



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

I SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

TEMA: Qualidade da água

EFEITO SANITÁRIO DA FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA NA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum spp.*).

DIRCEU BRASIL VIEIRA

Engenheiro Agrônomo, Professor Livre Docente e Chefe do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, Limeira, Estado de São Paulo, Brasil.

#### RESUMO

A vinhaça é um efluente da destilaria de álcool a partir da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), produzida na proporção de 13 a 16 litros por litro de álcool. Com o grande incremento na produção de álcool no Brasil, em virtude do Programa Nacional do Álcool - PROALCOOL, através do qual este combustível foi escolhido como a fonte alternativa do petróleo, os volumes produzidos de vinhaça nas destilarias antigas e nas novas vem se tornando um grave problema devido suas características altamente poluentes e corrosivas. A sua aplicação na própria lavoura canavieira vem sendo a forma mais econômica e eficaz para a eliminação desse efluente industrial, devido a sua riqueza de nutrientes, particularmente potássio e matéria orgânica.

Nesta pesquisa, conduzida na Usina Iracema, pertencente a Companhia Industrial e Agrícola Ometto localizada no município de Iracemópolis no Estado de São Paulo, procurou-se detectar a influência desse líquido na água retida no solo até 2 metros de profundidade. A variedade de cana-de-açúcar na área experimental foi a CB-4176, terceira e quarta soca, sendo a pesquisa abrangente às safras de 1981/82 e 1982/83. A fertirrigação foi fixada em função da capacidade de retenção de água pelo solo, sendo empregado o método de irrigação por aspersão com o emprego de canhão-hidráulico, cujo equipamento denomina-se montagem direta. A vinhaça foi aplicada diluída com águas residuárias do processo industrial na proporção de uma parte de vinhaça para 6 de água. Nove estações, cada uma com quatro sondas de 50, 100, 150 e 200cm de profundidade, propiciaram a retirada da água retida no solo nessas profundidades por sucção. O experimento constou de tres tratamentos: Dose Completa, Meia Dose e Dose Nula, cada qual com tres sondas, sendo respectivamente 100% de fertirrigação, 50% de fertirrigação e sem fertirrigação. A sucção da água do solo foi feita aplicando-se vácuo por meio de uma bomba manual sendo o líquido retirado conduzido em laboratório onde foram determinados: pH, sólidos solúveis, teor de sílica, dureza, fosfato e DQO.

Os resultados, sob as condições da experiência, indicaram que a fertirrigação com vinhaça diluída na base de 1:6, aplicada de acordo com a capacidade de retenção do solo, não causa nenhum problema de poluição a água retida no solo.



## 1. INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) desde os tempos coloniais está intimamente ligada com a atividade econômica e social do País. Com a implantação do Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), consequência da escolha desse combustível como fonte alternativa do petróleo, houve grande incremento de áreas de cultivo de cana-de-açúcar nas zonas canavieiras tradicionais, bem como a introdução da cultura em novas regiões. A vinhaça é o principal resíduo da destilaria de álcool, sendo produzida na proporção de 13 a 15 litros por litro de álcool destilado. Como se trata de um líquido altamente poluente e corrosivo, que deixa da destilaria com uma temperatura de aproximadamente 80°C os problemas do seu transporte e destinação final são de difícil solução. A vinhaça, porém, é muito rica em potássio e matéria orgânica, sendo sua aplicação na lavoura muito benéfica ALMEIDA (1952). Atualmente, a maioria das destilarias aplicam o líquido na própria lavoura canavieira com excelentes resultados como acentuam LORENZETTI et Al 1978 e também MAGRO 1978. Entre os métodos de aplicação do líquido na lavoura o mais eficiente, como afirmam LEME, ROSENFELD e BAPTISTELLA 1979, é a aspersão utilizando conjuntos de montagem direta, constituídos de conjunto motor bomba e canhão hidráulico. O citado aparelho capta a vinhaça diluída na proporção de 1:3 a 1:6 de canais e asperge sobre a lavoura.

As destilarias em geral vem aplicando vinhaça no solo usando o critério de 200 kg de K<sub>2</sub>O/Ha, sem levar em consideração a capacidade de retenção de água pelo próprio solo. O objetivo do presente trabalho foi o de verificar, através da retirada da água do sub-solo até uma profundidade de 2,0 metros, se a aplicação da vinhaça na lavoura canavieira causa alterações na qualidade dessa água que possam induzir riscos de poluição.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi conduzido numa área normal de cultivo de cana-de-açúcar, pertencente a Usina Iracema - Companhia Industrial e Agrícola Ometto, localizada no município de Iracemápolis, estado de São Paulo, Brasil. A variedade de cana-de-açúcar é a CB-4176 de média precocidade, cultivada em 39% da área canavieira do Estado de São Paulo. Na safra 81/82 (julho de 81 a maio de 82) a cultura foi de terceira soca, sendo feito o quarto corte em 1982 e na safra 82/83 (julho de 82 a abril de 83) a quarta safra.

### 2.1. Natureza do Solo

O solo da área experimental é pertencendo ao grande grupo Latossolo Roxo, tendo como característica: grande profundidade, argilosos, bem drenados, coloração arroxiada, sendo desenvolvidas sobre diabásio: A tabela 1 apresenta os valores de umidade do solo no perfil 0 - 50cm após serem submetidas a diferentes tensões: com estes valores obteve-se a:

Tensão (bares)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,0	2,0	3,0	5,0	7,0	10	15
Umidade (%)	30,2	24,4	23,6	22,7	21,6	21,0	18,5	19,7	18,9	20,3	17,9	18,3

Tabela 1. Teor de umidade do solo em porcentagem em relação ao peso seco sob diferentes tensões na profundidade de 0 - 50cm.

Curva característica da água do solo apresentada na figura 2. Os valores de retenção de água estão na tabela 2, sendo que a reserva de umidade no solo entre aplicação foi fixado em 9,0mm, e a lâmina bruta de irrigação adotando eficiência de rega de 60%.

Profundi- dade (cm)	Peso Es- pecífico Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Capacida- de de cam- po (%)	Ponto de Murcha - mento (%)	Água Dis- poní- vel (mm)	Reserva de Umí- dade - (m)	Lâmina Líquida no solo (mm)	Lâmina Bruta de Irrigação (mm)
0,50	1,24	23,8	18,1	36	9,0	27,0	45,0

Tabela 2. Valores de retenção de água no solo e lâmina de irrigação.

## 2.2. Dados da Cultura

A variedade de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) cultivada na área experimen-  
tal foi a CB-4176 de média precocidade, que é cultivada em aproximadamente 40%  
dos canaviais do Estado de São Paulo. A cultura em questão é de soqueira, tendo  
-se realizado em 1982 e 1983 terceiro e quarto corte, respectivamente.

## 2.3. Sistema de Irrigação

O sistema de irrigação é utilizado e o aspersão do tipo montagem direta, que  
capta o líquido de canais apropriados e o asperge sobre a área em pontos deter-  
minados. O equipamento de aspersão montagem direta é constituído de um motor  
diesel de 100 C.V., bomba centrífuga e um aspersor tipo canhão hidráulico, sen-  
do tudo montado sobre um chassi com rodas. O aparelho dispõe de um mangote de  
sucção, que capta o líquido canal. A pressão de serviço é de 7,0 kg/cm<sup>2</sup>, propor-  
cionando um bocal do aspersor de 42,0mm, vazão de 150m<sup>3</sup>/h e um raio de alcance  
de 70,0 metros. O espaçamento entre canais e posições é de 100 metros, propor-  
cionando uma intensidade de chuva de 150mm/hora, operando portanto 3 horas / po-  
sição para aplicar a lâmina bruta necessária, isto é 45,0mm.

## 2.4. Líquido Aplicado

O líquido aplicado foi uma mistura de vinhaça e demais águas residuárias da  
destilaria, denominadas de águas amoniacais, na proporção de 1:6.

A tabela 3 apresenta algumas características químicas de cada componente e  
da mistura aplicada.

Líquido	Sólidos Dissol. (ppm)	D.Q.O. (mg/l)	Sílica (ppm)	Fosfato (ppm)	Potássio Kg/m <sup>3</sup>	Teste Alfa Naftol	Dureza (ppm)	pH
Vinhaça	945	20000	72,9	49,4	2,94	Posit.	0	4,10
Água Amoni- acal	385	1300	33,9	5,3	0,06	Posit.	156	6,15
Diluição 1 : 6	490	2800	47,5	6,6	0,60	Posit.	0	4,55

Tabela 3 - Composição química da vinhaça pura, da água amoniacal e da mistu-  
ra.

## 2.5. Controle das Aplicações

As aplicações do líquido de irrigação foi feita mediante controle do teor de  
umidade do solo, através da retirada de amostras de solo semanalmente e poste-  
rior determinação da umidade pelo método gravimétrico. Sempre que, o déficit hi

drico se aproximava de 27,0mm, era feita a irrigação. A precipitação pluviométrica era medida em pluviômetro tipo Ville de Paris, localizado nas proximidades do local. Foram feitas três aplicações na safra 81/82 e cinco na 82/83.

## 2.6. Retirada e Análise da Água do Solo

Para retirada da água retida no solo para posterior análise química, foram utilizadas sondas nas quais era aplicado vácuo. As sondas foram com tubos de PVC de 12,5mm de diâmetro, tendo comprimento de 50; 100; 150 e 200cm; tendo em uma das pontas uma sonda de porcelana porosa. A ponta porosa, do tipo empregada em tensiômetros era colocada no tubo, ficando o conjunto bem alinhado. Na outra extremidade da sonda, colocou-se uma rolha de borracha com um furo no meio, por onde passava um micro tubo de "nylon" de 1,0mm de diâmetro e 10cm de comprimento. A figura 2 apresenta um esquema da sonda utilizada. O vácuo em cada sonda era obtido com o auxílio de uma bomba manual, que propiciava uma sucção de 0,75 bares. Após a obtenção do vácuo cada sonda era fechada hermeticamente, o que propiciava a sucção da água retida no solo para o seu interior, através da ponta porosa. Decorridos pelo menos sete dias após a formação do vácuo, a água era retirada de cada sonda, por meio de sucção e colocada em recipiente numerados sendo então conduzida para o laboratório para posterior análise. As análises químicas das águas retiradas do solo foram realizadas no Laboratório de Química da Cia. Industrial e Agrícola Ometto, sendo determinados: pH, presença de açúcar (teste alfa naftol), sólidos dissolvidos, sílica, fósforo, dureza e DQO, na safra 81/82, e mais cloreto e potássio na safra 82/83.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados das análises da água retirada do sub-solo nas safras 81/82 e 82/83, respectivamente. Tais valores representam a média de análises das águas retiradas nas quatro profundidades. O pH manteve praticamente constante nos três tratamentos e em ambas as safras, apresentando valor médio de 6,6. As águas subterrâneas tem pH variando de 5,5 a pouco mais de 8,0, por outro lado a vinhaça diluída tem pH igual a 4,6. Apesar de se tratar de um líquido, sua decomposição no solo pela ação dos microrganismos, promove sua alcalinização, o que beneficia a lavoura, visto a maioria dos solos do Estado de São Paulo, serem medianamente ácidos a ácidos. A variação do pH entre os tratamentos foi muito pequena, indicando que a aplicação da vinhaça não alterou as condições da água do sub-solo. Por outro lado, como o pH nunca esteve abaixo de 4,5, indicação de contaminação por resíduos industriais, não houve efeito da vinhaça na qualidade da água do sub-solo.

Os testes de alfa-naftol detecta a presença de açúcares no líquido, quando seu resultado é positivo há resíduos de açúcar. A vinhaça diluída apresenta resultado do teste alfa-naftol positivo, indicando a presença de açúcares, porém a água retirada do solo nos três tratamentos e nas duas safras sempre apresentou resultado negativo, isto é ausência de açúcar. Isso também é devido a ação da microflora, que alimentam-se desses açúcares. Os resultados das análises dos teores de sílica indicam que em dezembro há um aumento nos valores, o que provavelmente é devido a maior precipitação pluviométrica nessa época do ano. Esse comportamento foi idêntico nas duas safras, não havendo variação pronunciada entre os tratamentos.

Os resultados de dureza da água demonstrou acentuada diferença entre os tratamentos, sendo maiores os valores no tratamento dose completa. Tal comportamento foi idêntico em ambas as safras, evidenciando uma influência da aplicação da vinhaça. A água do solo com dureza de 50ppm é considerada potável; de 50 a 150 ppm não objetável para a maioria dos usos, inclusive doméstico. Os resultados evidenciam que embora tenha havido uma diferença entre os tratamentos Dose

Data	Trat.	pH	Teste Al fa · Naf tol	Sólido Dissolvi do	Silica ppm	Fosfato ppm	Dureza ppm	DQO mg/ℓ
15-08	DC	6,6	ND	168	10,5	1,2	ND	ND
	MD	6,7	ND	15	17,2	1,4	43,6	80
	DN	5,8	ND	140	43,4	1,1	38,8	ND
10-09	DC	6,6	ND	381	6,1	1,2	56,0	800
	MD	6,9	ND	181	12,3	1,2	54,4	3600
	DN	7,2	ND	159	9,2	1,2	40,0	4130
25-09	DC	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	MD	6,8	ND	229	10,2	3,2	62,7	100
	DN	7,1	ND	84	13,3	1,8	ND	1400
15-01	DC	6,7	ND	393	5,4	0,0	78,4	2400
	MD	6,5	Neg.	105	4,1	0,0	41,1	2000
	DN	6,6	Neg.	109	2,5	0,0	52,0	3840
01-12	DC	6,4	Neg.	93	2,8	0,0	100,0	1466
	MD	6,9	Neg.	33	4,4	1,3	60,0	800
	DN	6,6	Neg.	26	5,2	0,0	40,0	1333
05-12	DC	6,5	Neg.	339	9,1	0,0	94,4	1200
	MD	6,3	Neg.	98	10,5	0,0	36,0	2000
	DN	6,9	Neg.	137	9,2	0,0	92,0	200
07-12	DC	6,9	Neg.	294	6,2	0,0	116,0	600
	MD	6,6	Neg.	102	9,1	0,0	44,0	1100
	DN	6,9	Neg.	ND	10,5	0,0	ND	1600
16-12	DC	6,7	Neg.	27	7,7	0,2	132,0	480
	MD	6,6	Neg.	33	26,9	0,6	109,6	400
	DN	6,5	Neg.	30	13,5	0,0	67,0	575
10-01	DC	6,9	Neg.	252	4,0	0,0	70,0	2400
	MD	6,9	Neg.	128	4,1	0,0	132,0	1171
	DN	6,2	Neg.	101	5,8	0,0	ND	3600
11-02	DC	6,5	Neg.	36	ND	ND	86,6	73
	MD	6,4	Neg.	27	ND	ND	77,3	30
	DN	6,1	Neg.	32	ND	ND	51,0	35
21-03	DC	6,5	Neg.	100	4,0	0,0	92,0	80
	MD	6,4	Neg.	67	4,7	1,1	64,2	106
	DN	6,4	Neg.	35	3,1	0,0	52,0	45
12-04	DC	6,5	Neg.	263	2,7	0,2	66,0	50
	MD	6,6	Neg.	97	4,7	0,1	33,0	24
	DN	6,3	Neg.	91	5,8	0,6	34,0	25
13-05	DC	6,5	ND	ND	2,8	0,0	16,8	300
	MD	6,6	ND	ND	1,8	0,0	44,5	325
	DN	6,7	ND	ND	0,0	0,0	79,0	ND

Tabela 4. Valores médios das análises de água do solo safra 81/82.

Data	Trat.	pH	Teste Alfa Naftol	Sólido Dissolvido	Silica ppm	Fosfato ppm	Dureza ppm	DQO mg/l	Cloreto ppm	Potássio kg/m <sup>3</sup>
20-08	DC	6,9	Neg.	357	4,5	0,7	60	163	142,1	0,06
	MD	6,7	Neg.	128	6,2	0,3	26	94	41,2	0,03
	DN	6,8	Neg.	172	4,4	0,2	31	43	69,8	0,03
29-08	DC	6,8	Neg.	468	6,1	2,8	ND	63	259,6	0,02
	MD	6,9	Neg.	184	6,7	3,3	ND	67	49,7	0,02
	DN	7,2	Neg.	210	6,8	2,5	ND	60	ND	0,00
06-09	DC	6,9	Neg.	441	6,5	1,7	140	75	272,6	0,00
	MD	6,9	Neg.	121	6,7	2,5	24	43	36,9	0,00
	DN	6,9	Neg.	112	5,3	2,5	18	20	22,7	ND
01-10	DC	6,8	ND	233	4,9	0,8	ND	ND	ND	ND
	MD	6,8	ND	112	4,9	0,0	ND	ND	ND	ND
	DN	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26-11	DC	6,8	ND	422	7,1	0,0	152	100	23,2	0,00
	MD	6,2	ND	102	4,4	1,6	16	43	27,7	0,04
	DN	6,7	ND	107	8,2	0,8	16	63	19,9	0,00
02-12	DC	6,6	ND	359	10,2	0,0	ND	ND	ND	0,10
	MD	6,1	ND	175	6,9	0,0	ND	ND	ND	0,06
	DN	6,6	ND	70	8,3	0,0	ND	ND	ND	0,06
16-12	DC	7,0	Neg.	438	10,0	0,0	ND	250	152,7	0,12
	MD	6,2	Neg.	132	9,3	0,0	38	118	39,3	0,12
	DN	6,4	Neg.	112	9,0	0,0	18	115	43,3	0,13
08-01	DC	6,4	Neg.	492	0,4	0,0	60	55	69,6	0,10
	MD	6,2	Neg.	164	0,7	0,0	36	40	33,4	0,09
	DN	6,6	Neg.	156	0,9	0,0	24	30	18,5	0,10
04-02	DC	6,4	Neg.	ND	4,5	0,0	ND	50	ND	0,8
	MD	6,1	Neg.	42	4,4	0,0	34	22	ND	0,2
	DN	6,4	Neg.	47	5,1	0,0		65	ND	0,0
28-02	DC	6,0	Neg.	310	1,1	0,0	83	37	ND	0,0
	MD	5,9	Neg.	152	3,2	0,0	67	8	ND	0,0
	DN	5,9	Neg.	143	5,4	0,0	43	3	ND	0,0
04-05	DC	6,4	Neg.	170	10,6	0,4	ND	294	ND	ND
	MD	6,4	Neg.	112	4,3	0,2	52	243	ND	ND
	DN	6,1	Neg.	96	4,9	0,4	40	137	ND	ND

Tabela 5. Valores médios das análises de água do solo safra 82/83.

Completa e os demais, tal diferença foi provavelmente devida a fertirrigação, porém não chegaria a atingir níveis que tornam o líquido impróprio ao consumo humano. Os valores de DQO na safra 81/82 variaram muito aleatoriamente, não sendo detectado o motivo dessa variação, provavelmente isso foi devido a falhas de laboratório. Na safra 82/83 nota-se que há uma redução no valor de DQO após a última fertirrigação, havendo porém um pico em dezembro nos três tratamentos, sendo que no tratamento Dose Completa os valores foram maiores indicando influência da fertirrigação.

O teor de sólidos dissolvidos manteve homogêneo durante o experimento em ambas as safras. No tratamento Dose Completa os valores obtidos foram bem maiores, evidenciando a influência da fertirrigação, não atingindo porém o índice de 500 ppm, limite para a água subterrânea ser considerada inconveniente, sob o ponto de vista sanitário. No que concerne o teor de fosfato, não há uma variação substancial entre os tratamentos, observando-se que em todos os tratamentos ocorre maior teor no início da safra, devido provavelmente a diluição dos adubos químicos aplicados na adubação da cultura. Nota-se a seguir uma redução dos teores de fosfato em todos os tratamentos, porém mais energética na Dose Completa, isto provavelmente devido a maior absorção dos nutrientes pelas plantas, em virtude da umidade gerada pela fertirrigação.

O teor de cloreto determinado apenas na safra 82/83 foi superior no tratamento Dose Completa, sendo semelhantes nos tratamentos Meia Dose e Dose Nula. Teor de Cloreto inferior a 150 ppm na água não apresenta problemas ao consumo humano, acima de 250 ppm é objetável e de 350 ppm é contra indicada para a irrigação e usos industriais. Embora durante o ensaio, não se tenha obtido resultados desse limite, pois o pico máximo foi de 320 ppm, houve uma sensível influência do efluente aplicado. Todavia, após a interrupção da fertirrigação e a ocorrência de chuvas, houve uma redução sensível desse teor, ocorrendo uma recuperação das características da água do sub-solo. O teor de Potássio obtido nas análises mostra não só pequena diferença entre os tratamentos, como também a pouca variação dos dados ao longo da safra. Ao que parece o potássio oriundo da fertirrigação foi aproveitado pelas plantas, daí indiferença entre os três tratamentos.

Portanto, as diferenças entre os tratamentos devido a fertirrigação com vinhaça diluída na proporção 1:6, foram notadas em: dureza, sólidos solúveis, DQO, cloreto e potássio. Todavia, tal diferença embora indique influência da aplicação da vinhaça na qualidade da água do solo retida até 2,0mm de profundidade, não é um indicativo da poluição dessas águas, pois os níveis atingidos não são indicativos de contaminação.

#### 4. CONCLUSÃO

Pelos resultados das análises das águas retiradas do solo até 2,0mm de profundidade e nas condições da experiência observa-se que a fertirrigação com vinhaça diluída com águas amoniacais na proporção de 1:6, realizada com equipamento de irrigação por aspersão tipo montagem direta e de acordo com a capacidade de retenção de água pelo solo, não causa alterações químicas da água subterrânea, que possam comprometer sua qualidade.

#### 5. LITERATURA

- 5.1. ALMEIDA, J.R. - O Problema da vinhaça em São Paulo. Boletim do Instituto Zimotécnico, Piracicaba, SP, nº 3, 1952.
- 5.2. LEME, E.J.A.; ROSENFELD, U; e BAPTISTELLA, J.R. - Aplicação da Vinhaça em Cana-de-Açúcar por Aspersão. Boletim Técnico. PLANALSUCAR Série B, Piracicaba, SP, 1 (4): 3-42. 1979.

- 5.3. NIAGRO, J.A. - Uso da Vinhaça em Cana-de-Açúcar na Usina de Pedra, Serana. Brasil Açucareiro ( ): 40-47, 1978.
- 5.4. LORENZETTI, J.M. e FREITAS, P.G. - Aplicação da Vinhaça por Aspersão. Brasil Açucareiro ( ): 16-22, 1978.
- 5.5. LIMA, Y.A. - Possibilidades de reaproveitamento econômico de vários tipos de resíduos. Simpósio sobre Resíduos da Industrialização da Cana-de-Açúcar, Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB), São Paulo, 1969.
- 5.6. VIEIRA, D.B. - Através da Irrigação Sistemática a Cana-de-Açúcar atinge altos níveis de rendimento. Revista da Mecanização Rural, I(4) : 15-20, 1981. São Paulo - SP.

