



Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas

Luiz E. Cavallet¹, Luiz A.C. Lucchesi², Aníbal de Moraes², Edison Schmidt², Miguel A. Perondi³ & Ricardo A. da Fonseca⁴

RESUMO

Em experimento a campo avaliou-se o valor fertilizante de água residuária de uma indústria de enzimas em um Argissolo Vermelho-Amarelo, no qual se cultivou milho (*Zea mays*, var. AG303), no município de Araucária, PR. Efetuou-se a caracterização química e física da água residuária utilizada e depois, através de aração, incorporaram-se ao solo dosagens de 0, 80, 160 e 320 t ha⁻¹ desta água, comparado a um tratamento com NPK + calcário e tratamento testemunha, em cinco repetições. Antes e após a aplicação, no solo, avaliaram-se os teores de K e P extraíveis, carbono orgânico, pH (CaCl₂), Ca⁺², Mg⁺², (H⁺ + Al⁺³) e saturação por bases. Foi notório o incremento na produção de grãos de milho em todos os tratamentos aos quais se aplicou a água residuária, devido à presença de nutrientes; o pH dos solos elevou-se e os teores de Al⁺³ diminuíram com a aplicação dos tratamentos em virtude das propriedades de neutralização da acidez do solo da água residuária da indústria de enzimas. As dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ de água residuária equivalem à aplicação de corretivo da acidez do solo e fertilizante mineral, para a cultura do milho.

Palavras-chave: nitrogênio, milho, acidez, uso agrícola, resíduo industrial

Improvement of soil fertility as affected by the addition of enzyme industry wastewater

ABSTRACT

A field experiment was carried out in an Ultisol, in which maize (*Zea mays*, var. AG303) was cultivated, in Araucária (Paraná state, Brazil). Mineral fertilization was compared with four doses of wastewater of enzyme industry (0, 80, 160 and 320 t ha⁻¹) with five replication. Chemical and physical characteristics of enzyme industry wastewater were determined. Determinations of K, P, organic carbon, soil pH (CaCl₂), Ca⁺², Mg⁺², (Al⁺³ + H⁺) and base saturation were made. Increase in grain maize yield was obtained with the wastewater application for all treatments due to the nutrient content. Soil pH increased and Al⁺³ contents decreased with the application of treatments due to neutralization properties of enzyme industry wastewater. For the maize crop, the industrial wastewater tested may replace soil mineral fertilization and lime when applied at rates of 160 and 320 t ha⁻¹.

Key words: nitrogen, corn, acidity, land farming, industrial residue

¹ UNIOESTE. CP 1008, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR. Fone (45) 32543216. E-mail: luizcvl@yahoo.com.br

² UFPR. Rua dos Funcionários 1540, CEP 80035-050, Curitiba, PR, Fone: (41) 3350 5600. E-mail: lclucche@ufpr.br; anibalm@ufpr.br

³ CEFET/UNED. CEP: 85503-390, Pato Branco, PR, Fone: (46) 32252511. E-mail: perondi@mail.crea-pr.org.br

⁴ FAFIPAR. Rua Comendador Correa Júnior 117, CEP 83203-280, Paranaguá, PR. Fone: (41) 3423 3644. E-mail: ricardoalvesdafonseca@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Através do processo de fertirrigação, uma água residuária pode ser utilizada na agricultura com o objetivo básico de reciclá-la, aproveitando o seu valor fertilizante para as plantas. A água residuária pode ser de origem industrial ou derivada da produção pecuária e de outros sistemas de produção da área rural; sua utilização agrícola deve ser adequadamente monitorada para que os atributos que caracterizam valor fertilizante para as plantas não acarretem contaminação ambiental (Isherwood, 1999).

Como exemplo de água residuária originada na área rural tem-se aquela derivada da produção de suínos, em que alguns dos seus componentes poluentes (carga orgânica elevada, nitrogênio, fósforo, cobre, sódio, etc.) se apresentam em concentrações suficientemente altas para constituírem risco de desequilíbrio ecológico, quando dispostos inadequadamente, porém desde que bem monitorada, a utilização agrícola desse tipo de água residuária surge como alternativa para o seu descarte, com o benefício da reciclagem de seus nutrientes para as culturas, como no caso da aveia forrageira e do milho (Gomes Filho et al., 2001; Freitas et al., 2004).

Em alguns casos, a utilização de resíduos industriais no solo pode ser recomendada pelo valor corretivo da acidez que eles apresentam e pela capacidade da macro e microbiota do solo em decompor os materiais orgânicos. É necessário, entretanto, estudar as alterações nas propriedades do solo e a resposta das plantas, para avaliar o potencial fertilizante dos resíduos e a possível contaminação do ambiente por metais pesados. Para a cultura do milho, a utilização de lodo resultante do tratamento primário da água residuária da indústria de curtume apresentou potencial em corrigir a acidez do solo e, desta forma, substituir o calcário agrícola (Ferreira et al., 2003).

Dentre vários tipos de água residuária de origem industrial, a oriunda de processos de fermentação, como a água residuária da indústria de enzimas, tem potencial de utilização agrícola, uma vez que, na sua constituição, se encontram poucos atributos impactantes ao ambiente; assim, a água residuária da indústria de enzimas obtida por processos fermentativos se constitui de partículas sólidas dos substratos das fermentações, por auxiliares de filtração e pela biomassa microbiana. Como auxiliares de filtração utilizam-se substâncias orgânicas e inorgânicas, como: argila de diatomáceas, carbono ativado e alguns nutrientes que auxiliam na separação da matéria orgânica. Assume-se, em razão da sua composição, que a água residuária da indústria de enzimas apresenta valor fertilizante para solos agrícolas, em que o nitrogênio é o nutriente encontrado em maior quantidade, devido à natureza protéica dos substratos; 90% do nutriente se encontram na forma orgânica. Parte do fósforo também tem origem orgânica e o potássio ocorre em forma solúvel em água (Larsen et al., 1992).

Ao estudar o efeito da utilização de água residuária da indústria de enzimas no solo, Cavallet et al. (1993, 2003) em experimentos de campo, observaram melhoria da fertilidade do solo, que se refletiu em aumento na produtividade de grãos de feijão e tubérculos de batata, respectivamente,

semelhante ao obtido com a utilização da recomendação oficial de adubação e de calagem para as duas culturas (IAPAR, 1989; EMBRAPA, 1985).

A melhoria da fertilidade do solo tem, como uma de suas origens, a diminuição da acidez do solo, que acarreta insolubilização do elemento alumínio, que é tóxico às plantas, através da sua reação de troca iônica com o elemento cálcio e magnésio; também, a diminuição da acidez aumenta a disponibilização do elemento fósforo na solução do solo. A necessidade da correção do solo pode ser avaliada pela saturação por bases (V%), em que se obtêm índices da relação de cálcio, magnésio e outros cátions, em relação ao elemento alumínio (Volkweiss, 1989). A diminuição da acidez do solo é feita, normalmente, pela adição de calcário sendo que, devido ao seu valor de neutralização, a água residuária apresenta efeito similar (Cavallet et al., 1993).

Objetivou-se, através deste trabalho, avaliar o efeito da utilização de água residuária de indústria de enzimas na produtividade da cultura do milho e, também, na modificação de atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido sob condições de campo, no período outubro/1992 a julho/1993, na cidade de Araucária, PR. A publicação dos resultados em revista científica está sendo feita somente agora, porque a empresa que forneceu a água residuária só autorizou a fazê-la a partir de 2003, o que não impossibilitou apresentar os resultados em eventos técnico-científicos. Neste experimento, utilizou-se um solo pertencente à unidade de classificação Podzólico Vermelho-Amarelo do levantamento realizado pela EMBRAPA/SNLCS (EMBRAPA, 1984) e tal unidade, segundo as normas de classificação de solos em vigor no momento, correlaciona-se com a classe Argissolo (EMBRAPA, 1999), com 44% de argila e cascalho, fase floresta subtropical perenifólia, relevo ondulado (Chodur, 1990).

Os tratamentos compreenderam quatro doses de água residuária *in natura*: 0 (testemunha), 80, 160, 320 t ha⁻¹ e um tratamento controle, no qual se procedeu à correção do solo e adubações nitrogenada, fosfatada e potássica para a cultura teste, seguindo as recomendações técnicas da pesquisa (IAPAR, 1991), quando então se aplicaram 60 kg de N ha⁻¹ na forma de uréia, 20 kg de P₂O₅ ha⁻¹ na forma de superfosfato simples, 40 kg de K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio, 6,5 t ha⁻¹ de calcário cal filler tipo dolomítico, totalizando, desta forma, 25 parcelas, com cinco tratamentos e cinco repetições cada um. Cada parcela teve área total de 30,25 m² e formato quadrado com 5,5 m de aresta, na qual semearam seis linhas da cultura de milho, com espaçamento de 0,20 m entre plantas e 1,0 m entre linhas. Eliminou-se 1,0 m de bordadura em cada lado da parcela, originando uma área útil de 12,25 m². As parcelas experimentais foram dispostas no delineamento em blocos ao acaso. Utilizou-se, como planta-teste, milho (*Zea mays*, híbrido AG303), cultivado seguindo-se recomendações da pesquisa para o Estado do Paraná (IAPAR, 1991).

A água residuária utilizada foi coletada na planta industrial da empresa Novo Zymes do Brasil Ltda, situada no município de Araucária, PR. No material, os teores de carbono orgânico, fósforo, nitrogênio, amônio, nitrato e enxofre, poder de neutralização (PN) e o pH, foram determinados de acordo com métodos preconizados segundo LANARV (1982). Da mesma forma, os teores de sódio, potássio, cálcio, magnésio, zinco, cobre, manganês, ferro, molibdênio, cobalto, alumínio, níquel, chumbo, cádmio e cromo no material, foram mensurados em amostras digeridas com ácido nítrico a 10% (v/v), em sistema fechado (bombas de Teflon), conforme descrito por Varian (1972). O teor de boro foi determinado por espectrometria de emissão com plasma induzido, segundo Thompson & Walsh (1989). Os resultados da caracterização da água residuária constam na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química de água residuária resultante da indústria de enzimas

Parâmetro	Valores totais
Carbono Orgânico (%)	1,02
Sódio (mg L ⁻¹)	600
Zn (mg L ⁻¹)	2
Cu (mg L ⁻¹)	1
Mn (mg L ⁻¹)	1
Fe (mg L ⁻¹)	8
Ni (mg L ⁻¹)	<1
Cd (mg L ⁻¹)	<0,5
Pb (mg L ⁻¹)	<2,0
Cr (mg L ⁻¹)	<1,0
Hg (mg L ⁻¹)	<0,1
B (mg L ⁻¹)	1
S (mg L ⁻¹)	30
Ca (mg L ⁻¹)	2470
Mg (mg L ⁻¹)	612
N (mg L ⁻¹)	1500
N amoniacal (mg L ⁻¹)	400
N nítrico (mg L ⁻¹)	600
Poder de Neutralização (%)	10,14
pH (valor de leitura)	11,5
matéria seca a 60 °C (%)	4,24
matéria seca a 105 °C (%)	3,97

Realizaram-se duas amostragens de solo, a primeira anterior à aplicação de água residuária e imediatamente após a aplicação do tratamento controle com calcário + NPK; a segunda amostragem foi feita 150 dias após as aplicações de água residuária, coincidindo com a colheita de milho. As amostras de solo se constituíram através de cinco amostras simples coletadas em cada parcela, nas quais foram determinados teores de C-org, acidez potencial (H+Al), pH (CaCl₂) e Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, saturação por bases, K⁺ e P, de acordo com métodos descritos pelo IAPAR (1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento em grãos de milho

Os rendimentos em peso de grãos de milho por hecta-

re obtidos com a aplicação de água residuária da indústria de enzimas, foram semelhantes aos do tratamento NPK + calagem, com exceção da menor dosagem, qual seja, 80 t ha⁻¹ (Figura 1) porém todos os tratamentos, inclusive NPK + calagem, tiveram produção de grãos acima do tratamento testemunha, ou seja, as produções foram de 66,5, 63,2, 62,0 e 55,5% a mais que a testemunha para os tratamentos com 320, 160 t ha⁻¹, NPK mais calagem e 80 t ha⁻¹, respectivamente.

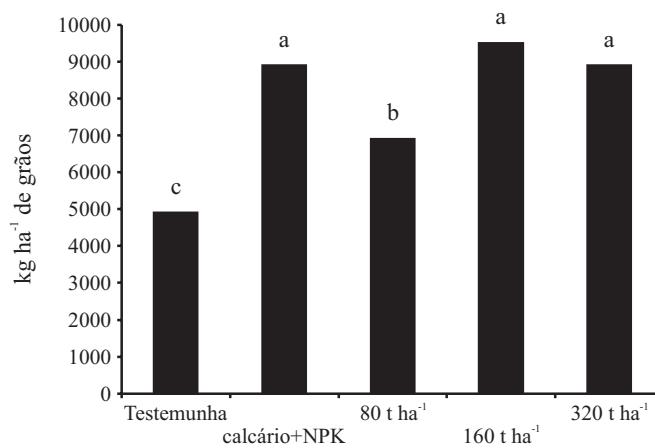


Figura 1. Produção de grãos de milho em solo no qual foram aplicados tratamentos com três dosagens de água residuária e um tratamento com calcário + NPK (média de 5 repetições). Barras seguidas da mesma letra não diferem entre si (Duncan 0,05) (CV = 13,6%)

O fato de que as duas maiores dosagens da água residuária, 160 e 320 t ha⁻¹, tiveram produção de grãos igualada ao tratamento NPK mais calagem, mostra que a dosagem de 160 t ha⁻¹ é suficiente para se obter o mesmo rendimento em grãos que se obteria quando do cultivo de milho, utilizando-se a recomendação oficial de adubação e calagem para a região; da mesma forma, quando se observa que mesmo a menor dosagem indicou rendimento superior ao tratamento testemunha, diz-se que a aplicação de 80 t ha⁻¹ já foi suficiente para a obtenção de ganhos de produtividade em grãos de milho, embora não alcançando os mesmos patamares do rendimento obtido com a adubação mineral e calagem.

Os rendimentos observados com aplicação da água residuária da indústria de enzimas, são ratificados, principalmente pela solubilização das formas minerais de N presentes na água residuária (N amoniacal e N nítrico) aplicadas ao solo e da forma orgânica. As duas maiores dosagens aplicadas ao solo (320 e 160 t ha⁻¹) equivaleriam a 480 e 240 kg de N, respectivamente, levando-se em conta o teor de N mineral na constituição físico-química da água residuária, enquanto a maior dosagem disponibilizou, no solo, teores acima de 305 kg ha⁻¹, que a cultura do milho normalmente extrai do solo durante o seu ciclo vegetativo (Oleinik et al., 1995). Embora a segunda maior dosagem não tenha aportado ao solo N mineral suficiente para suprir as necessidades da cultura do milho ocorreu, sem dúvida, solubilização também de N orgânico já presente no solo e que foi liberado devido ao processo de biodegradação

da matéria orgânica durante o desenvolvimento da cultura. Maiores suprimentos de N às plantas pela aplicação dessa água residuária, foram também observados nos trabalhos de Cavallet et al. (1993, 2003) para as culturas do feijão e da batata, respectivamente.

Constatou-se, portanto, melhoria da fertilidade do solo pela utilização agrícola da água residuária da indústria de enzimas, para a cultura do milho. Como complemento, observou-se que, para esta mesma cultura, ocorreram ganhos de fertilidade quando utilizada a água residuária da suinocultura no solo (Freitas et al., 2004).

pH e acidez no solo

Os valores de pH e acidez potencial (H+Al) no solo, são apresentados na Tabela 2. O maior valor de pH foi constatado no tratamento com a maior dosagem aplicada, sendo que este valor foi equivalente àquele do tratamento com aplicação de NPK + calcário. Embora maiores que o tratamento testemunha, as dosagens de 80 e 160 t ha⁻¹ não alcançaram valores de pH obtidos pela aplicação de calcário, segundo a recomendação oficial para a região e cultura em estudo.

Tabela 2. Valores de pH e acidez extraível (H+Al) em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com milho antes (T0) e após cinco meses da incorporação de água residuária da indústria de enzimas (T1), (média de cinco repetições)

Tratamento	pH (CV = 3,10%)		(H+Al)* (CV = 7,65%)	
	T0	T1	T0	T1
Testemunha	4,50 e	4,72 d	6,8 ab	5,7 c
NPK + calagem	4,56 de	5,60 a	6,7 b	3,8 e
80 t ha ⁻¹	4,50 e	4,96 c	7,2 ab	5,0 d
160 t ha ⁻¹	4,48 e	5,22 b	7,1 ab	4,6 d
320 t ha ⁻¹	4,52 de	5,44 a	7,3 a	3,9 e

*cmol, dm⁻³ solo seco. Números de um mesmo parâmetro com a mesma letra não diferem com teste de Duncan (p > 0,05)

Concordante com os resultados de pH obtidos, os valores de acidez extraível diminuíram a níveis do tratamento NPK + calagem somente onde foi aplicada a maior dosagem da água residuária embora, da mesma forma, tenham apresentado valores menores que o tratamento testemunha. Ficou evidenciada, desta forma, a possibilidade de correção da acidez do solo pela utilização da água residuária da indústria de enzimas e, sendo assim, provavelmente devido ao seu poder de neutralização, cujo valor é de 10,44%, o que demonstra que a água residuária pode neutralizar a acidez do solo em 10,44% de uma mesma quantidade de calcário que tenha eficiência relativa de 100% (van Raij, 1991). Tais resultados demonstram a possibilidade da água residuária ser utilizada para substituição ou complementação da aplicação de calcário no solo, quando das mesmas condições do experimento, porém há necessidade de se estabelecer uma dosagem adequada para não acarretar problemas de contaminação ambiental.

Carbono orgânico, fósforo e potássio

Os dados da Tabela 3 mostram os valores de fósforo, potássio e carbono orgânico antes (T0) e após cinco meses (T1)

da aplicação da água residuária no solo. O potássio presente na água residuária é totalmente solúvel em água, conforme observaram Larsen et al. (1992) e as dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ podem ter disponibilizado, no solo, montantes de aproximadamente 23 e 46 kg de K₂O, porém se observa que no decorrer do experimento não houve variação nos teores de potássio, apesar da provável absorção deste elemento, pela cultura do milho.

Tabela 3. Teores de potássio (K), fósforo (P) e carbono orgânico (C.O.) em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com milho, antes (T0) e após cinco meses da incorporação de água residuária da indústria de enzimas (T1), (média de cinco repetições)

Tratamento	K *		P**		C.O.***	
	(CV = 18,61%)	(CV = 17,54 %)	(CV = 17,54 %)	(CV = 14,93 %)	(CV = 14,93 %)	(CV = 14,93 %)
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
Testemunha	0,15 a	0,14 a	22,8 ab	17,0 c	2,02 a	1,48 bc
NPK+calagem	0,15 a	0,15 a	23,2 ab	18,2 bc	2,12 a	1,56 b
80 t ha ⁻¹	0,15 a	0,13 a	23,4 ab	16,8 c	1,98 a	1,36 c
160 t ha ⁻¹	0,15 a	0,15 a	21,6 abc	21,1 abc	2,02 a	1,52 bc
320 t ha ⁻¹	0,15 a	0,15 a	23,4 ab	24,0 a	2,10 a	1,62 b

*cmol, dm⁻³ solo seco** mg dm⁻³ solo, *** g dm⁻³ solo. Números de um mesmo parâmetro com a mesma letra não diferem pelo teste de Duncan (p > 0,05)

Ao final do experimento, e mesmo para o tratamento testemunha, não houve variação para o nutriente potássio, indicando que o solo utilizado equilibrou o potássio trocável com o potássio na solução do solo. Desta forma, para este experimento a água residuária incorporada ao solo ensejou pouco efeito quanto à disponibilidade de potássio no solo, uma vez que suas características mineralógicas propiciam equilíbrio entre as formas trocáveis e solúveis; já para o elemento fósforo, ocorreu diminuição dos teores durante o experimento, para os tratamentos aos quais foram aplicados 80 t ha⁻¹, da mesma maneira como se deu para o tratamento testemunha, porém mesmo com a absorção desse nutriente pela cultura do milho, as dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ mantiveram os teores de fósforo no solo, nos mesmos níveis que aqueles do tratamento com adubação e calagem, o que está de acordo com o rendimento, em grãos, de milho, como observado na Figura 1, em que as duas maiores dosagens apresentaram rendimento equivalente ao tratamento com adubação e calagem; assim, pode-se dizer que, para esse tipo de solo, a aplicação de 160 t ha⁻¹ de água residuária foi suficiente para disponibilizar, à cultura do milho, teores de fósforo na solução do solo, equivalentes àqueles que a adubação mineral o faria. Tal efeito pode ser decorrente do aporte de fósforo ao solo devido à constituição química da água residuária. Esta forma do elemento fósforo é parcialmente de origem orgânica (Larsen et al., 1992) e, segundo as características da água residuária aplicada ao solo, as dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ podem ter aportado, ao solo, montantes de aproximadamente 192 e 384 kg de P₂O₅ no decorrer do experimento; ambas correspondem a um valor acima de 56 kg de P, valor este normalmente exigido para a cultura do milho, durante o seu ciclo vegetativo (Oleynik et al., 1995).

Mesmo que todo o conteúdo do elemento fósforo tenha sido disponibilizado pela pronta solubilização de formas

minerais e pela biodegradação de formas orgânicas, há que se considerar o equilíbrio de que este elemento mantém, caracteristicamente o fosfato lábil já existente no solo. A solubilização do fosfato lábil é correlacionada com a elevação do pH do solo (van Raij, 1991) o que, neste experimento, ocorreu em consequência da aplicação da água residuária, como demonstrado no item pH e acidez no solo. Desta forma, a aplicação da água residuária da indústria de enzimas pode melhorar as características de fertilidade do solo, no que concerne ao macronutriente fósforo, não somente pelo aporte deste elemento mas, também, pela correção do pH do solo e conseqüente disponibilização de formas insolúveis do fósforo já existente no solo.

A concentração de carbono orgânico no decorrer do experimento, diminuiu em todos os tratamentos, quando se considera o início do experimento (T0) e cinco meses após (T1) quando do final do experimento. Tal diminuição é comum em solos agrícolas em virtude da biodegradação da matéria orgânica em consequência de vários fatores, principalmente aos tratos culturais, que promove maior aeração e, conseqüentemente, maior atividade microbiana (Cardoso, 1992).

Cálcio, magnésio e saturação por bases no solo

Os teores de cálcio, magnésio e saturação por bases, são apresentados na Tabela 4. Segundo as características da água residuária utilizada, a maior dosagem aportou ao solo em torno de 790 kg ha⁻¹ de Ca⁺² mas, de modo geral, a concentração de Ca⁺² ao final do experimento (T1) se manteve nos mesmos níveis daqueles quando do início do experimento (T0) tendo em vista o cálcio presente apresentar baixa solubilidade quando adicionado ao solo, não obstante a sua absorção pela cultura do milho. Entre os tratamentos, observou-se que os níveis desse elemento aumentaram na maior dosagem e no tratamento com NPK + calagem, como esperado.

Tabela 4. Teores de Ca⁺², Mg⁺² e saturação por bases (V%) em Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com milho antes (T0) e após cinco meses da incorporação de água residuária da indústria de enzimas (T1), (média de cinco repetições)

Tratamento	Ca ⁺² * (CV = 19,27%)		Mg ⁺² * (CV = 18,04%)		V % (CV = 14,93%)	
	T0	T1	T0	T1	T0	T1
Testemunha	2,7 cde	2,4 e	1,12 d	1,86 bc	35,1 e	34,4 e
NPK+calagem	3,4 abc	3,9 a	1,24 d	2,56 a	39,6 de	63,3 a
80 t ha ⁻¹	2,5 de	2,6 cde	1,08 d	1,68 c	34,3 e	47,0 cd
160 t ha ⁻¹	2,5 de	2,5 de	1,08 d	1,74 c	34,3 e	52,6 bc
320 t ha ⁻¹	2,9 bcde	3,2 ab	1,16 d	2,16 b	36,4 e	60,3 ab

*cmol_c dm⁻³ solo seco. Números de um mesmo parâmetro com a mesma letra não diferem pelo teste de Duncan (p > 0,05)

Já com relação ao Mg⁺², foram aportados, ao solo, em torno de 612 kg ha⁻¹ com a maior dosagem e, diferentemente do cálcio, ao final do experimento (T1) os teores deste elemento aumentaram quando relacionados com o início do experimento (T0) devido, sem dúvida, à sua maior solubilidade. Apesar de terem aumentado durante o decorrer do experimento, ao seu final apenas o tratamento com NPK + calagem foi superior a todos os demais e também se observou que a maior dosagem

esteve com valores acima dos das outras duas dosagens e da testemunha, devido à maior quantidade de magnésio aportado ao solo.

A saturação por bases (V%) no solo, ao final do experimento, aumentou, em razão da aplicação da água residuária, pois todos os tratamentos tiveram porcentagem acima da testemunha, devido, provavelmente, ao aporte de cálcio, magnésio e sódio presentes na constituição química da água residuária e concomitante insolubilização de alumínio trocável no solo. Entre os tratamentos observa-se, ao final do experimento, que apenas a maior dosagem apresentou valores de saturação por bases iguais ao tratamento NPK + calagem, o que pode indicar que 320 t ha⁻¹ seria a dosagem adequada para substituir a aplicação de calcário para a cultura do milho. Os elementos cálcio, magnésio e a saturação por bases no solo, em consequência da aplicação de água residuária, estão em conformidade com o comportamento característico dos mesmos no solo, quando da utilização de calcário (Volkweiss, 1989).

CONCLUSÕES

1. Ocorreu aumento da fertilidade do solo nos mesmos níveis que a adubação mineral, quando da aplicação das dosagens de 160 e 320 t ha⁻¹ de água residuária.
2. Houve correção da acidez, insolubilização dos teores de alumínio trocável no solo e disponibilização do elemento fósforo, em consequência da incorporação de 320 t ha⁻¹ de água residuária.
3. Não se constatou aumento dos teores de carbono orgânico como consequência da incorporação da água residuária.

LITERATURA CITADA

- Cardoso, J. B. N. E. Ecologia microbiana do solo. In: Cardoso, E. J. B. N.; Tsai, S. M.; Neves, M. C. P. Microbiologia do solo. Campinas: SBCS, 1992. Cap.3, p.33-40.
- Cavallet, L. E.; Lucchesi L. A. C.; Moraes A. de; Schimidt Filho E. Água residuária da indústria de enzimas incorporada em Podzólico Vermelho-Amarelo e produtividade de batata. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, 2003, Ribeirão Preto. Anais... Viçosa: SBCS, 2003. CD-Rom
- Cavallet, L. E.; Moraes, A.; Souza, M. L. P.; Lucchesi, L. A. C.; Perondi, M.; Schmidt Filho, E. Produção de *Phaseolus vulgaris* cultivado em solo fertilizado com água residuária de indústria de enzimas. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 24, 1993, Goiânia. Resumos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.271-272.
- Chodur, N. L. Caracterização de solos na região de Araucária-Contenda-PR. Curitiba: UFPR, 1990. 104p. Dissertação Mestrado EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Boletim Técnico, 57. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1984. 791p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Instrução técnica 8 cultivo da batata *Solanum tuberosum* (L.). Anápolis: EMBRAPA, 1985. 20p.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.
- Ferreira, A. S.; Camargo, F. A. O.; Tedesco, M. J.; Bissani, C. A. Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, p.755-763, 2003.
- Freitas, W. da S.; Oliveira, R. A. de; Pinto F. A.; Cecon, P. R.; Galvão, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2004.
- Gomes Filho, R. R.; Matos, A. T.; Silva, D. D.; Martinez, H. E. P. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.1, p.131-134, 2001.
- IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. O feijão no Paraná. Londrina: IAPAR, 1989. 303p.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. A cultura do milho no Paraná. Londrina : IAPAR, 1991. 270p.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Circular 76: Manual de análise química do solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992. 40p.
- Isherwood, K. F. World plant nutrient resources: directions for the next century. In: Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S.; F. M. S., Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G., Faquim, V., Furtini, A. E., Carvalho, J. G. Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Viçosa: SBCS, 1999. p.123-142.
- LANARV – Laboratório Nacional de Referência Vegetal. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes- métodos oficiais. Brasília: SNTA, 1982. 103p.
- Larsen, A. B.; Funch, F. H.; Hamilton A. H. The use of fermentation sludge as a fertilizer in agriculture. *Water Science Technology*, London, v.24, p.33-42, 1992.
- Oleynik, J.; Bragagnolo, N.; Bublitz, U.; da Silva, J. C. C. Análise de solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados. 3.ed. Curitiba: EMATER-Paraná, 1995. 66p.
- Thompson, M.; Walsh, J. M. Handbook of inductively coupled plasma spectrometry. 2.ed. New York: Chapman and Hall, 1989.p.622
- van Raij, B. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, 1991. 343p.
- Varian. Analytical methods for flame spectroscopy. Austrália: Varian Techtron, 1972.
- Volkweiss, S. J. Química da acidez do solo. In: Seminário sobre Corretivo da Acidez do Solo, 2, 1989, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UFSM, 1989. p.3-7.