

EFEITO DA APLICAÇÃO DE EFLUENTE POR IRRIGAÇÃO, SOBRE A CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E O pH DO SOLO

Kátia Targa Guerreiro Seraphim

Raimundo Leite Cruz

Odivaldo José Seraphim

Isidoro Casal Caminha Jr.

UNESP/FCA – Departamento de Engenharia Rural

Botucatu-SP Cx Postal 237 CEP 18603-970 Fone (014) 68027194

E-mail seraphim@fca.unesp.br

1 RESUMO

Esta pesquisa foi realizada em uma área de 120 ha, do complexo agro-industrial da Empresa Duratex, Fábrica de Botucatu, denominada de Fazenda Santa Luzia, na qual está havendo uma disposição de efluente líquido sobre o solo com cobertura vegetal, através de irrigação por aspersão, há cerca de 20 anos, merecendo um estudo da influência deste, sobre as características do solo.

Para caracterização da área, foram coletadas amostras de solo em 32 pontos para quatro profundidades (0,25; 0,50; 1,0; e 1,5 m), realizando análises químicas da solução do solo. O efeito da disposição de efluente sobre o solo foi estudado em pontos com aplicação do efluente e locais isentos desta aplicação.

Em todas as áreas internas, onde há aplicação de efluente fica evidente que há uma maior concentração de íons nestas camadas o que nos permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico, obtendo-se altos valores da condutividade elétrica na solução do solo, quando comparados com os valores medidos nos pontos externos a esta área de aplicação.

Com base nos resultados, pode-se concluir que a aplicação do efluente industrial contribui para a elevação do pH do solo, reduzindo a acidez do mesmo.

UNITERMOS: efluente agro-industrial, solo, pH, condutividade elétrica, irrigação.

SERAPHIM, K.T.G, CRUZ, R.L, SERAPHIM, O.J, CAMINHA JÚNIOR, I.C. INFLUENCE OF AGRO-INDUSTRIAL EFFLUENT DISPOSAL THROUGH SPRINKLING IRRIGATION ON THE pH AND ELECTRIC CONDUCTIVITY.

2 ABSTRACT

The present research was carried out in a 120 ha area of the Santa Luzia Farm, Duratex agro-industrial complex, Botucatu-SP plant, where there has been effluent disposal through sprinkling irrigation over the vegetal soil coverage in the last 20 years..

In order to characterize areas with and without effluent application, soil samples were collected to perform chemical in the soil moisture.

Conclude that this method of effluent disposal, interferes directly in the soil characteristic, in the values of salt, pH, organic matter and electric conductivity in the area irrigated with the effluent, when compared to values obtained in non-irrigated areas.

KEYWORDS: industrial effluent, soil, sprinkling irrigation , pH, electric conductivity.

3 INTRODUÇÃO

A disposição de efluentes líquidos, contendo material orgânico, sobre o solo, é uma técnica bastante utilizada, por possibilitar a mineralização da matéria orgânica, com conseqüente liberação de nutrientes. No solo, estes nutrientes juntamente com a água que os carrega, podem ser aproveitados pelos vegetais, enquanto que, lançados nos meios hídricos, podem causar danos ao ambiente por levar ao processo de eutrofização.

Entre as técnicas de aplicação de efluentes líquidos ao solo, destaca-se a irrigação por aspersão, utilizando-se sistemas de montagem direta, equipados com aspersores tipo canhão.

A Empresa Duratex S.A. - Unidade Paula Souza, localizada no município de Botucatu-SP, com a atividade industrial de sua primeira linha de produção de chapas duras de fibra despejava seu efluente nas águas do rio Pardo, um rio classe dois (vazão mínima 1000 L/Seg.) que praticamente, não admite o lançamento de nenhuma carga orgânica.

O sistema consiste na disposição do efluente sobre o solo, em uma área de 120 ha, denominado de Fazenda Santa Luzia, dotada de cobertura vegetal, utilizando sistema de irrigação por aspersão. Desde então, não houve mais despejo de efluentes nos cursos d'água.

Este mesmo procedimento ocorre também com outras agro-indústrias, as quais se utilizam deste método para disposição de efluentes, como no caso das usinas de cana-de-açúcar, as quais fazem a aplicação da vinhaça nos canaviais.

Para a realização desta pesquisa, foi escolhida a área do complexo industrial da Duratex, Fabrica de Botucatu, na qual é feita a disposição de efluente líquido sobre o solo, a cerca de 20 anos, merecendo um estudo da influência deste, sobre as características do solo.

Portanto, este trabalho tem como objetivo, verificar as alterações nas características químicas do solo, na área acima citada, área esta dividida em locais que recebem por via irrigação o efluente agro-industrial, em comparação com locais externos, de mesmas características, as quais não tiveram a aplicação, ou não foram irrigadas com este efluente, uma vez que, tecnicamente, a disposição deste efluente no solo é a forma de descarte mais recomendada, considerando seu valor como fertilizante.

No caso da vinhaça, efluente das indústrias açucareiras, os minerais, citados como os mais importantes, elementos fixo: potássio, cálcio, sódio, magnésio e o fósforo, persistem até a fase final do processo de fermentação de destilação, podendo ser empregados como fertilizantes (Cruz, 1991).

Otoma & Kumoi (1985) construiu um modelo para descrever a infiltração de água em condições de não equilíbrio e redistribuição da água e solutos no solo. O modelo foi avaliado por comparação com as concentrações de Cl^- obtidas no campo em uma área que recebe esgoto desde 1979. O modelo também foi utilizado para estimar a formação de nitrato. Na avaliação do modelo foi observada uma menor adsorção de Cl^- no campo, e que este elemento sofreu rápida lixiviação na camada de 0 a 20 cm do solo, ficando estagnado na camada de 20 a 100 cm.

Lundin et al. (1976) estudaram a lixiviação de nitrogênio e fósforo, provenientes da disposição de esgoto no solo. Estes autores concluíram que a água subterrânea pode sofrer contaminação por estes elementos, porém estes fatores são complexos e necessitam ser melhor entendidos.

Starr et al. (1974) estudaram a ocorrência simultânea da nitrificação, desnitrificação e movimento de nitrogênio em uma coluna de solo insaturado, durante a aplicação contínua de uma solução de NH_4Cl . Foram analisadas amostras de solução do solo, em diferentes profundidades e tempo. O emprego do ^{15}N facilitou a avaliação dos fenômenos estudados. Os autores concluíram que o problema do nitrogênio é crítico no que se refere à poluição ambiental, necessitando de pesquisas que visem o entendimento da dinâmica das interações do sistema solo-água-atmosfera. A aplicação de fertilizante nitrogenado ao solo gera um número muito grande de reações físicas, químicas e biológicas que necessitam ser analisadas simultaneamente para determinar a localização dos produtos destas reações.

Segundo Zanini (1991), a localização de K^+ atingiu profundidade até a faixa de 70 a 80 cm e 50 a 60 cm de raio de expansão lateral. Esses resultados indicaram que se pode ter controle da localização deste íon em função da água de irrigação, com rápida movimentação por fluxo de massa.

Cruz (1991) cita que o teor de potássio no solo é superior nas áreas que recebem vinhaça, principalmente durante a safra, quando ocorrem flutuações no teor deste nutriente em função das

aplicações de vinhaça. O potássio sofre lixiviação e o aumento no teor deste nutriente também ocorreu nas camadas mais profundas do solo.

Segundo Cabrera et al. (1998) é possível que a distribuição do tamanho dos agregados esteja afetando a superfície da exposição da matéria orgânica do solo, afetando sua mineralização pela atividade microbiana e o conteúdo de N minerais no solo.

Rosales et al. (1999) a aplicação contínua de adubo orgânico, juntamente com a adubação mineral, durante vários anos consecutivos na mesma área, pode resultar em modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Conte et al. (1998) o manejo inadequado dos solos, seja nas áreas agrícolas ou mesmo nas áreas urbanas industriais e o uso de produtos químicos (agrotóxicos, adubos, detergentes) contribuem para o aumento da concentração de íons nas águas.

Cruz (1991) a vinhaça melhora as características químicas do solo. Eleva o pH, diminui a acidez potencial, reduz o teor de alumínio trocável, aumenta o teor de fósforo disponível na camada superficial do solo, o teor de cálcio, a CTC, a soma de bases e a porcentagem de saturação de bases.

Lundin et al. (1996) o pH decresce em lençol freático turvo, enquanto em água corrente o pH não é afetado devido a alta alcalinidade do solo mineral. A água subterrânea amarelada é turvada pelo ácido.

A fertilização com cavacos de madeira, fosfato e superfosfato resulta em um aumento de concentração de K, Ca, Mn, B, O, P e fósforo total no lençol freático e K, Ca, Mg, Mn, em água corrente.

Glória et al. (1973), apresentaram tabelas com teores de nutrientes, matéria orgânica e relação C/N para vinhaças com diferentes origens e concluíram que as vinhaças com diferentes origens apresentam relação C/N adequada para incorporação imediata ao solo.

Orlando Filho et al. (1984) estudaram o efeito da aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas do solo, cultivado com cana-de-açúcar e verificaram que mesmo por tempo mais prolongado (20 anos) não provocou efeitos negativos nos solos estudados. Notaram também um efeito benéfico pela elevação do pH e dos teores de K, Ca, e Mg, da soma de bases e da CTC efetiva do solo. Concluíram que a adição prolongada de vinhaça não provocou efeitos prejudiciais ao solo, como acúmulo de sais na camada arável ou em horizontes de sub-superfície, trazendo efeitos benéficos diretos sobre a cultura e sobre as propriedades químicas do solo.

Camargo et al. (1984) estudaram as alterações de características químicas de um Latossolo Roxo Distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareira, e observaram que o decréscimo no pH do solo pode ser atribuído ao processo de nitrificação do NH_4^+ , onde, para cada molécula de NO_3^- formado, há a liberação de dois átomos de H^+ .

A elevação do pH em amostras tratadas com vinhaça foi observada por Cambuim & Cordeiro (1986), onde os autores concluíram que esse efeito foi mais pronunciado nos primeiros 30 cm de profundidade do solo, e que a lixiviação de P é inexpressiva, tendo K, Ca e Mg lixiviado quase que em proporção direta às doses de vinhaça testadas. Ferreira & Monteiro (1986) verificaram que a elevação do pH é mais pronunciada nos solos arenosos, atribuídos ao menor poder tampão destes solos quando comparados com solos argilosos.

Caminha Júnior (1998), estudando o efeito da aplicação de efluente agro-industrial no solo, através de irrigação por aspersão, na Empresa Duratex, Fábrica de Botucatu, sobre a resistividade e a condutividade elétrica do solo, observou que as altas taxas de concentrações de Cálcio e Potássio nas amostras de solução do solo, definem, a importância destes sais sobre os valores da resistividade.

Pela análise da solução do solo, o parâmetro que mais se destacou diretamente com os baixos valores da resistividade, foi a condutividade elétrica desta solução, concluindo que a determinação desta característica é de fundamental importância para classificar o solo quanto ao seu valor de resistividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho teve como área experimental o campo de disposição de efluente agro-industrial, da Fábrica de chapas da DURATEX, aplicado sobre o solo com cobertura de gramíneas do tipo cost-cross e tifton, por um período aproximadamente de 20 anos, utilizando-se de irrigação por aspersão, numa área total de 120 hectares, denominada Fazenda Santa Luzia, localizada no Município de Botucatu SP, segundo as coordenadas geográficas 22° 57' 06" de latitude S e 48° 32' 03" de longitude W Gr.

Para início da caracterização da área em estudo, foi utilizado o trabalho realizado pelo IPT (1984) – Análise do Sistema de Dispersão de Efluentes por Aspersão e Caracterização Hidrogeológica da Qualidade de Águas do Freático no Local da Fábrica de Chapas da Duratex S/A. Este trabalho do IPT forneceu informações sobre a área, entre elas, que a mesma possui uma geologia representada por depósito coluvionar recente, sobreposto à Formação Serra Geral

Foram classificados pelo IPT, dois tipos de solos na Fazenda Santa Luzia, sendo a Terra Roxa (TE) predominante abaixo da cota 835, e o Latossolo Vermelho Escuro textura média (LE) predomina no restante da área.

A declividade do terreno ficou abaixo de 3%, possuindo curvas de níveis em faixas que variaram de 30 a 50 metros, e tendo sua cobertura feita por gramíneas, do tipo cost-cross e tifton.

A análise do efluente na saída da estação de bombeamento, composta por 01 bomba com motor elétrico de 250 CV, os seguintes resultados, fornecidos pela Empresa:

Condutividade Elétrica (CE) = 1080 μ nh/cm; pH = 4,50; Na⁺ = 19 mg l⁻¹;

K⁺ = 92 mg l⁻¹; Ca⁺⁺ = 162 mg l⁻¹; Mg⁺⁺ = 58,5 mg l⁻¹;

Fe = 10,2 mg l⁻¹; Al = 7,63 mg l⁻¹; B = 0,52 mg l⁻¹; Cr = 0,05 mg l⁻¹.

A Empresa DURATEX, forneceu o mapa da área, com a distribuição das 04 sub-áreas (A, B, C e D), irrigadas pelo efluente, conforme demarcados na Figura 01, constam também nesta figura, a localização de pontos internos (1 a 6) e externos (7 e 8) a estas sub-áreas, pontos estes escolhidos para se efetuar a coleta das amostras de solo, material para análise desta pesquisa.

As análises químicas das amostras e soluções de solos, foram elaboradas nos Laboratórios dos Departamentos de Engenharia Rural e Ciência do Solo da FCA – UNESP, Campus de Botucatu, utilizando-se do material e equipamentos, que os métodos de análises e coletas exigem para suas realizações.

Para a coleta de solo foi utilizado trado tipo holandês, fabricado para esta aplicação devido a grande quantidade de solo necessária para utilização nas várias análises.

Foram extraídas as amostras nas profundidades de 0,25 - 0,50 - 1,0 e 1,50 metros, num total de 128 amostras, visto que a área total foi dividida em quatro sub-áreas, A, B, C e D, contendo cada uma, seis pontos internos e dois pontos externos, estes últimos servindo como testemunha para comparação com pontos internos, como mostra a Figura 1.

A coleta destas amostras ocorreram em 04 etapas, nos meses de fevereiro, abril, junho e setembro de 1997, obedecendo a seqüência das sub-áreas de A, B, C e D, respectivamente. Após secagem ao ar livre e peneiramento em peneira de 2 milímetros, cada amostra foi dividida em 03 partes e foram encaminhadas para as análises química, de granulometria e outra para a extração da solução do solo pelo método adotado pela EMBRAPA (1979) e relatado em seu manual SNLCS – parte 2 .

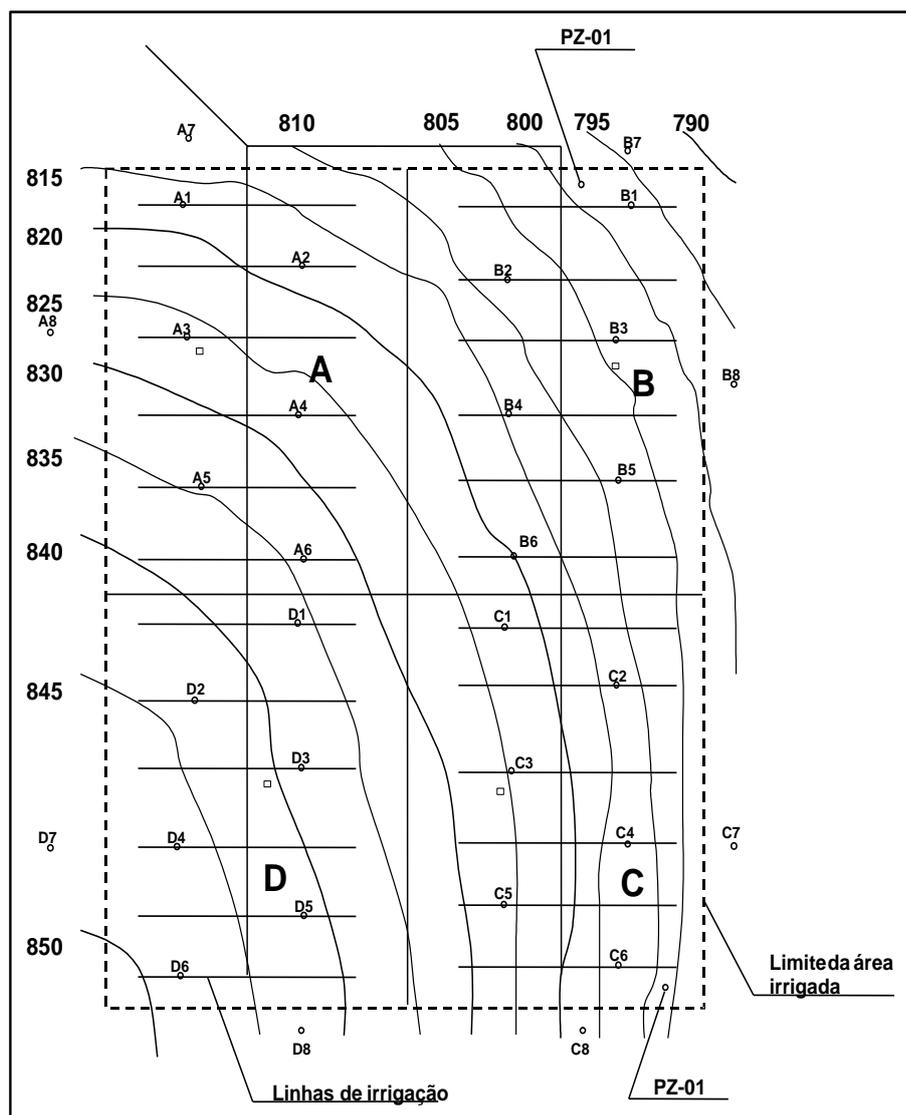


FIGURA 1 – Planta planialtimétrica da área irrigada com efluente, com os respectivos pontos de coletas das amostras de solo, internos (1 a 6) e externos (7 e 8) .

Após a extração da solução de solo, efetuou-se a medição da condutividade elétrica e pH, pela leitura direta nos equipamentos calibrados, instalados nos Laboratórios de Irrigação, Drenagem e Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Rural – FCA – UNESP, Campus de Botucatu. As mesmas amostras de solução, posteriormente foram encaminhada ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Ciência do Solo, para se efetuar demais análises química da solução.

As análises químicas das soluções extraídas dos solos, foram realizadas com o objetivo de verificar as concentrações e os tipos de íons dissolvidos nesta solução, tais como:

- Concentrações dos íons de Magnésio (Mg^{++}), Cálcio (Ca^{++}), Cobre (Cu^{++}), Ferro (Fe^{++}), Manganês (Mn^{++}) e Zinco (Zn^{++}) determinadas por absorção atômica e o potássio (K^+) pelo Espectrofotômetro de chamas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar os resultados nas quatro áreas de amostragem, consideramos parcelas internas, ou seja, local amostrado onde ocorre aplicação do efluente e parcelas externas, locais da área de amostragem que não receberam o efluente. Os resultados das análises tem seus valores médios apresentados nos Quadros de 01 e 02, dados estes ilustrados pelos gráficos das Figuras de 02 a 05.

A condutividade elétrica dá a informação da quantidade de íons na solução do solo, observando os gráficos das Figuras 02 e 03, nota-se que a condutividade elétrica diminui com a profundidade do solo amostrado, ficando evidente que a concentração de íons é maior nas camadas superficiais do solo, o que pode ser explicado por uma maior quantidade de material orgânico mineralizado. Quando compara-se as parcelas internas com as parcelas externas, também fica evidente a maior concentração de íons nas camadas internas o que nos permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico que sofre mineralização.

QUADRO 01 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos internos (1 a 6), com a aplicação do efluente.

		<i>Análise química da solução</i>								
		<i>CE</i> ($m\Omega^{-1}/cm$)	<i>pH</i>	<i>K</i> (<i>ppm</i>)	<i>Ca</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mg</i> (<i>ppm</i>)	<i>Cu</i> (<i>ppm</i>)	<i>Fe</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mn</i> (<i>ppm</i>)	<i>Zn</i> (<i>ppm</i>)
0,25	A	780,50	7,86	63,29	20,12	7,47	0,01	0,91	0,71	0,01
	B	712,00	6,84	62,87	17,17	6,31	0,02	1,56	0,94	0,06
	C	589,17	5,76	60,08	14,39	5,48	0,03	0,24	0,22	0,06
	D	805,00	6,81	67,45	20,79	8,05	0,03	0,35	0,31	0,05
0,50	A	608,50	7,58	43,50	16,08	5,04	0,02	0,30	0,14	0,01
	B	528,83	6,68	53,45	12,09	4,57	0,02	1,04	0,54	0,13
	C	533,83	5,80	48,32	14,63	4,72	0,02	0,19	0,61	0,07
	D	729,33	6,29	60,74	19,57	7,04	0,03	0,45	0,55	0,06
1,0	A	723,83	7,01	31,44	11,96	3,66	0,01	0,20	0,21	0,02
	B	601,17	6,49	43,66	19,82	5,16	0,01	0,79	1,88	0,22
	C	356,83	6,01	34,86	10,12	2,30	0,01	0,10	0,14	0,05
	D	757,83	6,08	49,74	22,16	6,98	0,02	0,13	0,65	0,05
1,5	A	527,70	6,46	21,29	8,28	2,57	0,01	0,09	0,13	0,02
	B	339,00	6,29	30,48	9,23	1,99	0,01	0,27	0,34	0,04
	C	328,50	5,93	32,35	8,78	2,34	0,01	0,05	0,13	0,05
	D	403,00	6,17	30,50	12,19	3,78	0,02	0,11	0,24	0,03

As Figuras 04 e 05, mostram o pH médio do solo nas parcelas internas e externas, com base nos resultados pode-se concluir que a aplicação do efluente industrial contribui para a elevação do pH do solo reduzindo a acidez do mesmo, também observado por Cruz (1991) que a vinhaça melhora as características químicas do solo. Eleva o pH, diminui a acidez potencial, reduz o teor de alumínio trocável, aumenta o teor de fósforo disponível na camada superficial do solo. Os valores encontrados nas áreas amostradas nos permitem concluir que o solo em questão não apresenta acidez elevada. Nas

parcelas externas, encontramos valores de pH em torno de 6,0 a 7,0; enquanto que nas parcelas internas, o pH atingiu valores próximos a 8,0, principalmente nas superficiais do solo, comprovando a influência da aplicação do efluente.

Embora teoricamente, o pH médio deva ser calculado considerando a média das concentrações hidrogemônicas $[H^+]$, pois $pH = 1/\log [H^+]$, em termos práticos o cálculo de maneira aritmética dos valores de pH, diferem de maneira insignificativa dos valores teóricos.

QUADRO 02 - Valores Médios da Análise química da solução do solo, nos pontos externos (7 e 8), sem a aplicação do efluente.

		<i>Análise química da solução</i>								
		<i>CE</i> ($m\Omega^{-1}/cm$)	<i>pH</i>	<i>K</i> (<i>ppm</i>)	<i>Ca</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mg</i> (<i>ppm</i>)	<i>Cu</i> (<i>ppm</i>)	<i>Fe</i> (<i>ppm</i>)	<i>Mn</i> (<i>ppm</i>)	<i>Zn</i> (<i>ppm</i>)
0,25	A	343,00	6,97	18,87	5,37	3,42	0,01	0,23	0,18	0,02
	B	361,35	7,02	16,97	6,60	4,55	0,02	4,10	0,19	0,02
	C	326,00	6,01	31,07	8,19	2,86	0,01	0,21	0,25	0,04
	D	289,00	6,47	22,99	7,72	2,44	0,03	1,87	0,17	0,03
0,50	A	344,00	7,01	7,01	4,26	3,06	0,01	0,96	0,15	0,01
	B	277,50	7,22	8,96	2,71	1,35	0,01	2,46	0,08	0,01
	C	248,33	6,39	24,92	6,37	1,67	0,01	0,06	0,12	0,05
	D	249,00	6,29	18,66	5,25	1,83	0,03	3,25	0,09	0,02
1,0	A	95,35	6,55	10,04	1,42	0,71	0,01	0,75	0,07	0,01
	B	1110,60	6,88	76,35	3,29	1,60	0,01	1,29	0,08	0,01
	C	246,00	6,62	22,75	6,37	1,82	0,01	0,09	0,12	0,04
	D	230,67	6,34	14,16	5,35	1,90	0,02	2,19	0,10	0,02
1,5	A	143,35	6,46	7,83	1,94	1,21	0,00	0,33	0,07	0,01
	B	99,75	6,87	7,25	2,26	1,02	0,01	0,39	0,04	0,00
	C	183,00	6,39	16,77	3,71	0,78	0,01	0,03	0,05	0,03
	D	150,00	6,00	10,50	4,34	1,26	0,01	0,19	0,07	0,01

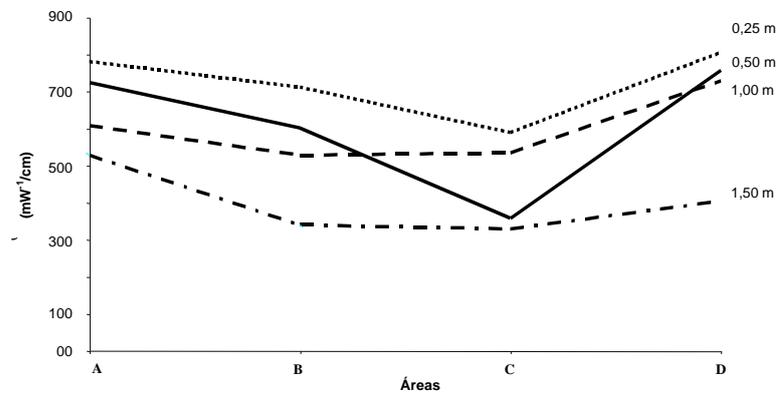


FIGURA 02 - Valores médios da condutividade elétrica nas áreas internas em quatro profundidades, medidas na solução do solo.

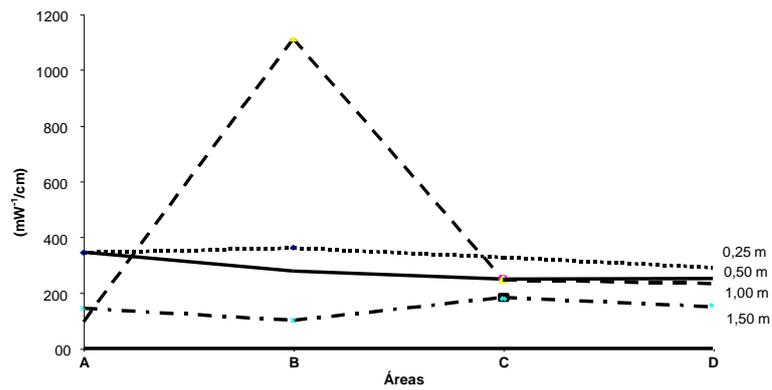


FIGURA 03 - Valores médios da condutividade elétrica nas áreas externas em quatro profundidades, medidas na solução do solo.

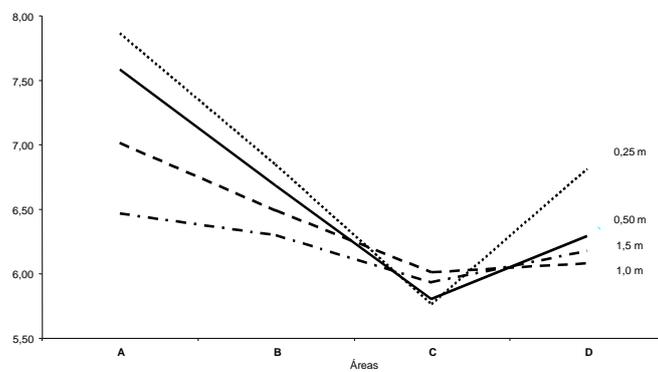


FIGURA 04 - Valores médios do pH, nas áreas internas, em quatro profundidades no solo.

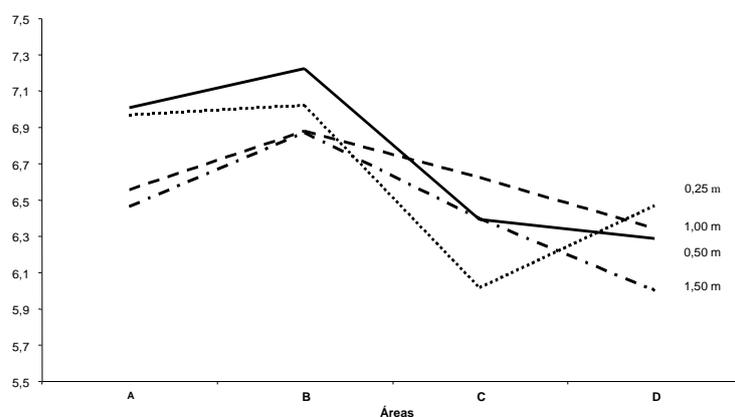


FIGURA 05 - Valores médios do pH, nas áreas externas em quatro profundidades no solo.

6 CONCLUSÕES

Em todas as áreas internas, onde há aplicação de efluente fica evidente que há uma maior concentração de íons nestas camadas o que nos permite concluir que o efluente deposita no solo grande quantidade de material orgânico, obtendo-se altos valores da condutividade elétrica na solução do solo, quando comparados com os valores medidos nos pontos externos a esta área de aplicação. Com base nos resultados, pode-se concluir que a aplicação do efluente industrial contribui para a elevação do pH do solo, reduzindo a acidez do mesmo. De acordo com os valores de pH obtidos no presente trabalho, principalmente nas camadas mais superficiais do solo, comprovamos a influência da aplicação do efluente. Esta aplicação também contribui de maneira evidente para a elevação dos teores de cálcio e magnésio, nas parcelas internas onde está havendo aplicação de efluente via irrigação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAMARGO, A.O. et al. Alterações de características químicas de um latossolo roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareira. *Bragantia*, v.43, n. 1, p. 125 - 39, 1984.
- CAMBUIM, F.A., CORDEIRO, D.A. Ação da vinhaça sobre o pH, acidez total, acumulação e lixiviação de nutrientes, em solos arenosos. *STAB*, v.4, n.4, p. 27-33, 1986.
- CAMINHA JÚNIOR I.C. *Efeito da disposição de efluente agro-industrial em áreas agrícolas sobre a resistividade do solo*. Botucatu, 1998. 107p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP).
- CRUZ, R. L. *Efeito da aplicação de vinhaça sobre o solo e água subterrânea – SP*. 1991, 121p. Tese (Doutorado em Hidráulica – Escola de Engenharia de São Carlos, USP).
- FERREIRA, E. S., MONTEIRO, A. O efeito da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. *Bol. Téc. Copersucar*, v. 36, p. 3-52, 1986.

- GLÓRIA, N. A., SANTA ANA, A. G., BIAGI, E. Composição dos resíduos da usina de açúcar e destilarias. *Bras. Açucareiro*, v. 81, n. 6, p. 78-87, 1973.
- LUNDININ, L. J., PAGE, A.L., NELSON, C. O. Nitrogen and phosphorus levels in soil beneath sewage disposal ponds. *J. Environ Qual.* v.1, p. 26-30, 1976.
- ORLANDO FILHO, J.; GLÓRIA, N. A. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. *Álcool e Açúcar*, v. 4, n. 5, p. 22-7, 1983.
- OTOMA, S., KUMOI, T. Model simulation of solute leaching and its application for estimating the net rate of nitrate formation under field conditions. *J. Hydrol (Amst.)*, v.82, p. 193-209, 1985.
- ROSALES, M.A., OLIVEIRA, O. S., MOURA, M.^a, LOURDES, E.G. Influência das adubações orgânica e mineral contínuas sobre as características das frações das substâncias húmicas do solo. *Revista Ceres*, v.46, n. 263, p. 67-81, 1999.
- STARR, J.L., BROADBENT, F.E., NIELSEN, D.R. Nitrogen transformations during continuous leaching. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* v. 38, p. 283- 9, 1974.
- ZANINI, J. R. Distribuição do íon K⁺ no solo aplicado por fertirrigação em gotejamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA , 20, 1991, Londrina-PR. *Anais...* Londrina. SBEA, 1991. p. 713.