO, E. M.; CRUZ, J. C. S.; TRIVELIN, P. C. O. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, p. 851-862, 2010.