

## Ingestão de solo por vacas leiteiras a pasto

**Bárbara Cardoso da Mata e Silva<sup>\*1</sup>, Fernando César Ferraz Lopes<sup>2</sup>, Albert José dos Anjos<sup>3</sup>,  
Afrânio Silva Madeiro<sup>4</sup>, Vinícius Sacramento Pacheco<sup>5</sup>, Juliana Dias<sup>6</sup>**

### Resumo

Objetivou-se com a revisão reunir informações sobre o consumo involuntário de solo por vacas leiteiras a pasto, fato este relacionado ao manejo da pastagem, a estação do ano, espécie forrageira e ao tipo de solo. A ingestão de solo por bovinos leiteiros pode ser via potencial de entrada de contaminantes na cadeia alimentar como, por exemplo, metais pesados ou poluentes orgânicos presentes na camada superficial do solo, sendo importante do ponto de vista da saúde humana. A quantidade do solo ingerida por bovinos leiteiros manejados em pastagem de clima temperado varia de 0,5 a 1,86 kg/dia, e dependendo do tipo e dos seus constituintes, pode influenciar em experimentos que utilizam o dióxido de titânio para a estimativa da produção fecal, e posteriormente no cálculo do consumo de matéria seca, em virtude da presença desse composto no solo. Desse modo, fazem-se necessários estudos para a avaliação do consumo involuntário de solo por vacas manejadas sob pastejo em ambiente tropical, bem como sua influência na estimação da produção fecal quando indicadores externos como o dióxido de titânio são utilizados.

**Palavras-chave:** Contaminação. Dióxido de titânio. Pastagem.

## Soil intake of dairy cows in grazing

### Abstract

The review aimed to gather information about the involuntary soil intake by dairy cows in grazing, related to the management of pasture, season, forage species and soil type. The soil intake by dairy cattle can be via potential contaminants from entering the food chain, for example, heavy metals or organic pollutants present of the soil surface layer, being important from the point of view of human health. The amount of soil ingested by dairy cattle grazing of temperate climate ranges from 0.5 to 1.86 kg/day, depending on the type and their constituents, may influence experiments using titanium dioxide to estimate faecal output, and posteriorly on the calculating of the dry matter intake, due the presence of this compound

<sup>1</sup>Docente do Programa de Pós-graduação em Reprodução, Sanidade e Bem-estar animal - Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS, Alfenas, MG, Brasil.

<sup>\*</sup>Autora para correspondência: barbaracmsilva@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

<sup>3</sup>Mestre em Zootecnia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG.

<sup>4</sup>Docente da Escola Agrotécnica da Universidade Federal de Roraima, Campus Murupu, Boa Vista, RR.

<sup>5</sup>Mestrando em Ecologia aplicado ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.

<sup>6</sup>Doutoranda em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

**Recebido para publicação em 01 de agosto de 2016**

**Aceito para publicação em 18 de agosto de 2016**

in the soil. Thus, it becomes necessary studies for the evaluation of unintentional soil consumption by cows managed under grazing in tropical environment as well as its influence in the estimation of fecal output when external indicators such as titanium dioxide are used.

**Keywords:** Contamination. Titanium dioxide. Grassland.

## Introdução

O solo é considerado por influenciar a nutrição animal, alterando a quantidade e qualidade da forragem produzida, afetando a dinâmica solo-planta-animal. Outro ponto potencial, frequentemente ignorado, é o consumo de solo por animais sob pastejo. Este pode ser voluntário, usualmente considerado como um fator nutricional, pela deficiência de determinados minerais na dieta como cobre, cobalto e magnésio (HEALY, 1968). Já o involuntário, está associado ao processo de pastejo *per se*, pois durante o bocado, a forrageira esta sujeita a ser puxada juntamente com as raízes que contêm solo aderido (JURJANZ *et al.*, 2012).

Por conseguinte, vacas leiteiras podem ingerir concomitantemente com a forragem, o solo, que é via potencial de entrada de contaminantes na cadeia alimentar como, metais pesados ou poluentes orgânicos que são encontrados na camada superficial do solo. A partir da ingestão, podem ser transferidos para o leite, tendo importância do ponto de vista da saúde humana (HERLIN; ANDERSSON, 1996).

Ademais, a ingestão involuntária de solo por bovinos leiteiros a pasto pode influenciar nos resultados de experimentos que utilizam o dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) como indicador externo para a estimativa da produção fecal, e assim, posteriormente, no cálculo do consumo de matéria seca (MS), pois segundo Ferreira *et al.* (2003) é comum que em ambiente tropical, devido a intensa lixiviação, o solo apresente quantidades significativas desse composto. Dependendo do tipo de solo, bem como de seus constituintes, os resultados da estimativa do consumo de MS podem potencialmente apresentar valores subestimados, por não se levar em consideração nos cálculos à quantidade de  $TiO_2$  ingerido juntamente com o solo.

Objetivou-se com a revisão reunir informações sobre o consumo involuntário de solo por vacas leiteiras a pasto.

## Fatores que afetam a ingestão involuntária de solo por vacas leiteiras

Em condição de pastejo, a quantidade de solo ingerida involuntariamente por bovinos leiteiros esta relacionada à taxa de lotação (HEALY, 1968), a oferta de forragem da pastagem, a suplementação do pasto (JURJANZ *et al.*, 2012), ao tipo de solo (HEALY; LUDWIG, 1965), a precipitação pluviométrica (MCGRATH *et al.*, 1982), a estação/mês do ano, sendo dessa forma, um fenômeno sazonal (HEALY; LUDWIG, 1965; MAYLAND *et al.*, 1975; FRIES *et al.*, 1982; THORNTON; ABRAHAMS, 1983).

O aumento da taxa de lotação e desse modo, da carga animal, sem um manejo adequado da pastagem, estimula a ingestão de solo, pois os animais são condicionados a pastar próximo ao nível do solo devido a menor altura da forragem, e quando há limitações alimentares, com a redução do consumo de matéria seca, há um incremento na ingestão de solo (BERESFORD; HOWARD, 1991).

De acordo com Jurjanz *et al.* (2012), a redução na oferta de forragem claramente aumenta o risco do consumo de solo, que pode ser explicado pela menor altura do pasto no pós-pastejo. Dessa forma, um dossel forrageiro com altura de 5 cm é o limiar, em que abaixo desse valor, a vaca tem dificuldade em colher a forragem. Diante do exposto, Delagarde *et al.* (2011) sugeriram que os animais devem ser monitorados e removidos da pastagem quando a vegetação se torna escassa.

A suplementação com forrageiras conservadas reduz a ingestão de solo, provavelmente devido ao aumento da altura pós-pastejo, bem como pela diminuição no tempo de pastejo das vacas quando as condições do pasto tornam-se inferiores, além disso, o solo pode ser diluído com a maior quantidade de MS ingerida (PEREZ-PRIETO *et al.*, 2011).

A quantidade de solo aderido à planta pode variar devido ao revolvimento do solo, e pela ação do vento e da chuva (HERLIN; AN-

DERSSON, 1996). Desse modo, durante o inverno na Inglaterra, Beresford; Howard (1991) observaram que 40% do peso seco da planta forrageira era composta por solo aderido, já no verão, menos de 2% do peso seco, verificando clara variação sazonal.

Em suma, a ingestão de solo pode ser limitada por métodos que reduzem o tempo de acesso das vacas a superfície do solo.

### Metodologias para a estimativa da ingestão de solo

O solo não é digerido por bovinos e há várias formas de mensurar a quantidade ingerida, as mais comumente usadas estão listadas abaixo.

Metodologias baseadas em indicadores nas fezes podem ser utilizadas para a estimativa da ingestão de solo, como por exemplo, o titânio, um estável marcador. Um ponto importante para a coleta das fezes é que devem ser amostradas diretamente do reto dos bovinos, a fim de

evitar a contaminação pelo solo (JURJANZ *et al.*, 2012).

Thornton; Abrahams (1983) propuseram a seguinte equação 1:

$$PIS = ((1 - D_f) * Ti_f / Ti_s - D_f * Ti_f) * 100 \quad (1)$$

Em que:

PIS é a porcentagem de ingestão de solo.

$D_f$  é a digestibilidade da forragem (%);

$Ti_f$  refere-se às concentrações (mg/kg) de titânio nas fezes

$Ti_s$  refere-se às concentrações (mg/kg) de titânio no solo.

Outra forma, de acordo com Beyer *et al.* (1994) seria pela utilização do método das cinzas insolúveis em ácido (CIA), isto é, da fração insolúvel e, por conseguinte, não digerível das cinzas ingeridas, utilizando a equação 2:

$$\text{Ingestão de solo (g/100 g de MS)} = CIA_D - CIA_F + (CIA_F \times DMS_D) / CIA_D - CIA_S + (CIA_F \times DMS_D) \quad (2)$$

Em que:

$CIA_D$  é a concentração de CIA na dieta (kg/kg de MS);

$CIA_F$ , a concentração fecal (kg/kg de MS);

$CIA_S$ , a concentração no solo (kg/kg MS); e

$DMS_D$ , a digestibilidade da MS da dieta (%).

Outro indicador seria o aumentado na concentração da cinza bruta nas fezes, sinalizando aumento da ingestão de solo pelos animais. Segundo Jurjanz *et al.* (2012), a concentração fecal de CIA está correlacionada com a concentração da cinza bruta fecal ( $CIA_F = 0,872 \times \text{Cinza bruta nas fezes} - 60,2$ ,  $R^2 = 0,92$ ) que é mais facilmente mensurável.

### Quantidade de solo ingerido por bovinos leiteiros

Os valores referentes à ingestão de solo por bovinos leiteiros estão apresentados no Quadro 1.

Segundo Healy (1968), em estudo realizado na Nova Zelândia, a ingestão de solo por

uma vaca em lactação pode chegar a 600 kg/ano, com o consumo diário variando de 0,2 a 2 kg/dia.

Fries *et al.* (1982) relataram valores de ingestão inferiores a 1% do total de MS consumida para vacas leiteiras, ou seja, 0,2 kg/dia. Para novilhas e vacas não lactantes, esses mesmos autores observaram um incremento, com valores de até 0,6 kg/dia quando em menor oferta de forragem.

Jurjanz *et al.* (2012) realizaram dois experimentos avaliando o consumo de solo por vacas leiteiras a pasto. No primeiro foram estudadas duas ofertas de forragem, baixa (20 kg de MS/vaca/dia) ou média (35 kg de MS/vaca/dia), e do tipo de pasto, azevém em monocultivo

## Ingestão de solo por vacas leiteiras a pasto

ou consorciado com trevo branco. No segundo experimento foram avaliados os efeitos de duas ofertas de forragem, média (40 kg de MS/vaca/

dia) e alta (65 kg de MS/vaca/dia), e da suplementação ou não com silagem de milho.

Quadro 1 - Ingestão de solo (kg/dia) por bovinos leiteiros

Referência	Categoria	País	Consumo (kg/dia)	Especificação
Healy (1968)	Vacas leiteiras	Nova Zelândia	0,5	Taxa de lotação 1,2 vacas/ha
			0,85	Taxa de lotação 1,65 vacas/ha
			1,06	Taxa de lotação 2,5 vacas/ha
			1,86	Taxa de lotação 2,5 vacas/ha durante o inverno
Mayland <i>et al.</i> (1977)	Novilhas	Estados Unidos	0,73	Junho (início do verão)
			0,99	Agosto (final do verão)
Fries <i>et al.</i> (1982)	Vacas leiteiras	Estados Unidos	0,2	Várias condições de manejo
	Vacas secas e novilhas		0,6	Várias condições de manejo
Jurjanz <i>et al.</i> (2012)	Vacas leiteiras	França	0,43	Pasto azevém, baixa oferta de forragem (OF)
			0,17	Pasto azevém, média OF
			0,83	Pasto azevém e trevo branco, baixa OF
			0,17	Pasto azevém e trevo branco, média OF
			0,25	Pasto azevém, média OF, com suplementação <sup>1</sup>
			0,15	Pasto azevém, alta OF, com suplementação <sup>1</sup>
			0,85	Pasto azevém, média OF, sem suplementação
			0,64	Pasto azevém, alta OF, sem suplementação

OF: Oferta de forragem

<sup>1</sup>Silagem de milho e farelo de soja

Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

De acordo com os autores, o aumento do consumo de MS do pasto em consequência da maior oferta de forragem, bem como a ingestão da silagem que está relacionada à diminuição no tempo de pastejo, promoveram redução no consumo de solo, observando que a maior ingestão ocorreu quando os animais consumiram apenas pasto.

Esses mesmos autores relataram que o consumo médio diário de solo para vacas leiteiras pode ser de 0,7 kg/dia, e quando em piores condições da pastagem, podem chegar a 1,5 kg/dia, com tendência de redução desses valores

quando em pastejo rotacionado.

Em ovinos, o consumo pode ter consequências econômicas, reduzindo o tempo de vida produtiva do animal devido ao desgaste excessivo dos dentes (BERESFORD; HOWARD, 1991). Quando em baixa altura de dossel e com o solo úmido Healy; Ludwig (1965) relataram valores de até 1,5 kg/ovino/semana durante o inverno.

Healy (1968) constatou que a ingestão de solo por vacas leiteiras na Nova Zelândia aumentou com o incremento da taxa de lotação, observando valores médios anuais de 0,5 kg/dia quando em 1,2 vacas/ha; 0,85 kg/dia quando em 1,65 vacas/ha e 1,06 kg/dia a 2,5 vacas/ha, e durante o período de inverno, a média foi de 1,86 kg/dia. Segundo este autor, pastagens formadas em solos bem drenados, com forte estrutura, apresentam geralmente forragem com baixa contaminação de solo e, por conseguinte, aqueles mal drenados, com estruturas mais fracas, possuíam maior quantidade de solo aderido à planta, potencializando a ingestão de solo por vacas leiteiras.

Esses resultados demonstraram que em condições de pastejo, o consumo de solo por bovinos leiteiros pode ser elevado, mas não há pesquisas que comprovem esse fato em condições tropicais, como as encontradas em sistemas de produção de leite a pasto do Brasil.

#### **Efeitos da ingestão de solo em vacas leiteiras**

A ingestão de solo por vacas leiteiras pode causar efeito negativo, como por exemplo, o consumo e a absorção de poluentes orgânicos e metais pesados, bem como alterações nas funções digestivas, influenciando a absorção mineral, além de ser fonte de parasitas ou bactérias prejudiciais à saúde dos animais (HERLIN; ANDERSSON, 1996).

Os efeitos da ingestão de solo na fermentação ruminal, na digestibilidade e consumo de pasto e, finalmente, na produção de leite não são bem conhecidos, mas pode-se esperar a diluição de nutrientes e redução na palatabilidade da forrageira (JURJANZ *et al.*, 2012).

Contudo, Ouachem e Nouicer (2006) evidenciaram melhoria no metabolismo ruminal devido a ingestão de solo, em virtude da troca catiônica entre a argila e o meio ruminal, principalmente pelos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  que são permutados com íons de  $\text{H}^+$  em excesso no rúmen. Desse modo, pode haver um efeito de estabilidade nas funções digestivas de ruminantes pelo fornecimento de tampões que estabilizam o pH ruminal e a fermentação (KREULEN, 1985).

Conrad (1984) relatou que a ingestão elevada de solo pode diminuir a absorção de fósforo em bovinos. No entanto, Miller *et al.* (1977) observaram que o consumo de 450 ou 900 g de

solo por novilhas não alterou a absorção, mas provocou incremento na excreção fecal de potássio, sem alterar o consumo, a digestibilidade da fibra bruta e a disponibilidade de cálcio. Ademais, Wordu; Deedua (2008) demonstraram que a ingestão de solo pode afetar adversamente a utilização de fósforo em cabras leiteiras consumindo dieta com inclusão de 10% de solo.

Assim, não há um consenso dos efeitos do consumo de solo no ambiente ruminal, sendo essa variação possivelmente devido aos diferentes tipos de solo, e conseqüentemente dos seus constituintes (OUACHEM; NOUICER, 2006).

Bovinos leiteiros a pasto podem ser expostos a poluentes por meio da ingestão de matrizes contaminadas, como por exemplo, o solo, que acumula e retém esses compostos, acarretando na contaminação de produtos de origem animal, como por exemplo, o leite (MAMONTOVA *et al.*, 2007), fato este que deve ser levado em consideração devido a importância na segurança alimentar (JURJANZ *et al.*, 2012).

Considerando esse aspecto, a concentração do contaminante, suas características metabólicas, e a tolerância legal de resíduos no leite e nos tecidos devem ser levados em consideração, pois em determinadas circunstâncias, são suficientes para causar resíduos violativos (FRIES *et al.*, 1982).

Casos de envenenamento de vacas pelo consumo de resíduos de agrotóxicos presentes em elevadas concentrações no solo, bem como sua transferência para o leite, podem ser considerados relativamente raros (FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ, 2001). Embora o efeito acumulativo da ingestão de alimentos com baixos teores destes resíduos, pode ser responsável por efeitos crônicos, como a ocorrência de câncer (JOBIM *et al.*, 2010) e neuropatias em humanos (WAISSMANN, 2007). Por conseguinte, o Ministério da Saúde, por meio da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) possui um programa de monitoramento de resíduos de agrotóxicos nos alimentos comercializados no país, contudo, não contempla a categoria leite e derivados (BASTOS *et al.*, 2011).

Nesse contexto, uma vez no rúmen, os resíduos de agrotóxicos podem ser transferidos para a corrente circulatória, e depositados na gordura corpórea devido à sua natureza lipofílica e/ou metabolizados e secretados no leite,

ocasionando efeitos adversos à saúde humana (GEBREMICHAEL *et al.*, 2013) como relatado anteriormente.

O ar atmosférico similarmente é fonte potencial de poluentes no solo. Um exemplo seria a deposição de compostos acidificantes originários de estações de produção de energia, bem como de substâncias químicas diversas provenientes da emissão por indústrias, ou mesmo, decorrentes do tráfego de automóveis em estradas adjacentes às pastagens (MAMONTOVA *et al.*, 2007).

Parolini *et al.* (2012) avaliaram os níveis de difenil éteres polibromados (PBDE) no solo, forragem e no leite de vacas manejadas a pasto na região dos Alpes na Itália. PBDE são compostos tóxicos e biocumulativos utilizados como retardantes de chama, que podem ser transportados por longas distâncias dos ambientes poluídos para áreas não poluídas. Os autores observaram a presença desses compostos no solo, na forragem e no leite de vacas, e relataram que 17% da contaminação do leite seria decorrente da ingestão de solo por vacas leiteiras.

A contaminação do solo por metais pesados é, principalmente, em consequência de dois processos: intemperização associada à formação do solo *per se*; e pela emissão por indústrias. De acordo com Sanchez de la Campa *et al.* (2008), altas concentrações de arsênio, cádmio, cobre, mercúrio e chumbo foram encontrados no ar em regiões com presença de indústrias do ramo metalúrgico, petroquímico e de fertilizantes.

Patra *et al.* (2008), verificaram altas concentrações de chumbo e cádmio tanto na forragem, quanto no solo em localidades poluídas na França e observaram elevadas concentrações desses constituintes no plasma e no leite de vacas manejadas em pastagens próximas a esses locais. Assim, mesmo reduzidas quantidades consumidas diariamente desses componentes, levam a efeitos adversos à saúde humana e também nos animais devido ao potencial de toxicidade e acúmulo no organismo (IKEDA *et al.*, 2000).

No Brasil, Soares *et al.* (2010) avaliaram 54 amostras de leite pasteurizado na região de São Paulo, e detectaram concentrações médias de chumbo de 0,23 mg/L, valor este acima do permitido pela legislação brasileira, Decreto nº 55871/65, que é de 0,05 mg/L (BRASIL, 1998),

e do total de amostras, apenas quatro não estavam contaminadas. Os autores associaram esse fato à presença de uma indústria de fabricação de lingotes de chumbo na região.

Beresford e Howard (1991) relataram que a quantidade de céσιο radioativo no solo aumentou gradualmente com o tempo após o acidente nuclear de Chernobyl, ocorrido em 1986 na Ucrânia. Os autores justificaram esse fato a redução da captação desse elemento pela planta, bem como pela alta atividade do céσιο radioativo no solo. Assim, após um acidente em que ocorra evento de contaminação, possivelmente a ingestão de solo por vacas leiteiras se torna mais importante com o tempo.

### **Efeito da ingestão de solo na estimativa do consumo de matéria seca**

O consumo de solo por vacas leiteiras a pasto influencia também nos resultados da estimativa de produção fecal, e assim, consequentemente no cálculo do consumo de MS quando o  $TiO_2$  é utilizado como indicador externo, pois segundo Pérez-Ramírez *et al.* (2012), o uso desse indicador em animais a pasto pode ser questionado, com base no eventual consumo de solo rico nesta substância.

O titânio é o nono elemento mais abundante da terra, e segundo Ferreira *et al.* (2003), o  $TiO_2$  é o constituinte comum em solos tropicais, em razão da intensa lixiviação.

Na fração silte (0,005 a 0,05 mm) se concentra os maiores teores de  $TiO_2$ , tendo destaque também em Latossolos pela presença de minerais, como rutilo e ilmenita (FERREIRA *et al.*, 2003). Em Mucajaí, no estado de Roraima, Melo *et al.* (2006) encontraram valores de  $TiO_2$  próximos a 20 g/kg de solo, em Ouro Preto, Minas Gerais, 8,3 g/kg de solo (ANDRADE *et al.*, 2012). Na região do Quadrilátero Ferrífero, Carvalho Filho (2008) observaram valores de 24,1 g/kg de solo, já no estado de São Paulo, Verdade (1961) constatou variação na quantidade de  $TiO_2$  no solo de 2,3 a 33,2 g/kg.

Contudo, há a necessidade de mais estudos envolvendo os valores da ingestão diária de solo por vacas a pasto, bem como da quantidade de  $TiO_2$  no solo, pois esses parâmetros, podem influenciar na recuperação desse indicador nas fezes, repercutindo na estimativa da produção fecal, e assim, nos resultados do consumo de MS.

## Considerações finais

O consumo de solo por vacas leiteiras, que em pastagens de clima temperado variou de 0,46 a 1,86 kg/vaca/dia, pode representar potencial rota de entrada de contaminantes na alimentação humana por meio do leite.

Estes valores de ingestão de solo precisam ser reavaliados para os atuais sistemas de criação, com animais mais pesados, de maior

produção de leite e ingestão de MS, bem como pelo aumento da pressão de pastejo, que eleva potencialmente a risco de ingestão.

Fazem-se necessários estudos para a avaliação de consumo de solo por vacas manejadas sob pastejo em condições tropicais, bem como sua influência na estimativa da produção fecal quando indicadores externos como o dióxido de titânio são utilizados.

## Referências

- ANDRADE, L. N.; LEITE, M. G. P.; BACELLAR, L. A. P. Composição mineralógica e geoquímica dos solos do parque estadual do Itacolomi - Ouro Preto/MG. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 3, p. 1-8, 2012.
- BASTOS, L. H. P. *et al.* Possíveis fontes de contaminação do alimento leite, por agrotóxicos, e estudos de monitoramento de seus resíduos: uma revisão nacional. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 19, p. 51-60, 2011.
- BERESFORD, N. A.; HOWARD, B. J. The importance of soil adhered to vegetation as a source of radionuclides ingested by grazing animals. **Science of the Total Environment**, v. 107, p. 237-254, 1991.
- BEYER, W. N.; CONNOR, E. E.; GEROULD, S. Estimates of soil ingestion by wildlife. **The Journal of Wildlife Management**, v. 58, p. 375-382, 1994.
- BRASIL. Portaria nº 685/98. Aprova o Regulamento Técnico: **Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos e seu Anexo**: Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos. Complementa e faz algumas modificações no Decreto Lei nº 55.871, de 26 de março de 1965. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=90>>. Acesso em: mar. 2016.
- CARVALHO FILHO, A. **Solos e ambientes do Quadrilátero Ferrífero (MG) e aptidão silvicultural dos Tabuleiros Costeiros**. 2008. 245 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.
- CONRAD, J. H. Administração racional de suplementos minerais a nível de fazenda. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO MINERAL, 1984. **Anais...** São Paulo, p. 57-67, 1984.
- DELAGARDE, R. *et al.* Graze in: a model of herbage intake and milk production for grazing dairy cows. 2. Prediction of intake under rotational and continuously stocked grazing management. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 45-60, 2011.
- FERREIRA, B. A. *et al.* Óxidos de ferro das frações areia e silte de um nitossolo desenvolvido de basalto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 405-413, 2003.
- FRIES, G. F.; MARROW, G. S.; SNOW, P. A. Soil ingestion by dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 65, p. 611-618, 1982.
- FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. CENTRO DE INFORMAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA. Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas. **Manual de Preenchimento da Ficha de Notificação e de Atendimento**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2001.
- GEBREMICHAEL, S.; BIRHANU, T.; TESSEMA, D. A. Analysis of organochlorine pesticide residues in human and cow's milk in the towns of Asendabo, Serbo and Jimma in South-Western Ethiopia. **Chemosphere**, v. 90, p. 1652-1657, 2013.
- HEALY, W. B. Ingestion of soil by dairy cows. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 487-499, 1968.
- HEALY, W. B.; LUDWIG, T. G. Wear of sheep's teeth. The role of ingested soil. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 8, p. 737-752, 1965.
- HERLIN, A.; ANDERSSON, I. **Soil ingestion in farm animals**. Report from the Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biosystems and Technology, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences, 1996.
- IKEDA, M. *et al.* Urban population exposure to lead and cadmium in east and south-east Asia. **Science of The Total Environment**, v. 249, p. 373-384, 2000.
- JOBIM, C. F. P. *et al.* Existe uma associação entre mortalidade por câncer e uso de agrotóxicos? Uma contribuição ao debate. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, p. 277-288, 2010.
- JURJANZ; S. *et al.* Soil intake of lactating dairy cows in intensive strip grazing systems. **Animal**, v. 6, p. 1350-1359, 2012.
- KREULEN, D. A. Lick use by large herbivores: a review of benefits and banes of soil consumption. **Mammal Review**, v. 15, p. 107-123, 1985.
- MAMONTOVA, E. A. *et al.* The influence of soil contamination on the concentrations of PCBs in milk in Siberia. **Chemosphere**, v. 67, p. 571-57, 2007.
- MAYLAND H. F.; SHEWMAKER G. E.; BULL R. C. Soil ingestion by cattle grazing crested wheatgrass. **Journal of Range Management**, v. 30, p. 264-265, 1977.

- MAYLAND, H. F.; FLORENCE, A. R.; ROSENAU, R. C. Soil ingestion by cattle on semiarid range as reflected by titanium analysis of feces. **Journal of Range Management**, v. 28, p. 448-452, 1975.
- McGRATH, D. *et al.* Soil ingestion by grazing sheep. **Iranian Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 135-145, 1982.
- MELO, V. F. *et al.* Caracterização física, química e mineralógica de solos da colônia agrícola do Apiaú (Roraima, Amazônia), sob diferentes usos e após queima. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 1039-1050, 2006.
- MILLER, J. K.; MADSEN, F. C.; SWANSON, E. W. Effects of ingested soil on ration utilization by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 60, p. 618-622, 1977.
- OUACHEM, D.; NOUCER, F. L'argile, source biologique améliorant le métabolisme du rumen. **Rencontres autour des Recherches sur les Ruminants**, v. 13, p. 113, 2006.
- PAROLINI, M. *et al.* Polybrominated Diphenyl Ether contamination in soil, vegetation, and cow milk from a High-Mountain pasture in the Italian Alps. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 63, p. 29-44, 2012.
- PATRA, A. K. *et al.* Unraveling the effects of management regime and plant species on soil organic carbon and microbial phospholipid fatty acid profiles in grassland soils. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 3545-3551, 2008.
- PÉREZ-PRIETO, L. A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Substitution rate and milk response to corn silage supplementation of late lactating dairy cows grazing low mass pasture at two daily allowances in autumn. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 3592-3604, 2011.
- PÉREZ-RAMÍREZ, E.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. N-alkanes v. ytterbium/faecal index as two methods for estimating herbage intake of dairy cows fed on diets differing in the herbage: maize silage ratio and dairy cows fed indoors on different herbage:supplement ratios and feeding levels. **Animal**, v. 6, p. 232244, 2012.
- SANCHEZ de la CAMPAA, M. *et al.* Arsenic speciation study of PM in an urban area near a copper smelter, **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 6487-6495, 2008.
- SOARES, V. A. *et al.* Determinação de elementos nutricionais e tóxicos em leite pasteurizado bovino da região do Vale do Paraíba (Brasil). **Food Control**, v. 21, p. 45-49, 2010.
- THORNTON, I.; ABRAHAMS, P. Soil ingestion: a major pathway of heavy metals into livestock grazing contaminated land. **Science of The Total Environment**, v. 28, p. 287-294, 1983.
- VERDADE, F. C. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. III - Sesquióxidos, sílica e certas relações moleculares. **Bragantia**, v. 20, p. 885-905, 1961.
- WAISSMANN, W. Agrotóxicos e doenças não transmissíveis. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 15-24, 2007.
- WORDU, G. O.; DEEDUA, I. W. Effect of sand or soil as a dietary component on phosphorus utilization. **Continental Journal of Food Science and Technology**, v. 2, p. 1-5, 2008.