

SEÇÃO IX - POLUIÇÃO DO SOLO E QUALIDADE AMBIENTAL

POPULAÇÕES MICROBIANAS EM SOLO AGRÍCOLA SOB APLICAÇÃO DE LODOS DE CURTUME⁽¹⁾

Luiz Ermindo Cavallet⁽²⁾ & Pedro Alberto Selbach⁽³⁾

RESUMO

Resíduos gerados por curtumes são produtos potencialmente poluentes em várias regiões do Brasil, principalmente no Estado do Rio Grande do Sul. Uma das alternativas para a destinação final dos lodos resultantes do tratamento da água residuária dos curtumes é o descarte e reciclagem via solo. O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação telada, com o objetivo de avaliar o efeito da adição de dois tipos de resíduos originados do tratamento primário de água residuária de curtume sobre as populações microbianas do solo. Foi utilizado um Argissolo distrófico arênico, com 10 % de argila, e típico da região de Estância Velha do Estado do Rio Grande do Sul, onde se concentram indústrias de curtume. Foram utilizados lodo de curtimento com Cr e lodo de curtimento com tanino, em dosagens correspondentes à aplicação de 15, 30 e 60 t ha⁻¹, juntamente com tratamentos com esterco de curral bovino, com adubação mineral e controle. Foram determinados no solo os teores de Cr, C orgânico, pH e populações microbianas de bactérias, fungos e actinomicetos. A utilização agrícola de até 60 t ha⁻¹ de lodo de curtimento com Cr e de até 30 t ha⁻¹ de lodo de curtimento com tanino ocasionou aumento da eficiência do processo de biodegradação desses resíduos no solo. À exceção de lodo de curtimento com Cr para o grupo de fungos, a aplicação de ambos os tipos de lodos de curtume, de alguma forma, favoreceu o aumento das populações de bactérias, fungos e actinomicetos no solo. As populações de bactérias tiveram crescimento mais acentuado, quando comparado com o de populações de fungos e actinomicetos e apresentaram estreita relação com a quantidade de matéria orgânica no solo. Os lodos de curtume utilizados aumentaram os valores de pH, os teores de C orgânico e de Cr no solo. A aplicação dos lodos de curtume não diminuiu o processo de biodegradação em níveis abaixo daqueles encontrados no solo em seu estado natural.

Termos de indexação: indicadores de qualidade do solo, atributo biológico, cromo, carbono orgânico, pH.

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo primeiro autor no curso de Microbiologia Agrícola e do Ambiente da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho apresentado no XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007 (Gramado, RS).

⁽²⁾ Professor Adjunto do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual do Paraná-UNESPAR, Caixa Postal 236, CEP: 83203-560, Paranaguá-PR, email: luizcvl@yahoo.com

⁽³⁾ Professor Associado do Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Caixa Postal 15.100, CEP: 91501-970, Porto Alegre-RS, email: pedro.selbach@ufrgs.br

SUMMARY: MICROBIAL POPULATIONS AFFECTED BY THE SOIL DISPOSAL OF TANNERY SLUDGE

Tannery residues are potential pollution sources in several regions of Brazil, mainly in the State of Rio Grande do Sul. One of the alternatives for the final destination of the sludge resulting from the waste water treatment of tanning industries is the disposal and recycling in the soil. To evaluate the effects of two waste types originated from primary treatment of tannery residual water on soil microbial populations, an open air pot experiment was carried out in a Paleudult soil with ten percent clay from Estância Velha, Rio Grande do Sul State, Brazil, where several tannery industries are located. Mineral fertilization was compared to sludge application of 15, 30 and 60 t ha⁻¹ of sludge originated either from tannin or Cr tanning agents. One treatment with cattle manure and a control were also included. Chromium soil, organic C concentrations, pH and bacteria, fungi and actinomyces populations were determined. Biological degradation was efficient for sludge with Cr up to 60 t ha⁻¹ level and for tannin sludge up to 30 t ha⁻¹ dose. Except for the sludge with Cr on the fungus population, the bacteria, fungi and actinomyces populations were stimulated by tannery sludge application. Due to the organic matter concentration in the soil, bacteria microbial populations were stimulated more than fungi and actinomyces. Chromium, pH and organic C increased as a result of the soil disposal of tannery sludges. The application of both tannery residues did not decrease the biological degradation process when compared to normal soil levels.

Index terms: soil quality indicator, biological attribute, chromium, organic carbon, soil pH.

INTRODUÇÃO

No processamento do couro no Brasil, desde a matéria-prima (couro cru) até o acabamento, são gerados aproximadamente 10 kg de resíduos (base seca) por pele processada, ou 270.000 t ano⁻¹, sendo 150.000 t ano⁻¹ somente no Estado do Rio Grande do Sul. Dependendo da finalidade a que se destina o produto acabado do couro, existem variações no processo de curtimento, que pode ser feito com tanino (vegetal), com Cr ou pela mistura de ambos. O curtimento com Cr tem sido o mais utilizado (Castilhos, 1998).

O manuseio e o descarte de forma adequada dos resíduos de curtume representam um custo elevado na operação de um curtume. A utilização agrícola do lodo gerado pelo tratamento de resíduo de curtume é uma alternativa viável de descarte, diante do elevado teor de proteína e, conseqüentemente, de N (Tedesco al., 1999), assim como do teor de matéria orgânica (Costa et al., 2004). Desta forma, os resíduos de curtume, como outros tipos de resíduos que contenham alta carga orgânica, têm na reciclagem do material orgânico uma das principais justificativas para sua utilização agrícola. Os resíduos orgânicos alteram diretamente as características biológicas do solo, pois atuam como fonte de C, energia e nutrientes para os microrganismos quimioheterotróficos e, por meio da mineralização de N e S em compostos orgânicos, atuam como fonte de energia aos microrganismos quimioautotróficos (Mielniczuk, 1999).

Embora apresentem a característica favorável da presença de nutrientes para os microrganismos, os lodos de curtume têm também características tidas como não-desejáveis do ponto de vista ambiental e agrícola, tais como: altos teores de formas de Cr e características químicas capazes de elevar excessivamente o pH dos solos (Selbach et al., 1991). Assim, o estabelecimento de indicadores biológicos sensíveis a essas possíveis alterações químicas é uma ferramenta importante do ponto de vista do monitoramento ambiental do descarte ou utilização agrícola de resíduos de curtume nos solos.

Em geral, a toxidez de Cr para a maioria dos microrganismos ocorre na faixa de 0,05 a 5 mg kg⁻¹ de substrato (World Health Organization, 1988), mas aplicações de lodos de curtume com até 500 mg kg⁻¹ de Cr trivalente não reduziram as populações de bactérias, actinomicetos e fungos, sendo observado inclusive aumento da atividade microbiana (Castilhos et al., 2000). Tem sido observado que a atividade microbiana, avaliada pela produção de CO₂, pode ser maior em solos contaminados como conseqüência de maior consumo de energia dos microrganismos para garantir sua sobrevivência (Leita et al., 1995).

As quantidades de lodo de curtume a serem aplicadas ao solo devem ser controladas para evitar aumentos excessivos do pH, pois Tedesco et al. (1999) apontam um valor máximo do pH na ordem de 6,5, e valores acima disto podem acarretar deficiências de alguns micronutrientes para as plantas, cuja disponibilidade diminui com a elevação do pH.

Tendo em vista que análises microbiológicas podem ser ferramentas importantes no monitoramento da poluição do solo, elas podem ser utilizadas para o monitoramento ambiental da utilização agrícola de resíduos de curtumes. A quantificação de bactérias, fungos e actinomicetos é uma destas análises e pode ser obtida diretamente por microscopia ou avaliada por métodos indiretos, como é o caso da contagem em placas de Petri, onde se utilizam meios de cultura específicos para cada grupo desses microrganismos (Jahnel et al., 1999).

O presente trabalho considera a hipótese de que as quantificações de bactérias, fungos e actinomicetos constituem indicador das condições biológicas do solo no processo de biodegradação de resíduos de curtume. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a variação das populações desses grupos de microrganismos, juntamente com as variações de pH, C orgânico e teores de Cr, quando da aplicação de dosagens crescentes de dois tipos de lodos oriundos do tratamento primário de água residuária de curtume, utilizando um Argissolo característico do município de Estância Velha (RS).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação telada, sob condições climáticas naturais, sendo as análises laboratoriais físicas e químicas de amostras de solo e lodos realizados nos laboratórios do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Foi utilizado solo pertencente à unidade de mapeamento Bom Retiro, localizado em Estância Velha (RS) e classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (Embrapa, 1999). Foram utilizados dois tipos de lodos “in natura” oriundos de curtumes completos, sendo um com curtimento ao tanino e outro com curtimento ao Cr. Foram estabelecidos os tratamentos descritos a seguir, seguidos da respectiva simbologia: 15 t ha⁻¹ de lodo de curtume com Cr, “CR15”; 30 t ha⁻¹ de lodo de curtume com Cr, “CR30”; 60 t ha⁻¹ de lodo de curtume com Cr, “CR60”; 15 t ha⁻¹ de lodo de curtume com tanino, “TN15”; 30 t ha⁻¹ de lodo de curtume com tanino, “TN30”; 60 t ha⁻¹ de lodo de curtume com tanino, “TN60”; sem aplicação de lodo, “controle”; adubação mineral em que se utilizaram 4 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, 250 kg ha⁻¹ de P (SFT), 260 kg ha⁻¹ de K (KCl), 40 kg ha⁻¹ de N (uréia), seguindo recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFSRS/SC, 2004), “formulação mineral”; adubação orgânica com 15 t ha⁻¹ de esterco de curral bovino, “esterco”.

As unidades experimentais consistiram em tubos de PVC com 30 cm de diâmetro e 70 cm de altura, com 42 dm³ de solo. Os dois tipos de lodos foram

coletados no mesmo dia em que foram coletados o solo e o esterco de curral e, uma semana após a coleta, realizou-se a caracterização física e química dos lodos. O experimento foi instalado aproximadamente um mês após a coleta dos lodos, e os tratamentos foram aplicados de forma homogênea na camada de 0-20 cm, e, por seu teor de umidade, o lodo de curtimento com tanino requereu um adensamento prévio por meio de secagem em estufa a 45 °C por um período de 4 dias.

A coleta de amostras para determinações biológicas e químicas de solo foi realizada 80 dias após a incorporação dos lodos de curtume. Após a coleta, as amostras de solo para as determinações biológicas foram imediatamente armazenadas sob refrigeração a 4 °C e, 16 h após, foram iniciadas as análises laboratoriais para a quantificação dos microrganismos.

As análises laboratoriais para a contagem microbiana do solo foram feitas por meio de diluições sucessivas em placas de Petri (Allen, 1957); para as populações de fungos, utilizou-se o meio de cultura de Martin (Menzies, 1965), com sementeira de 0,2 mL de inóculo; para as populações de bactérias, foi utilizado o meio específico de Thornton (Parkinson et al., 1971), e, para as populações de actinomicetos, utilizou-se o meio caseinato-dextrose-ágar (Clark, 1965). O procedimento para a sementeira dos inóculos e contagens de colônias de bactérias e actinomicetos foi feito utilizando-se o sistema automático “Spiral Plate” (Gilchrist et al., 1977).

A caracterização física e química do solo indicou os seguintes valores: pH em água (1:2,5) = 4,5; pH (SMP) = 5,8, teor de argila = 100 g kg⁻¹; C orgânico = 6,7 g dm⁻³; P = 1,0 mg dm⁻³; K = 12,0 mg dm⁻³; Mn = 22 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 2,0 mmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 1 mmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 18 mmol_c dm⁻³; Na⁺ = 1,4 mmol_c dm⁻³, calagem para elevar o pH a 6,0 = 4,0 t h⁻¹, Cr total = 6,2 mg dm⁻³.

No experimento, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições e o estudo estatístico foi efetuado pela análise da variância, seguido do teste de Duncan (p<0,05) para comparação de médias. Para estudar comparações entre C orgânico e populações microbianas, foi utilizada a análise de correlação de Pearson e os dados foram considerados estatisticamente significativos para p<0,05. No estudo de correlação, utilizaram-se como menor dosagem os valores correspondentes ao “tratamento-controle” (0 t ha⁻¹). Para a análise estatística, utilizaram-se os dados de contagem das populações microbianas sem transformação para forma logarítmica.

RESULTADOS

Os teores de C orgânico, N e Na são marcantes no lodo de curtimento com tanino. Observa-se que o lodo

de curtimento com Cr apresenta elevado teor deste elemento, na forma trivalente, e a não-deteção de sua forma hexavalente. Valores significativos observados estão relacionados com o poder de neutralização, com o pH, assim como com o teor de Ca e Mg no lodo de curtimento com Cr.

Quadro 1. Características físicas e químicas dos lodos oriundos do tratamento primário da água residuária de curtume

Atributo	Lodo com tanino	Lodo com cromo
Carbono orgânico (g kg ⁻¹)	660	210
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	50,4	31,0
Relação C/N	13,1	6,8
Fósforo total (g kg ⁻¹)	2,1	2,0
Potássio total (g kg ⁻¹)	1,7	0,8
Cromo total (mg kg ⁻¹)	34	8.040
Cromo hexavalente	ND	ND
pH em água	7,1	9,4
Poder de neutralização (%)	11	47,0
Cálcio total (g kg ⁻¹)	86,8	179,0
Magnésio total (g kg ⁻¹)	2,1	140,0
Sódio total (g kg ⁻¹)	34,1	15,0
Enxofre total (g kg ⁻¹)	13,5	14,7
Manganês total (g kg ⁻¹)	2,7	5,4
Sólidos a 60 °C (g kg ⁻¹)	870	790,0
Sólidos a 105 °C (g kg ⁻¹)	810	730,0

ND: Não detectado

Os tratamentos em que houve a aplicação do lodo de curtimento com Cr apresentam destacada elevação dos teores do elemento Cr na sua forma trivalente, quando comparados aos outros tratamentos (Quadro 2). Por sua vez, o C orgânico ocorreu em maior teor nos tratamentos com lodo de curtimento com tanino, diferenciando-se significativamente dos outros tratamentos.

Os valores de pH do solo aumentaram significativamente nos tratamentos com lodo com Cr e com lodo de tanino, sendo excessivos nas dosagens mais altas, 30 e 60 t ha⁻¹ no lodo de Cr e 60 t ha⁻¹ no lodo de tanino, quando comparados aos tratamentos formulação mineral (calagem + fertilizante) (Quadro 2). Nas doses de 15 t ha⁻¹ de lodo com Cr e 30 e 60 t ha⁻¹ de lodo de tanino, os valores de pH do solo equivaleram-se aos do tratamento com calagem.

O quadro 3 apresenta a quantificação das populações de bactérias, fungos e actinomicetos no solo sob aplicação dos dois tipos de lodos de curtume juntamente com os tratamentos, controle, formulação mineral e esterco.

Quadro 2. Teor de cromo total, pH e carbono orgânico (CO) no solo sob aplicação de 15, 30 e 60 t ha⁻¹ de lodo de curtume com cromo (CR) e com tanino (TN)

Tratamento	Cr total	pH	CO
	mg kg ⁻¹	água	g dm ⁻³
Controle	6,0 c	4,8 g	6,7 dc
Formulação mineral	5,6 c	6,9 d	6,0 d
Esterco	5,7 c	5,2 f	8,4 bc
CR15 t ha ⁻¹	90 b	7,8 bc	7,6 dc
CR30 t ha ⁻¹	159 a	8,1 ab	7,6 dc
CR60 t ha ⁻¹	182 a	8,3 a	9,0 bc
TN15 t ha ⁻¹	8,3 c	6,3 e	7,1 dc
TN30 t ha ⁻¹	6,4 c	6,8 d	10,1 b
TN60 t ha ⁻¹	6,4 c	7,6 c	15,2 a

Números seguidos da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan (f<0,05). CR: lodo de curtimento com Cr seguido da dosagem. TN: lodo de curtimento com tanino seguido da dosagem.

Observa-se que, onde foi aplicado lodo de curtimento com Cr, não houve diferenciação nas populações de fungos, porém houve aumento desses nos tratamentos com aplicação de lodo de curtimento com tanino, ainda que somente nas menores dosagens, quais sejam TN15 e TN30 (Quadro 3). Com relação à quantidade de bactérias no solo, observa-se que ocorreu aumento em todos os tratamentos com lodos de curtume, para Cr e tanino, com maior expressão nas maiores dosagens.

Semelhantemente ao que ocorreu com as populações de bactérias, houve tendência de aumento nas populações de actinomicetos onde houve a aplicação de ambos os tipos de lodos, porém o mesmo só ocorreu de fato na dosagem intermediária (CR30) para o lodo com Cr e para a maior dosagem para o lodo de curtimento com tanino (TN60) (Quadro 3). Por outro lado, observa-se que a aplicação de ambos os tipos de lodos em nenhum momento ocasionou diminuição das populações de bactérias, fungos e actinomicetos no solo quando comparada com o tratamento controle, esterco e formulação mineral.

Verifica-se correlação significativa e positiva entre os teores de C orgânico e populações de bactérias, sendo R² = 0,90 (p = 0,026) onde se utilizou lodo de curtimento com tanino e R² = 0,94 (p < 0,015) onde se utilizou lodo de curtimento com Cr (Figura 1). Houve também estreita relação entre as populações de actinomicetos (R² = 0,87; p < 0,034) e a concentração de C orgânico nos tratamentos onde se utilizou lodo de curtimento com tanino.

Quadro 3. Unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias, fungos e actinomicetos no solo sob aplicação de dosagens de 15, 30 e 60 t ha⁻¹ de lodo de curtume com cromo (CR) e com tanino (TN)

Tratamento	Bactérias	Fungos	Actinomicetos
	UFC 10 ⁶ g ⁻¹ solo seco	UFC 10 ³ g ⁻¹ solo seco	UFC 10 ⁵ g ⁻¹ solo seco
Controle	25,4 b	0,42 c	10,7 cd
Formulação mineral	8,4 b	0,44 c	7,9 cd
Esterco	2,2 b	0,40 c	5,2 d
CR15 t ha ⁻¹	43,7 ab	0,74 c	17,6 bc
CR30 t ha ⁻¹	76,8 ab	0,34 c	23,3 ab
CR60 t ha ⁻¹	127 a	0,24 c	17,8 bc
TN15 t ha ⁻¹	8,5 b	2,95 a	12,6 bcd
TN30 t ha ⁻¹	80,4 ab	2,22 b	12,3 bcd
TN60 t ha ⁻¹	134 a	0,84 c	30 a

Números seguidos da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Duncan (*f*<0,05). CR: lodo de curtimento com cromo seguido da dosagem. TN: lodo de curtimento com tanino seguido da dosagem.

DISCUSSÃO

Com relação às características físicas e químicas de ambos os lodos utilizados no experimento (Quadro 1) observa-se que as dosagens utilizadas do lodo de curtimento com Cr foram suficientes para ocasionar significativo aumento do teor de Cr no solo. Da mesma forma, também foi observado aumento do pH do solo, uma vez que o lodo com Cr apresenta valores destacados para tais atributos com poder de neutralização e teores de Ca e Mg elevados. Isso é concordante com outros autores (Selbach et al., 1991; Konrad & Castilhos, 2002; Castilhos et al., 2002).

O lodo com curtimento com tanino apresentou aumento do teor de C orgânico no solo, o que deve ter resultado em melhoria das condições nutricionais para os microrganismo do solo. Isso fica evidente quando se observa estreita relação entre as populações de bactérias e concentração de C orgânico do solo (Figura 1). O C orgânico apresentou-se como estimulador das populações de microrganismos o que é concordante com o fato de a matéria orgânica ser um dos principais fatores associados ao incremento de biomassa microbiana como indicador biológico do processo de biodegradação de resíduos no solo (Mielniczuk, 1999; Tedesco et al., 1999).

De maneira adversa, o lodo com curtimento ao tanino apresentou elevado teor de Na o que é considerado prejudicial, quando o descarte desse tipo de lodo é para a utilização agrícola no solo (Aquino Neto & Camargo, 2000).

Com a determinação da quantidade de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de bactérias, fungos e actinomicetos, foi possível avaliar, ainda que de forma indireta, os efeitos da aplicação das dosagens crescentes dos dois tipos de lodos de curtume utilizados no solo. Esse indicador pode ser utilizado para estimar a biodegradação de compostos orgânicos dos lodos de curtume no solo. De forma geral, houve aumento do número das populações de bactérias, actinomicetos e fungos em consequência da aplicação no solo de ambos os lodos. Isso demonstra que o processo de biodegradação dos resíduos de curtume no solo, de forma geral, não foi inibido com as aplicações das dosagens. Tal estímulo é apontado como sendo, principalmente, derivado do aporte de nutrientes para os microrganismos no material orgânico presente nos lodos (Tedesco et al., 1999).

Com relação à população de fungos, a dose de 60 t ha⁻¹ de lodo de tanino apresentou evidências de impedimento do processo de desenvolvimento desse grupo de microrganismo, uma vez que não houve estímulo como nos tratamentos com menor dosagem. Embora se perceba presença de maior teor de C orgânico aportado no solo, a maior dosagem estabeleceu condições químicas semelhantes àquelas também encontradas nos tratamentos com resíduo de curtimento com Cr, como um excessivo valor de pH

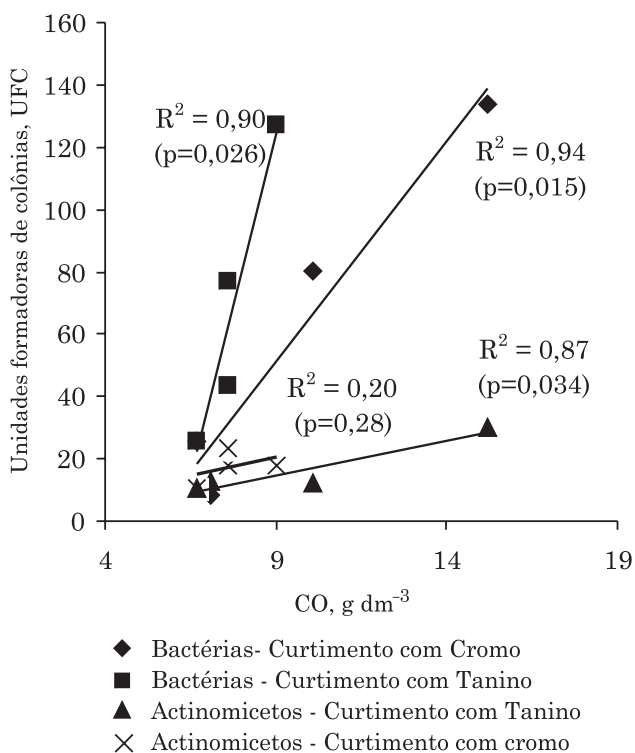


Figura 1. Relação entre C orgânico x populações de bactérias (UFC x 10⁶ g⁻¹ solo seco) e CO x populações de actinomicetos (UFC x 10⁶ g⁻¹ solo seco) sob solo incorporado com lodos de curtume (média de 4 repetições).

(Quadro 2). As populações de fungos foram desfavorecidas em relação às populações de bactérias e actinomicetos, uma vez que estas apresentam mais competitividade nas inter-relações do fator biótico na comunidade microbiana do solo (Black, 2002). Embora tenha havido aumento das populações microbianas do grupo das bactérias (Quadro 3) de acordo com as dosagens crescentes do lodo de curtimento com Cr, o valor máximo do pH ultrapassou 6,5 o que pode implicar deficiências de alguns micronutrientes para as plantas, cuja disponibilidade diminui com a elevação do pH (Tedesco et al., 1999).

O aumento das populações microbianas no solo com a aplicação de lodo de curtume com Cr também é concordante com o que observaram Fortes Neto et al. (1991), para os grupos de bactérias e actinomicetos. Por outro lado, aumentos das populações de bactérias, fungos e actinomicetos no solo, em função da aplicação dos lodos de curtume, não foram observados por outros autores tais como Ferreira et al. (2003), ainda que eles apresentassem, concomitantemente, resultados de estímulos à atividade microbiana. A atividade microbiana relacionada com a utilização agrícola de resíduos de curtume com Cr também foi avaliada por Passianoto et al. (2001) e os mesmos não encontraram alteração da mesma. Isso concorda com o que afirmaram Leita et al. (1995), quando apresentam evidências de que nem sempre a atividade microbiana do solo tem relação direta com o aumento das populações de bactérias, fungos e actinomicetos.

Por fim, observa-se que a aplicação de ambos os tipos de lodos não ocasionou diminuição do número de indivíduos das populações de bactérias, fungos e actinomicetos, quando comparada à do tratamento controle, formulação mineral e esterco (Quadro 3). Essa condição aponta para o fato de que as características físicas e químicas dos lodos de curtume aplicados não acarretaram impedimentos do processo de biodegradação dos mesmos no solo.

CONCLUSÕES

1. Com exceção do lodo de curtimento com Cr para o grupo de fungos, a aplicação de ambos os tipos de lodos de curtume, de alguma forma, favoreceu o aumento das populações de bactérias, fungos e actinomicetos no solo.

2. Verificou-se correlação significativa ($p < 0,05$) entre a população de bactérias e o teor de C orgânico quando da aplicação de quantidades crescentes de ambos os tipos de lodos de curtume, e às populações de actinomicetos, quando da aplicação de somente lodo de curtimento com tanino.

3. A aplicação dos lodos de curtume não acarretou prejuízos às populações microbianas em níveis abaixo daqueles encontrados no solo em seu estado natural.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul - FAPERGS, pela concessão de bolsa de Iniciação científica; Ao CNPq/RHAE, pela concessão de Bolsa de Pós-Graduação de Mestrado e à Associação das Indústrias de Curtume do Rio Grande do Sul – AICSUL, pelo auxílio financeiro em equipamentos, material de uso permanente e de consumo.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, O.N. Experiments in soil bacteriology. Madison, Burgess, 1957. 117p.
- AQUINO NETO, V. & CAMARGO, A. Crescimento e acúmulo de cromo em alfaca cultivada em dois Latossolos tratados com CrCl_3 e resíduo de curtume. R. Bras. Ci. Solo, 24:225-235, 2000.
- BLACK, J.G. Microbiologia: Fundamentos e perspectivas. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2002. 829p.
- CASTILHOS, D.D. Alterações químicas e biológicas devidas à adição de resíduos de curtume e de cromo hexavalente ao solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 197p. (Tese de Doutorado)
- CASTILHOS, D.D.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. R. Bras. Ci. Solo, 26:1083-1092, 2002.
- CASTILHOS, D.D.; VIDOR, C. & CASTILHOS, R.M.V. Atividade microbiana do solo suprido com lodo de curtume e cromo hexavalente. R. Bras. Agroci., 6:71-76, 2000.
- CLARK, F.E. Aerobic spore – forming bacteria. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.2. p.1473-1476.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFSRS/SC. Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- COSTA, C.N.; MEURER, E.J.; BISSANI, C.A. & SELBACH, P.A. Contaminantes e poluentes do solo e do ambiente. In: MEURER, E.J. Fundamentos de química do solo. 2.ed. Porto Alegre, Gênese, 2004. p.207-237.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 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. R. Bras. Ci. Solo, 27:755-763, 2003.
- FORTES NETO, P.; CAVALLET, L.E. & SELBACH, P.A. Microorganismos do solo em função da incorporação de lodo de curtume como cromo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., Porto Alegre, 1991. Anais. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. p.309.

- GILCHRIST, J.E.; DONNELLY, C.B.; PEELER, J.T. & CAMPBELL, J.E. Collaborative study comparing the spiral plate and aerobic plate count methods. *J. AOAC*, 60:807-812, 1977.
- JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N. & DIAS, C.T.S. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. *R. Bras. Ci. Solo*, 23:553-559, 1999.
- KONRAD, E.E. & CASTILHOS, D.D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrentes da adição de lodos de curtume. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:257-265, 2002.
- LEITA, L.; NOBILI, M.; MUHLBACHOVA, G.; MONDINI, C.; MACHIOL, L. & ZERBI, G. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass during laboratory incubation. *Biol. Fert. Soil*, 9:103-108, 1995.
- MENZIES, J.D. Fungi. In: BLACK, C.A. *Methods of soil analysis*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.1502-1505.
- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.1-8.
- PARKINSON, D.; GRAY, T.R.G. & WILLIAMS, S.T. *Methods for studying the ecology of soil microorganisms*. Oxford, Adlard, 1971. 116p.
- PASSIANOTO, C.C.; CASTILHOS, D.D.; LIMA, R.M.V. & LIMA, A.C.R. Atividade e biomassa microbiana no solo com a aplicação de dois diferentes lodos de curtume. *R. Bras. Agroci.*, 7:125-130, 2001.
- SELBACH, P.A.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C. & CAVALLET, L.E. Descarte e biodegradação de lodos de curtume. *R. Couro*, 81:83-94, 1991.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & WOLKWEISS, S.J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C. & CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. *Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.159-196.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Chromium*. Geneva, 1988.

