

Impacto da aplicação de efluente maturado de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo

Frederico Fonseca da Silva*, Paulo Sérgio Lourenço Freitas, Altair Bertonha, Antônio Saraiva Muniz e Roberto Rezende

Departamento Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: deguste@uol.com.br

RESUMO. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da cultura do sorgo submetida a doses de efluente maturado de fecularia de mandioca. Realizou-se o presente trabalho no Centro Técnico de Irrigação da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. As amostras do efluente maturado foram coletadas na última lagoa, a uma profundidade não superior a 0,50m. Utilizaram-se lisímetros de 1,0m³ de volume e 2,0m² de área, aplicados em uma cultura de sorgo. O experimento constou de três tratamentos, em seis repetições, utilizando o delineamento blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram na aplicação das doses: 150, 450 e 900m³ ha⁻¹ por ano de efluente maturado. O efluente maturado de fecularia de mandioca supriu as necessidades nutricionais exigidas pelo sorgo para o seu pleno desenvolvimento e produção de massa verde (ou massa seca), com resposta positiva em crescimento até a dose máxima adicionada de 450m³ ha⁻¹ e com exceção para a variável folhas senescentes, cujo elemento, quando analisado em comparação com os demais, apresentou correlação negativa. Houve um efeito fertilizante do efluente, avaliado pelo crescimento da cultura do sorgo em relação aos macronutrientes pelo aumento do potássio.

Palavras-chave: efluente de fecularia, cultura dos sorgo, fertirrigação.

ABSTRACT. Application impact of matured effluent of cassava industry on soil and sorghum culture (*Sorghum bicolor*). The aim of this experiment was to evaluate the behavior of sorghum culture submitted to portions of matured effluent of cassava industry. Thus, this study was carried out at *Centro Técnico de Irrigação* (Technical Irrigation Center) of *Universidade Estadual de Maringá* (State University of Maringá), state of Paraná, Brazil. Matured effluent samples were collected from a lagoon, whose depth was not up to 0.50m. Lysimeters of 1.0m³ volume and 2.0m² area were applied to a sorghum culture. The utilized experimental design was composed of blocks at random in three treatments and six replications. The treatments were consisted of an application of: 150, 450 and 900m³ ha⁻¹ portions per year of mature effluent. The mature effluent from cassava industry supplied the nutritional necessities, which were required by sorghum for its entire development and production of green matter (or dry matter). A positive reply in growth, considering the entire process, in which the maximum portion added to sorghum culture was 450m³ ha⁻¹, was verified. Otherwise, the elements of variable senescent leaves showed a negative correlation compared to others. A fertilizing effect of effluent was verified and analyzed according to the growth of the sorghum culture in relation to the macronutrients by potassium increase.

Key words: effluent of cassava industry, sorghum culture, fertirrigation.

Introdução

A região Noroeste do Estado do Paraná identifica-se como importante área de criação de gado (leite/corte). Tal atividade rural convive harmoniosamente com a lavoura de mandioca (ambas situadas em solos com característica de textura, predominantemente, média a arenosa, com as suas peculiaridades quanto ao conhecido déficit de nutrientes e de matéria orgânica e, principalmente, capacidade de armazenamento de água). Vislumbra-se a real possibilidade de se utilizar o efluente líquido de fecularia de raiz de mandioca como fonte suplementar

de fertirrigação para áreas de pasto e/ou capineiras, visando uma maior produção e oferta de massa verde para os animais.

A idéia de se utilizar efluente industrial como fonte complementar de água e nutrientes para a fertirrigação, assim como o estudo de alternativas de aproveitamento de nutrientes oriundos de efluentes, não é recente. Segundo Imhoff e Imhoff (1986), publicou-se pela primeira vez, em 1906, um livro com o propósito de fornecer dados sumários para serem utilizados por engenheiros, destinados à técnica de coleta e tratamento dos esgotos de um território

industrial densamente povoado.

Dentre as diversas espécies de gramíneas que são utilizadas para a ensilagem, o milho e o sorgo são as que melhor se adaptam a tal finalidade. Isso se deve à facilidade de cultivo, altos rendimentos de massa verde e grãos e, especialmente, à qualidade da silagem produzida, sem necessidade de qualquer aditivo químico ou biológico (Miranda e Pereira, 2003).

Segundo Giorda e Feresin (2002), em escala mundial, atualmente se produz aproximadamente 65 milhões de toneladas de grãos de sorgo provenientes de 46 milhões de hectares cultivadas, constituindo a dieta principal de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países.

Apesar de todas as adversidades e falta de incentivo à cultura do sorgo, na safra 98/99 o Brasil plantou, segundo Mezzena (2003), 712 mil ha e colheu 1 milhão de toneladas (desse total, o sorgo granífero representava 558 mil ha e o sorgo forrageiro, 154 mil ha), sendo o Estado de Goiás atualmente o maior plantador de sorgo granífero, seguido por São Paulo e Mato Grosso do Sul. O Brasil, apesar de todos os fatores, pode ser ainda apontado entre os dez maiores produtores mundiais.

O Estado do Paraná caracteriza-se por ser um dos maiores produtores de raiz de mandioca do país, colhendo no ano safra de 2000/2001 a quantidade recorde de 4.437.000 t. e ocupando no ranking brasileiro, nessa safra, a primeira posição. Dentro desse contexto, é o estado que alcança a segunda maior produtividade nessa cultura (21.129kg ha^{-1}), ficando atrás apenas do estado de São Paulo, que obteve uma produtividade de 23.478kg ha^{-1} , mas ocupando a 8ª posição em produção de raiz (Groxko, 2001).

Ainda segundo Groxko (2001), no Estado do Paraná a produção de mandioca está concentrada nas regiões Noroeste, Centro Oeste e Oeste. Esta última, apesar de mais recente, é a mais expressiva em termos de produtividade, alcançando acima de 25.000kg ha^{-1} de raiz de mandioca de um ciclo. As produções regionais nos municípios de Paranavaí, Umuarama, Campo Mourão, Cianorte e Toledo, Estado do Paraná, respondem por cerca de 65% da produção estadual de raiz mandioca.

É o Estado que também possui o maior e o mais moderno parque feculeiro do país, com 41 indústrias implantadas e em funcionamento e com uma capacidade industrial instalada de produção de $577.640\text{ t. ano}^{-1}$, produzindo no ano safra de 2000/2001, 396.270 t. de fécula de mandioca (Abam, 2001), o que corresponde a 68,6% da capacidade máxima instalada.

Segundo dados técnicos industriais, uma fecularia que processe 200 toneladas por dia de raiz de mandioca produz, em média, $40\text{m}^3\text{ h}^{-1}$ de efluente, durante 12h de funcionamento, tempo médio

necessário para beneficiar essa quantidade de raiz, ou seja $480\text{m}^3\text{ d}^{-1}$ ($2,4\text{m}^3$ de efluente por tonelada de raiz processada).

Nessa ordem, produziu-se no Paraná, durante a safra de 2000/2001, algo em torno de $10.648.800\text{m}^3$ de efluente.

Rodrigues (2001), estudando águas residuárias de laticínios e frigoríficos, evidenciou que as mesmas são fontes de matéria orgânica e nutrientes minerais e podem contribuir para o aumento na produção de alimentos e na melhoria da qualidade ambiental, quando aplicadas ao solo de forma correta.

Da mesma forma, Juchem (2000), também utilizando águas residuárias de laticínios e frigoríficos em fertirrigação, concluiu que o seu uso pode substituir perfeitamente as adubações químicas nitrogenadas.

Sediyama *et al.* (1995) descrevendo sobre esterco animal, compostos orgânicos e águas residuárias de agroindústrias, afirmaram que o adubo é prática agrônômica viável, pois, além das vantagens proporcionadas à exploração agrícola, ela minimiza o descarte nos cursos de água.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da cultura do sorgo submetida a diferentes doses de efluente maturado de fecularia de mandioca e seus efeitos nas características do solo e percolado do efluente.

Material e métodos

O experimento foi conduzido na área experimental de irrigação do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, no município de Maringá, Estado do Paraná, localizada geograficamente: a latitude de $23^{\circ}25'$ S e a longitude $51^{\circ}57'$ W, com altitude média de 542m. O trabalho foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2002.

Solo

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico, representativo da região noroeste do Paraná, oriundo de uma área do município de Cianorte, Estado do Paraná; coletado na camada de 0 a 40cm, de uma única área, contínua e uniforme, já cultivado e explorado por gramínea e não havia recebido qualquer tipo de adubação e/ou correção nos últimos cinco anos.

Características físico-químicas do solo

A caracterização física e química do solo abrangeu análise granulométrica (Tabela 1), curva de retenção de água no solo (Figura 1), análise de fertilidade (acidez, carbono e macronutrientes) e análise de micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn). Com

exceção da curva de retenção de água do solo, cuja análise foi feita na Universidade Federal de Viçosa, Estado de Minas Gerais, as demais análises foram feitas no laboratório de fertilidade de solo, do Departamento de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA), da Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná.

Tabela 1. Granulometria do solo.

Lisímetro	g kg ⁻¹		
	areia	silte	argila
01	830	10	160
02	840	10	150
03	830	10	160
04	830	10	160
05	840	10	150
06	840	10	150
Média	840	10	160

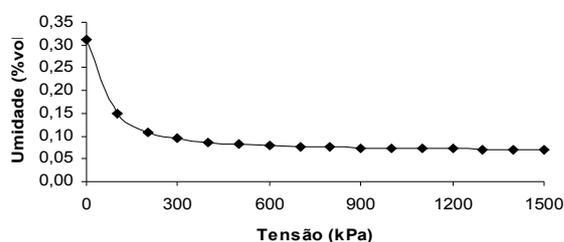


Figura 1. Curva de retenção de água no solo utilizado.

Na Tabela 2 estão apresentadas a análise química (pH, acidez e macronutrientes) do solo utilizado para estudo, com seis repetições e suas respectivas médias.

Na Tabela 3 está apresentado o teor médio de micronutrientes no solo utilizado para estudo, extraído por Mehlich 1, após agitação de 5 minutos e repouso de 16h, segundo Embrapa (1997).

Tabela 2. Análise química do solo antes de iniciar os tratamentos.

Lisímetro	pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	P	C
01	5,1	0,2	4,0	1,48	1,05	0,39	2	3,41
02	5,2	0,2	3,9	1,47	1,07	0,43	2	3,35
03	5,1	0,2	4,1	1,50	1,09	0,47	2	3,38
04	5,2	0,2	4,0	1,43	1,05	0,45	2	3,43
05	5,2	0,2	4,0	1,45	1,06	0,40	2	3,40
06	5,2	0,2	3,8	1,43	1,10	0,44	2	3,37
Média	5,2	0,20	3,97	1,46	1,07	0,43	2	3,39

Tabela 3. Teor de micronutrientes no solo, antes de iniciar os tratamentos.

Lisímetro	mg dm ³			
	Fe	Zn	Cu	Mn
01	352,20	2,08	2,95	50,14
02	349,60	2,12	2,90	48,92
03	339,50	1,96	3,11	47,53
04	337,93	1,85	3,04	51,49
05	347,18	2,05	3,06	50,05
06	353,25	2,12	3,00	46,41
Média	346,61	2,03	3,01	49,09

Efluente

Foi utilizado efluente maturado de uma fecularia de raiz de mandioca localizada no município de Cianorte, Estado do Paraná, com intervalo inferior a 6 horas entre a coleta e entrada no laboratório.

As amostras do efluente maturado, coletou-se na última lagoa, à uma profundidade não superior a 0,50m.

As referidas análises foram realizadas nos laboratórios de fertilidade de solo da UEM (campus Maringá). A metodologia de coleta foi a adotada pela Cetesb que tem como referencial, segundo Vieira Neto (1994), o *Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*, editado pela Apha (American Public Health Association), Awwa (American Water Works Association) e WPCF (Water Pollution Control Federation) (Apha, 1995).

Característica do efluente

Foram analisados no filtrado da solução: N total, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Carbono Orgânico, Condutividade elétrica, Sódio, Alumínio, pH, Cianeto, DBO, DQO, Oxigênio Dissolvido, Ferro, Zinco, Cobre e Manganês, totalizando 18 parâmetros.

Na Tabela 4 estão apresentados as características dos efluente disponibilizado para ser aplicado ao solo.

Tratamentos

O experimento constou de três tratamentos, em seis repetições, utilizando o delineamento de blocos ao acaso.

O tratamento 1 recebeu o equivalente a 150m³ ha⁻¹ por ano de efluente maturado que corresponde à quantidade máxima hoje sugerida pelo o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), e foi aplicado em uma única dose, em lâmina equivalente a 15mm, a partir do 30º dia do plantio do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*).

Tabela 4. Características do efluente de fecularia de mandioca maturado.

Parâmetros	Unidade	Efluente maturado
Nitrogênio total	mg dm ⁻³	28,8
Fósforo	mg dm ⁻³	11,0
Potássio	mg dm ⁻³	319,0
Cálcio	mg dm ⁻³	9,69
Magnésio	mg dm ⁻³	11,27
Condutividade Elétrica	dS, µ ⁻¹	0,049
Sódio	mg dm ⁻³	27,4
Alumínio	mg dm ⁻³	0,0
Carbono Orgânico	gdm ⁻³	0,074
pH		7,9
Cianeto	mg dm ⁻³	0,0
DBO	mg dm ⁻³	52,2
DQO	mg dm ⁻³	140,6
Oxigênio Dissolvido	mg dm ⁻³	4,0
Ferro	mg kg ⁻¹	0,6
Zinco	mg kg ⁻¹	0,0
Cobre	mg kg ⁻¹	0,0
Manganês	mg kg ⁻¹	0,08

O tratamento 2 recebeu o equivalente a $450\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$ por ano de efluente maturado, que foi aplicado em três vezes, em intervalos regulares, em lâminas de 15mm cada, a partir do 30º dia do plantio.

O tratamento 3 recebeu $900\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$ por ano de efluente maturado, que foi aplicado em seis vezes, em intervalos regulares, em lâminas de 15mm cada, a partir do 30º dia do plantio.

Na Tabela 5 estão apresentadas doses aplicadas do efluente maturado de fecularia de mandioca nas suas respectivas datas. Para que as parcelas dos demais tratamentos não fossem prejudicadas em receber uma quantidade hídrica menor do que a beneficiada com essas doses, esses demais tratamentos recebiam, no mesmo dia, o volume equivalente à dose em água.

Tabela 5. Datas e doses de efluente aplicadas por tratamento.

Data de aplicação	Quantidade aplicada (mm)		
	Tratamento 1	Tratamento 2	Tratamento 3
06/11/02	15,0	15,0	15,0
08/11/02	-	15,0	15,0
20/11/02	-	15,0	15,0
30/11/02	-	-	15,0
05/12/02	-	-	15,0
14/12/02	-	-	15,0
Total	15,0	45,0	90,0

Lísímetro de percolação

Utilizou-se caixa de PVC de $1,0\text{m}^3$ de volume e $2,0\text{m}^2$ de área, nos quais foram aplicadas as doses de efluente e cultivado o sorgo.

Ao redor de todas as caixas enterradas, que estão ao nível do solo, foram plantadas, também, sorgo forrageiro, de mesma espécie.

As mesmas foram enterradas, ao nível do solo, dispostas no sentido Leste - Oeste.

A disposição dos lisímetros encontra-se na Figura 2.

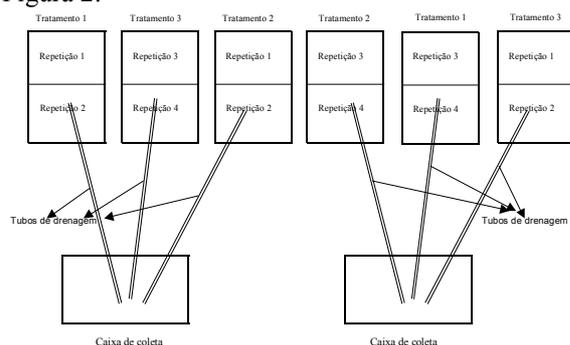


Figura 2. Disposição dos lisímetros para controle do efluente maturado aplicado a cultura do sorgo.

Condução do experimento

A semeadura do sorgo foi realizada no dia 7 de outubro e a colheita no dia 17 de dezembro de 2002, totalizando 71 dias de desenvolvimento da cultura (ou 68 dias pós germinação), estágio em que coincide

com o período de maior volume de massa verde (ponto de corte) que corresponde ao início da emissão do pendão floral (ponto de emborrachamento).

Durante o ciclo da cultura ocorreu precipitação de $549,9\text{mm}$ (Figura 3) acima da média histórica observada na região de Maringá, Estado do Paraná.

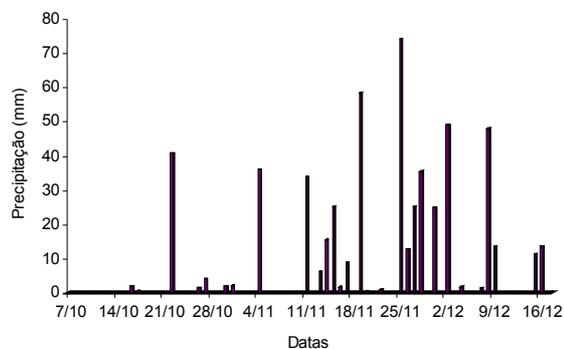


Figura 3. Precipitação ocorrida no período do experimento.

Desta forma, somando-se a precipitação total acumulada, mais a irrigação suplementar aplicada e mais as doses, seja de efluente maturado ou o seu correspondente em água para os tratamentos que não receberam mais efluente, a cultura do sorgo recebeu uma quantidade de $759,9\text{mm}$ nesse período de 71 dias para o seu crescimento, desenvolvimento e conseqüente produção.

Contudo, apesar desse volume de chuva, ainda em função da baixa capacidade de retenção de umidade do solo, necessário se fez complementar água, via irrigação, para que a cultura não sofresse déficit hídrico que viesse a comprometer o seu desenvolvimento, cuja freqüência, dias e volume são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Lâmina da água aplicada.

Data	Tempo de aplicação (h)	Pressão de serviço (MPa)	Lâmina aplicada (mm)
08/10/02	0,5	0,3	15,0
09/10/02	0,5	0,3	15,0
11/10/02	0,5	0,3	15,0
14/10/02	0,5	0,3	15,0
18/10/02	0,5	0,3	15,0
20/10/02	0,5	0,3	15,0
25/10/02	0,5	0,3	15,0
29/10/02	0,5	0,3	15,0
Total			120,0

No final do experimento foram analisadas, em separado, as parcelas do experimento, totalizando 24 observações (2 profundidades x 3 tratamentos x 4 repetições) e avaliação do impacto da aplicação do efluente (Análise Estatística).

As variáveis massa verde (MV), massa seca (MS), altura de planta (AL), número de folhas por planta (NF), número de folhas senescentes por planta (NFS) e diâmetro do colmo (DC), em função dos tratamentos, assim como as características químicas

do solo foram analisados estatisticamente, utilizando o teste de Tukey para comparações das médias, com nível de significância de 1,0%.

Resultados e discussão

As médias de matéria verde e seca, altura de planta e diâmetro do colmo estão apresentados na Tabela 7, diferiram significativamente ao nível de 1% pelo teste Tukey, entre os tratamentos. Enquanto para variáveis folhas sadias e senescentes, conforme Tabela 7, somente o tratamento 1 diferiu dos demais, com menor número de folhas, para a cultura do sorgo, o principal variável de produção é massa verde.

Tabela 7. Variáveis de produção da cultura do sorgo.

Doses (m ³ ha ⁻¹)	Variáveis s					
	MV ¹ (t ha ⁻¹)	MS ² (t ha ⁻¹)	DC ³ (cm)	AL ⁴ (cm)	NFS ⁵	NFSE ⁶
150	27,33 C	10,79 C	1,76 B	71,0 C	3,95 B	0,8 B
450	54,54 B	18,69 B	1,93 B	100,5 B	5,20 A	2,2 A
900	85,42 A	27,76 A	2,25 A	119,7 A	8,23 A	2,8 A

1- massa verde; 2 - massa seca; 3- diâmetro do Colmo; 4- altura da planta(cm); 4 número de folhas sadias; 5- -número de folhas senescentes.

Segundo Embrapa (2003), o sorgo BRS 800 apresenta, em condições normais, potencial de produção de massa seca entre 12.000kg e 15.000kg ha⁻¹, considerando 3 cortes no ponto de emborrachamento.

Observa-se que no tratamento 3, para o primeiro corte, foi obtida uma produção média de 27.765kg ha⁻¹ de massa seca.

Com base nas médias apresentadas na Tabela 7 verifica-se que a relação entre massa seca e massa verde difere entre os tratamentos. Essa relação é de 39,5%, 34,3% e 32,5%, respectivamente, para as doses de efluentes 900, 450 e 150m³ ha⁻¹, mostrando que quanto menor for o desenvolvimento da planta, vigor físico e nutricional, maior essa relação entre massa seca e massa verde, conforme pode ser ressaltado para o tratamento 1 em análise, indicando um caráter mais fibroso do material.

Sobre a relação entre produção de massa seca e de massa verde, Embrapa (2003) obteve uma função média de 15,8%; Viana *et al.* (2003) obtiveram para a cultivar de sorgo CMS 755, primeiro corte, uma relação de 43,1% e 35,9% para o segundo corte. Valores esses muito próximos do obtido para os tratamentos 1 e 2 do presente trabalho, primeiro corte.

No que se refere ao diâmetro médio da base do colmo, (Tabela 7), observa-se que a medida que se aumenta a dose de efluente, aumenta-se o diâmetro médio da base do colmo da planta de sorgo em estudo.

Quanto à altura da planta, na Tabela 7 estão apresentados os valores obtidos para as diferentes doses de efluente maturado aplicado. Embrapa (2003), trabalhando com a mesma cultivar desse experimento, obteve uma altura média de planta para

o ponto de corte verde de 130cm a 150cm, com a dose de 900m³ ha⁻¹ que apresentou melhor desempenho também nessa variável, atingiu altura média de 119,7cm.

Analisando o experimento pelo parâmetro de número de folhas senescentes por planta, na Tabela 7, pode-se observar que a medida que se aumenta a dose, diminui-se o número de folhas senescentes por planta.

A última etapa do experimento consistiu em avaliar os efeitos do efluente maturado de fecularia de mandioca utilizado para fertirrigação da cultura do sorgo, na fertilidade do solo. Na Tabela 8 estão apresentados, além dos atributos da fertilidade média inicial do solo, os valores após a colheita da cultura do sorgo.

Analisando-se o solo residual pós-colheita, no que se refere ao parâmetro pH, a camada de 0 a 20cm apresentou resultados finais com valores superiores aos da camada de 20cm a 40cm, independente da dose aplicada de efluente maturado, entretanto as diferenças são muito pequenas.

Tendo como referência o valor médio inicial do pH do solo de 5,2, observou-se que para a dose 150m³ ha⁻¹ o seu valor médio em água aumentou para 5,6 para a dose 450m³ ha⁻¹, aumentou para 5,5; e, na dose 900m³ ha⁻¹, um pH de 5,2, apresentando o mesmo valor inicialmente determinado (Tabela 8).

Tabela 8. Análise química residual do solo (pH, acidez e macronutrientes), para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40cm.

Amostra	pH	cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		g dm ⁻³
		H ₂ O	Al ⁺⁺⁺	H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	K ⁺	P	
Doses inicial m ³ ha ⁻¹	5,2	0,20	3,97	0,43	2	3,39	
150	0-20	5,6	0,13	3,5	0,19	1,88	0,19
	20-40	5,3	0,21	3,2	0,17	1,75	0,17
450	0-20	5,5	0,38	4,8	0,31	1,88	0,31
	20-40	5,3	0,48	3,7	0,16	1,09	0,16
900	0-20	5,2	0,47	5,4	0,64	1,63	0,64
	20-40	4,8	0,48	4,1	0,65	1,39	0,65

No entanto, no que se refere à acidez total, que se caracteriza pela soma dos ions livres de hidrogênio mais o Alumínio, observou-se que a acidez titulável é maior para a camada mais profunda estudada quando comparada com a camada 0cm a 20cm. Muito embora todos os valores determinados, independente da profundidade e/ou da dose aplicada, verificou-se que a acidez total aumentou quando se compara com o valor médio determinado antes da aplicação de doses de efluente maturado.

Quanto ao teor de Alumínio solúvel no solo, observou-se que os valores na camada de 0cm a 20cm foram menores do que a camada de 20cm a 40cm, independentemente do tratamento recebido. O solo que inicialmente apresentava um teor médio de 0,20, após a conclusão do trabalho apenas a dose 150m³ ha⁻¹ teve o seu valor reduzido para a camada de 0 a 20cm e manteve valor próximo para a camada de 20cm a

40cm. Para as demais doses, verificou-se um aumento do Alumínio solúvel no solo. Esse fato está coerente com as pequenas variações do pH do solo, muito embora o efluente maturado não apresente Alumínio disponível; o efluente não é fonte de Al e pequena variação de pH pode explicar o aumento do teor de Al no solo. Essa acidificação pode estar associada aos processos químicos e microbiológicos, que podem ser presumidos se considerarmos a diminuição dos teores de Carbono orgânico.

Ao se analisar o elemento Potássio, verificou-se que as doses de 150 e 450m³ ha⁻¹ apresentaram quantidades residuais desse elemento abaixo do disponível antes do início do experimento, provavelmente pela necessidade da cultura e/ou em função da sua lixiviação em virtude das intensas precipitações durante o período em estudo. Apenas para a dose 900m³ ha⁻¹ valor residual superior à quantidade inicial.

Outrossim, apenas na dose 900m³ ha⁻¹ a concentração residual desse elemento na camada de 20 a 40cm foi superior as do camada de 0 a 20cm. Usherwood (1982) afirmou que isso significa uma melhoria da fertilidade do subsolo e do ambiente radicular necessários para uma utilização apropriada da umidade do subsolo. Quanto à fonte desse elemento, verificou-se que o efluente oriundo de feccularia de mandioca apresentou elevadas quantidades de Potássio, e que os seus valores disponíveis tendem a ser os mesmos, tanto no estágio bruto como maturado, com concentrações acima de 300mg dm⁻³.

O Fósforo residual no solo após colheita da cultura do sorgo diminuiu, independentemente do tratamento, e na camada superior apresentou-se uma concentração sempre maior do que na camada inferior em estudo. Quanto ao Carbono orgânico residual do solo pôde-se observar que os seus valores foram reduzidos (ou mineralizados) em todos os tratamentos, permanecendo apenas a ordem de que a camada de 0 a 20 contém mais material orgânico do que na camada de 20 a 40cm.

Interessante notar que apesar da mineralização, a quantidade de Carbono orgânico teve pequeno aumento na medida em que se aumentou as doses de efluentes. Ou, por assim dizer, é, também, inversamente proporcional à produção de massa verde produzida pela cultura do sorgo.

Outrossim, pôde-se observar que os teores de Nitrogênio contidos nos diferentes estágios do efluente de feccularia de mandioca estavam dentro dos padrões vigentes da legislação ambiental brasileira.

Seguindo o mesmo raciocínio, estão apresentados, na Tabela 9, as concentrações dos elementos micronutrientes, para os diferentes tratamentos, para as duas profundidades consideradas. Quanto ao elemento Ferro, observou-se que todos os valores finais decresceram, em relação ao determinado antes

do início do experimento, e em uma ordem inversamente proporcional à dose aplicada de efluente maturado. Ou seja, quanto maior a dose aplicada, menor o Ferro residual disponível no solo. Provavelmente porque a cultura do sorgo produziu proporcionalmente à aplicação dessa mesma dose, necessitando de uma maior quantidade desse elemento para a sua formação.

No que se refere ao elemento Zinco observou-se que, semelhante ao elemento Ferro, todos os valores decresceram em relação ao teor existente antes do início do experimento, independentemente da camada ou tratamento analisado.

Tabela 9. Análise química residual do solo (micronutrientes), para as camadas de 0 a 20 e 20 a 40cm.

Amostra		mg dm ⁻³			
		Fe	Zn	Cu	Mn
Doses (m ³ ha ⁻¹)	Inicial	346,61	2,03	3,01	49,09
	0-20	321,86	0,79	2,40	43,71
150	20-40	317,30	0,96	2,38	42,16
	0-20	311,08	0,75	2,36	40,56
450	20-40	262,68	0,77	2,29	43,25
	0-20	269,39	0,81	2,47	42,20
900	20-40	264,42	0,86	2,38	42,51

Quanto ao Cobre e, acompanhando a tendência de análise dos micronutrientes, observou-se que o valor residual, independentemente do tratamento ou profundidade, foi menor do que a quantidade inicialmente existente.

No que se refere aos teores de Cu, Zn e Mn têm-se que diminuíram em relação aos iniciais. Isto pode ser explicado por dois aspectos: o efluente utilizado não é fonte desses micronutrientes e a diminuição dos teores pode ser explicada pela retirada do solo pela planta para o seu crescimento, considerando que houve o crescimento significativo da planta em função das doses aplicadas.

Conclusão

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

O efluente maturado de feccularia de mandioca supriu as necessidades nutricionais exigidas pelo sorgo para o seu pleno desenvolvimento e produção de massa verde (ou massa seca), proporcionando aumento de crescimento até a dose máxima adicionada de 900m³ ha⁻¹

Houve um efeito fertilizante do efluente, avaliado pelo maior crescimento da cultura do sorgo em relação aos macronutrientes pelo expressivo aumento do potássio. Contudo, para os micronutrientes parece haver embasamento de que o efluente maturado de feccularia de mandioca não é fonte deles, pois todos os micronutrientes no solo apresentaram teores menores do que o inicialmente existente.

Referências

- ABAM - Associação Brasileira de Produtores de Amido de Mandioca. Levantamento Estimativo de Produção e Venda 2001/2002. Paranavaí: Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Brasil, 2001.
- APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington, DC.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1995.
- CETESB. Legislação estadual: Leis, decretos, etc. - Controle de poluição ambiental - Estado de São Paulo (atualizado até julho, 1990) - Série Documentos, São Paulo, Cetesb, 1990.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Sorgo BRS 800 - sorgo para corte e pastejo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) / Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS). Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/brs800.html>>, acessado em 04 de janeiro de 2003, 2003.
- GIORDA, L.; FERESIN, O. Importancia del sorgo. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/manfredi/sorgo.htm>>, acessado em 12 de Janeiro de 2003.
- GROXKO, M. Mandioca. Prognóstico da safra paranaense 2001/2002. P. 49-54 Deral/Seab, Paraná, 2001.
- IMHOFF, K.; IMHOFF, K. R. Manual de Tratamento de Águas Residuárias. Ed. Edgard Blucher Ltda. Brasil, 1986.
- JUCHEM, C. R. *Reuso de efluentes tratados das agroindústrias de leite e carne sobre a produção da cultura de alface (Lactuca sativa L.) fertirrigada*. 2000. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2000.
- MEZZENA, A. G. L. O sorgo ganha espaço. Revista Rural. Disponível em: <<http://www.clubedofazendeiro.com.br/ModulosPub/Modulo.Asp?Menu=53>>, acessado em 04 de janeiro de 2003.
- MIRANDA, J. E. C.; PEREIRA, J. R. Plantio de sorgo para silagem. Embrapa / CNPGL. Disponível em: <<http://www.cnpgl.embrapa.br/artigos/silagem.html>>, acessado em 04 de janeiro de 2003.
- RODRIGUES, M. B. *Efeito de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico em um latossolo roxo eutrófico*. 2001. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, 2001.
- SEDIYAMA, M. A. N. *et al.* Utilização de dejetos líquidos de suínos na produção de compostos orgânicos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, I., 1995, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Epamig, 1995, p. 24 - 34.
- USHERWOOD, N. R. Interação de potássio com outros íons. Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato. p. 227-248, 1982.
- VIANA, A. C et al. Avaliação de cultivares de milho e de sorgo para silagem. Embrapa / CNPMS. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/pesq2198.html>>, acessado em 04 de janeiro de 2003.
- VIEIRA NETO, J. N. *Análises laboratoriais e controle*. Seminário Tratamento de Efluentes Industriais. Rio de Janeiro: Senai, 1994.

Received on December 15, 2003.

Accepted on July 03, 2004.