



# Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça

Fábio L. Brito<sup>1</sup>; Mário M. Rolim<sup>1</sup> & Elvira M. R. Pedrosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> UFRPE/DTR. Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900. Recife, PE, Fone: (81) 3302-1276. E-mail: [rolim@ufrpe.br](mailto:rolim@ufrpe.br), [epedrosa@ufrpe.br](mailto:epedrosa@ufrpe.br)

Protocolo 16

**Resumo:** Avaliar a qualidade do lixiviado e o comportamento de diferentes tipos de solo após a aplicação de vinhaça, foi o que se objetivou com este estudo. Para isto, foram reproduzidos, em 27 colunas de PVC de 20 de diâmetro e 110 cm de altura (mantidos horizontes, espessuras e densidades), três solos: Nitossolo, Argissolo e Espodossolo. Os solos foram irrigados com 0 (Testemunha), 350 e 700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça e aplicadas lâminas de lixiviação aos 30 e 60 dias, quando foram coletadas amostras do efluente e submetidas às análises de K e Na; após o período de incubação, as amostras dos solos foram coletadas com auxílio de um trado, nas profundidades dos respectivos horizontes e submetidas, também, a análises de K e Na. A aplicação de vinhaça provocou variação de K e Na no lixiviado e os menores valores foram obtidos no Nitossolo, seguido do Espodossolo. Nos solos ocorreu aumento de K e diminuição de Na.

**Palavras-chave:** cátions, vinhaça, solo, aproveitamento de resíduos

## Potassium and sodium contents in leachate and soils after vinasse application

**Abstract:** The present study evaluated leachate quality and behavior of different types of soils after vinasse application. For this, three soils (Nitossolo, Argissolo and Espodossolo) were reproduced in 27 PVC columns of 20 x 110 cm (diameter x height), maintaining the horizons, thickness and densities. The soils were irrigated with vinasse at 0 (Control), 350 and 700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, applied at 30 and 60 days, and effluent samples collected for K and Na analysis. After the incubation period, soil samples were also collected at respective horizon depths for K and Na analysis. The results pointed out that vinasse application induced K and Na variation in leachate, with the lowest values in Nitossolo, followed by Espodossolo. In soils there was increase in K and decrease in Na.

**Key words:** cation, vinasse, soil, residue use

## INTRODUÇÃO

A vinhaça, principal resíduo da agroindústria sucroalcooleira, 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. A utilização tornou-se mais expressiva após o lançamento do Programa Proálcool, na década de 80.

Cambuim (1983) estudou o efeito da aplicação de três doses de vinhaça (0, 200 e 400 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) no lixiviado, em diferentes tempos de incubação, encontrando diferenças significativas na concentração de K, quando comparado com o lixiviado da testemunha, que só recebeu água. O efeito foi mais pronunciado nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, com acréscimo nos teores de K e redução de Na trocável,

observando-se também que, via de regra, o período de incubação atuou mais diretamente sobre esses efeitos que as doses testadas.

Em experimento de campo, Lyra (2002) trabalhou em uma área de 12 ha fertirrigada com vinhaça, onde foram instalados 30 poços de monitoramento a uma profundidade de 3 m; para o K ficou evidenciado que os solos estudados foram eficientes na remoção, visto que seus teores no lençol freático foram significativamente menores que os da vinhaça "in natura".

Quanto aos efeitos da aplicação de vinhaça no solo, Sengik et al. (1988) acrescentam que, além do volume aplicado e do tempo de incubação no solo, características, 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, dentre outras, variaram em função do tipo de solo e de

suas características, verificando-se que os maiores acréscimos de bases trocáveis no complexo de troca ocorreram nos primeiros 10 cm de profundidade dos solos estudados.

Dentro deste contexto, objetivou-se com este estudo, avaliar a qualidade do lixiviado e o comportamento de diferentes tipos de solo após a aplicação de vinhaça, com respeito ao K e ao Na.

## 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 e Física do Solo, todos da UFRPE, entre os meses de janeiro e março de 2004.

A vinhaça utilizada foi fornecida pela Usina Petribu, Lagoa de Itaenga, PE, coletada na tubulação de saída da destilaria e suas características físico-químicas determinadas são: pH = 4,4; condutividade elétrica (CE) = 11,50 dS m<sup>-1</sup>; sólidos dissolvidos totais (SDT), K, Ca, Mg e Na, 11.352, 1.123, 352, 16 e 113 respectivamente, em mg L<sup>-1</sup>.

Três tipos de solo, representativos da zona da mata canavieira do Estado de Pernambuco, foram empregados e classificados como: Espodossolo Cárbico Órtico duripânico arênico de textura arenosa, proveniente de Goiana, PE; Nitossolo Háptico Eutrófico típico, textura argilosa, coletado em Aliança, PE e Argissolo Amarelo Distrófico fragipânico, textura média/argilosa, coletado em Aliança, PE. Encontram-se, na Tabela 2, os resultados da análise física dos solos utilizados.

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. Antes de receberem vinhaça, colunas de solo, foram saturadas através da ascensão da água, pela parte inferior, local da instalação dos drenos que, posteriormente liberados, permitiram escoar o excesso de água até cessar os efeitos gravitacionais, levando-as, conseqüentemente, a máxima capacidade de retenção de água contra a ação da gravidade, equivalente à capacidade de campo (Cambuim, 1983).

Foram aplicadas, nas colunas, doses equivalentes a 0 (água, sem vinhaça) Testemunha, 350 (Tratamento 1) e 700 (Tratamento 2) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinhaça, 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 contido nas respectivas colunas, coletando-se os efluentes, em recipientes instalados sob cada coluna. Nos dois tempos de incubação, as coletas se davam na mesma coluna, ou seja, o lixiviado foi retirado de uma só coluna, por duas vezes.

Posteriormente, as amostras de solo foram coletadas e analisadas; a coleta se deu com o auxílio de um trado, nas profundidades dos respectivos horizontes, totalizando 108 amostras, visto que cada solo continha quatro horizontes.

No lixiviado foram analisados os teores de K e de Na, pelo método da fotometria de chama; para os solos coletados, realizaram-se análises de K e Na, solúveis mais trocáveis, pelo método da fotometria de chama; a extração dos elementos do solo se deu utilizando o Meliche I como extrator.

Tabela 1. Caracterização física dos solos utilizados

Horizonte cm	Prof. g cm <sup>-3</sup>	Ds		Areia	Silte	Argila
		g cm <sup>-3</sup>				
Nitossolo						
Ap	0-15	1,46	2,86	340	360	300
B <sub>1t</sub>	15-35	1,34	2,9	240	330	430
B <sub>21t</sub>	35-70	1,29	2,86	180	300	520
B <sub>22t</sub>	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

Prof. = profundidade; Ds = densidade do solo e Dp = densidade de partícula

O delineamento experimental utilizado para o solo foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram distribuídos para cada solo (Nitossolo, Argissolo e Espodossolo), em arranjo fatorial 4 (horizontes) × 3 (dose de vinhaça: 0, 350 e 700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e, para os lixiviados, medições repetidas ao longo do tempo (30 e 60 dias) e todos com três repetições. Aos dados das variáveis do lixiviado, foi aplicado o teste de esfericidade de Mauchly para definição do tipo de análise a ser utilizada: univariada ou multivariada. Em todos os casos, aplicou-se o teste de F com níveis de significância de 5%, fazendo-se uso do software estatístico SAS (Statistical Analysis System), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de esfericidade de Mauchly indicou, para o presente estudo, o uso de análise multivariada de medidas repetidas, para as variáveis estudadas no lixiviado.

A análise multivariada ( $P \leq 0,05$ ) aplicada à variável K foi significativa para o efeito solo, dose, tempo e para a interação tempo × dose, mas não para as demais interações. Os maiores valores ( $P > 0,05$ ) da concentração de K no lixiviado ocorreram no Espodossolo, seguido do Argissolo e Nitossolo, diferentes entre si, nos dois períodos estudados.

No caso específico da dose aplicada de vinhaça aos 30 dias de incubação (Figura 1A), o teste de Tukey não mostrou diferenças significativa, indicando que as três doses aplicadas foram iguais entre si. Aos 60 dias (Figura 1B), os maiores valores de K foram obtidos para as doses 700 e 350 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, que não diferiram entre si e superiores à Testemunha.

A concentração de K, encontrada no lixiviado do Nitossolo, foi de 4,38 mg L<sup>-1</sup> para o Tratamento 1, menor dose e 5,39 para a maior (Tratamento 2), mostrando que grande parte do K, adicionado via fertirrigação, ficou retida no perfil, seja na fase trocável ou solúvel do solo, corroborando com resultados divulgados por Camargo et al. (1983) que observaram maior elevação da concentração de K, em relação à dos outros elementos, no solo que recebeu .

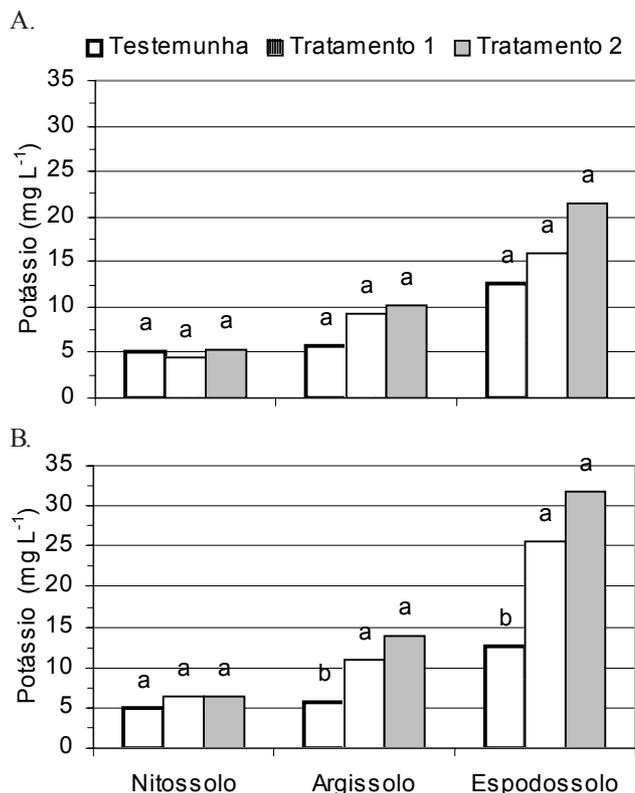


Figura 1. Concentração de K no lixiviado das colunas dos três tipos de solo aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação de vinhaça, média de três repetições seguidas de mesma letra, não difere pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação ao solo, tanto aos 30 quanto aos 60 dias de incubação, os valores de K do lixiviado, independentemente da dose aplicada, foram crescentes para o Espodossolo, Argissolo e Nitossolo, o que reforça a afirmação de Sengik et al. (1988) de que as alterações do lixiviado dependem das características do solo, além do que os solos tiveram bom desempenho, como redutores do elemento analisado, em comparação com o da vinhaça “in-natura”, corroborando com Brito et al. (2003).

Quanto aos solos e tendo em vista serem de origem e horizontes diferentes, não foi possível análise de variância conjunta; desta forma, cada solo foi analisado separadamente para as diversas variáveis.

Para os três tipos de solo estudados, a análise univariada, aplicada à variável K, foi significativa para os efeitos dose, horizonte e sua interação. Os maiores valores de K ( $P \leq 0,05$ ) ocorreram no Tratamento 2, seguido do Tratamento 1, diferentes entre si, e todos superiores à Testemunha (Tabela 2). Com relação aos horizontes, no Nitossolo os maiores valores ficaram adsorvidos no horizonte Ap, seguido de B<sub>1</sub>t, B<sub>2</sub>1t, e B<sub>2</sub>2t, todos iguais entre si. Para o Argissolo, os maiores valores foram para Ap, seguido de E, EB e Btx/E, todos diferentes entre si. Finalmente, para os horizontes do Espodossolo, os maiores valores foram encontrados em Ap seguido de Bh, diferentes entre si, e de E2 e E1, também iguais entre si.

As diferentes respostas nos teores de K podem ser atribuídas às características diferenciadas de cada tipo de solo analisado. No Nitossolo, perfil mais argiloso dentre os 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; na maior dose, o solo apresentou grande elevação de K nos horizontes Ap e B<sub>1</sub>t, atingindo profundidade pouco maior, porém, não se observou variação nos teores de K nos demais horizontes (mais profundos). Este fato pode ser explicado pelo elevado teor de argila existente no solo que, mesmo na maior dose, foi capaz de adsorver grande parte do K existente na vinhaça e se deu nos primeiros horizontes, corroborando com Sengik et al. (1988).

No Argissolo, o aumento da concentração de K se deu mais efetivamente nos horizontes mais superficiais, ou seja, o solo de textura arenosa/argilosa apresentou dificuldade maior

Tabela 2. Resultados médios<sup>1</sup> das análises de K nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solo onde foram aplicadas diferentes dose de vinhaça

Solo	Horizonte	Tratamento		
		Testemunha	1	2
		mg dm <sup>-3</sup>		
Nitossolo	Ap	128b	185b	352a
	B <sub>1</sub> t	91a	115a	121a
	B <sub>2</sub> 1t	82a	83a	89a
	B <sub>2</sub> 2t	80a	83a	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

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

de percolação, fato este enfatizado por Sengik et al. (1988), ressaltando que os resultados são função, também, das características dos solos trabalhados.

Para o Espodossolo, os teores de K tiveram acréscimo em todos os horizontes e foram crescentes com a dose de vinhaça aplicada, corroborando com Brito et al. (2003), o que pode ser explicado, pela elevada facilidade de locomoção do elemento dissolvido em água, solução do solo, além da percolação da solução pelo perfil arenoso. Independentemente do tipo de solo, notou-se elevação na concentração do K, confirmando-se, assim, os resultados encontrados por Camargo (1983).

A análise multivariada, aplicada aos dados de concentração de Na, indicou significância ( $P \leq 0,05$ ) para o efeito dose e tempo e para as interações tempo  $\times$  solo, tempo  $\times$  dose e tempo  $\times$  solo  $\times$  dose. As maiores concentrações de Na no lixiviado, aos 30 dias de incubação (Figura 2A), ocorreram no Argissolo, que não foi diferente do Espodossolo, seguido do Nitossolo, que também não foram diferentes entre si. Aos 60 dias, os maiores valores de Na foram encontrados no Argissolo, que não foi diferente do Nitossolo seguido do Espodossolo, também sem diferenças entre si (Figura 2B).

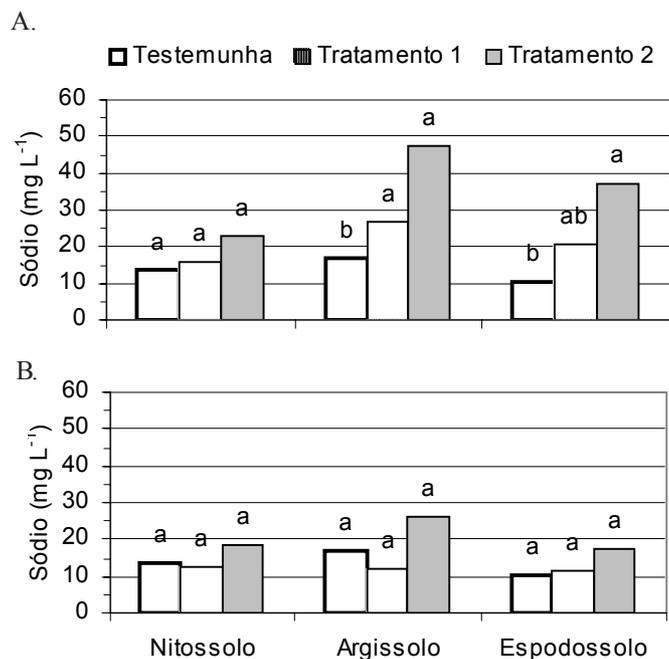


Figura 2. Concentração de Na no lixiviado das colunas dos três tipos de solo aos 30 (A) e 60 (B) dias após a aplicação de vinhaça, média de três repetições seguidas de mesma letra, não difere pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com relação à dose aplicada aos 30 dias, os maiores valores de Na no lixiviado foram encontrados no Tratamento 2, seguido do Tratamento 1, diferentes entre si, e todos superiores à Testemunha; aos 60 dias, a concentração de Na foi maior quando aplicado o Tratamento 2, seguido da Testemunha e do Tratamento 1, iguais entre si.

Os resultados encontrados mostram elevação de Na nos lixiviados dos solos que receberam aplicações de vinhaça, devido à competição com K nos sítios de troca; além do que, aos 30 dias, o aumento da concentração de Na obedeceu a uma tendência de que, quanto maior a dose aplicada, maior também o teor no lixiviado nos três solos utilizados, exceto aos 60 dias, em que o Tratamento 1 não diferiu da Testemunha, evidenciando-se, então, a importância da dose a ser aplicada, corroborando com as afirmações de Cambuim (1983).

Ainda com relação aos teores de Na nos lixiviados dos solos, em que foi aplicada a vinhaça, foram menores para o Nitossolo, provavelmente pelos maiores valores da fração argila; no Espodosolo, de forma intermediária, pela presença do horizonte espódico; e para o Argissolo, provavelmente por apresentar menor fração argila que o Nitossolo.

Quanto ao Na (Tabela 3), em Nitossolo foram significativos os efeitos dose e horizonte, mas não sua interação. Os maiores valores de Na ( $P \leq 0,05$ ) ocorreram no Tratamento 2, seguido do Tratamento 1 e Testemunha, iguais entre si. Nos horizontes, os maiores ( $P \leq 0,05$ ) valores ficaram adsorvidos no Ap, B<sub>1</sub>t e B<sub>22</sub>t, iguais entre si, seguidos do B<sub>1</sub>t.

Para o Argissolo foram significativos os efeitos isolados (dose e horizonte) e sua interação. Os maiores ( $P \leq 0,05$ ) valores de Na ocorreram na Testemunha, seguida do Tratamento 2 e do

Tabela 3. Resultados médios<sup>1</sup> das análises de Na nos horizontes retirados das colunas dos três tipos de solo onde foram aplicadas diferentes dose de vinhaça

Solo	Horizonte	Tratamento		
		Testemunha	1	2
Nitossolo	Ap	40a	24a	34a
	B <sub>1</sub> t	31a	19a	25a
	B <sub>21</sub> t	38a	25a	28a
	B <sub>22</sub> t	39a	24a	26a
Argissolo	Ap	23a	16b	15b
	E	13a	10b	11ab
	EB	9a	6b	7ab
	Btx/E	9a	8a	7a
Espodosolo	Ap	9c	13b	18a
	E1	6b	9ab	12a
	E2	10b	11b	16a
	Bh	14b	16ab	18a

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, no sentido horizontal, não diferem pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade

Tratamento 1, iguais entre si. Nos horizontes, os maiores valores foram em Ap seguido de E, diferentes entre si, e Btx/E e EB, iguais entre si.

Também para o Espodosolo, foram significativos os efeitos dose, horizonte e sua interação, com os maiores valores de Na ( $P \leq 0,05$ ) no Tratamento 2, seguido do Tratamento 1, diferentes entre si, e todos superiores à Testemunha. Para os horizontes, os maiores ( $P \leq 0,05$ ) valores ocorreram em Bh, seguido de Ap e E2, iguais entre si, e todos superiores ao E1.

Assim como para o K, o Na teve comportamento inerente às características de cada solo. No caso específico do Nitossolo, o Na comportou-se semelhante ao Argissolo nos dois primeiros horizontes, porém a diminuição na concentração se deu em todos os horizontes, reforçando a afirmação de Sengik et al. (1988) de que as alterações dependem também das características do solo.

No Argissolo, os teores de Na sofreram decréscimo de concentração nos dois primeiros horizontes do solo, quando comparados com os teores encontrados na Testemunha e, praticamente, não variaram nos demais horizontes. Este fato se deu, provavelmente, por conta da competição pelos sítios de troca deste solo, onde o K, existente em maiores quantidades na vinhaça, deve ter expulsado o Na, facilitando a lixiviação deste elemento, que migrou para os horizontes mais profundos; no entanto, os resultados mostram alteração apenas nos horizontes mais superficiais corroborando com Cambuim (1983).

No Espodosolo, os teores de Na aumentaram com a dose de vinhaça aplicada em todos os horizontes; este fato está associado aos baixos teores do elemento no solo (Testemunha). Por outro lado, a aplicação da vinhaça, cuja composição apresenta baixos teores de Na, foi suficiente para elevar os teores. O resultado condiz com os encontrados por Brito et al. (2003), que verificaram elevação nos teores de Na, nas camadas mais profundas do solo estudado.

## CONCLUSÕES

1. Reduziu-se a concentração de K do lixiviado, com aplicação de vinhaça, dependendo da textura do solo e do teor de argila.
2. Apesar da elevação na concentração do Na, todos os solos tiveram elevado poder de retenção.
3. A concentração de K no solo aumentou em todos os solos, variando com a profundidade no perfil.
4. A aplicação da vinhaça alterou a concentração do Na no solo, em alguns casos, reduzindo os seus valores.

## LITERATURA CITADA

- Camargo, O.A.; Valadares, J.M.A.S.; Geraldi, R.N. Características químicas e físicas de solo que recebeu vinhaça por longo tempo. Campinas, Instituto Agronômico 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.
- 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-Room.
- Lyra, M.R.C.C. Efeito da vinhaça utilizada na fertirrigação sobre a qualidade de águas subsuperficiais. Recife: UFRPE, 2002, 122p. Dissertação Mestrado.
- 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, Campinas, v. 12, p.11-15, 1988.