

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

v.4, n.4, p.456-462, out.-dez., 2009

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 400 - 13/05/2008 • Aprovado em 13/07/2009

Fábio de L. Brito¹

Mário M. Rolim²

Elvira M. R. Pedrosa²

Efeito da aplicação de vinhaça nas características químicas de solos da zona da mata de Pernambuco

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento de diferentes classes de solos antes e após a aplicação de vinhaça, em ambiente sob condições controladas. Para isto, três classes de solos (Nitossolo, Argissolo e Espodosolo) representativos da zona da mata canavieira de Pernambuco, foram reproduzidas em 27 colunas de PVC de 20 x 110 cm (diâmetro x altura), mantidos os horizontes, espessuras e densidades. Aos solos foram aplicadas as doses: 0 (testemunha), 350 e 700 m³ ha⁻¹ de vinhaça, e aos 30 e 60 dias lâminas de lixiviação. Após esse período amostras do solo foram coletadas nas profundidades dos respectivos horizontes e submetidas a análises e determinações de K, Ca, Mg, Na, pH e Carbono orgânico (CO). Os resultados indicaram que a aplicação de vinhaça, além de elevar o pH do solo, também aumentou a concentração de K e diminuiu a de Na, exceção feita ao Espodosolo, que não apresentou alterações significativas nos parâmetros estudados.

Palavras-chave: cátions, aproveitamento de resíduos, cana-de-açúcar

Effect of vinasse application in chemical characteristics of soils from forest zone of Pernambuco

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate different types of soils before and after vinasse application under controlled conditions. For this, three representative soil classes (Nitisol, Argisol and Espodosol) from forest zone of Pernambuco State were reproduced in 27 PVC columns of 20 x 110 cm (diameter x height), maintaining horizons, thickness and densities similar to original soils. Vinasse was applied to the soil at rates of 0 (control), 350 and 700 m³ ha⁻¹, and the leaching was collected at 30 and 60 days. After that period, soil samples were collected in the depths of respective horizons, and submitted to analysis and determinations of K, Ca, Mg, Na, pH and organic carbon. The results indicated that vinasse application promoted a pH and K concentration increase, reducing the amount of Na in the soils, except for the Spodosol, which did not show significant alterations in the studied parameters.

Key words: cations, residue use, sugarcane

¹ Triunfo Agroindustrial Ltda, Vila Triunfo, s/n, CEP 57680-000, Boca da Mata-AL. Fone: (82) 3279-3400. E-mail: fabiolemos.agro@bol.com.br

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6276. E-mail: rolim@dtr.ufrpe.br, elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br

INTRODUÇÃO

A vinhaça vem sendo utilizada na irrigação da lavoura da cana-de-açúcar há vários anos, com resultados positivos, sob o ponto de vista do rendimento agrícola, onde se faz a fertirrigação. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de um melhor entendimento da forma de atuação desse resíduo no solo, com respeito às características físicas e químicas e redução do impacto ao meio ambiente.

O aumento do pH pode ser explicado pela introdução de cátions presentes na vinhaça e pelo decréscimo de Eh (potencial de redução), que é originário da anaerobiose provocada pelo consumo de oxigênio na degradação da matéria orgânica presente nesse efluente (Nunes et al., 1981). Relacionando pH e Eh, o estudo elaborado por Leal et al. (1983), no qual foram coletadas amostras indeformadas e feitas aplicações de vinhaça nas doses equivalentes a 0, 100, 200, 400 e 800 m³ ha⁻¹, explica que a elevação do pH é resultante de reações de redução, nas quais há consumo de H⁺, que se encontra em condições de predominância no solo.

Além do aumento do pH, também foi observado por Orlando Filho et al. (1983) que a aplicação de vinhaça, mesmo por um período mais prolongado (até 20 anos), não provocou efeitos negativos nas propriedades químicas dos solos estudados, verificando-se, assim, efeito favorável à aplicação do resíduo, traduzido pela elevação dos teores de potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), da soma de bases e da capacidade de troca de cátions (CTC).

Por sua vez, trabalhando com doses de vinhaça aplicadas ao solo equivalentes a 200 e 400 m³ ha⁻¹, e tempo de incubação de 0, 20 e 40 dias, Cambuim (1983), observou que as variações nos parâmetros estudados dependiam não só das doses aplicadas, mas também do tempo de incubação. O autor afirmou, ainda, que os efeitos mais pronunciados em alguns atributos ocorreram dentro dos primeiros 30 cm de profundidade, onde foi mais efetivo o aumento do pH, além dos teores trocáveis de K, Ca e Mg e redução nos teores de sódio (Na) trocável, sendo observado, via de regra, que o período de incubação atuou mais diretamente sobre esses efeitos do que as doses testadas.

Como efeitos positivos da aplicação de vinhaça, Ferreira & Monteiro (1987) destacaram a elevação do pH, o aumento da CTC e da disponibilidade de certos nutrientes, e ainda, melhoria na agregação do solo, aumento na retenção de água e no desenvolvimento da microflora e microfauna do solo. Por outro lado, como eventuais efeitos negativos causados aos solos e às plantas, podem ser citados o desequilíbrio nutricional e a poluição das águas subsuperficiais, decorrentes do uso inadequado de vinhaça, da utilização de doses excessivas ou aplicação em solos não apropriados.

Trabalhando em uma área homogênea de um Latossolo Vermelho-Escuro que foi tratado por longo tempo com diferentes doses de vinhaça, intercalada com período de repouso, Camargo et al. (1983) analisaram as características químicas e físicas do solo nas camadas de 0-15, 15-30, 30-60 e 60-100 cm. Os autores observaram acréscimos nos valores absolutos dos cátions trocáveis K, Ca e Mg, com o K aumentando numa razão bem maior, em alguns tratamentos, o que

pode levar, dependendo da cultura, a desequilíbrios nutricionais comprometedores.

Preocupando-se com possíveis variações dos efeitos, dependendo do solo em que se aplicava vinhaça, Sengik et al. (1988) concluíram que, além do volume aplicado de vinhaça e do tempo de incubação no solo, propriedades como adsorção de íons, maior ou menor migração das bases, facilidade de contato do soluto existente na vinhaça e a superfície de adsorção do solo, entre outros, variaram em função do tipo de solo e de suas características.

Dentro deste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de diferentes classes de solos que receberam aplicação de vinhaça.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos e as análises realizadas nos Laboratórios de Química do Solo, Fertilidade do Solo e Física do Solo, todos da UFRPE, entre os meses de janeiro a março de 2004.

A vinhaça utilizada foi fornecida pela Usina Petribu, Lagoa de Itaenga, PE, coletada na tubulação de saída da destilaria para a lagoa de distribuição e suas características físicas e químicas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química da vinhaça "in natura" utilizada

Variáveis	Unidade	Valor
pH	-	4,4
DBO*	(mg L ⁻¹)	5.000
DQO**	(mg L ⁻¹)	26.771
CE***	(dS m ⁻¹)	11,50
SDT****	(mg L ⁻¹)	11.352
K	(mg L ⁻¹)	1.123
Ca	(mg L ⁻¹)	352
Mg	(mg L ⁻¹)	16
Na	(mg L ⁻¹)	113

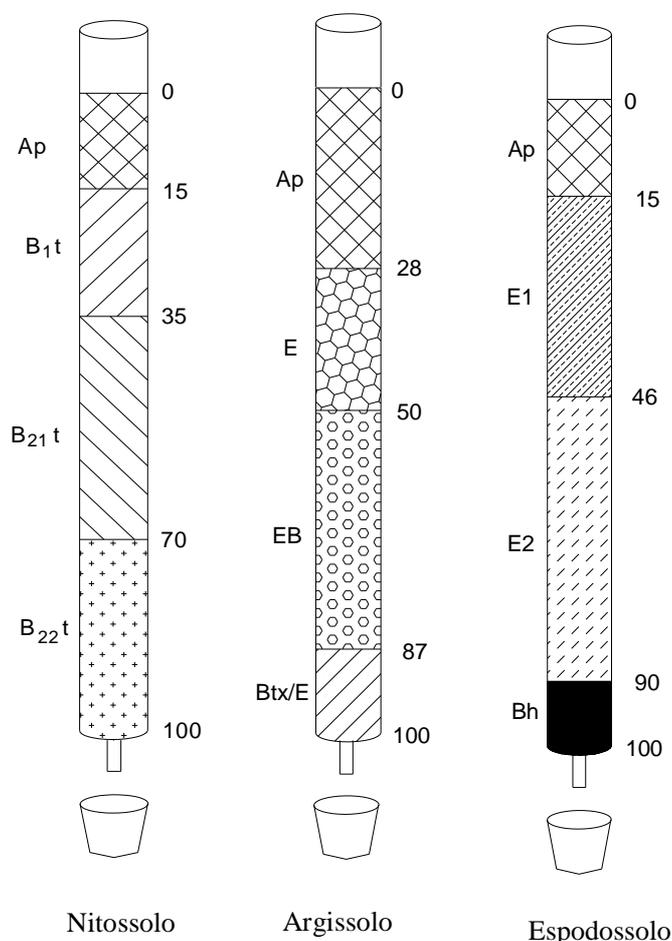
*DBO = demanda bioquímica de oxigênio, **DQO = demanda química de oxigênio, ***CE = condutividade elétrica, ****SDT = sólidos dissolvidos totais

Foram utilizadas três classes de solo, representativas da zona canavieira do Estado de Pernambuco, e classificados segundo Embrapa (2006) como: ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico durico arênico, proveniente da Unidade de Execução de Pesquisa de Itapirema, Goiana, PE; NITOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico, textura argilosa, coletado no Engenho Vazante (Usina Aliança) Aliança, PE; e ARGISSOLO AMARELO Distrófico fragipânico, textura média/argilosa, coletado no sítio Santa Luzia, Aliança, PE. Na Tabela 2, encontram-se os resultados da análise física dos solos utilizados e a representação dos seus horizontes na Figura 1.

Os solos foram reproduzidos em 27 colunas de PVC de 20 cm de diâmetro por 110 cm de altura, até a profundidade de 100 cm, respeitando-se as densidades e profundidades de cada horizonte. As colunas de solo, antes de receberem vinhaça, foram saturadas através da ascensão da água pela parte inferior, local da instalação dos drenos, e posteriormente, li-

Tabela 2. Caracterização física dos solos utilizados**Table 2.** Physical characterization of the soils

Horizonte	Profundidade (cm)	Ds Dp		Areia	Silte	Argila
		(g cm ⁻³)				
Nitossolo						
Ap	0-15	1,46	2,86	340	360	300
BA	15-35	1,34	2,9	240	330	430
Bt1	35-70	1,29	2,86	180	300	520
Bt2	70-100	1,38	2,86	210	300	490
Argissolo						
Ap	0-28	1,51	2,74	340	360	300
E	28-50	1,63	2,86	240	330	430
EB	50-87	1,64	2,73	180	300	520
Btx/E	87-100	1,50	2,71	210	300	490
Espodossolo						
Ap	0-15	1,86	2,57	895	40	65
E1	15-46	1,87	2,67	921	34	46
E2	46-90	1,82	2,73	906	30	65
Bh	90-100	1,64	2,67	905	37	58

**Figura 1.** Desenho esquemático das colunas de solo com seus respectivos horizontes**Figure 1.** Schematic draw of the soil columns with their respective horizons

berada, permitindo-se escoar o excesso de água até cessar o efeito gravitacional, conseqüentemente, levando-as à máxima capacidade de retenção de água contra a ação da gravidade, equivalente a capacidade de campo (Cambuim, 1983).

Foram aplicadas nas colunas doses equivalentes a 0 (água testemunha (Test)), 350 (Trat 1) e 700 (Trat 2) m³ ha⁻¹ de vi-

nhaça, totalizando três tratamentos, conduzidos com três repetições. Após 30 e 60 dias da aplicação de vinhaça, aplicou-se uma lâmina de lixiviação equivalente ao volume de poros de cada solo, utilizando-se como base a menor densidade e extrapolando para toda a coluna de solo, no intuito de simular chuvas torrenciais que de certa forma provocariam perdas de alguns elementos químicos fornecidos através da fertirrigação, com o excedente de água escoando pela parte inferior da coluna.

As amostras de solo foram coletadas e analisadas antes, e após o término do experimento. A coleta se deu com o auxílio de um trado, nos diversos horizontes, totalizando 108 amostras, visto que cada solo continha quatro horizontes.

Nas amostras coletadas foram realizadas análises de K e Na, solúveis mais trocáveis, pelo método da fotometria de chama; a extração foi realizada utilizando como extrator uma solução de Melich - 1. Para o Ca e Mg foi utilizada a determinação em espectrofotômetro de absorção atômica, onde a extração dos elementos do solo se deu utilizando como extrator uma solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹.

O carbono orgânico do solo (CO) foi determinado através da oxidação com dicromato de potássio em meio sulfúrico. Colocou-se em um erlenmeyer contendo amostra do solo o dicromato 0,167 mol L⁻¹ para que ocorresse oxidação do carbono orgânico, posteriormente titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,20 mol L⁻¹ o excesso do dicromato para determinação do teor de carbono.

Na determinação do potencial hidrogeniônico (pH) na suspensão água e solo, na relação 1:2,5 (solo:solução), utilizou-se potenciômetro. Todas as análises foram realizadas segundo Embrapa (1998).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram distribuídos para cada solo (ESPODOSSOLO HUMILÚVICO Órtico, NITOSSOLO HÁPLICO Eutrófico e ARGISSOLO AMARELO Distrófico), em arranjo fatorial 4 (horizontes) × 3 (doses de vinhaça: 0, 350 e 700 m³ ha⁻¹), com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância com níveis de significância de 5%, fazendo-se uso do software estatístico SAS 6.0 (SAS, 1989), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista serem três solos com origens e horizontes diferentes não foi possível análise de variância conjunta, desta forma cada solo foi analisado separadamente para as diversas variáveis.

Para as três classes de solo, a análise de variância ($P < 0,05$) aplicada à variável K foi significativa para os efeitos dose, horizonte e sua interação. De maneira geral, os maiores ($P < 0,05$) valores de K ocorreram com a proporção da dose aplicada sendo Trat 2 > Trat 1 > Test (Tabela 3). Com relação aos horizontes, no Nitossolo, os maiores valores foram quantificados no Ap seguido dos horizontes BA, Bt1, e Bt2, todos iguais entre si. Para o Argissolo, os maiores valores ocorreram no horizonte Ap seguido dos horizontes E, EB e Btx/E,

Tabela 3. Teores de K nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça**Table 3.** Contents of K in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	128b	185b	352a
	BA	91a	115 ^a	121a
	Bt1	82a	83 ^a	89a
	Bt2	80a	83 ^a	80a
Argissolo	Ap	40c	100b	110a
	E	28c	70b	105a
	EB	19c	24b	62a
	Btx/E	19c	23b	40a
Espodossolo	Ap	23c	71b	83a
	E1	15b	36a	37a
	E2	16c	32b	41a
	Bh	31c	42b	54a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

todos diferindo entre si. Finalmente, para os horizontes do Espodossolo, os maiores valores foram encontrados no Ap seguido do Bh, diferentes entre si, e do E2 e E1, iguais entre si.

As diferentes respostas na concentração de K encontradas podem ser atribuídas às características diferenciadas de cada tipo de solo analisado. No Nitossolo, que apresenta horizontes com textura mais argilosa quando comparado aos demais, ocorreu elevação na concentração de K apenas no horizonte Ap (mais superficial), para a menor dosagem de vinhaça aplicada não variando este teor nos demais horizontes. Já na maior dosagem, o solo apresentou grande elevação de K nos horizontes Ap e BA, atingindo profundidade um pouco maior. Porém, não foi observada variação nos teores de K nos demais horizontes (mais profundos). Este fato pode ser facilmente explicado pelo elevado teor de argila existente nesse solo, que, mesmo na maior dosagem, foi capaz de adsorver grande parte do K existente na vinhaça, ocorrendo fundamentalmente nos primeiros centímetros de profundidade.

No Argissolo, o K apresentou comportamento similar ao observado no Nitossolo, quando a dosagem de vinhaça aplicada foi maior, porém, na menor, o aumento da concentração de K se deu efetivamente nos horizontes mais superficiais, ou seja, o solo de textura média/argilosa apresentou maior dificuldade de percolação, quando comparado ao Nitossolo. Fato enfatizado por Sengik et al. (1988), onde os autores destacam que os resultados encontrados são função também das características dos solos trabalhados.

Para o Espodossolo, os teores de K foram elevados em todos os horizontes sendo crescentes com a dosagem de vinhaça aplicada corroborando com Brito et al. (2003) que trabalhou com três doses de vinhaça aplicada ao solo incubado aos 40 e 60 dias. Este resultado pode ser explicado pela facilidade de percolação do K dissociado na solução do solo, em virtude da textura arenosa do perfil (Brito et al., 2005).

Em ambos os casos, tanto para a classe de solo quanto para as dosagens, foram observadas elevações na concentração do K no solo, o que confirma os resultados encontra-

dos por Camargo (1983) que estudou a aplicação de vinhaça em área homogênea de Latossolo, com aumento da saturação de potássio no complexo de troca e lixiviação preferencial do elemento.

Com relação ao Ca (Tabela 4) presente no Nitossolo, a análise de variância aplicada aos dados mostrou significância ($P<0,05$) para o efeito dose e horizonte, mas não para sua interação. Não foi detectada diferença significativa para nenhum dos tratamentos. Com relação aos horizontes, os maiores ($P<0,05$) teores de Ca ocorreram no Ap seguido dos horizontes Bt2, BA, e Bt1, todos iguais entre si.

Tabela 4. Teores de Ca nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça**Table 4.** Contents of Ca in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	107a	105a	114a
	BA	102a	99a	106a
	Bt1	99a	101a	100a
	Bt2	100 a	102a	106a
Argissolo	Ap	110a	103b	100c
	E	106a	103b	98c
	EB	100a	98ab	96b
	Btx/E	98b	104a	105a
Espodossolo	Ap	68c	87b	104a
	E1	54b	63a	62a
	E2	56b	62a	58b
	Bh	52c	56b	67a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Para o Argissolo, a análise de variância aplicada a variável Ca mostrou efeito significativo ($P<0,05$) para dose, horizonte e sua interação. No geral, os maiores ($P<0,05$) valores de Ca ocorreram na Test, seguida do Trat 1 e do Trat 2, todos diferentes entre si. Nos horizontes, os maiores teores ocorreram no Ap seguido do Btx/E, diferentes entre si, e superiores aos horizontes E e EB, iguais entre si.

No Espodossolo o resultado da análise foi semelhante ao Argissolo, entretanto, os maiores ($P<0,05$) teores de Ca ocorreram no Trat 2, seguido do Trat 1, diferentes entre si, e todos superiores a Test. Para os horizontes do Espodossolo, os maiores valores foram encontrados no Ap seguido E1, E2 e Bh, todos diferentes entre si.

A despeito do aumento significativo na concentração de Ca, as alterações nos horizontes foram baixas. Contudo, essa diferença apontada concorda com Cambuim (1983) que observou também elevação do elemento quanto comparada aos teores da testemunha, em solos arenosos do estado de Pernambuco.

Quanto ao Nitossolo (Tabela 5), a análise de variância aplicada ao Mg mostrou níveis significativos para o efeito dose, horizonte e sua interação. O teste de Tukey revelou que, de maneira geral, os maiores ($P<0,05$) valores de Mg ocorreram no Trat 2, seguidos da Test e do Trat 1. Com relação aos horizontes, os maiores ($P<0,05$) teores foram adsorvidos no Bt2 seguido do Bt1, Ap e do BA, todos diferentes entre si.

Tabela 5. Teores de Mg nos horizontes retirados das colunas das três classes de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça**Table 5.** Contents of Mg in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	86a	82a	88a
	BA	80a	79a	80a
	Bt1	97ab	91b	103a
	Bt2	105a	97b	108a
Argissolo	Ap	17a	18a	17a
	E	15b	18a	16ab
	EB	19a	16b	18ab
	Btx/E	19a	18a	19a
Espodossolo	Ap	81c	92b	101a
	E1	72a	70ab	68b
	E2	56b	68a	66a
	Bh	54c	60b	69a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Para o Argissolo, foram significativos o efeito horizonte e sua interação, mas não para dose. Os maiores ($P<0,05$) valores de Mg foram para o Btx/E, EB e Ap, iguais entre si, seguido do E.

Com relação ao Mg no Espodossolo, foram significativos os efeitos das doses, horizontes e sua interação. Com exceção do horizonte E1, os maiores ($P<0,05$) valores de Mg ocorreram no Trat 2, seguido do Trat 1, diferentes entre si, e todos superiores a Test. Ainda, nos horizontes os maiores ($P<0,05$) valores foram encontrados no Ap seguido do E1, E2 e Bh, todos diferentes entre si.

O Mg apresentou comportamento similar ao verificado para o Ca, em que, apesar da variação significativa, em nenhum dos casos estudados se observou grande elevação na concentração deste elemento. Ou seja, a vinhaça aplicada apresentou teor de Mg muito baixo, modificando moderadamente a concentração deste elemento nos solos estudados. Este resultado difere do encontrado por Orlando Filho et al. (1983), em solos do estado de São Paulo, que observou elevação considerável na concentração desse elemento.

Quanto ao Na (Tabela 6), no Nitossolo, foram significativos os efeitos dose e horizonte, mas não a sua interação. Os maiores ($P<0,05$) valores de Na ocorreram no Trat 2, seguido do Trat 1 e Test, iguais entre si. Nos horizontes, os maiores ($P<0,05$) valores foram observados no Ap, Bt1 e Bt2, iguais entre si, seguido do BA.

Para o Argissolo, foram significativos os efeitos isolados (dose e horizonte) e sua interação. Os maiores ($P<0,05$) valores de Na ocorreram na Test, seguido do Trat 2 e Trat 1, iguais entre si. Nos horizontes, os maiores valores foram para o Ap seguido do E, diferentes entre si, e Btx/E e EB, iguais entre si.

Também para o Espodossolo, foram significativos os efeitos dose, horizonte e sua interação, com os maiores ($P<0,05$) valores de Na no Trat 2, seguido do Trat 1, diferentes entre si, e todos superiores a Test. Para os horizontes, os maiores ($P<0,05$) valores ocorreram no Bh, seguido do Ap e E2, iguais entre si, e todos superiores ao E1.

Assim como os outros elementos analisados, o Na teve comportamento variável com os teores de argila de cada solo.

Tabela 6. Teores de Na nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça**Table 6.** Contents of Na in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	40a	24a	34a
	BA	31a	19a	25a
	Bt1	38a	25a	28a
	Bt2	39a	24a	26a
Argissolo	Ap	23a	16b	15b
	E	13a	10b	11ab
	EB	9a	6b	7ab
	Btx/E	9a	8a	7a
Espodossolo	Ap	9c	13b	18a
	E1	6b	9ab	12a
	E2	10b	11b	16a
	Bh	14b	16ab	18a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

No caso específico do Nitossolo, o Na comportou-se de forma semelhante ao Argissolo nos dois primeiros horizontes, porém, a diminuição da concentração, se deu em todos os horizontes do solo. O que reforça a afirmação de Sengik et al. (1988), que as alterações dependem também das características do solo.

No Argissolo, os teores de Na apresentaram decréscimo de concentração nos dois primeiros horizontes do solo, quando comparados com os teores encontrados na testemunha, e praticamente não apresentaram variações nos demais horizontes. Esse fato provavelmente se deu em função da competição pelos sítios de troca desse solo, onde o K, existente em maiores quantidades na vinhaça, deve ter deslocado o Na, facilitando a lixiviação desse elemento, que migrou para os horizontes mais profundos. Todavia, os resultados mostram alteração apenas nos horizontes mais superficiais corroborando com Cambuim (1983) que estudou o efeito da vinhaça até a profundidade de 70 cm.

No Espodossolo, os teores de Na aumentaram em todos os horizontes, e com a dose de vinhaça aplicada. Este fato pode estar associado aos baixos teores do elemento no solo da testemunha. Por outro lado, a aplicação da vinhaça, cuja composição apresenta baixos teores de Na, foi suficiente para elevar os teores deste elemento. O resultado condiz com encontrados por Brito et al. (2007), que verificaram elevação nos teores de Na, nas camadas mais profundas do solo estudado.

Com relação ao pH (Tabela 7), nos três solos estudados, foram significativos os efeitos dose, horizonte e sua interação. Entretanto, no Nitossolo só foram observadas diferenças no horizonte Ap. No Argissolo, os maiores ($P<0,05$) valores de pH ocorreram no Trat 2 e Trat 1, sendo iguais entre si, e superiores a Test. No Espodossolo, os maiores ($P<0,05$) valores de pH ocorreram no Trat 2, seguido do Trat 1, diferentes entre si, e superiores a Test. Com relação aos horizontes, no Nitossolo os maiores valores foram determinados no Bt1 e Bt2, iguais entre si, seguidos dos horizontes Ap e BA, diferentes entre si. Para o Argissolo, os maiores valores foram para Btx/E seguido do EB e Ap, iguais entre si, e todos

Tabela 7. Valores de pH nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça*Table 7.* pH values in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	4,5b	4,9a	5,1a
	BA	4,6a	4,7a	4,7a
	Bt1	5,0a	5,0a	5,0a
	Bt2	5,0a	5,0a	5,0a
Argissolo	Ap	4,9b	5,5a	5,5a
	E	5,0a	5,2a	5,2a
	EB	5,1b	5,4a	5,5a
	Btx/E	5,5b	6,0a	6,0a
Espodossolo	Ap	4,9c	5,5b	5,9a
	E1	5,3b	6,0a	6,0a
	E2	5,4b	6,0a	5,9a
	Bh	5,6b	5,9a	5,9a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

superiores aos horizontes E. No Espodossolo, os maiores valores foram encontrados no Bh, E1 e E2, iguais entre si, e todos superiores ao Ap.

Os resultados obtidos corroboram com os de Camargo et al. (1983) e Orlando Filho et al. (1983), onde ficou evidenciado que, para qualquer dosagem de vinhaça aplicada e tipo de solo, há elevação do pH. Provavelmente deve-se ao potencial de redução que tem a vinhaça, principalmente pelo teor de matéria orgânica fácil de ser decomposta.

Para a elevação do pH, cada solo teve comportamento compatível com suas características químicas e físicas. Para o Nitossolo a elevação do pH se deu fundamentalmente no primeiro horizonte, mais superficial, mais argiloso, portanto de menor permeabilidade que os anteriores, diminuindo sobremaneira a reação desse resíduo com o solo dos horizontes mais profundos.

No Espodossolo e no Argissolo, o aumento do pH se deu em todos os horizontes, provavelmente devido à facilidade de percolação nesses solos, facilitando a reação em todos os horizontes, reação, esta, citada por Leal et al. (1983). Este fato ocorre principalmente pela textura mais arenosa desses solos (Tabela 2).

Para as três classes de solo ficou evidenciado que independentemente da dosagem de vinhaça aplicada o aumento do pH foi praticamente o mesmo. Para as doses de vinhaça aplicadas houve efeito na variação do pH, comparando-se os valores dentro de cada tipo de cada classe especificamente.

Com relação aos teores de CO (Tabela 8) nos solos que receberam vinhaça, quando comparados aos das Test, não foi encontrado em nenhum dos horizontes, para nenhum dos solos, variação significativa nesta variável, muito embora os teores de CO tenham variado entre os horizontes das diferentes classes de solo, independentemente da dosagem de vinhaça aplicada (Tabela 8). Isto vem demonstrar que mesmo a maior dosagem de vinhaça não foi suficiente para elevar os teores de CO nos solos. Este fato pode ser explicado da mesma forma que o pH, ou seja, a matéria orgânica existente na vinhaça, de fácil decomposi-

Tabela 8. Teores de Carbono Orgânico (CO) nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solos onde foram aplicadas diferentes doses de vinhaça*Table 8.* Contents of OC in the horizons removed from the columns of the three types of soils where different vinasse doses were applied

Solo	Horizonte	Tratamento (mg dm ⁻³)		
		Test	Trat 1	Trat 2
Nitossolo	Ap	15,0a	15,7a	15,7a
	BA	6,5b	6,8b	6,8b
	Bt1	4,3c	4,3c	4,2c
	Bt2	2,5d	2,5d	2,5d
Argissolo	Ap	7,3a	7,2a	7,3a
	E	3,1b	3,1b	3,2b
	EB	2,6c	2,7c	2,7c
	Btx/E	2,3d	2,3d	2,3d
Espodossolo	Ap	7,9b	8,0b	8,0b
	E1	2,8c	2,8c	2,8ca
	E2	2,4c	2,4c	2,3c
	Bh	18,4a	18,5a	18,5a

Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem, pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

ção, não é mais detectada nas análises dos solos 60 dias após a aplicação do resíduo.

CONCLUSÕES

A concentração de K no solo aumentou em todos os solos, variando em profundidade de acordo com as particularidades de cada solo;

A aplicação da vinhaça promoveu alteração nas concentrações de Ca, Mg e Na no solo, em alguns casos diminuindo após aplicação da vinhaça;

O pH do solo aumentou em todos os tratamentos com a aplicação de vinhaça;

O carbono orgânico não foi afetado pelas doses de vinhaça aplicadas.

LITERATURA CITADA

- Brito, F.L.; Lyra, M.R.C.; Rolim, M.M. Efeito da aplicação de vinhaça em colunas de solo: avaliação do poder de remoção de alguns parâmetros. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiana. Anais. Goiana: SBEA, 2003. CD Rom.
- Brito, F.L.; Rolim, M.M.; Pedrosa, E.M.R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, Suplemento, p.52-56, 2005.
- Brito, F.L.; Rolim, M.M.; Pedrosa, E.M.R. Concentração de cátions presentes no lixiviado de solos tratados com vinhaça. Engenharia. Agrícola, v.27, n.3, p.773-781, 2007.
- Camargo, O.A.; Valadares, J.M.A.S.; Geraldi, R.N. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. Campinas, SP: Instituto Agrônomo de Campinas, 30p. 1983 (Boletim Técnico 76).
- Cambuim, F.A. A ação da vinhaça sobre a retenção de umidade, pH, acidez total, acumulação e lixiviação de nutrientes, em solo arenoso. Recife: UFRPE, 1983. 133p. Dissertação Mestrado.

- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2006. 412p.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2 ed. Rio de Janeiro, 1998. 212p.
- Ferreira, E.S.; Monteiro, A.O. Efeitos da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. *Boletim Técnico Copersucar*, v.37, p.3–7, 1987.
- Leal, J.R.; Amaral Sobrinho, N.M.B.; Velloso, A.C.X.; Rossiello, R.O.P. Potencial redox e pH: variações em um solo tratado com vinhaça. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7, n.1, p.257-261, 1983.
- Nunes, M.R.; Velloso, A.C.X.; Leal, J.R. Efeito da vinhaça nos cátions trocáveis e outros elementos químicos do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.16, n.2, p.171-176, 1981.
- Orlando Filho, J.; Zambello Junior, E.; Agujaru, R. Efeito da aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana de açúcar: Estudo exploratório. *Stab*, v.1, n.6, p.28–33, 1983.
- SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4th ed. v.1, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1989. 956p.
- Sengik, E.; Ribeiro, A.C.; Conde, A.R. Efeito da vinhaça em algumas propriedades de amostras de dois solos de Viçosa (MG). *Revista Brasileiro de Ciência do Solo*, v.12, n.1, p.11–15, 1988.