

Fertilidade, produção e nutrição de plantas submetidas à água residuária da indústria de enzimas

Fertility and plant growth and nutrition at area submitted wastewater from industrial enzymes

Luís Fernando Roveda^{1*}; Antonio Carlos Vargas Motta²; Jair Alves Dionísio²; Gilvano Ebling Brondani³; Juarez Gabardo⁴ & Ida Chapaval Pimentel⁴; Francine Lorena Cuquel⁵.

RESUMO

O reaproveitamento de resíduo industrial de baixo potencial contaminante na agricultura é uma importante opção de disposição final. Objetivando avaliar o potencial agrônomo de um resíduo líquido da produção de enzimas (RLPE), montou-se um experimento em um Cambissolo cultivado sob plantio direto. Realizaram-se dois tratamentos (sem e com a adição de 50 m³ de RLPE). No solo avaliou-se: pH CaCl₂, (H + Al), P, K, Ca, Mg e V% em 4 profundidades e em três coletas de solo. Avaliaram-se os efeitos em três culturas sucessivas quanto ao rendimento e teores de nutrientes no tecido: feijão (*Phaseolus vulgaris*), consórcio de aveia preta (*Avena strigosa*) + nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e milho (*Zea mays* L.). Aumentos no P do solo foram observados, porém não houve alterações no pH, (H + Al), K, Ca, Mg e V% com uso RLPE, e este não proporcionou variação na produtividade no feijão e no milho, mas foi observado grande aumento na produtividade e ciclagem de nutrientes nas plantas de cobertura (aveia + nabo forrageiro). Não houve alteração na concentração de nutrientes no tecido vegetal do feijão e aveia + nabo que indique alterações no estado nutricional. O RLPE apresentou-se como uma alternativa para fornecimento de P, crescimento e ciclagem de nutrientes na aveia + nabo.

Palavras-chave: resíduo industrial, acidez, milho, feijão, aveia preta.

ABSTRACT

The reuse of industrial waste with low potential contaminant in agriculture is an important option for final disposal. To evaluate the agronomic potential of waste liquid from the production of enzymes (WLPE), set up an experiment in a Cambis soil cultivated under

no tillage. There were two treatments (with and without the addition of 50 m³ of WLPE). It was evaluated in soil pH CaCl₂, (H + Al), P, K, Ca, Mg and V% in 4 depths and in three samples of soil. The effects of three successive crops on the yield and nutrient content in the tissue: black bean (*Phaseolus vulgaris*), a consortium of oat (*Avena strigosa*) + forage turnip (*Raphanus sativus*) and maize (*Zea mays* L.). Increases in soil available P were observed, there were no changes in pH, (H + Al), K, Ca, Mg and V% using RLPE, and this provided no change in productivity in beans and corn, but a large increase in productivity and cycling of nutrients in plant cover (oat + turnip forage) were observed. There was no change in the concentration of nutrients in plant tissue of beans and oats + turnip indicating changes in nutritional status. The RLPE presented as an alternative for the supply of P, growth and cycling of nutrients in oats + turnip.

Key words: residue liquid, acidity, corn, bean, black oat.

INTRODUÇÃO

A preocupação com questões ambientais tem proporcionado modificação no modo de uso do solo e manejo de resíduos. Nas últimas décadas a necessidade de revolvimento do solo vem sendo questionado e vem aumentando em larga escala a adoção de sistemas que gerem o mínimo de revolvimento, como plantio direto, propiciando grande decréscimo na perda de solo e água.

O não revolvimento determina modificações na aplicação de produtos ao solo, como por exemplo, de corretivos da acidez, fertilizantes em geral e resíduos, visto que a maioria é aplicada na superfície e não são incorporadas, gerando em muitos casos acúmulo superficial de nutrientes de baixa mobilidade. Isto é,

^{1*}Eng. Agr. Doutorando do programa Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná, Mario Gomes, n°300, São Br az, CEP 82300550, E-mail: lfroveda@uol.com.br. ²Eng. Agr. Dr. Prof.do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola em solos da UFPR E-mail - mottaacv@ufpr.br

³Eng. Agr. Dr. Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR E-mail - jair@ufpr.br.

⁴Eng. Florestal, Doutorando em Recursos Florestais-Esalq/USP, E-mail - gebrondani@yahoo.com.br.

⁵Eng. Agr. Prof. Departamento de Genética da UFPR E-mail - jgabardo@ufpr.br.

⁵Eng. Agr. Dr. Prof. do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da UFPR E-mail- francine@ufpr.br

(Recebido para Publicação em 27/06/2011, Aprovado em 25/01/2012)

existe um gradiente de concentração para alguns nutrientes, o que pode ser percebido pela análise de solo no perfil. Deve-se considerar ainda que não incorporação faça com que sistemas como plantio direto se aproximem dos ambientes naturais, com relação à distribuição de nutrientes no perfil (SÁ, 1999).

O uso de resíduos líquidos e água residuária com baixo potencial contaminante, vêm sendo intensificado como finalidade de aproveitamento dos nutrientes, diminuindo a pressão sobre fontes minerais, não renováveis. Ao mesmo tempo diminui a necessidade de aterros, minimizando a possibilidade de contaminação ambiental quando dispostos adequadamente (MANTOVANI et al., 2004), sendo assim, essa utilização deve ser precedida de estudos relacionados com as possíveis alterações nas propriedades físico-químicas do solo, no desenvolvimento e crescimento das plantas (FERREIRA et al., 2003).

Enquadrando-se na legislação de aplicação de resíduos, a utilização de águas residuárias, pode apresentar efeitos positivos na fertilidade do solo, como por exemplo, a da criação de suínos que ocasionou aumentos nas concentrações de Ca, K e P e ainda nos resultados da produção de milho (FREITAS et al., 2004) e aveia (DURIGON et al., 2002). Ao estudar o efeito da utilização de água residuária da indústria de enzimas, após tratamento, em um Argissolo, CAVALLET et al. (2006) em experimentos de campo, observaram melhoria da fertilidade do solo como elevação do pH, quedas nas concentrações de Al, que se refletiu em aumento na produtividade do milho. Estes efeitos também são citados por MEDEIROS et al. (2005) com a utilização de águas residuárias de origem doméstica. Ainda FREITAS et al. (2005) cita aumentos nos níveis de P, K, Na, Ca, Mg após aplicação de água residuária da suinocultura.

O NovoGro® provém da produção de enzimas (proteases) da indústria NOVOZYMES LATIN AMERICA LTDA. Possui na sua constituição

nutrientes, principalmente o N, P, K, Ca e Mg além de micronutrientes. Além disso, apresenta poder de neutralização da acidez, que ocorre pelo fato do NovoGro® ser tratado com cal hidratado para a inativação de microrganismos presentes no material.

Diante do exposto buscou-se avaliar os efeitos da aplicação do NovoGro® nos aspectos químicos de um Cambissolo em diferentes profundidades, no rendimento do feijão, milho e aveia e no estado nutricional do feijão e aveia cultivados em Araucária (PR).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi instalado em janeiro de 2005 no município de Araucária PR na propriedade da família Deda, pequeno produtor da região. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo Cfb. A área apresenta relevo suave ondulado (declividade de 3 - 8 %), com altitudes variando entre 860 e 940 m (IAPAR, 2000). O solo do local foi classificado como Cambissolo Háplico Tb Distrófico (EMBRAPA, 2006).

A área era manejada sob plantio direto (PD) e foi dividida em seis blocos de 28 x 40 m cada, e cada bloco continha duas parcelas de 14 x 40 m com dois metros laterais de bordadura. A largura de 14 m foi adotada para permitir duas passadas com o aplicador.

Foram realizados dois tratamentos, um testemunha e outro com a adição de 50 m³ ha⁻¹ do NovoGro®, em uma única aplicação. A dose de 50 m³ foi definida por ser esta a normalmente aplicada pela indústria nas áreas agrícolas da região. O resíduo líquido NovoGro® utilizado (Tabela 1) foi oriundo do substrato da fermentação microbiana da produção de enzimas proteases e da inativação com cal hidratada. Realizaram-se análises de pH em água, macro e micronutrientes baseado na extração com ácido nítrico-perclórico e determinação: ICP-OES, e N com Kjeldahl, conforme metodologia descrita em TEDESCO et al. (1995).

Tabela 1 - Resultado da análise química e física do NovoGro®

Parâmetro	Resultados expressos em base úmida		
pH (CaCl ₂ 0,01 mol l ⁻¹)	12,9	Relação C/N totais	87,3
Densidade (g cm ⁻³)	1,02	Matéria orgânica total	2,96
Umidade total (%)	87,3	(g dm ⁻³)	
Macronutrientes		g kg ⁻¹	
Nitrogênio total (N)	6,51	Magnésio (Mg)	10,7
Fósforo (P ₂ O ₅)	4,43	Enxofre (S)	0,44
Potássio (K ₂ O)	0,3	Sódio (Na)	1,18
Cálcio (Ca)	17,4	Cloro (Cl)	1,26
Micronutrientes		mg kg ⁻¹	
Boro (B)	6,3	Manganês (Mn)	20,1
Cobre (Cu)	3,7	Zinco (Zn)	9,1
Ferro (Fe)	137		

O NovoGro® foi retirado do reservatório da indústria NOVOZYMES LATIN AMÉRICA LTDA localizada em Araucária (PR) por caminhões tanques, onde estava estocado durante duas semanas. Após ser transportado até o local de aplicação, foi transferido para um tanque de 5 m³, acoplado ao trator, sendo distribuído com aplicador tipo leque, sob pressão, com raio de ação de aproximadamente 7 m. O NovoGro® foi aplicado no dia 7/02/2005.

Antes da aplicação foi realizada coleta de solo, para fins de avaliação das propriedades químicas dos solos (Tabela 2), as análises realizadas foram: fósforo (P) Mehlich - 1, potássio (K) Mehlich - 1, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio trocável (Al) por solução de KCl, pH CaCl₂, micro catiônicos (Fe, Mn, Zn e Cu) por solução de HCl 0,1 N e B (Cloreto de bário aquecido em forno de microonda e determinado por calorimetria utilizando azometina-H).

Tabela 2 - Teores de macro e micronutrientes no solo, na profundidade de 0-20 cm em plantio convencional (PC).

Elementos	Macronutrientes												
	pH	pH	Al	H+ Al	Ca	Mg	K	SB	P - Mehlich 1	C	V		
Unidade	CaCl ₂	SMP	-----cmol _c dm ⁻³ -----								(mg dm ⁻³)	(mg dm ⁻³)	(%)
Valor	6,1	6,6	0	3,1	5	2	0,19	7,8	11	27	72		
Elementos	Micronutrientes (mg dm ⁻³)							Argila					
	Zn	Cu	Mn	Fe	B	g kg ⁻¹							
Valor	8,0	1,1	38	101	0,14	496							

Realizaram-se avaliações de parâmetros de fertilidade do solo coletando-se amostras nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Foram realizadas 3 coletas de solo após a aplicação do NovoGro® com um intervalo de quatro meses cada, sendo que a primeira coleta foi realizada em 07/06/2005, amostrando-se apenas as profundidades de 0-10 e 10-20 cm, na segunda (07/10/2005) e terceira (07/02/2006) coletas foram amostradas as quatro profundidades. Todas as amostras foram compostas de 15 amostras simples por parcela e utilizando a mesma metodologia descrita anteriormente.

Após 20 dias da aplicação (27/02/2005) foi semeado o feijão, cultivar IPR Chopin, com espaçamento 0,5 m entre linha e 12 plantas por metro

linear. A cultura recebeu na semeadura 22, 54 e 54 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Para as avaliações foram coletadas aleatoriamente nas parcelas um total de 12 plantas. No estágio V4 coletaram-se as folhas, estas foram lavadas, secas, trituradas e avaliadas quanto aos teores de nutrientes. No estágio R9 coletaram-se os grãos para avaliação da produtividade.

Após a colheita do feijão, em maio de 2005 no dia 13/07/2005 foi realizada a semeadura de nabo forrageiro em consórcio com a aveia preta com quantidades equivalentes de sementes de 120 kg ha⁻¹ de aveia e 5 kg ha⁻¹ de nabo, distribuídas a lanço na superfície do solo, sendo após incorporadas com grade leve. Para avaliação da cultura de inverno foram coletadas amostras na fase de plena floração, sendo coletadas aleatoriamente 4 amostras de 0,25 m²,

selecionadas aleatoriamente dentro de cada parcela. O rendimento de matéria seca da aveia foi realizado em balança de precisão após a secagem em estufa a 60 °C, até atingirem peso constante. Foi ainda retirada a uma amostra para análise química de tecido de planta.

O milho foi semeado no dia 12/11/2005, utilizando-se a cultivar Pioneer 30F53, sobre a cobertura de inverno dessecada, sem adubação de base nem de cobertura. Realizaram-se avaliações de número e peso de espigas e da produtividade. As amostras de espigas foram coletadas aleatoriamente nas parcelas através de quatro pontos de 2,5 m lineares na linha de plantio, totalizando 10 m lineares por parcela. Após foram contadas, pesadas e debulhadas com debulhador mecânico para obtenção da produtividade.

Os manejos adotados no preparo do solo, adubação, plantio e manejo das culturas foram realizados pelo produtor conforme descrito em Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004) e EMBRAPA (2005).

Avaliaram-se os teores no tecido de planta de N, P, K, Ca, Mg sendo realizada em digestão com H₂O₂ + H₂SO₄ concentrado + mistura de digestão e Fe, Zn, Cu, Mn em extrato com HNO₃ + HClO₄ e o B foi determinado nas cinzas de calcinação da amostra. A metodologia de análise de solo e tecido vegetal foi realizada segundo metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995).

O delineamento foi em blocos ao acaso em parcelas subdivididas 2 x 4 x 6 (2 tratamentos, 4 ou 2 profundidades e 6 repetições) e as análises foram feitas para cada coleta individualmente, uma vez que nem sempre se consideraram as quatro profundidades. A ANOVA foi complementada com o teste de Tukey. Em relação as variável produção de matéria seca, rendimentos e teores foliares, a ANOVA também foi complementada com o teste de Tukey a 5%, como

auxílio utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT (SILVA & AZEVEDO, 2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química do solo antes da aplicação do tratamento indica que os valores dos parâmetros pH, Ca, Mg, P e K apresentam-se em níveis médios a alto no solo, com base na interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004), confirmando ser um solo com um longo tempo de utilização e provavelmente com uso elevado de fertilizante e corretivo.

Análises dos dados indicam que não houve interação entre profundidade de coleta e aplicação de NovoGro[®] nos parâmetros avaliados de pH e (H + Al), (Tabela 3). Independente dos tratamentos, os valores de pH encontrados (Tabela 3) foram elevados segundo interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004). Como eram esperados os valores de pH foram maiores em superfície, resultando em valores de H + Al maiores em profundidades, dado provavelmente a aplicação e não incorporação dos corretivos, aliado ainda à sua baixa mobilidade no perfil.

Ausência de variações de pH com o uso do NovoGro[®], nas três épocas coletadas, pode ser explicada pela não incorporação do resíduo que determina um baixo contato da partícula do corretivo aplicado com o solo diminuindo ainda mais as reações. É provável ainda que o NovoGro[®] tenha adicionado elementos que possam apresentar reações ácidas, como nitrificação, o que pode ter afetado também a elevação do pH. CAIRES et al. (2000) relataram que o tempo de reação do calcário aplicado pode variar em função das doses, adubação, tipo de solo, manejo de resíduos culturais, reatividade do corretivo e ainda da pluviosidade.

Tabela 3 - Médias dos tratamentos com e sem aplicação de NovoGro[®] das análises químicas do pH CaCl₂ e (H⁺ + Al⁺³) das coletas de solo um, dois e três nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm, seguido da média das quatro profundidades.

Profundidade	pH CaCl ₂			H + Al (cmol _c dm ⁻³)		
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
MÉDIAS DOS TRATAMENTOS						
0-10	6,6 a	6,1 a	6,3 a	2,5 b	2,9 c	2,58 c
10-20	6,0 b	5,7 b	6,2 a	3,2 a	3,9 b	3,0 b
20-40	-	5,2 c	5,4 b	-	4,4 a	4,3 a
40-60	-	4,9 d	5,2 b	-	4,0 ab	4,0 a
MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES						
COM	6,4	5,5	5,8	2,8	3,8	3,3
SEM	6,2	5,5	5,7	3,0	3,8	3,5

Ausências de letras nas colunas não diferem, letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5%.

As quantidades de corretivo adicionadas em 50 m³ do NovoGro® foram pequenas, visto que CAVALLET et al. (2006) trabalhando também com água residuária da produção de enzimas relatou aumento do pH e quedas no H + Al na maior dose aplicada, sendo esta seis vezes superior (320 Mg ha⁻¹). Ainda FREITAS et al. (2004) e SOARES E BARROS et al. (2003) observaram que os valores de pH permaneceram inalterados com a adição de águas residuárias da suinocultura, sendo que as águas apresentavam pH próximo a oito.

Para os elementos Ca e Mg no solo, observou-se

para todas as coletas (Tabelas 4 e 5) concentrações inferiores em profundidade, devido provavelmente ao baixo transporte destes elementos em profundidade, principalmente do Ca e abaixo de 20 cm (AMARAL et al., 2004b).

Não houve interação entre aplicação e profundidade para o Ca e Mg, na análise de médias das quatro profundidades também não se verificaram diferenças (Tabela 4). Foram aportados ao solo nos tratamentos com a aplicação do NovoGro® quantidades de Ca e Mg equivalentes a 850 e 533 kg ha⁻¹, respectivamente.

Tabela 4 - Médias dos tratamentos com e sem a aplicação do NovoGro® das análises químicas do Ca e Mg das coletas um, dois e três nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, seguida da média das quatro profundidades.

Profundidade	Ca (cmol _c dm ⁻³)			Mg (cmol _c dm ⁻³)		
	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
MÉDIAS DOS TRATAMENTOS						
0-10	6,1 a	5,7 a	6,1 a	3,1 a	2,6 a	2,7 a
10-20	4,4 b	4,0 b	5,3 b	2,8 b	2,3 b	2,3 b
20-40	-	2,2 c	2,5 c	-	1,2 c	1,2 c
40-60	-	1,7 d	1,8 d	-	0,9 d	0,9 d
MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES						
Biomassa						
COM	5,4	3,5	3,9	3,1	1,7	1,7
SEM	5,0	3,4	4,0	2,8	1,8	1,8

Ausências de letras nas colunas não diferem, letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5%. As letras indicam significância para colunas.

CAVALLET et al. (2006), nos tratamentos com água residuária da produção de enzimas, não observaram aumentos do Ca, diferentemente para o Mg, onde observou aumento em relação à testemunha.

Para o P se observou um gradiente de concentração em profundidade de nível, maior na camada de 0-10 cm do que na camada de 40-60 cm (Tabela 5 e 6). Grandes gradientes no perfil para P disponível sob condições onde não ocorre revolvimento do solo vêm sendo constatados dada a sua baixa mobilidade no perfil (SÁ, 1999). Diferente dos demais parâmetros aqui avaliados constatou-se interação entre aplicação e profundidade para valores de P disponível na segunda coleta (Tabela 5) na

camada de 0-10 cm. Já para a primeira coleta, foi constatado efeito da aplicação do NovoGro® no teor de P disponível em relação às médias das quatro profundidades (Tabela 6).

Para a terceira coleta não foi observado variações, o que indica que o efeito residual foi de no máximo oito meses. Elevação no teor P disponível era esperada, pois as quantidades aplicadas ao solo via NovoGro® foram de aproximadamente 220 kg ha⁻¹ de P, sendo que estas doses são consideradas altas para as culturas, mesmo em solos com baixos teores deste elemento, conforme a recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC (2004).

Tabela 5 - Médias das análises químicas do P da interação profundidade e aplicação do NovoGro® da coleta 2 nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.

Profundidade	COLETA 2		
	COM	SEM	MÉDIA
0 – 10	17 aA	11 aB	14 a
10 – 20	5 bA	6 bA	5 b
20 – 40	2 bA	1 bcA	2 c
40 – 60	1 bA	0,6 cA	0,7 c
MÉDIA	7 A	5 B	

Ausências de letras não diferem, letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste TUKEY ao nível de 5%. Letras maiúsculas para linha e minúsculas para coluna.

O elevado aumento na disponibilidade devido à aplicação do resíduo pode em parte também ser explicado ao sistema de plantio direto utilizado na área, visto que, SÁ (1999) relata que com o não revolvimento do solo diminui os pontos de adsorção, além das reações de mineralização com liberação lenta do P orgânico, sendo este elemento menos suscetível a adsorção pelos colóides do solo, indicando maior aumento do P, principalmente na superfície em sistema de plantio direto.

Corroborando com resultados obtidos, CAVALLET et al. (2006), ao aplicarem água residuária da produção de enzimas, verificaram uma melhor

disponibilidade do elemento P no solo somente em doses acima de 160 Mg ha⁻¹.

Para o K não se verificou interação entre profundidade e aplicação do NovoGro® em nenhuma das coletas realizadas. Maiores concentrações de K foram observadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, estas consideradas médias a altas e concentrações médias a baixas nas camadas de 20-40 e 40-60 cm (Tabela 6), conforme interpretação da Comissão de Química e Fertilidade de Solo-RS/SC (2004). Por ser um elemento de grande mobilidade, estas diferenças se devem provavelmente a uma grande ciclagem pelas plantas, o que determina uma pequena perda de K por lixiviação em maiores profundidades.

Tabela 6 - Médias dos tratamentos com e sem aplicação do NovoGro® das análises químicas do P, K e V% das coletas de solo 1, 2 e 3 nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm, e média das quatro profundidades.

Profun	P (mg dm ⁻³)		K (cmol _c dm ⁻³)			V (%)		
	Coleta 1	Coleta 3	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
MÉDIAS DOS TRATAMENTOS								
0 - 10	15 a	15 a	0,30 a	0,26 a	0,16 a	79 a	74 a	77 a
10 - 20	8 b	10 b	0,12 b	0,17 ab	0,09 b	69 b	61 b	72 b
20 - 40		1,5 c		0,20 ab	0,29 c		45 c	46 c
40 - 60		0,8 c		0,04 b	0,02 c		40 d	41 d
MÉDIAS DAS PROFUNDIDADES								
COM	16 a	7	0,23	0,16	0,07	76	56	59
SEM	7 b	6	0,19	0,17	0,09	73	55	59

Ausência de letras não difere, letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de TUKEY ao nível de 5%.

Para o V% nas três coletas realizadas (Tabela 6), observaram-se decréscimo nos valores em profundidade, provavelmente devido às concentrações de Ca e Mg (Tabela 3 e 4), onde se observaram decréscimos em profundidade destes nutrientes. A saturação por bases (V%) (Tabela 6) não mostrou variações após a aplicação do NovoGro®.

CAVALLET et al. (2006), ao aplicarem a água residuária, não observaram alterações nas concentrações de K no solo, nem mesmo na maior dose aplicada, já para o V% observou aumentos nos tratamentos que receberam água residuária, em

concordância com resultados encontrados neste trabalho.

O rendimento obtido para o feijão foi alto (Tabela 7), superando a média estadual do período (safra 04/05) que foi de 685 kg ha⁻¹ segundo a SEAB (2006), indicando que as condições de clima, manejo e a fertilidade foram adequados. Contudo, não houve resposta para o feijão com a aplicação do NovoGro®, o que provavelmente esteja relacionada à alta fertilidade do solo utilizado, o qual apresentava teores de nutrientes em níveis médios a alto (Tabela 2), segundo interpretação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo-RS/SC (2004). Além disso, a cultura recebeu

considerável dose de adubo mineral (NPK) na semeadura, o que pode ter contribuído para a ausência de resposta. Ausências de resposta à

adubação em solos com alta e média fertilidade foram relatadas por MALLARINO (1997), para cultura do feijão.

Tabela 7. Valores referentes à avaliação do número e peso de espigas e produção média do milho, feijão e aveia + nabo após a aplicação do NovoGro®.

Tratamento	Espigas ha ⁻¹	kg espiga ⁻¹		Produtividade (kg ha ⁻¹)	
		Milho		Feijão	Aveia + Nabo
Com	53.750	0,111	5.188	3027	4064 a
Sem	59.375	0,095	4.998	2674	2918 b

Resultados com ausência de letra não diferem, com letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Diferente da cultura do feijão, a cobertura de inverno, aveia preta, foi afetada (Tabela 7) pelo uso do NovoGro® com um aumento de 966 kg ha⁻¹, o que equivale a um aumento do rendimento em aproximadamente 45 % na área que recebeu o NovoGro®. Os resultados sugerem que parte dos nutrientes aplicados via NovoGro® ao solo tenha liberação lenta e/ou grande efeito residual, assim como fora obtido por ROCHA et al. (2004) em *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido.

Como a análise química do solo, antes da aplicação do NovoGro®, indicaram elevados teores de P, K, Ca e Mg, sugere-se que o efeito obtido não esteja associado a estes elementos, mas sim ao N. As doses de N adicionada à cultura do feijão via NovoGro® foram em geral, superiores às normalmente recomendadas para a cultura. Embora seja um elemento de grande mobilidade, efeitos residuais da adubação mineral aplicada em doses elevadas têm sido observados de uma cultura para outra (ASSMANN, 2002). Ainda, o N tem sido o nutriente com maior efeito no crescimento da aveia, e o que freqüentemente mais limita a sua produção de fitomassa (DERPSCH et al., 1985). GOMES FILHO et al. (2001) observaram aumentos na produção de aveia em tratamentos hidropônicos com água residuária da suinocultura.

Assim como para o feijão, a produtividade média do milho (Tabela 7) mesmo sem a adição do tratamento ultrapassou a produção média estadual que é de 5,1 Mg ha⁻¹ segundo a SEAB (2006), sem nenhuma adubação na semeadura, reafirmando as boas condições de fertilidade do solo.

Sendo assim, o milho já não usufruiu o efeito residual da aplicação do NovoGro®. CAVALLET et al. (2006) observaram aumentos significativos para a cultura do milho cultivado logo após aplicar água residuária da produção de enzimas. Discordando com resultados aqui obtidos, Oliveira et al. (2004), ao trabalharem com a aplicação de diferentes laminas de água residuária, observaram maiores produções para o milho.

Uso do NovoGro® não proporcionou mudanças nos teores de nutrientes do feijão e aveia + nabo, para nenhum elemento avaliado. Embora, para a aveia + nabo (Tabela 8) tenha ocorrido aumento na produtividade. Assim, não foi possível confirmar a importância do N na melhoria da produtividade das plantas de cobertura, sugerindo influência do efeito diluição parte aérea da aveia + nabo forrageiro.

Ainda, os teores de N, P, K, B, Zn e Cu na folha do feijão (Tabela 8) foram próximos aos valores considerados adequados para a cultura.

Tabela 8. Médias das análises químicas de macro e micronutrientes do tecido vegetal do feijão e da aveia preta + nabo forrageiro de amostras coletadas após a aplicação do NovoGro®.

Cultura	Tratam.	TEORES FOLIARES									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----				
FEIJÃO	Com	27	3	15	47	14	629	90	25	9,2	27
	Sem	26	3	17	46	12	761	82	29	9,5	34
AVEIA + NABO	Com	15	2	27	5	3	65	65	20	4,3	6
	Sem	16	2	26	6	3	121	61	19	4,2	8

Resultados com ausência de letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Já para o Ca e Mg se observou valores superiores aos encontrados na literatura, isto devido provavelmente à elevada fertilidade presente no solo (PAULETTI, 2004). Também foi encontrado valor elevado de Fe no tecido de feijão o que não era esperado visto o elevado valor de pH do solo utilizado.

Na média das exportações pelo grão também não foram encontradas diferenças entre os tratamentos em nenhum dos sistemas (Tabela 9). Para cada 1 Mg de grãos produzidos foram exportados do solo na média

quantidade de 32, 4, 14, 1 e 2 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, respectivamente, e para os micros de 252, 11, 29, 12 e de 16 g ha⁻¹ Fe, Mn, Zn, Cu e B, respectivamente.

Segundo dados apresentados por PAULETTI (2004), os valores exportados em cada 1 Mg produzido foram de 35,1, 4,4, 15, 3,4, 2,6 e 5,7 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, respectivamente, e para os micros de 86,7, 9,9, 31,6, 13,3 e 17,7 g ha⁻¹ de Fe, Cu, Zn, B e Mn, respectivamente, demonstrando valores próximos ao encontrado neste trabalho.

Tabela 9 – Média dos resultados referentes à extração total de nutrientes pelo grão de feijão IPR Chopin após a aplicação do NovoGro®.

Tratam.	Grão									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
	-----kg ha ⁻¹ -----					-----g ha ⁻¹ -----				
Com	97	13	42	4,0	5,0	519	30	87	36	51
Sem	86	11	36	4,0	4,7	919	33	81	31	43

Resultados com ausência de letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Para a cultura de inverno (Tabela 10), observou-se que com a aplicação do NovoGro® todos os macronutrientes e ainda para o Mn, Zn e Cu apresentaram valores superiores no tratamento que recebeu a aplicação do NovoGro® e esta diferença esta ligada ao fato da aveia e aveia + nabo apresentarem produtividades superiores (Figura 1) nos tratamentos com a aplicação, sendo assim maiores quantidades de nutrientes foram extraídas pelas culturas.

A quantidade extraída pela cultura da aveia preta

+ nabo para cada 1 Mg produzido de matéria seca foi de 19, 3, 33, 7 e 3 em kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, já para os micros foi de 108, 78, 24, 5 e de 8 g ha⁻¹ de Fe, Mn, Zn, Cu e B, respectivamente. PAULETTI (2004) cita valores para as quantidades extraídas pela aveia semelhantes as encontrados neste trabalho. PRIMAVESI et al. (1999) ao testar dois tipos de aveia, com as variedades São Carlos e UPF, observaram no primeiro corte realizado valores próximos de extração aos encontrados neste trabalho.

Tabela 10 – Quantidades totais de nutrientes extraídos pela aveia + nabo no plantio direto (PD) após a aplicação do NovoGro®.

Are.	Trat.	-----kg ha ⁻¹ -----					-----g ha ⁻¹ -----				
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
PD	Com	60 a	8,9 a	110 a	21 a	10,6 a	265	264 a	79 a	17 a	22
	Sem	47 b	6,4 b	77 b	17 b	7,9 b	351	178 b	55 b	12 b	21

Ausências de letras não diferem estatisticamente, letras diferentes diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados indicam que além de proporcionar uma melhor proteção do solo no inverno, dado ao aumento na produtividade, constatou-se uma maior ciclagem de nutrientes, sendo assim menores são as perdas por lixiviação principalmente do N, K e B, proporcionando um melhor reaproveitamento dos nutrientes aplicados na cultura a médio e longo prazo.

CONCLUSÕES

1) Biomassa NovoGro® mostrou aumento sobre o teor de P disponível no solo na dose utilizada com efeito residual de 8 meses, mas não houve efeito sobre o pH, H + Al, K, Ca, Mg e V% .

2) O uso do NovoGro® não proporcionou nenhuma variação na produtividade do feijão e no milho. Entretanto mostrou-se eficiente no aumento da produtividade na cultura de aveia consorciada com nabo forrageiro, indicando que o produto apresenta efeito residual superior a quatro meses.

3) Aplicação do NovoGro® não teve efeito sobre os teores de nutrientes no tecido das plantas.

4) A exportação de nutrientes pelo feijoeiro não foi afetada pela aplicação do NovoGro®, enquanto que a reciclagem de todos os nutrientes, com exceção Fe e B no consórcio aveia preta + nabo, foi maior com a aplicação do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADO, T. J. C.; SANTI, A. A. ACOSTA, J. A. A. Adubação nitrogenada na aveia preta. II - Influência na decomposição de resíduos, liberação de nitrogênio e rendimento de milho sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 27, n. 6, p. 1085-1096, 2003.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHS, R. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 359-367, 2004b.

ASSMANN, T. S.; RONZELLI JÚNIOR, P. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária Sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de Trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p.113-132, 2002

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 161-169, 2000.

CAVALLET, L. E.; LUCCHESI, L. A. C.; MORAES, A. et al. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 10ª ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n 7, p. 761-773, 1985.

DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. et al. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 6, p. 983-992, 2002.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

EMBRAPA. Sistema de produção. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>> Acessado em 10/01/2005.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J. et al. 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**. v. 27, n. 4, p. 755-763, 2003.

FREITAS, W. Da S.; OLIVEIRA, R. A. de; PINTO F. A. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.13, n. 2, p. 95-102, 2005.

FREITAS, W. da S.; OLIVEIRA, R. A. de.; PINTO F. A. et al. 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. et al. 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. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. em: http://iapar.br/Sma/Cartas_Climaticas/Cartas_Climaticas.htm. 4 Abril. 2000.

MALLARINO, A. P. Manejo de fósforo e potássio y starters para maiz y soya en siembra directa. In: **Congreso Nacional de Aapresid**, 5, 1997, Mar del Plata,. Conferências. p.11-19.

MANTOVANI, J. R.; CORRÊA, M. C. M.; CRUZ, M. C.C. et al. Uso Fertilizante de Resíduo da Indústria Processadora de Goiabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 339-342, 2004.

MEDEIROS S. De S.; SOARES, A. A.; PAULO A. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 603-612, 2005.

OLIVEIRA, R. A. de; FREITAS, W. Da S.; GALVÃO, J. C. C. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura nas características nutricionais do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 357-369, 2004.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2. ed. Castro: Autor, 2004. v. 1, 86p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; GODOY, R. Extração de nutrientes e eficiência nutricional de

ROVEDA et al. Fertilidade, produção e nutrição de plantas submetidas à água residuária da indústria de enzimas

cultivares de aveia, em relação ao nitrogênio e a intensidades de corte. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, vol. 56, n.3, p. 613-620, 1999.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M.; Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 623-639, 2004.

SÁ, J. C. de M, Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; LOPES, A. S, GUILHERME. et al. (eds). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS, 1999. p. 267-319.

SEAB. **Grãos, algodão e outras culturas – PR - Evolução da área colhida e da produção obtida**.

<<http://pr.gov.br/seab/deral/epcpr.xls>> 05 de Fevereiro. 2006.

SILVA, F. de A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOARES e BARROS L. S.; AMARAL, L. A. DO.; LUCAS JÚNIOR, J. de. Poder poluente de águas residuárias de suinocultura após utilização de um tratamento integrado. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. Jaboticabal, v. 40, n. 2, p. 126-135, 2003.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. **Análise de solo, planta e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de solos, 1995. 174p.