



## USO DA COMPOSIÇÃO MINERAL COMO INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO POR SOLO NA SILAGEM PRODUZIDA NO BRASIL

Eloá Moura Araujo<sup>1</sup>, Patrick Schmidt<sup>2</sup>, Julierme Zimmer Barbosa<sup>3</sup>; Charles Ortiz Novinski<sup>4</sup>;  
Elinton Weinert Carneiro<sup>5</sup>, Antônio C. V. Motta<sup>6</sup>.

**RESUMO:** O Brasil é um dos maiores produtores de leite e carne do mundo. A silagem de milho é um importante recurso, complementando o pasto e garantindo o alto desempenho animal ao longo do ano. Nosso objetivo foi avaliar a composição mineral das silagens de milho produzidas em quatro estados do Brasil: Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. O conteúdo total dos elementos foi extraído por digestão assistida por micro-ondas e a determinação de 31 elementos foi conduzida em espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). A forte e consistente correlação observada entre os elementos Fe e Ti nas amostras de silagem indicaram uma prevalente contaminação por solo nas amostras. A análise canônica discriminou com sucesso as amostras de acordo com sua origem, reforçando a hipótese de que a composição elementar é um efetivo indicador de contaminação. A fim de garantir a qualidade da silagem, os agricultores devem usar estratégias para reduzir o contato e retenção do solo durante o processo de ensilagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays* L., qualidade, ICP-MS.

### INTRODUÇÃO

A silagem tem sido a principal forma de conservação de forragens (Daniel et al., 2019) e a silagem de milho é conhecida como uma das melhores opções como suplemento alimentar devido seu alto rendimento, qualidade e aceitabilidade (Bernardes e Rêgo, 2014). Segundo Daniel et al. (2019), o Brasil possui aproximadamente 4 milhões de hectares de milho para a produção de silagem.

A contaminação por solo na silagem é uma situação bem conhecida (Pontes et al., 2018). Bernardes e Rêgo (2014) descobriram que mais de 80% dos agricultores usam o solo para cobrir o filme plástico após a selagem do solo. Este procedimento diminui as perdas e preserva melhor a qualidade nutricional da silagem, pois a cobertura é mais efetiva no

<sup>1</sup>Pós-doutoranda, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR, eloamoura@usp.br.

<sup>2</sup>Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

<sup>3</sup>Professor, Centro Universitário Ingá, Rod. PR 317, 6114 Parque Industrial 200, CEP 87035-510, Maringá/PR.

<sup>4</sup>Doutorando, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

<sup>5</sup>Professor, Universidade do Oeste de Santa Catarina, R. Dirceu Giordani, 696, CEP 89820-000, Xanxerê /SC.

<sup>6</sup>Professor Associado, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

controle do aquecimento da silagem. No entanto, isso pode aumentar o risco de contaminação da silagem pelo solo. Geralmente o Fe presente no solo se encontra em uma forma pouco solúvel e de baixa acessibilidade, mas o baixo pH encontrado na silagem promove a redução do Fe, aumentando sua solubilidade e bioacessibilidade, constituindo um risco para os animais que se alimentam de silagens altamente contaminadas (Hansen e Spears, 2009).

Apesar da grande relevância, faltam informações sobre a composição mineral da silagem de milho produzida no Brasil. Nosso objetivo foi quantificar a composição elementar das silagens de milho produzidas em MG, SC, PR e GO e testar essa forma de *fingerprint* como indicador de contaminação por solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletadas amostras de silagem de milho em quatro importantes bacias leiteiras do país, entre maio e setembro de 2010, sendo: sudoeste do estado de Goiás-GO (n = 14); sul do estado de Minas Gerais-MG (n = 20); Toledo, no estado do Paraná-PR (n = 19); oeste do estado de Santa Catarina-SC (n = 20).

Após secas e moídas (< 1mm), as amostras foram digeridas em HNO<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> assistida em micro-ondas. A análise multi-elementar foi conduzida em espectrofotômetro de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). Foram determinados macro, micro e elementos potencialmente tóxicos.

Para acessar as interações entre os elementos foram obtidas correlações de Pearson (p < 0.05). Para investigar os relacionamentos entre os quatro grupos de amostras, foi realizada uma análise de correlação canônica (Statistica, versão 8.0).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com as análises de correlação realizadas (Figura 1), é possível observar uma forte correlação entre Fe, Al, Ti e V, sugerindo que o Fe e Al encontrados nas amostras de silagem vêm principalmente da contaminação pelo solo. Para confirmar essa hipótese e estudar a relação dos quatro grupos de amostras (MG, GO, PR e SC), foi realizada uma análise canônica (Figura 2), que confirmou a análise de ANOVA (dados não mostrados) realizada e as correlação previamente observadas: os níveis de Fe, Al, Ti e V foram os mais determinantes na formação das variáveis canônicas e os níveis destes elementos se distinguiram de acordo com o estado de origem.

O Ti apresenta forte característica litofílica, e seu conteúdo em plantas é geralmente



inferior a  $7 \text{ mg kg}^{-1}$  (Kabata-Pendias, 2010). Desta forma, Ti tem sido identificado como um indicador válido de contaminação por solo em amostras de plantas devido à sua abundância no solo e absorção insignificante pelas plantas (Cook et al., 2009). Assim, para as amostras de silagem estudadas, o teor de Ti foi um importante indicador de contaminação pelo solo em silagens de milho no Brasil.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho, 73 amostras de silagem de milho foram coletadas em quatro dos mais importantes estados produtores de leite do Brasil (Goiás, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina). Os altos níveis de Fe detectados sugeriram a ocorrência de contaminação por solo nas silagens. Essa hipótese foi confirmada pela forte correlação entre os teores de Fe e Ti e estado de origem. Diante da prevalente contaminação por solo observada, sugere-se que os produtores devem considerar a adoção de estratégias para controlar a entrada do solo no processo de ensilagem uma vez que essa contaminação pode reduzir a qualidade geral do material produzido.

## REFERÊNCIAS

- Bernardes, T.F., Rêgo, A.C., 2014. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *J. Dairy Sci.* 97, 1852–1861. doi:10.3168/jds.2013-7181
- CONAB (2018). The National Supply Company. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 04/04/2019.
- Cook, L.L., McGonigle, T.P., Inouye, R.S., 2009. Titanium as an Indicator of Residual Soil on Arid-Land Plants. *J. Environ. Qual.* 38, 188. doi:10.2134/jeq2007.0034
- Costa, N.R., Andreotti, M., Alexandre, C., Crusciol, C., Gustavo, C., 2017. Yield and nutritive value of the silage of corn intercropped with tropical perennial grasses 63–73. doi:10.1590/S0100-204X2017000100008
- Daniel, J.L.P., Bernardes, T.F., Jobim, C.C., Schmidt, P., Nussio, L.G., 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil \* 1–13. doi:10.1111/gfs.12417
- Hansen, S.L., Spears, J.W., 2009. Bioaccessibility of iron from soil is increased by silage fermentation 2896–2905. doi:10.3168/jds.2008-1933
- Kabata-Pendias, A., 2010. Trace Elements in Soils, 4th ed. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi:10.1002/9781444319477
- Pontes, L. da S., Tullio, G.F., Martins, A. de S., Moletta, J.L., Porfírio-da-Silva, V., 2018. Corn yield for silage and grains in different integrated crop-livestock 315–323. doi:10.5935/1806-6690.20180036

<sup>1</sup>Pós-doutoranda, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR, eloamoura@usp.br.

<sup>2</sup>Professor Associado, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

<sup>3</sup>Professor, Centro Universitário Ingá, Rod. PR 317, 6114 Parque Industrial 200, CEP 87035-510, Maringá/PR.

<sup>4</sup>Doutorando, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

<sup>5</sup>Professor, Universidade do Oeste de Santa Catarina, R. Dirceu Giordani, 696, CEP 89820-000, Xanxerê/SC.

<sup>6</sup>Professor Associado, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, R. dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba/PR.

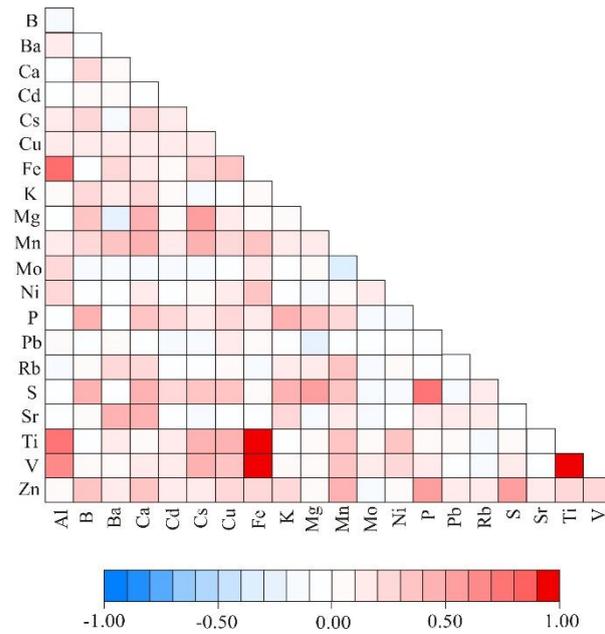


Figure 1. Correlações de Pearson entre as concentrações dos elementos determinados em silagens de milho provenientes do Brasil.

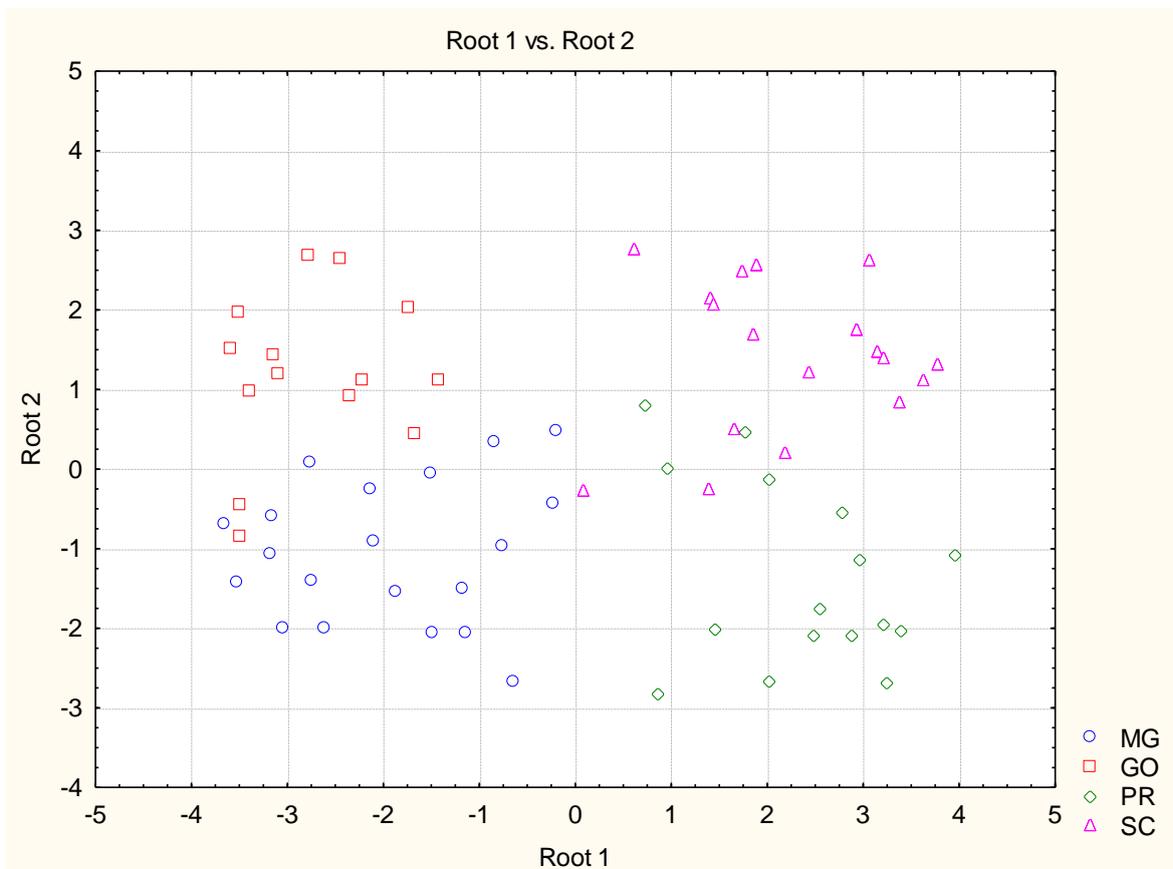


Figure 2. Análise canônica das amostras de silagem de Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Paraná (PR) e Santa Catarina (SC).