

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação em diferentes doses de água residuária de abatedouro em latossolo vermelho distrófico e no desenvolvimento do milho. A água residuária foi coletada após tratamento em lagoas de estabilização. Doses de $150\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ e $1.350\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ de água residuária foram aplicadas ao longo do ciclo vegetativo do milho. Foram utilizadas doze colunas de solo de $0,25\text{m}$ de diâmetro e $0,65\text{m}$ de altura cada. O material percolado foi analisado em todas as doses e apresentou redução dos parâmetros nitrogênio (Kjedhal) de $0,02\text{g L}^{-1}$ e fósforo de $0,1\text{mg L}^{-1}$ em todos os tratamentos. Na maior dosagem, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, o teor de potássio foi de $12,08\text{mg L}^{-1}$ e o cálcio e o magnésio

aumentaram em 40% e 173% em média, respectivamente. Foi observada uma redução do teor de sódio em 92% e ocorreu uma redução quase que total de DBO e DQO. As plantas que receberam as doses $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ e $1.350\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ apresentaram valores superiores de matéria verde, comprimento da espiga e número de folhas. A fertilidade do solo não sofreu alterações bruscas em relação aos parâmetros analisados.

Palavras-chave: efluente; reciclagem de nutrientes; pós-tratamento; reuso; lisímetro.

Efeito da aplicação de efluente de abatedouro bovino tratado em lagoas de estabilização no solo e no desenvolvimento do milho

*Jefferson Vieira José¹, Maria Magdalena F. Ribas²,
Paulo Sérgio Lourenço de Freitas³, José Pedro
Francisconi Junior¹.*

Resultado de la aplicación de efluentes de recintos de abate de bovinos tratados en lagunas de estabilización y en el desarrollo de plantíos de maíz

Resúmen

Esta experiencia buscó evaluar el efecto de la aplicación, con dosis variadas de residuos de agua de los mataderos en Latosuelo Rojo Distrófico (Latosuelo Vermelho Distrófico) en relación al desarrollo del maíz. El residuo de agua fue colectado después de su tratamiento en lagunas de estabilización. Dosis de $150\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ y $1350\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ esas cantidades fueron aplicadas a lo largo del ciclo vegetativo del maíz. Fueron utilizados dos canteros de $0,25\text{m}$ de diámetro por $0,65\text{m}$ de altura. El material colocado fue estudiado en todas las dosis aplicadas y presentó reducción de los parámetros de nitrógeno (Kjedhal) de $0,02\text{g L}^{-1}$ y de fósforo de $0,1\text{mg L}^{-1}$ en todos los tratamientos. La dosis mayor, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ el teor de potasio fue de $12,08\text{mg L}^{-1}$ y la de cálcio e manganesio aumentaron en media, respectivamente 40% y 173%. Observamos una reducción del teor de sódio en 92% y la reducción practicamente total de DBO y DQO. Las plantas que recibieron las dosis de $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ y $1350\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ presentaron mayor volumen de materia verde, largura de espiga y número de hojas. La fertilidad del suelo no sufrió alteraciones bruscas si relacionado a los parámetros estudiados.

Palabras llave: efluente; reciclaje de nutrientes; postratamiento; reutilización, lisímetro.

Introdução

A região noroeste do Estado do Paraná destaca-se pela diversidade de atividades agroindustriais, como, por exemplo, os segmentos de beneficiamento animal, especialmente a avicultura e a bovinocultura de leite e corte, feculárias, farinheiras e usinas de açúcar e álcool (REIDEL et al. 2004, SILVA et

al. 2004). De acordo com Abrahão et al. (1999), a região noroeste do Paraná apresenta um nível de desenvolvimento superior ao das demais regiões, não apenas pela maior participação nas áreas de pastagens, do número de animais e de criadores, mas pela capacidade de suporte e pela quantidade de exploração pecuária. Esta região possui, segundo informação da SEAB regional, 66 empresas do

1 Professor adjunto, Departamento de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Maringá – Rodovia PR 482, km 45 – 87820-000 – Cidade Gaúcha, PR – e.mail: m2fribas@yahoo.com.br.

2 Professor adjunto, Departamento de Agronomia - Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil.

ramo de abatedouro de bovinos implantadas e em funcionamento com 740.000 cabeças por ano, de animais abatidos nos núcleos regionais de Maringá, Paranavaí e Umuarama. Um grande problema encontrado nos frigoríficos bovinos é quanto ao tratamento adequado e ao destino de resíduos e de águas servidas, resultantes do abate e do processamento da carne bovina, que tem sido preocupação para os órgãos ambientais e sociedade em geral, pelo caráter poluidor que apresentam. Os efluentes destas indústrias têm elevada concentração de matéria orgânica, detergentes e sanificantes (CECCHIN, 2003), provavelmente devido às operações de limpeza e sanitização. Este setor, apesar de potencialmente poluidor, muitas vezes não recebe devida atenção da sociedade, uma vez que não manipula substâncias químicas altamente tóxicas, entretanto, a sociedade circunvizinha logo sente a presença dessa indústria. E esta é notada principalmente nos corpos receptores, os quais tem o seu equilíbrio alterado (SILVEIRA, 1999). Ressalta-se que o mercado mundial está cada vez mais exigente quanto aos aspectos ambientais, busca de certificação da qualidade e, por consequência, de certificação ambiental para os mercados de países desenvolvidos, podendo restringir as exportações futuras para esses mercados. (CECCHIN, 2003).

Segundo os dados técnicos de Espinoza (1998), uma empresa de grande porte que abate 1.200 animais por dia, produz em média $2.400\text{m}^3\text{dia}^{-1}$ de água residuária. Nessa ordem, a produção de água residuária na região noroeste do Estado do Paraná foi em torno de $1.480.000\text{m}^3$ no ano de 2006. A água residuária gerada, antes de ser disposta ao ambiente, deve ser tratada por meio de sistemas de três lagoas de estabilização que, na maioria das vezes, não retiram por completo o excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, provocando sérios problemas de eutrofização em corpos hídricos (REIDEL, et al., 2004). Portanto, a disposição de água residuária após o sistema de tratamento em corpos receptores pode ser tanto no solo ou em rios próximos à indústria. No entanto, a legislação ambiental estabelece os teores máximos admissíveis de diversos parâmetros de acordo com classes de rios. Ainda, segundo Reidel et al. (2004), no final da lagoa de polimento,

terceira lagoa, o teor de nitrogênio amoniacal na água residuária situa-se em torno de 200mg L^{-1} .

A Resolução CONAMA, nº 357, de 2005, permite que seja lançada uma água residuária com até 20mg L^{-1} , sendo, portanto, ainda necessário avaliar uma maneira adequada de disposição do possível aproveitamento desse efluente orgânico. A legislação permite que a água residuária agroindustrial possa ser disposta em solo desde que não haja contaminações da água, seja subterrânea ou superficial, dependendo da classe dos corpos d'água. Como os resíduos gerados em abatedouros são orgânicos e não possuem compostos tóxicos, vislumbra-se a possibilidade de disposição em solo como uma alternativa de aproveitamento de nutrientes, redução do volume de resíduo a ser tratado, redução de gastos e de poluição de corpos d'água. Portanto, torna-se necessário avaliar o efeito das águas residuárias no solo e em culturas. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação da água residuária de abatedouro bovino após a terceira lagoa do sistema de tratamento em colunas de solo quanto ao efeito: (i) nos atributos químicos do solo arenoso; (ii) no efluente percolado; e (iii) no comportamento da cultura do milho.

Material e métodos

O presente estudo foi conduzido na área experimental do *Campus* do Arenito, Universidade Estadual de Maringá (UEM), município de Cidade Gaúcha (PR) localizado geograficamente na latitude de $23^{\circ}21'30,01''\text{S}$, longitude $52^{\circ}56'5,81''\text{W}$, e altitude de 345m. O trabalho foi conduzido no período de fevereiro a junho de 2007, totalizando 126 dias.

Colunas de solo

Foram utilizados doze tubos de PVC (Figura 1) de secção transversal de 0,25m de diâmetro (área superficial de $0,049\text{m}^2$) por 0,65m de altura (volume total de $0,0319\text{m}^3$), preenchidos com solo a partir de 0,60m. As colunas de solo foram instaladas verticalmente a uma altura de 0,20m do solo, espaçadas a 0,45m entre elas. Internamente, os tubos foram raspados de forma a promover ranhuras na parede para aumentar a aderência do solo à parede do tubo. Três anéis confeccionados com cola de PVC foram colocados a cada 0,15m de profundidade para

diminuir o efeito da parede de escorrimento da água residuária aplicada nesse espaço (BARROS et al. 2003). Colocou-se na extremidade inferior do tubo uma camada dupla de material plástico perfurado, conhecido como sombrite 50%, que permitiu percolação do efluente disposto na coluna de solo.

Solo

As colunas de solo foram preenchidas com latossolo vermelho distrófico, que foi retirado de uma única área, contínua e uniforme, até a profundidade de 0,60m. O solo era composto por 830kg mg⁻¹ de areia, 10kg mg⁻¹ de silte e 160kg mg⁻¹ de argila. Amostras dos perfis de solo dos horizontes nas profundidades de 0,00-0,20m, 0,20-0,40m e 0,40-0,60m foram retiradas separadamente, secas ao ar por 60 horas, peneiradas em 2mm para formar amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) e analisadas quanto aos atributos químicos (Tabela 1). O solo de cada camada foi colocado no lisímetro na mesma ordem sequencial dos horizontes.

Os elementos Ca, Mg, K, Na e P foram determinados após digestão nítrico-perclórica do material, sendo o Ca e o Mg determinados por espectroscopia de absorção atômica; o K e o Na por fotometria e emissão de chama; e o fósforo por método colorimétrico. O nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl.

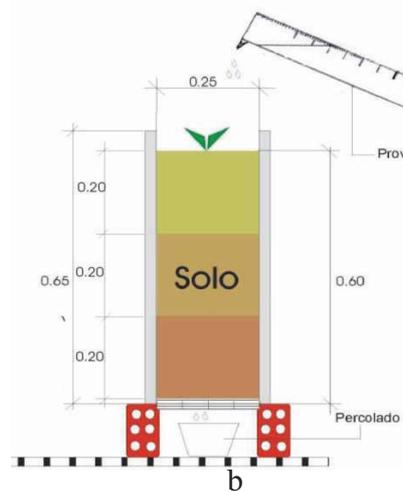
Água residuária

A água utilizada no experimento para complementar a necessidade hídrica da planta era proveniente de poço artesiano. Essa água residuária foi coletada na saída da terceira lagoa de estabilização de um abatedouro bovino de médio porte localizado no município de Cidade Gaúcha, (PR) com capacidade de abate de 300 cabeças por dia, e que gerava 600m³ de água residuária. Os resíduos sólidos eram separados dos líquidos antes do sistema de tratamento, em tratamento preliminar, e seguiam para outra destinação. A lagoa recebia três tipos de águas residuárias: (i) água residuária da linha de

Figura 1. Instalação local do experimento: coluna de solo arenoso – (a) foto das colunas de solo de percolação com milho (40 dias após semeadura) em estufa e (b) coluna de solo em detalhe e camadas de solo.



a



b

Tabela 1. Características químicas dos solos utilizados antes do experimento.

Perfil (m)	pH H ₂ O	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	P (mg dm ⁻³)	C (g dm ⁻³)
0,00 - 0,20	6,4	0,0	2,19	1,20	0,34	0,20	1,74	3,93	10,5	3,52
0,20 - 0,40	6,2	0,0	2,19	1,28	0,37	0,17	1,82	4,01	4,7	3,91
0,40 - 0,60	6,6	0,0	2,03	1,10	0,38	0,08	1,56	3,59	3,0	3,13

beneficiamento de carne, contendo sangue, chamada de linha vermelha, e que passa por caixas de gordura para retirada de óleos e graxas dos animais, seguindo, posteriormente, para o sistema de tratamento; (ii) água residuária originada nos currais, antes do abate, chamada linha verde, e cujo destino eram as caixas de decantação para separação dos resíduos sólidos (conteúdos estomacais, tripas, pança e dejetos dos animais) do sobrenadante, que são encaminhados para produção de outros subprodutos; e (iii) água residuária oriunda das operações de limpeza e sanitização que agregam substâncias derivadas dos detergentes e sanitizantes. A água residuária era, então, encaminhada para um sistema de tratamento de três lagoas.

Material percolado

A água residuária percolada e a amostra da água residuária aplicada nas colunas de solo foram caracterizadas, ao longo do período experimental, quanto aos macronutrientes (Ca, Mg, K, P, N e Na). Ca, Mg, K, Na e P foram determinados após digestão nítrico-perclórica do material, sendo o N pelo método de Kjeldahl; o Ca e o Mg por espectroscopia de absorção atômica; o K e o Na por fotometria e emissão de chama; o P por colorimetria; e o íon sulfato (SO_4^{2-}) por turbidimetria por cloreto de bário.

As análises de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) seguiram metodologias descritas em Apha (1995).

Tratamentos

O experimento era composto por quatro tratamentos com três repetições em delineamento inteiramente casualizado (DIC). O tratamento um

(T1) recebeu o equivalente a $150\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ por ciclo vegetativo da cultura. Esta quantidade correspondeu à máxima atualmente sugerida pelo o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) e foi aplicada em uma única dose no 12º dia após a semeadura (DAS). O tratamento dois (T2) recebeu o equivalente a $450\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ por ano de água residuária, que foi aplicado em três vezes, em intervalos regulares de quatro dias a partir do décimo segundo dia após a semeadura (DAS). O tratamento três (T3) recebeu o equivalente a $900\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ por ano de água residuária e foi aplicado em seis vezes, a partir do 12º DAS. O tratamento quatro (T4) recebeu o equivalente a $1350\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ por ano de água residuária e foi aplicado em nove vezes, a partir do 12º DAS.

Estão apresentadas na tabela 2 as doses de água residuária do abatedouro aplicadas e as suas respectivas datas. Antes e após a semeadura, o solo foi mantido em umidade próxima à capacidade de campo para evitar déficit hídrico. A dose de $150\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ correspondeu em relação à área da coluna de solo à quantidade de 750ml.

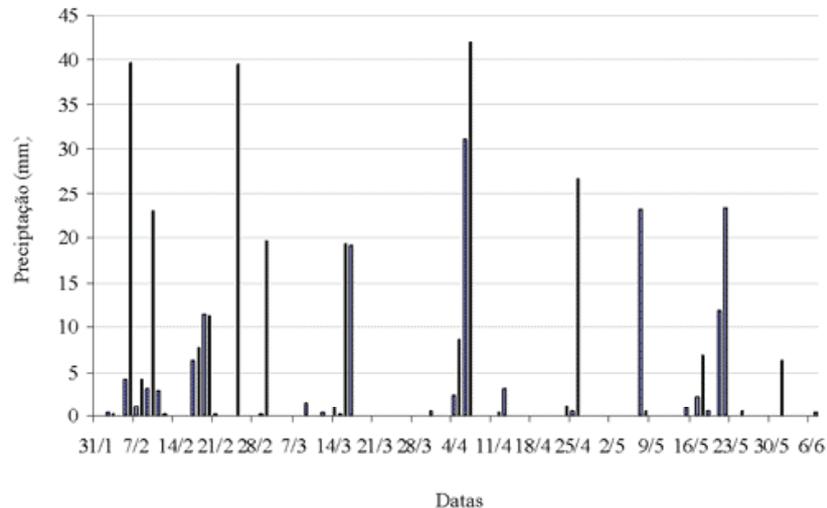
Condução do experimento

Em janeiro de 2007 foram semeadas três sementes por coluna de solo de milho (*Zea mays* L.), variedade BR 106, e no 10º DAS foi realizado o desbaste para estabelecer somente uma planta por lisímetro. A superfície da coluna de solo foi coberta com palha seca de milho e o controle de plantas daninhas foi feito por capina manual. Durante o ciclo da cultura ocorreu precipitação total acumulada de 411,2mm. Na figura 2 está apresentada a frequência de precipitação. Somando-se a precipitação total acumulada, a aplicação suplementar e as doses de água residuária, temos que em cada colunav foi aplicada

Tabela 2. Datas e doses de água residuária aplicadas por tratamento.

Data de aplicação	DAS*	Dose aplicada (m^3ha^{-1})			
		T1	T2	T3	T4
12/02	12	150	150	150	150
14/02	14	-	150	150	150
16/02	16	-	150	150	150
19/02	19	-	-	150	150
12/03	40	-	-	150	150
22/03	50	-	-	150	150
01/04	60	-	-	-	150
11/01	70	-	-	-	150
21/04	80	-	-	-	150
Total		150	450	900	1350

*DAS: dias após a semeadura.

Figura 2. Frequência de precipitação no período experimental.

uma quantidade total de 1376,2mm no período total de 126 dias.

Amostras do percolado foram coletadas no 16° (16/2), no 48° (20/3) e no 82° (21/4) DAS, em cada um dos tratamentos (T1, T2, T3 e T4), para análise de macronutrientes. Essas três amostragens foram compostas por água residuária percolada em períodos diferentes da aplicação da água residuária e coleta do material percolado: (1) desde o 12° DAS (data da primeira aplicação) até o 16° DAS (data da primeira coleta); (2) amostra percolada desde o 40° DAS (data da quinta aplicação) até o 48° DAS (data da segunda coleta correspondente a aproximadamente um terço do período total do ciclo vegetativo do milho); e (3) amostra composta percolada no período correspondente ao 40° até o 48° DAS, que foi misturada com a amostra coletada no 82°, referente à última aplicação da água residuária no 80° DAS, conforme tabela 2. Nas coletas do 48° e 82° DAS uma amostra composta foi analisada quanto ao teor de macronutrientes, DQO e DBO.

Realizou-se a colheita ao 126° dia após a semeadura, seguindo os procedimentos recomendados por Freitas et al (2004) e Tsumanuma et al(2004), quando o milho apresentou maturação fisiológica do grão (aos 126 DAS). O corte das plantas foi feito manualmente a 5cm do solo.

Os componentes fitotécnicos: altura de plantas, altura de inserção das espigas, diâmetro do

colmo, comprimento da espiga, número de folhas por planta, matéria seca e matéria verde; foram obtidos das plantas de cada tratamento. Os resultados obtidos foram analisados por análise de variância e as médias foram comparadas aplicando-se o teste de Scott Knott, em nível de 5% de probabilidade.

Após a colheita do milho, aos 126 DAS, foi realizada uma amostragem composta entre as três repetições de cada tratamento do solo, nas profundidades 0,00-0,20m; 0,20-0,40m e 0,40-0,60m de todos os tratamentos, a fim de avaliar o efeito das aplicações de diferentes doses de água residuária.

Resultados e Discussões

Avaliação do solo

As amostras de solo retiradas ao longo dos perfis não apresentaram grande variação entre as camadas. Com base nos resultados médios das análises químicas do solo, tabela 5, pode-se citar que a acidez do solo de todos os tratamentos, inclusive a do solo inicial, foi devida a íons H^+ , pois não foi detectado nenhum íon Al^{3+} . As análises dos tratamentos demonstrou que houve pequena variação observada pela média e desvio padrão dos valores ($6,07 \pm 0,27$). Ainda assim, pôde-se observar que na camada de 40 - 60cm ocorreu maior variação, sendo 12% maior no solo do T1 (com $150m^3 ha^{-1}$), comparado com o solo inicial da mesma camada. Já na camada 20 -

40cm, foi observada a menor variação de 4,8% em T3. Esses resultados indicam que as aplicações de água residuária com as referidas doses não afetaram o pH do solo (RODRIGUES, 2001). A aplicação da água residuária, mesmo nas maiores doses, não promoveu aumento do pH, extrapolando a faixa ideal de pH de 5,5 a 7,0 para a maioria das culturas. Apesar de ter percolado cerca de 0,3mg L⁻¹ de fósforo nos tratamentos que receberam as doses de 900m³ ha⁻¹ e 1350m³ ha⁻¹ (Tabela 4), o solo apresentou uma quantidade mínima desse nutriente de 2,8mg dm⁻³. Na camada superficial do solo, 0 - 20cm, observou-se que houve uma redução de fósforo do solo inicial para os solos de todos os tratamentos na mesma camada, atingindo redução média percentual de 62%. Valores percentuais de redução de fósforo podem ser observados nas parcelas irrigadas por água residuária de abatedouro, pesquisadas por Rodrigues (2001), de até 23%. O fósforo foi o elemento que apresentou maior variação com relação aos demais elementos medidos nos solos dos quatro tratamentos, com uma média de 3,78mg dm⁻³, sendo o valor máximo entre os tratamentos de 6,5mg dm⁻³ (T4 a 20 - 40cm) e o mínimo de 2,8mg dm⁻³ (T3 a 40 - 60cm). A maior média de cada tratamento foi obtida nos perfis do T4 com 4,9mg dm⁻³ e a menor em 3,3mg dm⁻³ em T3. Isso pode ser atribuído a dois fatores prováveis: ou a amostragem do percolado não representou verdadeiramente a quantidade de nutrientes perdidos, ou o milho de cada tratamento absorveu o elemento rapidamente.

Com relação ao pH, observou-se valores de 5,8 a 6,4, considerados abaixo da neutralidade (pH 7,0). Esse fator pode ter facilitado a absorção do fósforo pelas plantas, já que a água residuária era rica nesse nutriente, apresentando 28,72mg L⁻¹ de fósforo na forma solúvel. Além disso, o solo arenoso usado nesse experimento absorve menor quantidade de fósforo na forma de fosfato do que um solo argiloso. Observa-se na camada 40 - 60cm uma concentração menor de P em comparação às camadas superiores em praticamente todos os tratamentos, isto devido aos fenômenos de fixação do P que ocorrem nos primeiros 50 centímetros do solo.

Na camada superficial do solo, 0 - 20cm, observou-se a ocorrência de uma redução de K de 40% do solo inicial, para os solos dos tratamentos T1 e T2, e de 30 e 25 % nos tratamentos T3 e T4, respectivamente. Na camada 20 - 40cm houve uma redução percentual aproximada de 55% em todos os tratamentos estudados. Mas, na camada mais profunda (40 - 60cm) os resultados demonstraram que não houve variações significantes de potássio no solo em todos os tratamentos estudados. Rodrigues (2001) constatou que a adição de água residuária de abatedouro teve redução de 18% de K em sistema de pós-tratamento da estação de tratamento de efluentes. A saturação das bases praticamente não sofreu modificações drásticas porque o suprimento de minerais foi contínuo conforme a necessidade da planta, o que não provocou variação no valor de V%.

Tabela 3. Análise química do solo, para as camadas de 0 - 20cm, 20 - 40cm e 40 - 60cm, antes e após a aplicação da água residuária.

Amostras	Perfil cm	pH H ₂ O	cmol dm ⁻³							V %	P mg dm ⁻³	C g dm ⁻³
			Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC			
Solo inicial	0-20	6,4	0,0	2,19	1,20	0,34	0,20	1,74	3,93	44,27	10,5	3,52
	20-40	6,2	0,0	2,19	1,28	0,37	0,17	1,82	4,01	45,39	4,7	3,91
	40-60	6,6	0,0	2,03	1,10	0,38	0,08	1,56	3,59	43,45	3,0	3,13
150m ³ ha ⁻¹	0-20	6,0	0,0	2,19	1,11	0,38	0,12	1,61	3,80	42,37	4,7	5,42
	20-40	6,0	0,0	2,03	1,13	0,37	0,08	1,58	3,61	43,77	3,3	4,26
	40-60	5,8	0,0	2,19	1,26	0,42	0,07	1,75	3,94	44,42	3,3	3,49
450m ³ ha ⁻¹	0-20	6,1	0,0	2,03	1,03	0,35	0,12	1,50	3,53	42,49	3,3	3,87
	20-40	6,0	0,0	2,03	1,06	0,37	0,09	1,52	3,55	42,82	3,6	3,87
	40-60	6,0	0,0	1,88	1,08	0,36	0,07	1,51	3,39	44,54	3,2	5,04
900m ³ ha ⁻¹	0-20	5,8	0,0	2,03	1,03	0,32	0,14	1,49	3,52	42,33	3,9	4,26
	20-40	5,9	0,0	2,03	1,12	0,38	0,07	1,57	3,60	43,61	3,1	4,26
	40-60	6,0	0,0	1,88	1,21	0,39	0,06	1,66	3,54	46,89	2,8	3,10
1350m ³ ha ⁻¹	0-20	6,1	0,0	2,03	1,07	0,32	0,15	1,54	3,57	43,14	4,1	3,49
	20-40	6,0	0,0	2,03	1,17	0,39	0,08	1,64	3,67	44,69	6,5	3,87
	40-60	6,1	0,0	2,03	1,17	0,43	0,06	1,66	3,69	44,99	3,5	3,87

Para que um solo seja considerado fértil, é necessário manter o nível da saturação por bases na faixa de 40% a 65% na superfície do solo, e pelo menos 40% até os 60cm de profundidade do solo, o que deve ser feito com uso de calcário e de gesso. Além de manter a superfície do solo equilibrada com P, N e K, e conter micronutrientes (DEMATTE, 2005).

Avaliação da água residuária

A tabela 4 apresenta a caracterização química da água residuária coletada no final da terceira lagoa de estabilização. Pôde-se observar que o N apresentou 300mg L⁻¹ e a água residuária era constituída de resíduos de sangue que têm um alto valor proteico. Este valor está aquém dos valores citados pela CETESB (2006) para efluentes coletados na saída de abatedouros, os quais deveriam apresentar cerca de 30g L⁻¹ de N, DQO de 400g L⁻¹ e DBO₅ de aproximadamente 200g L⁻¹. Observa-se que os valores de DBO e DQO encontrados na água residuária também diferem dos valores descritos pela CETESB (2006). Mas, por outro lado, o valor de 300mg L⁻¹ está acima do valor limite de lançamento preconizado pela Resolução nº 357 CONAMA, de

2005, que estabelece 20mg L⁻¹ para lançamento de efluentes em corpos hídricos.

Avaliação do efluente percolado

Na tabela 5 está apresentada a composição química dos efluentes percolados de cada tratamento nas três amostragens realizadas.

Pode-se observar que a concentração de nitrogênio na água residuária percolada no 16º DAS reduziu de 328,2mg L⁻¹ para 0,6mg L⁻¹ em todos os tratamentos. Na coleta do 48º DAS e do período de 48º - 82º DAS foi registrado um aumento referente à coleta anterior. Isso pode ter ocorrido devido às maiores lâminas aplicadas em decorrência da aplicação de doses sucessivas em quantidades superiores à capacidade de retenção do solo (FREITAS, et al., 2004). As concentrações de nitrogênio na água residuária percolada no solo, a uma profundidade de 0,60m ao longo do ciclo da cultura do milho, independentemente dos tratamentos estudados, não excedeu os padrões de lançamento preconizado pela Resolução nº 357 CONAMA, de 2005, de 0,02g L⁻¹ (quanto ao nitrogênio amoniacal), não indicando risco de contaminação de águas

Tabela 4. Características da água residuária do abatedouro bovino coletado na saída da terceira lagoa de tratamento.

Variáveis	Valores (mg L ⁻¹)
Ca	15,29
Mg	5,12
Kt	66,62
Na	88,27
P	28,72
N	328,20
DBO	641,00
DQO	789,00

Tabela 5. Características da água residuária percolada coletada no 16º, 48º e 82º DAS.

DAS	Tratamento (m ³ ha ⁻¹)	Ca	Mg	K	Na	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	P	N	DQO	DBO
16º	150	35,5	16,3	17,4	3,3	0,5	0,1	0,6	n.a.	n.a.
	450	24,5	12,5	14,4	1,4	0,3	0,1	0,6	n.a.	n.a.
	900	21,2	13,9	15,6	2,0	0,3	n.d.	0,6	n.a.	n.a.
	1350	30,6	13,2	14,4	1,5	0,3	0,1	0,6	n.a.	n.a.
48º	900	4,62	2,74	6,09	3,69	n.a.	0,56	2,76	n.a.	n.a.
	1350	13,06	6,12	12,12	6,79	n.a.	0,05	5,52	n.a.	n.a.
48º - 82º	900	0,88	1,22	12,20	6,83	n.a.	0,30	5,52	61,00	18,00
	1350	11,03	5,68	12,08	3,67	n.a.	0,30	2,76	18,00	15,00

n.a. - não analisado; n.d. - não detectado.

subterrâneas. Em decorrência da baixa mobilidade do fósforo no solo, a concentração desse nutriente no percolado foi de 0,1mg L⁻¹ ao 16º DAS. E nas coletas feitas no 48º DAS e no período de 48º - 82º DAS houve aumento de concentração, devido a maiores doses aplicadas e à capacidade de retenção de fósforo no solo.

A concentração de potássio ao longo das três amostragens de coletas, para o T4 teve redução da água residuária aplicada de 66,62mg L⁻¹ para 14,4mg L⁻¹, 12,12mg L⁻¹ e 12,08mg L⁻¹, respectivamente, ao 16º, 48º e 48º - 82º DAS. Quanto à concentração de cálcio, observou-se que o solo, em todos os tratamentos, nos percolados do 16º DAS, aumentou em mais de 40%. Provavelmente este elemento foi disponibilizado na fase sólida do solo, já que a água residuária era pobre desse elemento. Nas amostragens subsequentes, foi observada redução na concentração de cálcio percolado do T3 em 48º DAS, de 70%, e na coleta feita no período de 40º - 82º DAS, de 94%. Em T4 as reduções foram de 15% e 27% em 48º e no período de 40º - 82º DAS, respectivamente. O mesmo comportamento observado para o íon cálcio foi observado para o íon magnésio, que teve aumento na concentração no 16º DAS de 173% em média para todos os tratamentos, conforme dados apresentados na Tabela 4. Em seguida, a remoção no percolado foi observada somente no T3, de 46% no 48º DAS (com 2,74mg L⁻¹) e de 76% na amostra coletada no período do 48º ao 82º DAS (com 1,22mg L⁻¹).

Considerando os resultados para esses elementos (Ca, Mg, N, P e K), pode-se inferir que a água residuária aplicada em maior tempo de distribuição é fonte de nutrientes para o

desenvolvimento do milho, uma vez que a quantidade aplicada dos elementos não promoveu aumento nas concentrações determinadas nos perfis do solo em todos os tratamentos.

Com relação ao teor de Na no percolado, pode-se observar que houve uma diminuição percentual mínima de 92% (com 6,83mg L⁻¹ no T3, na coleta feita de 48º - 82º DAS) e máxima de 98% (com 1,4mg L⁻¹ no T2, ao 16º DAS).

Considerando-se os valores de DBO e DQO da água residuária *in natura* e do percolado nas colunas de solo, pôde-se verificar que ocorreu redução quase que total de DBO e DQO no efluente percolado do efluente. Tal redução, segundo Silva (et al., 2004), provavelmente esteja diretamente relacionada à retenção, praticamente, de toda a matéria orgânica retida nos primeiros centímetros das colunas de solo. Assim, o material percolado tem menor matéria orgânica e necessita de uma quantidade muito menor de oxigênio, seja por via química e/ou biológica.

Componentes de produção da cultura do milho

Os resultados referentes aos parâmetros da planta avaliados estão apresentados na tabela 6. As médias de altura da planta (diâmetro de espiga, diâmetro de colmo e matéria seca) não diferiram estatisticamente ao nível de 5% pelo teste Scott Knott. Enquanto que, para as variáveis (número de folhas, comprimento de espiga e matéria verde) somente o T1 não apresentou diferença dos demais. O T2 apresentou diferença significativa dos demais com relação à altura de inserção da espiga (tabela 6) afetada por níveis diferentes de adubação por

Tabela 6. Componentes de produção da cultura do milho.

Tratamento	Variáveis							
	AL (cm)	AIE (cm)	CE (cm)	DE (cm)	NF (un)	DC (cm)	MS (g)	MV (g)
T1 - 150m ³ ha ⁻¹	129,2a	50,83a	6,55 ^a	23,63a	11,00a	2,363a	46,34a	47,2 a
T2 - 450m ³ ha ⁻¹	148,1a	73,03b	9,94 b	28,25a	13,00b	2,825a	55,23a	104,8b
T3 - 900m ³ ha ⁻¹	129,1a	53,00a	9,28 b	29,93a	13,33b	2,993a	59,05a	105,9b
T4 - 1350m ³ ha ⁻¹	128,6a	45,63a	10,15b	34,93a	14,00b	3,493a	58,05a	143,5b
CV (%)	17,41	15,24	17,67	19,91	5,00	19,91	20,41	29,9

AL - altura da planta; AIE - altura de inserção da espiga; CE - comprimento da espiga; DE - diâmetro da espiga; NF - número de folhas; DC - diâmetro do colmo; MS - massa seca; MV - massa verde.

água residuária. T1, T3 e T4 não diferiram entre si, mas o tratamento T2 diferiu dos demais, atingindo altura de inserção da espiga de 73,03cm. Quanto à altura da planta, obteve-se um valor médio de 129,1 a 148,1cm. De acordo com pesquisas feitas pela EMBRAPA (2003), a variedade BR 106 usada teria potencial de apresentar altura média de 240,0cm. Baseando-se na análise dos resultados obtidos nos parâmetros “número de folhas” e “comprimento da espiga”, os tratamentos T2, T3 e T4 foram superiores ao tratamento de menor dose de água residuária (T1), conseqüentemente devido às concentrações de nutrientes serem menores, conforme dados apresentados na Tabela 6.

Mendonça et al. (1999), estudando níveis de adubação nitrogenada no milho, encontrou valores máximos de 15,63cm para o comprimento da espiga e 145cm para a altura de inserção da espiga.

Conclusões

De acordo com as doses da água residuária de abatedouro, coletadas na saída da terceira lagoa do

sistema de tratamento, aplicadas em colunas de solo, pode-se concluir que:

(i) Não houve alteração nos atributos químicos avaliados do solo arenoso em relação ao solo no início do experimento. Os resultados indicaram que irrigação com água residuária de abatedouro tratada pode ser praticada para produção agrícola sem esgotamento do solo a curto prazo.

(ii) Após passagem pela coluna de solo observou-se redução de todos os parâmetros avaliados no efluente percolado, portanto, nesse caso, o solo funcionou como filtro pós-tratamento da água residuária de abatedouro bovino.

(iii) Não foram observados efeitos sob os componentes de produção do milho.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.