

COMPORTAMENTO DE SOLOS DE DIFERENTES TEXTURAS E LIXIVIADOS UTILIZANDO RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA



OLAM – Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – ISSN: 1982-7784 – está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Eliane Pronin [1]
Darlene Lopes do Amaral Oliveira [2]
Hugo Renan Bolzani [3]
Dayane Alves Leão [4]

INTRODUÇÃO

Lixiviação é a translocação de sais solúveis que se dá através de fluxo descendente de água no perfil do solo. Segundo Sengik et al. (1988), quando excessiva, a lixiviação constitui um perigo potencial de contaminação de águas subterrâneas. Essa mobilidade vertical dos nutrientes é afetada por fatores físicos e químicos do solo.

Os principais fatores físicos incluem a distribuição relativa do tamanho de poros e seus graus de saturação com água e a quantidade de água que percola no perfil, a qual depende da quantidade e intensidade das chuvas e da capacidade de retenção de água pelo solo (DIEROLF et al., 1997). Os principais fatores químicos, segundo Brady (1989), são: a concentração da solução do solo, o pH, a capacidade de troca de cátions as reações de dissolução/precipitação e as trocas iônicas entre os nutrientes que estão na solução com aqueles da fase sólida durante o processo de descida.

Nas plantações de cana-de-açúcar ocorre a aplicação de água residuária da indústria de açúcar e álcool (vinhaça), entretanto, existem dúvidas no que se refere à interação dessa forma alternativa de adubação com os possíveis impactos nos

recursos hídricos. De acordo com Silva et al. (2007), atualmente a visão ambiental vem sendo enfatizada e, em alguns casos, a aplicação de vinhaça tem sido contestada pelos seus efeitos no solo e nas águas subterrâneas.

Quando depositada no solo, a vinhaça pode promover melhoria em sua fertilidade; todavia, quando usada para esse fim, as quantidades não devem ultrapassar sua capacidade de retenção de íons, isto é, as dosagens devem ser mensuradas de acordo com as características de cada solo, uma vez que este possui quantidades desbalanceadas de elementos minerais e orgânicos, podendo ocorrer a lixiviação de vários desses íons, sobretudo do nitrato e do potássio (SILVA, 2007).

A torta de filtro é um subproduto industrial considerado um excelente fertilizante. Interações significativas com nitrogênio (N) e fósforo (P) no aumento da produção levaram Penso et al. (1982) a concluírem ser desnecessário o uso de P quando se aplica torta de filtro em nível superior a 20 toneladas/ha no sulco de plantio. A composição da torta de filtro é muito variável, apresentando teores razoáveis de nitrogênio e fósforo e é relativamente pobre em potássio (K), por essa razão é conveniente, no caso de se pretender adubar só com esse material, corrigir a sua composição acrescentando uma quantidade de cloreto de potássio ou de vinhaça (MALAVOLTA et al., 2000).

O objetivo do trabalho foi avaliar a qualidade do lixiviado em dois solos que receberam aplicação de torta de filtro e posterior adição de vinhaça em diferentes taxas de aplicação de forma a avaliar o potencial de poluição ao lençol freático. O estudo foi realizado no Laboratório de Solo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Campo Mourão, sendo a água residuária e torta de filtro fornecidas pela Indústria Sabarálcool localizada no município de Engenheiro Beltrão, estado do Paraná (PR).

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências do Laboratório de Solos, da UTFPR, *Campus* Campo Mourão, no período de novembro de 2007 a junho de 2008.

Os solos utilizados no experimento foram o Nitossolo Vermelho distroférico do município de Cianorte (PR), coletado na camada de 0 a 20 cm de área de cultivo agrícola e o Argissolo Vermelho distrófico do município de Campo Mourão (PR), coletado na camada de 0 a 20 cm de área não cultivada em 20 pontos distintos, dispostos em ziguezague. Na sequência procederam-se as análises químicas e físicas para caracterização do solo (Tabela 1) de acordo com metodologia preconizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), (BRASIL, 1997).

Tabela 1: Caracterização física e química dos solos utilizados no experimento

Argissolo														
pH em CaCl ²	M.O. g/Kg *	P **	Acidez Potencial ***	K ***	S ***	C ****	Ca ²⁺ ***	Mg ²⁺ ***	Al ³⁺ ***	CTC ***	V%	Argila *****	Silte *****	Areia *****
5,02	7,12	0,3	3,42	0,02	0,2	3,9	0,1	0,09	0	3,58	4,47	780	59	161
Nitossolo														
pH em CaCl ²	M.O. g/Kg *	P **	Acidez Potencial ***	K ***	S ***	C ****	Ca ²⁺ ***	Mg ²⁺ ***	Al ³⁺ ***	CTC ***	V%	Argila *****	Silte *****	Areia *****
4,42	14,8	2,5	3,3	0,13	1,3	6,94	0,8	0,34	0,2	4,56	27,6	264	3	733

* %; ** Mg/dm³; *** cmol_c/dm³; **** g/dm³; ***** g/Kg

Elaborado pelos autores (2008).

Após caracterização físico-química dos solos, elaboraram-se suas curvas de neutralização (Figura 1), conforme descrito na Norma Brasileira (NBR) n^o 14.283 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987). A partir das leituras de pH

foram construídos os gráficos e a partir dos mesmos foi possível calcular as quantidades de carbonato de cálcio (CaCO_3) necessárias para a incubação dos dois tipos de solo. A determinação da capacidade de campo foi avaliada de acordo com a norma citada e a medida do teor de umidade dos solos foi efetuada pelo método gravimétrico.

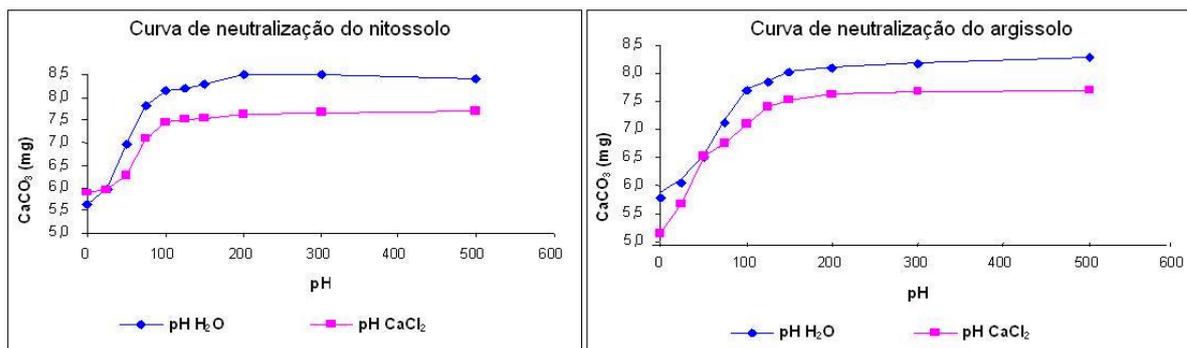


Figura 1: Curva de neutralização dos solos do experimento conforme a NBR 14283/87. Elaborado pelos autores (2008).

Em seguida, os solos foram incubados por um período de 40 dias com carbonato de cálcio de forma a se obter diferentes potenciais hidrogeniônicos. Os cálculos foram feitos para obtenção de saturação de bases (V%) igual a 50. As quantidades de CaCO_3 pesadas para os diferentes solos foram: Argissolo = 815 mg de CaCO_3 , Nitossolo = 510 mg de CaCO_3 . A V% para os diferentes solos avaliados se apresentou com os diferentes valores: Solo argiloso V% = 4,47 e V% = 50, Solo arenoso V% = 27, 63 e V% = 50.

A água residuária (vinhaça) foi coletada em galões de 10 litros e a mesma foi acondicionada em caixa de isopor com gelo e transportada até o Laboratório de Solo da UTFPR, no dia em que se realizou a aplicação. Realizou-se a caracterização química através de metodologia descrita em Khier (1985).

A torta de filtro foi coletada em sacos de 50 litros, secou-se na estufa por 48 horas e triturou-se no moinho de facas tipo *Wyllie*, posteriormente foram realizadas

as análises físico-químicas conforme Khier (1985). O resultado da caracterização da vinhaça e torta de filtro pode ser visualizado na Tabela 2.

Tabela 2: Caracterização química da vinhaça e da torta de filtro

Vinhaça												
pH	M.O. *	NTK **	P **	P ₂ O ₅ **	K **	K ₂ O **	C org. **	Ca **	Mg **	Na **		
4,3	2,4	243	203,93	934	1.474	3.535	13.186	451,36	203,1	467		
Torta de Filtro												
pH	M.O. *	NTK **	Zn **	P ₂ O ₅ **	K ₂ O **	C org. *	Ca **	Mg **	S **	Mn **	Cu **	Fe **
7,1	52,14	1,86	0,02	1,21	0,45	28,97	1,31	0,33	0,1	0,16	0,01	5,14

*%; ** Mg/L

Elaborado pelos autores (2008).

O experimento foi instalado em tubos de percolação de 25 cm de altura e 10 cm de diâmetro (garrafas *PET*). Os tubos de percolação apresentaram na base uma abertura à qual foi conectada uma mangueira flexível de 0,5 cm de diâmetro de forma a permitir a condução do líquido percolado através do solo para recipiente coletor. Essa abertura foi protegida por uma tela fina de plástico (sombrite) e um tecido fino de voal cortado em forma cilíndrica e adaptável á base do tubete de *PET* sobre a tela e, a seguir, foi adicionada uma medida de areia grossa previamente lavada para evitar o entupimento da mangueira cristal (Figura 2).



Figura 2: Aspecto dos tubos de percolação. Fotografia: Hugo Renan Bolzani, março/2008.

Na montagem dos tubos, utilizaram-se amostras de solos secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha. Sobre a areia grossa foi acomodada nos tubos de percolação uma coluna de solo com altura de 20 cm, e a seguir colocou-se uma camada de torta de filtro 50 g na parte superior do solo, em seguida colocou-se uma camada de 2 cm de areia grossa (2 mm) e, por último, foi adaptado um fino tecido de voal.

Adicionou-se uma única camada de torta de filtro (50 g), na parte superior do experimento, onde ficou por um período de incubação de 120 dias. Adicionou-se a água residuária em quantidades 0, 50, 100 e 150 m³/ha no solo com diferentes pH (5 e 6) em 3 replicatas.

Realizaram-se duas adições de água destilada aos 30 e 60 dias, e na terceira adição, aos 90 dias, aplicou-se a vinhaça nas mesmas doses estabelecidas inicialmente que ficou incubada por um período de 30 dias.

O delineamento experimental empregado para a incubação do solo com água residuária foi inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos estudados consistiram em um esquema fatorial 2 x 5 x 2 para solo, doses e pH, totalizando 60 unidades experimentais.

Após o período de incubação dos solos com água residuária e torta de filtro, procedeu-se à passagem de água destilada pelos tubos de percolação nas quantidades correspondentes a quatro vezes a capacidade de campo dos solos de estudo. Promoveu-se a lixiviação, saturaram-se os solos lentamente e posteriormente permitiu-se à passagem de mais líquido através do sistema de vazão controlada.

Coletou-se o lixiviado em frascos de 500 ml, consideraram-se os 500 ml iniciais como primeiro lixiviado. Trocaram-se os frascos e coletaram-se os próximos

500 ml (segundo lixiviado), procedeu-se dessa forma até a coleta de toda a solução percolada.

No lixiviado foram determinadas as concentrações de sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), e os valores de pH e condutividade elétrica. Essas análises seguiam a metodologia proposta no *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (CLESCERI et al., 1998).

Após a coleta de todo lixiviado, retirou-se o solo para ser moído e passado em peneira de 2 mm e os mesmos foram encaminhados para análise. Os parâmetros determinados foram pH, sódio, magnésio, cálcio e potássio de acordo com o método proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (BRASIL, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

pH NO SOLO

A vinhaça adicionada no experimento se encontra na faixa ácida, seu pH é de 4,30 enquanto que a torta de filtro é um resíduo básico, com 7,08 de pH. A comparação dos valores de pH no solo para a testemunha em relação a àqueles de taxa 0 (adição apenas da torta de filtro) evidencia que a torta de filtro favoreceu o acréscimo de pH (Tabela 3), isso já era esperado, pois como já foi dito é um resíduo de caráter básico e com teores de cálcio e magnésio altos (1,31% e 0,33% respectivamente). O que se espera de um resíduo quando adicionado ao solo é obviamente uma influência na CTC, e isso acarreta, por sua vez, em modificações no pH do solo. Segundo Camargo et al. (1987) a alteração de V% também tem como efeito uma modificação no pH.

Silva et al. (1998), evidenciaram que o pH dos solos tratados com vinhaça aumenta principalmente em áreas cultivadas há mais tempo, embora nos primeiros dez dias após sua aplicação o pH sofra uma redução considerável para, posteriormente, elevar-se abruptamente, podendo alcançar valores superiores a sete. Segundo Rossetto (1987), ressalta que este efeito está ligado à ação dos microrganismos.

Analisando os valores de pH do solo estudado após a aplicação de vinhaça pode ser observado um acréscimo dos valores no Nitossolo e também no Argissolo muito embora os acréscimos terem sido maiores no solo de textura arenosa. Esses acréscimos foram independentemente da dose aplicada, quando comparado com os valores da testemunha. O pH dos solos incubados se apresentou maior do que aqueles não incubados, como já eram esperados. Isso pode ser atribuído à adição de carbonato de cálcio no solo que por hidrólise libera íons OH^- para o meio favorecendo o aumento do pH.

Tabela 3: Média dos valores de pH (CaCl_2) nos solos

Taxa de aplicação (m^3/ha)	pH - Solos			
	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
Test	5,21	4,38	5,92	4,94
0	5,43	4,84	6,22	5,46
50	6,37	5,23	6,23	5,58
100	5,87	5,29	6,30	5,59
150	5,99	5,23	6,35	5,71

Test = solo testemunha;

ARE INC = solo textura arenosa incubado com CaCO_3 ;

ARE = solo textura arenosa sem aplicação de CaCO_3 ;

ARG INC = solo de textura argilosa incubados com CaCO_3 ;

ARG = solo de textura argilosa sem aplicação de CaCO_3 .

Elaborado pelos autores (2008).

pH NOS LIXIVIADOS

A exemplo do que foi observado para o solo, ao comparar os valores de pH dos lixiviados (Tabela 4) para a testemunha em relação aqueles de taxa 0 (que são aqueles em que foram adicionados apenas a torta de filtro), foi possível evidenciar que o resíduo sólido favoreceu o acréscimo de pH dos lixiviados. Isso já era esperado, pois como já foi dito é um resíduo de caráter básico e com teores de cálcio e magnésio altos (1,31% e 0,33% respectivamente). Ressalta-se que cálcio, magnésio, potássio e sódio atuam como bases no solo.

Tabela 4: Média dos valores de pH nos lixiviados

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	pH – 1° Lixiviado			
Test	4,92	4,36	6,25	5,10
0	6,14	4,90	6,36	6,73
50	6,06	5,06	6,35	6,61
100	6,34	5,49	6,27	6,04
150	6,40	5,18	6,50	5,94
	pH – 2° Lixiviado			
Test	6,95	5,23	5,73	5,17
0	6,16	6,14	8,18	7,09
50	5,74	5,85	6,64	7,44
100	5,52	6,72	6,40	7,61
150	6,61	6,57	6,19	5,94

Elaborado pelos autores (2008).

A média de valores do pH dos lixiviados sob a influência da aplicação da vinhaça em relação à torta de filtro. Pode-se observar que os valores dos pHs no primeiro lixiviado ficaram em torno de 4,36 e 6,73 (ácidos), enquanto que a variação do segundo lixiviado ficou na faixa de 5,17 a 8,18.

Notou-se que o lixiviado do nitossolo não incubado (ARE) foi aquele que apresentou os menores valores de pH. Pode-se observar que os lixiviados

provenientes do Nitossolo aumentaram seu pH conforme a taxa de aplicação , enquanto que para o Argissolo os valores apresentaram um decréscimo, com exceção do primeiro lixiviado incubado (ARG INC) onde os valores apresentaram-se praticamente constantes (variação de 6,25 a 6,50).

CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIOS, MATÉRIA ORGÂNICA E SATURAÇÃO DE BASES NOS SOLOS

O solo apresenta-se em geral como um trocador de cátions, valendo citar que a carga de superfície das partículas é negativa. Pode-se observar o aumento da CTC no solo (Tabela 5) pelo acréscimo da torta de filtro em relação ao solo testemunha. Esse aumento da carga líquida negativa do solo é proveniente da adição de matéria orgânica.

Tabela 5: Média dos valores de CTC e V% nos solos

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	CTC (cmol _e /dm ³)			
Test	3,16	3,17	3,43	4,53
0	5,31	5,30	4,80	3,54
50	5,37	5,47	5,00	4,09
100	6,29	5,73	4,76	4,19
150	5,76	5,32	5,27	5,19
	V%			
Test	54,00	49,00	46,00	62,00
0	69,47	64,34	66,27	50,61
50	71,90	70,38	65,00	57,25
100	75,98	71,74	65,97	58,27
150	75,71	69,57	69,24	66,26

Elaborado pelos autores (2008).

A relação carbono/nitrogênio (C/N) da vinhaça no presente estudo foi de 54,9. Essa relação faz com que o resíduo sofra decomposição lenta, o que explica, em parte, os pequenos acréscimos nos valores da CTC dos solos sob a influência desse resíduo.

A exemplo do que aconteceu em relação a CTC dos solos, a V% também sofreu acréscimo em relação a aplicação de resíduos orgânicos (Tabela 5).

CÁLCIO NOS LIXIVIADOS

A comparação dos valores de Ca^{+2} nos lixiviados para a testemunha em relação aqueles de taxa 0 evidenciou que a aplicação de torta de filtro favoreceu a retenção do cálcio no solo independentemente do tratamento adotado (Tabela 6) e isso acarretou decréscimo nos teores de cálcio no lixiviado em relação à testemunha. Isso já era esperado, pois como já foi dito a torta de filtro é um resíduo orgânico de caráter básico e que favorece o aumento da CTC, além de aumentar a capacidade do solo de reter maiores quantidades de água. O incremento de matéria orgânica via resíduo pode ter contribuído para o aumento de cargas líquidas negativas no complexo de troca, que favoreceu sua retenção no solo.

Tabela 6: Média dos valores de cálcio nos lixiviados

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Cálcio (mg/L) - 1° Lixiviado			
Test	52,85	31,41	4,05	1,72
0	2,79	2,22	0,23	0,010
50	3,08	2,22	0,27	0,016
100	3,18	2,63	0,63	0,036
150	52,85	4,06	0,66	0,023
Cálcio (mg/L) - 2° Lixiviado				
Test	7,04	11,15	3,20	0,690
0	2,02	1,02	0,03	0,016
50	3,14	1,85	0,34	0,030
100	3,48	1,56	1,12	0,040
150	3,00	2,35	1,90	0,016

Elaborado pelos autores (2008).

A torta de filtro por apresentar altos teores de cálcio também atua como corretivo do solo. Penatti (1988) variou doses de torta de filtro fresca em 5, 10 e 15

t/ha, todas juntamente com a adubação mineral, evidenciou efeito residual da torta, além de observar um aumento no teor de cálcio no solo em relação à área não tratada com torta.

O solo arenoso por ter menor poder de retenção de cátions apresenta maior percentual de lixiviação em relação ao solo argiloso o que influenciou no baixo percentual de lixiviação de Ca^{+2} do Argissolo. A menor eficiência do Nitossolo na adsorção do Ca pode ser em resposta ao seu pequeno teor de argila comparado com o Argissolo e a presença do horizonte de acúmulo de matéria orgânica (horizonte espódico) que confere maior retenção do elemento.

A aplicação da vinhaça em diferentes taxas associada à torta de filtro favoreceu a lixiviação do Ca^{+2} em todos os tratamentos, muito embora em pequenas concentrações. As concentrações nos lixiviados dos solos com os resíduos associados foram muito inferiores aquele do solo testemunha.

Os teores de cálcio dos lixiviados provenientes dos solos incubados foram maiores do que aqueles apresentados nos lixiviados de solos sem incubação com CaCO_3 , enquanto que os primeiros lixiviados não apresentaram diferenças muito significativas em relação ao segundo com exceção do comportamento do segundo lixiviado do Argissolo incubado (ARG INC).

CÁLCIO NOS SOLOS

Notou-se que o Nitossolo e o Argissolo incubados tiveram maiores concentrações de Ca^{+2} (Tabela 7) em relação aos solos não incubados. As concentrações de Ca^{+2} nos solos tratados com torta de filtro foram maiores que no solo Testemunha e aqueles com torta de filtro+vinhaça não apresentaram diferenças significativas em relação àqueles em que foram aplicados apenas torta de filtro. Isso

já era esperado, pois a vinhaça não é fonte de cálcio, muito embora os teores de cálcio aplicados via água residuária fossem muito altos (451,36 mg/L) em relação aqueles apresentados nos lixiviados essa quantidade não foi suficiente para elevar o teor do elemento na forma trocável. Pode-se inferir aqui que o cálcio aplicado via vinhaça provavelmente se encontrava parte complexado com a matéria orgânica ou fortemente atraída nas micelas do solo.

Como a solução que se movimenta verticalmente no solo é uma mistura entre a solução previamente existente no solo e a água adicionada que se mistura a ela, a quantidade de cálcio lixiviado é proporcional à concentração inicial do nutriente na solução preexistente no solo. Esta, por sua vez, varia na razão direta da quantidade de cálcio nas formas prontamente disponíveis (CIOTTA et al., 2002) e na razão inversa do aumento da densidade de cargas elétricas negativas dos compostos sólidos (ERNANI et al., 2003).

Tabela 7: Média dos valores de cálcio nos solos

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Cálcio (cmol _c /dm ³)			
Test	1,87	1,17	1,45	1,62
0	2,44	1,81	2,32	0,86
50	1,81	1,73	1,94	1,32
100	2,33	2,08	1,98	0,95
150	2,38	1,60	2,17	1,26

Elaborado pelos autores (2008).

Rodella (1996) mostrou que a torta de filtro aplicada em área total em quantidade de 100 mg/ha⁻¹ promoveu alterações nas propriedades químicas do solo, como o aumento de fósforo, cálcio, carbono orgânico e CTC e a diminuição do alumínio trocável, corroborando com os dados encontrados no presente estudo.

MAGNÉSIO NOS LIXIVIADOS

Para os primeiros lixiviados observou-se que a testemunha teve uma quantidade de Mg^{+2} superior aos que receberam aplicação de torta de filtro e vinhaça (Tabela 8). Isso foi indicativo que a aplicação dos resíduos orgânicos minimizou as concentrações destes íons nos lixiviados.

Tabela 8: Média dos valores de magnésio nos lixiviados

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Magnésio (mg/L) - 1° Lixiviado			
Test	18,78	43,68	4,92	9,08
0	1,92	1,57	0,39	0,14
50	1,80	1,84	0,25	0,12
100	1,81	2,19	0,18	0,11
150	2,74	1,88	0,26	0,1
Magnésio (mg/L) - 2° Lixiviado				
Test	4,80	22,08	1,97	3,63
0	0,80	0,88	0,32	0,07
50	1,88	1,52	0,10	0,07
100	1,04	1,50	0,21	0,06
150	1,47	1,89	0,26	0,12

Elaborado pelos autores (2008).

A adição de vinhaça associada à torta de filtro proporcionou um pequeno acréscimo nos teores de Mg^{+2} dos lixiviados em função da taxa de aplicação. Essa pequena alteração pode ter sido influenciada pelo fato da vinhaça ter ficado apenas 30 dias incubada, enquanto que o período de incubação da torta de filtro foi de 120 dias.

Observou-se que os Nitossolo apresentaram um teor maior de Mg^{+2} comparando com os resultados obtidos no Argissolo corroborando com Giroto et al. (2003) que afirmam que o solo arenoso tem menor poder de retenção de cátions, no caso Mg^{2+} , portanto apresenta maior porcentual de lixiviação, já o solo argiloso

possui maior poder de retenção de cátions, o que influencia no baixo porcentual de lixiviação de Mg^{2+} .

Os valores de Mg^{2+} apresentados no segundo lixiviado foram menores do que aqueles apresentados no primeiro. A concentração de Mg^{2+} na testemunha do segundo lixiviado a exemplo do primeiro foi alta contrapartida com os lixiviados dos solos que sofreram aplicação do resíduo orgânico.

MAGNÉSIO NOS SOLOS

O comportamento do magnésio no solo (Tabela 9) foi o mesmo daquele apresentado para o cálcio. Os teores aumentaram pela aplicação do resíduo orgânico. Isso já era esperado visto serem os dois divalentes. A aplicação de vinhaça em diferentes taxas não apresentou diferenças significativas em relação aos solos que receberam apenas a aplicação da torta de filtro a exemplo do cálcio.

Tabela 9: Média dos valores de magnésio nos solos

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Magnésio (cmol _c /dm ³)			
Test	0,24	0,26	0,10	0,11
0	0,77	1,28	0,61	0,70
50	1,28	1,44	0,83	0,56
100	0,81	1,35	0,41	0,66
150	0,80	1,07	0,57	0,87

Elaborado pelos autores (2008).

Brito e Rolim (2005) discutiram em sua pesquisa com relação aos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo que os tratamentos que receberam vinhaça não apresentaram diferença considerável de concentração em nenhuma das camadas analisadas no solo, quando comparadas com as concentrações da testemunha, exceção feita à camada de 0-10 cm. Esses resultados indicaram segundo este autor que a

quantidade de vinhaça aplicada no experimento, ainda que em doses elevadas, não foi suficiente para provocar acréscimos nas concentrações dos elementos no solo estudado.

POTÁSSIO NOS LIXIVIADOS

Os lixiviados do Nitossolo apresentaram aumento nas concentrações de potássio em função da taxa de aplicação (Tabela 10). O Argissolo não apresentou acréscimos significativos em relação a esse nutriente, talvez pela capacidade de retenção do solo, o que reforça a afirmação de Sengik et al. (1988), de que as alterações do lixiviado dependem das características do solo.

Tabela 10: Média dos valores de potássio nos lixiviados

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Potássio (mg/L) - 1° Lixiviado			
Test	0,17	0,17	0,01	0,01
0	0,22	0,30	0,02	0,01
50	0,35	0,39	0,01	0,01
100	1,04	1,13	0,02	0,01
150	1,85	1,24	0,02	0,02
Potássio (mg/L) - 2° Lixiviado				
Test	0,06	0,14	0,01	0,02
0	0,11	0,12	0,00	0,00
50	0,43	0,34	0,00	0,00
100	0,96	0,64	0,00	0,00
150	1,30	1,04	0,00	0,00

Elaborado pelos autores (2008).

O comportamento do íon K⁺ nos lixiviados foi diferente daqueles apresentados para o Ca²⁺ e o Mg²⁺. Os teores em relação à testemunha foram maiores quando na aplicação apenas da torta de filtro e quando ela associada a vinhaça. Percebe-se o acréscimo das concentrações de K⁺ em função da taxa de aplicação da água

residuária. Essas alterações podem ser explicadas pelo resíduo líquido que é fonte de potássio.

POTÁSSIO NOS SOLOS

A exemplo do que acontece nos lixiviados, pode-se observar um acréscimo do potássio trocável no solo, tanto da aplicação de torta de filtro em relação a testemunha como da vinhaça em relação a torta de filtro. No entanto nos tratamentos que receberam vinhaça (Tabela 11) ocorreu um aumento na concentração de potássio trocável muito significativo, visto que essa água residuária apresenta altos valores em K^+ na sua composição química. Estes acréscimos foram evidenciados apesar do tempo curto de incubação (30 dias) nos tubetes.

Os resultados mostrando que grande parte do potássio adicionado via fertirrigação presente na vinhaça ficaram retidos no perfil, seja na fase trocável seja na fase solúvel do solo, corroborando Camargo et al. (1983) que observaram que a elevação da concentração de potássio no solo que recebeu vinhaça, foi extremamente maior que a elevação dos outros elementos.

Tabela 11: Média dos valores de potássio nos solos

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Potássio (cmol _c /dm ³)			
Test	0,21	0,33	0,23	0,25
0	0,34	0,20	0,17	0,14
50	0,53	0,51	0,37	0,37
100	0,71	0,59	0,67	0,74
150	1,05	0,84	0,81	1,14

Elaborado pelos autores (2008).

Tanto o elemento Ca^{2+} quanto o Mg^{2+} apesar de bivalentes terem, portanto, preferência sobre os monovalentes na adsorção aos colóides do solo, neste caso

específico não prevaleceram sobre K^+ (monovalente), como era de se esperar. Este comportamento pode ser atribuído à elevada concentração de K^+ existente na vinhaça aplicada ao solo, o que provavelmente, favoreceu quanto à competição por um local nos sítios de troca deste solo concordando com (BRITO; ROLIM, 2005).

POTENCIAL DE POTÁSSIO TROCÁVEL NOS SOLOS

Analisando as médias de Potencial de Potássio Trocável (PKT) no solo, pode-se dizer que os tratamentos que receberam apenas torta de filtro, obtiveram os menores valores comparando-os com as testemunhas (Tabela 12), isso já era esperado visto que este resíduo não é fonte de K^+ . Entretanto, a análise dos PKTs nos solos que receberam vinhaça comprovam que sofreram um acréscimo como já foi discutido anteriormente. Quando os solos apresentam PKTs maiores do que 5%, aumenta-se o grau de risco a salinidade devido ao acúmulo de K^+ no complexo de troca.

Tabela 12: Média dos valores de potencial de potássio trocável nos solos

Taxa de aplicação (m ³ /ha)	ARE INC	ARE	ARG INC	ARG
	Potencial de potássio trocável (%)			
Test	6,65	10,41	6,71	5,52
0	6,41	3,77	3,54	3,95
50	9,86	3,66	7,33	8,96
100	11,29	10,35	14,08	17,73
150	18,22	15,84	15,32	21,92

Elaborado pelos autores (2008).

CONCLUSÃO

A adição de torta de filtro no experimento serviu como corretivo para os solos. Os teores de pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , k^+ no solo aumentaram com aplicação de torta de filtro

e vinhaça, influenciando os valores de CTC e V%. Os teores de nutrientes no complexo de troca avaliados foram influenciados pela textura e o pH do solo.

Os valores de PKT encontrados evidenciaram porcentual maior que 5%, demonstrando, portanto, o grau de risco a salinidade em relação ao acúmulo de potássio no solo.

As concentrações de potássio nos lixiviados dos solos sobre aplicação de vinhaça apresentaram acréscimo conforme a taxa de aplicação.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.283**: resíduos em solos: determinação da biodegradação pelo método respirométrico. Rio de Janeiro: 1987.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M. Comportamento do efluente e do solo fertirrigado com vinhaça. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, n. 1, p. 60–67, 2005.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; BERTON, R. S.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MENK, J. R. F. Alteração de características químicas de um latossolo vermelho-escuro distrófico pela aplicação de vinhaça. **Boletim do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 9, 1987. 23 p.

CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S.; GERALDI, R. N. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. **Boletim do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 76, 1983. 30 p.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 1055-1064, 2002.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A.D.; FRANSON, M.A. (Ed.). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20th ed. Washington: American Public Health Association; American Water Works Association; Water Pollution Control Federation, 1998.

DIEROLF, T. S.; ARYA, L. M.; YOST, R. S. Water and cation movement in an Indonesian Ultisol. **Agronomy Journal**, Madison, v. 89, n. 4, p. 572-579, jul. 1997.

ERNANI, P. R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F. R.; NESI, C. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

GIROTTO, E.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; MOREIRA, I. C. L.; TRENTINE, E. Perdas de potássio, cálcio e magnésio por lixiviação com o uso de esterco líquido de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

KHIEL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 2000.

PENATTI, C. P.; CAMBRIA, S.; BONI, P. S.; ARRUDA, F. C. O.; MANOEL, L. A. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira de cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 44, p. 32-38. 1988.

PENSO, J. S. A.; BRAGA, J. M.; THIÉBAUT, J. T. L. Avaliação da solubilidade de fosfato de Patos. III - Mistura com torta de filtro e vinhaça. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 29, n. 163, p. 516-525, 1982.

RODELLA, A. A. **Métodos de avaliação de materiais orgânicos e efeitos de sua incorporação ao solo sobre a mobilização de macronutrientes**. 1996. 148 p. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.

SENGIK, E.; RIBEIRO, A. C.; CONDE, A. R. Efeito da vinhaça em algumas propriedades de amostras de dois solos de Viçosa, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 12, p. 11-15, 1988.

SILVA, A. J. N.; RIBEIRO, M. R.; MERMUT, A. R.; BENKE, M. B. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em Latossolos Amarelos coesos do Estado de Alagoas: propriedades micromorfológicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 515-525, 1998.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, set. 2007.

RESUMO

A vinhaça pode promover melhor fertilidade quando depositada no solo, porém as quantidades não devem ultrapassar sua capacidade de retenção de íons que pode promover lixiviação, contaminando o ambiente. O objetivo do trabalho foi avaliar a mobilidade de nutrientes em diferentes solos e seus lixiviados, tratados com torta de filtro e vinhaça. O delineamento experimental usado para incubação consistiu em um esquema fatorial de 2 x 5 x 2 para o solo, doses e pH, com taxas de aplicação de 0, 50, 100 e 150 m³/ha⁻¹. A adição da torta de filtro serviu como corretivo para os solos. Os teores de pH, cálcio, magnésio e potássio no solo aumentaram com aplicação de torta de filtro e vinhaça, influenciando os valores de capacidade de troca de cátions e saturação de bases. Os valores de potência de potássio trocável evidenciaram percentual maior que 5%, demonstrando o grau de risco à salinidade.

Palavras-chave: Lixiviado. Torta de Filtro. Vinhaça. Nitossolo. Argissolo. Taxas de Aplicação.

ABSTRACT

Vinasse can promote better fertility when deposited in the soil, but the amounts should not exceed its capacity of ions retention that can promote leaching, contaminating the environment. The objective of the work was to evaluate the mobility of nutrients in different soils and their leachate, treated with filter cake and vinasse. The experimental design used to the incubation consisted on a factorial scheme of 2 x 4 x 2 to the soil, levels and pH, with application rates of 0, 50, 100 and 150 m³/ha⁻¹. The addition of the filter cake served as a corrective to the soils. The levels of pH, calcium, magnesium and potassium in the soil increased with application of filter cake and vinasse, influencing the values of cations exchange capacity and bases saturation. The potency values of exchangeable potassium showed percentage greater than 5%, demonstrating the risk degree to salinity.

Key words: Leachate. Filter Cake. Vinasse. Nitosol. Argisol. Application Rates.

Informações sobre os autores:

[1] Eliane Pronin – <http://lattes.cnpq.br/0977192008334126>

Tecnóloga em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: elianepronin@gmail.com

[2] Darlene Lopes do Amaral Oliveira – <http://lattes.cnpq.br/6016602588660305>

Docente dos cursos de Tecnologia e Engenharia Ambiental e de Tecnologia e Engenharia de Produção Civil na pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: darlene@onda.com.br

[3] Hugo Renan Bolzani – <http://lattes.cnpq.br/9788933112072068>

Tecnólogo em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná. Mestrando em Engenharia Urbana pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná

Contato: hugo_bolzani@hotmail.com

[4] Dayane Alves Leão – <http://lattes.cnpq.br/6258569978320321>

Tecnóloga em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná. Especializanda em Gerenciamento e Auditoria Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, Paraná.

Contato: leão.dayane@gmail.com