

## PRODUTIVIDADE E QUALIDADE E DA SILAGEM DE MILHO ADUBADO COM A MISTURA DE URÉIA E ZEÓLITA

NITROGEN EXTRACTION, PRODUCTIVITY AND QUALITY OF CORN SILAGE FERTILIZED  
WITH UREA AND ZEOLITE MIXTURE

SOUZA, G.B.<sup>1</sup>, BERNARDI, A.C.C.<sup>1</sup>; MONTE, M.B.M.<sup>2</sup>; PAIVA, P.R.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, 13560-970 São Carlos, SP

<sup>2</sup> CETEM - Centro de Tecnologias Mineraias, Rio de Janeiro, RJ  
e-mail: gilberto@cnpse.embrapa.br.

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da mistura de zeólita à uréia na adubação de cobertura do milho para silagem sobre a produção de matéria seca e qualidade nutricional. O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 X 4 X 4, com 3 repetições. Os tratamentos foram 2 tipos de zeólita estilbita (natural e concentrada), 4 níveis de nitrogênio (0, 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup>); e 4 relações de zeólita (25, 50 e 100% m/m da dose de N). Os tratamentos foram aplicados na adubação de cobertura aos 60 dias após o plantio. Os melhores resultados de produção de matéria seca (14,6 e 16,5 t ha<sup>-1</sup>) foram obtidos com as doses de 164 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N em mistura com 25% de zeólita natural e concentrada. O uso da zeólita em mistura com a uréia proporcionou a utilização pelo milho de doses mais elevadas de nitrogênio da uréia. Não foram constatadas diferenças significativas entre os níveis de adubação e as características de qualidade: FDN, FDA e digestibilidade. A proteína bruta aumentou linearmente com as doses de N.

### Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of mixture of zeolite and urea for fertilization of the silage corn on dry matter yield and nutritional quality. The experimental design was adopted was 2 X 4 X 4 factorial randomized blocks with 3 replications. Treatments comprised 2 types of stilbite zeolite (natural and concentrated), 4 levels of nitrogen (0, 50, 100 and 200 kg ha<sup>-1</sup>) and 4 of relations zeolite (25, 50 and 100% of N level). Treatments were applied 60 days after planting in the topdressing fertilization. The best results of dry matter yield (14.6 and 16.5 t ha<sup>-1</sup>) were obtained with 164 and 200 kg ha<sup>-1</sup> of N in a mixture with 25% of natural and concentrated zeolite. The use of zeolite in mixture with urea provided the use of higher levels of N-urea by corn. No significant differences were found amongst the fertilizer levels and nutritional quality characteristics: NDF, ADF and digestibility. Crude Protein increased linearly with N levels.

### Introdução

O nutriente que mais limita a produção e qualidade da silagem de milho é o N. Para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada, devem-se considerar diversos fatores como, pH do solo, teor de matéria orgânica, água, temperatura, fontes, formas e épocas de aplicação e também práticas para reduzir as perdas. A principal fonte de fertilizante nitrogenado é a uréia, pois tem apresentado o menor custo por unidade de nitrogênio, entretanto este fertilizante nitrogenado possui grande propensão a perder nitrogênio por volatilização de amônia. A perda de nitrogênio (N) por volatilização na forma amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) para a atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pela baixa eficiência da uréia aplicada na superfície do solo. A redução das perdas por volatilização pode ser alcançada mediante incorporação da uréia, alteração na granulometria, transformação para haver liberação lenta ou pelo uso de aditivos. Para controlar a retenção e a liberação de amônio (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), as perdas de N podem também ser reduzidas por meio da utilização de zeólitas como aditivo aos fertilizantes. As zeólitas são minerais aluminossilicatos cristalinos hidratados de metais alcalinos ou alcalino-terrosos, estruturados em redes cristalinas tridimensionais rígidas, formadas por tetraedros de AlO<sub>4</sub> e SiO<sub>4</sub>, cujos anéis, ao se unirem, compõem um sistema de canais, de cavidades e de poros (Ming & Mumpton, 1989). Estes minerais de ocorrência natural apresentam três propriedades principais, que são a alta capacidade de troca de cátions, a alta capacidade de retenção de água livre nos canais e a alta habilidade de adsorção de íons. Estas propriedades lhes

conferem grande interesse para uso na agricultura. O princípio da ação da zeólita na conservação do amônio envolve a diminuição da concentração do N na solução por meio da troca catiônica. (Ferguson & Pepper, 1987). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da mistura de zeólita à uréia na adubação de cobertura do milho para silagem sobre a produção de matéria seca e qualidade nutricional.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP (22°01' S e 47°54' W; altitude de 856 m acima do nível do mar). O clima da região é tropical de altitude, com 1502 mm de precipitação pluvial anual e médias de temperatura mínima e de temperatura máxima de 16,3°C (julho) e de 23°C (fevereiro), respectivamente. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distrófico típico, de textura média. As características químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm, no início do experimento, foram:  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 5,5$ , matéria orgânica = 55  $\text{g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{P}_{\text{resina}} = 19 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{K} = 7,0 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca} = 54 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg} = 21 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ , capacidade de troca catiônica = 116  $\text{mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$  e saturação por bases = 70%; e as características físicas: areia = 636  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , argila = 324  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  e silte = 40  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . O milho (*Zea mays* L.), da variedade C577 (híbrido simples, de ciclo precoce), foi semeado em dezembro de 2005, em sistema de plantio direto, sobre palhada da vegetação espontânea germinada durante a entressafra. Utilizou-se a população de cinco plantas por metro linear e o espaçamento entre linhas de 0,8 m. As parcelas de 16  $\text{m}^2$  foram constituídas de quatro linhas de 5 m espaçadas de 0,8 m, com área útil de 6,4  $\text{m}^2$ . A irrigação por aspersão foi realizada através de sistema de pivô central. Na instalação do experimento, foram aplicados 350  $\text{kg ha}^{-1}$  da fórmula comercial 8-28-16 de NPK + 0,4% de Zn. A zeólita utilizada foi coletada no norte do Estado do Tocantins, na bacia do Parnaíba, e apresentava 470  $\text{g kg}^{-1}$  de zeólita estilbita. O material foi moído e parte dele foi concentrado, mediante separação da zeólita dos contaminantes (quartzo e óxidos e hidróxidos de ferro) pelo método de concentração gravítica; utilizou-se a espiral de Humphrey, resultando em material com 650  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de zeólita estilbita. Obtiveram-se portanto dois tipos de zeólita: natural (470  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de estilbita) e concentrada (650  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  de estilbita), ambas com granulometria <1 mm (16 *mesh*). O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 x 4, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por dois tipos de zeólita (natural e concentrada), quatro níveis de nitrogênio (0, 50, 100 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$ ) e quatro proporções de zeólita (0%, 25%, 50% e 100% – m/m – da dose de N). A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia (45% de N). Os tratamentos foram aplicados na adubação em cobertura aos 60 dias após o plantio. Além da uréia em mistura com a zeólita, o potássio foi aplicado nas quantidades totais de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na forma de KCl (60% de  $\text{K}_2\text{O}$ ). A produtividade de milho para silagem foi avaliada em março de 2006, com base na produção de biomassa fresca, amostrada em 4 m de comprimento das duas fileiras centrais, quando o milho atingiu o ponto de colheita correspondente à fase de grão farináceo (matéria seca entre 28% e 35%). Amostras do material colhido foram levadas à estufa com circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante, para determinação da matéria seca. Então foram determinados o teor de proteína bruta (Nogueira & Souza, 2005), os conteúdos de fibras em detergente neutro (FDN) e fibras em detergente ácidos (FDA) pela metodologia proposta por Souza et al. (1999), e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, pela técnica de Tilley & Terry (1963). Foram realizadas análises de variância e ajustadas equações de regressão para a produção de matéria seca e para os teores de N em função das doses de N e das proporções de zeólita.

### Resultados e Discussão

A Figura 1 representa a produção de matéria seca do milho colhido para silagem em função das doses de N, relações e tipos de zeólita. Os melhores resultados (14,6 e 16,5  $\text{t ha}^{-1}$ ) foram obtidos com as doses de 164 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de N (na forma de uréia) em mistura com 25% de zeólita natural (470  $\text{g kg}^{-1}$  de estilbita) e concentrada (650  $\text{g kg}^{-1}$  de estilbita), respectivamente. Estes valores são 12 e 27% maiores que a melhor produção obtida na testemunha (13  $\text{t ha}^{-1}$ ), sem adição de zeólita. Nas demais relações de zeólita testadas (50 e 100% m/m) os aumentos foram menos intensos, estando na ordem de 5 a 7% e de 10 a 12% para as zeólitas natural e concentrada. O uso da zeólita proporcionou a utilização pelo milho de doses mais elevadas de nitrogênio da uréia. Esse efeito é observado especialmente na zeólita concentrada (Figura 1B), nas quais não se observou ponto de inflexão nas curvas ajustadas

mesmo na dose máxima de N (200 kg ha<sup>-1</sup>). Já as doses para obtenção de produtividades máximas com a zeólita natural (Figura 1A) foram menores (de 121 a 164 kg ha<sup>-1</sup>). Estes resultados indicam uma provável retenção do íon amônio, resultado da hidrólise da uréia no solo. E, além disso, esta retenção deve estar ocorrendo de modo mais intenso na zeólita concentrada. Na figura 2 estão representadas as médias das características da qualidade nutricional do milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural e concentrada. A percentagem de FDN compõe a estrutura da parede celular, composta principalmente de carboidratos estruturais, que são de baixa disponibilidade no processo de digestão. A redução no teor de FDN implica em aumento dos constituintes do conteúdo celular: carboidratos solúveis, proteínas e lipídeos, os quais são de maior disponibilidade. Os valores de FDN e de FDA observados na dose 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (na forma de uréia) em mistura com 50 e 100% de zeólita natural, indicaram redução dos valores. Isto implica na melhoria do valor nutritivo do milho como é observado o incremento nos teores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Figura 2). Outro aspecto a ser observado é em relação a utilização do milho para a produção de silagem, uma vez que, o menor teor de fibras, ou seja, de parede celular, possibilita uma melhor compactação do material durante o processo de ensilagem e também com o aumento dos constituintes do conteúdo celular como, proteínas e carboidratos solúveis, que contribuem para uma rápida fermentação e produção de ácidos orgânicos, principalmente ácido lático. Para a silagem de milho ser considerada de qualidade, o valor de FDA deve ser inferior a 30%, como os observados neste trabalho. Os valores de proteína bruta aumentaram significativamente e de forma linear com o aumento das doses de N, porém não houve diferenças entre as relações de zeólita. Os valores obtidos com a zeólita concentrada foram superiores aos obtidos com a zeólita natural (Figura 3)

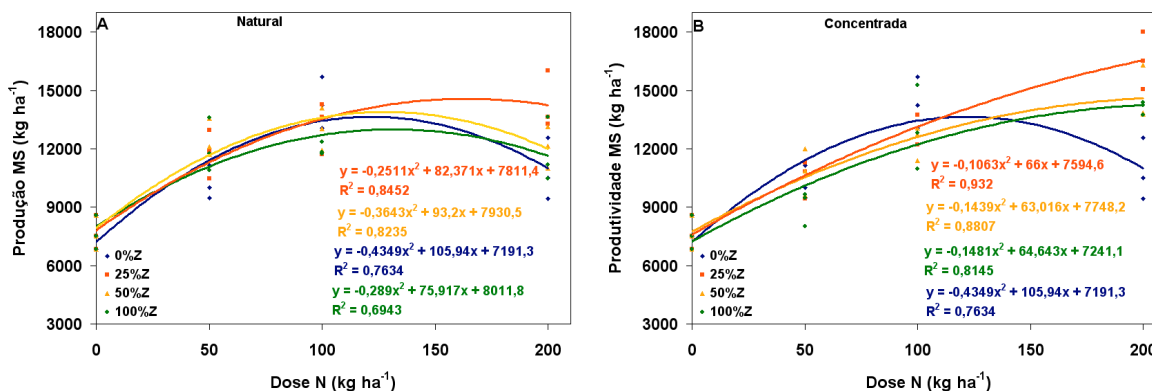


Figura 1. Produção de matéria seca de milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural – A (470 g kg<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada – B (650 g kg<sup>-1</sup> de estilbita).

## Conclusões

Os melhores resultados de produção de matéria seca (14,6 e 16,5 t ha<sup>-1</sup>) foram obtidos com as doses de 164 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de N (na forma de uréia) em mistura com 25% de zeólita natural (470 g kg<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada (650 g kg<sup>-1</sup> de estilbita). O uso da zeólita em mistura com a uréia proporcionou a utilização pelo milho de doses mais elevadas de nitrogênio da uréia. Não foram constatadas diferenças significativas entre os níveis de adubação e as características de qualidade: FDN, FDA e digestibilidade. A proteína bruta aumentou linearmente com as doses de N.

## Referências

- FERGUSON G.; PEPPER, I. Ammonium retention in soils amended with clinoptilolite. **Soil Science Society of America Journal**, v. 51, p. 231–234, 1987.
- MING, D. W.; MUMPTON, F. A. Zeolites in soils. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Eds.) **Minerals in soil environments**. 2<sup>nd</sup> ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 873-911.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313 p.  
 SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A.; SUMI, L.M.; BATISTA, L.A.R. **Método alternativo para determinação de fibra em detergente neutro e em detergente ácido.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. 1999. 15p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa, 5).  
 TILLEY, J.A., TERRY, A.R. A two-stage technique for in vitro digestion of forages crops. **Journal of the British Grassland Society**, Hurley, v.18, n.1, p.104-111, 1963.

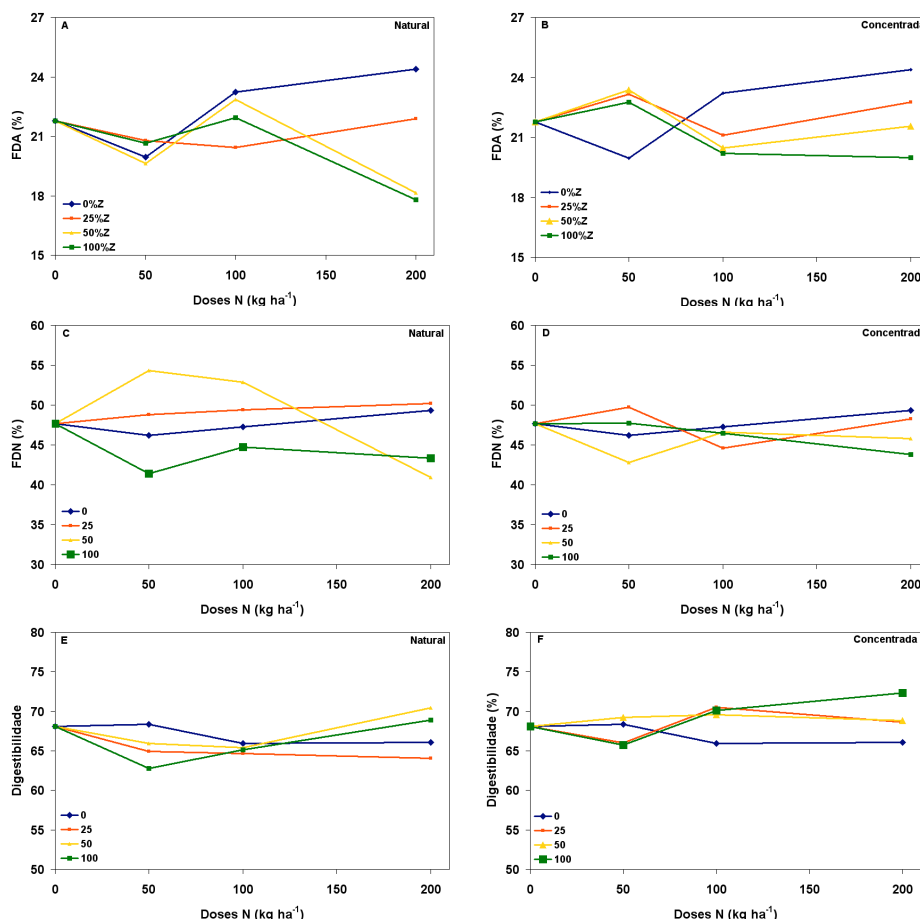


Figura 2. Qualidade nutricional do milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural – A, C e E (470 g kg<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada – B, D e F (650 g kg<sup>-1</sup> de estilbita).

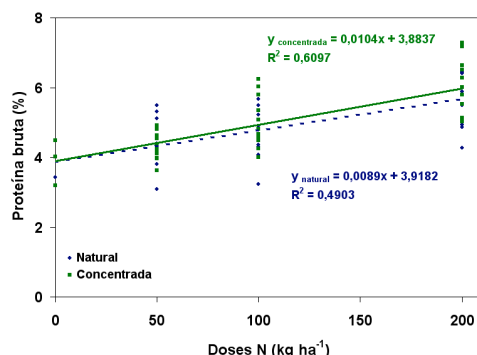


Figura 3. Proteína bruta do milho colhido para silagem em função de doses de nitrogênio, na forma de uréia, e de proporções de zeólita natural (470 g kg<sup>-1</sup> de estilbita) e concentrada (650 g kg<sup>-1</sup> de estilbita).