

Carbono e nitrogênio no solo e na biomassa microbiana em glebas com diferentes usos e períodos de aplicação de dejetos líquidos de suínos¹

Denilson Dortzbach², Iria Sartor Araujo³, Carla Maria Pandolfo⁴ e Milton da Veiga⁵

Resumo – A substituição da floresta por culturas anuais e pastagens, bem como a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS), pode causar alterações na química do solo e nas propriedades biológicas. Para avaliar as variações de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) no solo, e carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) no solo, foi realizado um diagnóstico em propriedades da Microbacia Coruja/Bonito, no município de Braço do Norte, Santa Catarina. As parcelas de milho e pastagem naturalizada amostradas foram definidas de acordo com o período de aplicação de DLS, sendo de aproximadamente 5, 10 e 20 anos. Posteriormente, foram divididos em intervalos: curto (inferior a 10 anos) e longo (superior a 10 anos). Os atributos foram avaliados na camada de até 10cm, e o CO foi analisado pelo método de oxidação úmida, o NT pelo método de Kjeldahl e o CBM e o NBM pelo método de fumigação de extração. O uso de DLS em diferentes períodos de aplicação não alterou as características dos solos avaliados. As maiores concentrações de CO e CBM ocorreram no solo sob floresta, e maiores valores de NT e NBM foram observados nos solos sob pastagem. O solo sob a cultura do milho apresentou os menores valores médios para todos os atributos estudados. Os parâmetros avaliados foram bons indicadores de mudanças nas propriedades do solo devido ao uso.

Termos para indexação: adubação orgânica, mata, pastagem, milho.

Carbon and nitrogen content in soil and microbial biomass in soils with different uses and periods of pig slurry application

Abstract – The replacement of the forest by annual crops and pastures, as well as the application of pig slurry (PS), can cause changes in soil chemical and biological properties. To evaluate changes in organic carbon (OC) and total nitrogen (TN) in the soil, and carbon in the microbial biomass (CMB) and nitrogen in the microbial biomass (NBM) in the soil, a diagnosis was performed in properties of Coruja/Bonito watershed, municipality of Braço do Norte, Santa Catarina, southern Brazil. The sampled plots of corn and naturalized pasture were defined according to the period PS application, approximately 5, 10 and 20 years. Later periods were divided into ranges: short (less than 10 years) and long (more than 10 years). The attributes were evaluated in the up-to-10cm soil layer, and the OC was analyzed by the method of wet oxidation, NT Kjeldahl method, and CMB and NBM by the method of fumigation-extraction. The period of PS application did not affect the values of the parameters evaluated. The highest concentrations of OC and CMB occurred in the soil under forest, and higher values of TN and NBM occurred in pasture soil. The soil under maize had the lowest mean values for all the attributes studied. The parameters evaluated were good indicators of changes in soil properties due to use.

Index terms: organic fertilization, forest, pasture, maize.

Introdução

A retirada da vegetação original para ceder lugar às pastagens e culturas anuais tem mostrado alterações químicas e biológicas no solo, tanto pelas modificações nas características do solo, quanto pela ação direta dessas práticas sobre os organismos. Nessa conversão da vegetação natural

em glebas agrícolas, verificam-se em regiões tropicais modificações que causam quebras nos ciclos de carbono e nutrientes (Malavolta, 1987).

Os estoques de carbono e nitrogênio de um solo dependem da quantidade de resíduos animais ou vegetais aportados anualmente, da taxa de conversão desses resíduos em matéria orgânica (MO) do solo e da taxa de mineralização

da MO. A biomassa microbiana (BM) responde rapidamente à adição de C e N prontamente disponíveis, atuando como reservatório de nutrientes, promovendo a imobilização temporária de elementos minerais, reduzindo as perdas por lixiviação, tornando possível sua disponibilidade às plantas (Espindola et al., 2001).

O dejetos líquido de suínos (DLS) é ►

Recebido em 9/8/2011. Aceito para publicação em 20/5/2013.

¹ Trabalho conduzido com recursos do CNPq – Edital MCT/CNPq/CT-Agronegócio Nº 43/2008.

² Engenheiro-agrônomo, M.Sc., Epagri / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), C.P. 502, 88034-901 Florianópolis, SC, fone: (48) 3239-8033, e-mail: denilson@epagri.sc.gov.br .

³ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri / Ciram, fone: (48) 3239-8018, e-mail: iriaaraujo@epagri.sc.gov.br.

⁴ Engenheira-agrônoma, Dra., Epagri / Estação Experimental de Campos Novos, BR-282, Km 342, Bairro Trevo, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, fone: (49) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

uma importante fonte de nutrientes para as plantas, especialmente de N, incrementando o rendimento e a produtividade das culturas. A aplicação continuada de dejetos na mesma gleba resulta no aumento da disponibilidade de macronutrientes, que pode influenciar na atividade dos microrganismos decompositores e nas taxas de decomposição (Port, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) do solo e carbono da biomassa microbiana (CBM) e nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) em glebas sob mata nativa e cultivadas com milho e pastagem naturalizada com diferentes históricos de aplicação com DLS na microbacia Coruja/Bonito, município de Braço do Norte, SC.

Material e métodos

O estudo foi realizado em glebas de propriedades rurais na Microbacia Coruja/Bonito (Figura 1), localizada entre os paralelos 28°17'22" e 28°10'23" latitude sul e os meridianos 49°09'25" e 49°04'13" longitude oeste, município de Braço do Norte, sul do estado de Santa Catarina, onde a produção de suínos é a principal atividade econômica. O clima da região é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen (1948), e os solos predominantes são das classes Cambissolo e Argissolo (Embrapa, 2004).

As glebas amostradas foram definidas em função do período de aplicação de DLS, sendo de aproximadamente 5, 10 e 20 anos, através da aplicação de questionários aos produtores. Posteriormente, os períodos foram divididos em faixas: curto (até 10 anos) e longo (maior que 10 anos).

Foram amostradas glebas sob cultivo de milho, utilizado para produção de grãos ou silagem, com preparo do solo no sistema convencional (aração + gradagens), resultando em revolvimento do solo e incorporação de resíduos culturais e do DLS. Além disso, foram amostradas glebas com campo



Figura 1. Microbacia Coruja/Bonito, Braço do Norte, SC. Vista parcial

naturalizado (pastagem) e com mata, a qual foi utilizada como referência da condição original do solo, sem a aplicação de DLS (período de aplicação igual a zero). Foram realizadas três repetições para cada combinação de tipo de uso e período de aplicação.

O CO e o NT foram determinados na camada de até 10cm de solo, em amostras compostas por sete subamostras coletadas com pá de corte. Para determinação do CMB e do NBM, foram coletadas amostras compostas por oito subamostras na mesma camada, utilizando-se trado tipo caneco.

As determinações de CO e NT foram realizadas no laboratório de solos da Epagri de Chapecó. Para a determinação do CO foi utilizado o método de oxidação úmida, e para NT o método de Kjeldahl, conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

Utilizou-se o método de fumigação-extração de Vance et al. (1987) e Tate et al. (1988) para análise de CBM, e o método de Brookes et al. (1985) para análise de NBM, realizados no laboratório de solos da UFSC. A quantificação do carbono microbiano foi feita pelo método modificado por Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise estatística para obtenção das

médias e dos desvios-padrão para cada nível do fator estudado, considerando-se que as glebas amostradas representam uma amostra da população de glebas de cada sistema de uso ou período de aplicação de DLS.

A comparação entre as médias dos dois períodos de aplicação (curto e longo) foi realizada através da distribuição de Student, de acordo com a “teoria das pequenas amostras” ou “teoria exata de amostragem” (Spiegel, 1977), utilizando-se a média e o desvio-padrão das amostras, tomadas duas a duas, para calcular o valor “t”. As médias apresentam diferenças significativas quando o valor “t” calculado estiver fora do intervalo entre $-t_{\alpha}$ e t_{α} , tabelado para N-2 graus de liberdade dessa comparação, sendo α o nível de significância estabelecido e N o número de observações.

A comparação entre os usos (mata, milho e pastagem) foi feita através da análise de variância e o posterior teste de Duncan, utilizando 5% de nível de significância.

A análise de correlação de Pearson, entre os atributos químicos e biológicos do solo, foi feita agrupando-se os dados de tempo de uso (5, 10 e 20 anos) em cada uso do solo estudado (milho ou pastagem), utilizando-se o software Statística 7.0.

Resultados e discussão

Os valores médios de NT, CO, NBM e CBM e as relações NBM:N e CBM:C (Tabela 1) nos diferentes períodos de aplicação de DLS (curto e longo) não apresentaram diferenças para os parâmetros avaliados.

Para o CO essa diferença não significativa entre períodos de aplicação com DLS ocorre, provavelmente, pelo fato de a disponibilidade de C ser temporária e pelos baixos teores de matéria seca presente do DLS, que geralmente apresentam valores médios de aproximadamente 3% (Scherer et al., 1996).

Além disso, os valores similares se devem ao fato de que, com o aumento do período de uso do solo sob pastagem, principalmente quando adubadas, os valores de CO do solo, em função da adição de C, elevaram-se progressivamente. Moraes (1991) registrou conteúdos de carbono e nitrogênio concentrados, principalmente na camada superficial, em solos da Bacia Amazônica devido à intensa deposição de resíduos orgânicos originados a partir da morte do sistema radicular das gramíneas.

O valor de CO foi influenciado pelo tipo de uso de solo (Tabela 2), sendo os menores valores observados nas glebas cultivadas com milho (13,1g/kg), com redução de 28,7% de CO do solo em comparação com a mata. Não foram observadas diferenças significativas

entre as glebas de pastagem e mata.

Tal redução se relaciona ao fato de esse tipo de cultivo restituir menor quantidade de material vegetal ao solo quando comparado com glebas de mata e pastagens, principalmente quando ele é destinado à produção de silagem de planta inteira. Além disso, a diminuição de CO do solo cultivado com milho pode estar relacionada com o revolvimento do solo para implantação das forrageiras de inverno e mesmo da cultura do milho, que resulta em aumento da atividade microbiana e, conseqüentemente, da mineralização da MO do solo.

O solo sob mata (Tabela 2) apresentou o maior valor de CBM (522,7mg/kg) na camada de até 10cm do que as glebas sob pastagem (397mg/kg) e milho (172mg/kg).

Entre os fatores responsáveis por condições mais favoráveis ao aumento do CBM nas glebas sob mata, destaca-se o aporte contínuo de materiais orgânicos, que forma uma camada superficial com material orgânico em diferentes graus de decomposição e a maior diversidade florística da mata, resultando na deposição de substratos orgânicos oxidáveis com composição variada (D'Andréa et al., 2002). Assim, as condições distintas do solo sob mata, juntamente com a ausência de perturbações decorrentes de atividade antrópica, contribuíram para maiores valores de CBM.

A redução do valor de CBM na cultura do milho reflete o maior impacto

da cultura anual sobre a qualidade do solo devido ao menor aporte de material orgânico, implicando menor imobilização temporária de nutrientes, resultante das piores condições para o desenvolvimento da microbiota, causando, conseqüentemente, maiores perdas de nutrientes entre o sistema solo-planta.

Oliveira (2000) relatou que houve redução de até 50% do CBM nas glebas com culturas anuais em relação às glebas sob mata nativa. No presente estudo, a redução do CBM do solo da gleba de mata para a cultura do milho foi ainda maior, chegando a aproximadamente 68%.

A quantidade de C imobilizado como BM foi menor na cultura do milho, indicando perdas de C nesse sistema (Tabela 2). Nos demais usos do solo (pastagem ou mata), a relação CBM:CO foi superior a 2,2. Isso indica que a dinâmica da MO do solo sob culturas anuais é bem mais lenta do que na mata e na pastagem, com entradas bem menores de material orgânico tanto na parte aérea como no sistema radicular.

Matos (2006), em experimento conduzido no estado do Paraná, avaliou as alterações nos atributos químicos e microbiológicos em Latossolo Vermelho cultivado em sistema de plantio direto, com aplicação de diferentes doses de DLS por nove anos, e observou valores para a relação CBM:CO de 1,5% para a testemunha, e variação de 1,8% a 2,2% entre as doses de 30 a 120m³/ha/ano de ►

Tabela 1. Valores médios de NT, CO, NBM e CBM, nos diferentes períodos de aplicação de DLS

Período de aplicação	NT	CO	NBM	CBM	NBM:NT	CBM:CO
	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	1:1	1:1
Curto (< 10 anos)	1,9 a	14,7 a	47 a	281 a	2,4 a	1,9 a
Longo (>10 anos)	2,4 a	16,7 a	52 a	305 a	2,1 a	1,7 a

Notas: - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (Student) a 5% de significância.

- NT = nitrogênio total; CO = carbono orgânico; NBM = nitrogênio da biomassa microbiana; CBM = carbono da biomassa microbiana.

Tabela 2. Valores médios de NT, CO, NBM e CBM, nos diferentes usos do solo

Uso	NT	CO	NBM	CBM	NBM:NT	CBM:CO
	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	1:1	1:1
Mata	2,1 ab	18,2 b	50,0 b	522,7 c	2,4 b	2,9 c
Milho	1,6 a	13,1 a	28,2 a	172,0 a	1,8 a	1,3 a
Pastagem	2,5 b	17,8 b	67,6 c	397,0 b	2,7 b	2,3 b

Notas: - Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

- NT = nitrogênio total; CO = carbono orgânico; NBM = nitrogênio da biomassa microbiana; CBM = carbono da biomassa microbiana.

DLS, semelhante ao que ocorreu neste estudo.

Em relação ao NT, mesmo tendo sido observada elevação nos valores devido ao excesso de aplicação com DLS, não ocorreram diferenças entre os períodos curto e longo (Tabela 1). Isso pode ser explicado pelo fato de, neste trabalho, estar sendo avaliada apenas a variável período de aplicação, e não a frequência e as doses de DLS aplicadas ao longo desse período.

Para os usos (Tabela 2), o NT do solo no cultivo com milho (1,6g/kg) apresentou o menor valor, visto que a aplicação é realizada apenas antes da semeadura, que diferiu do solo sob pastagem (2,5g/kg), na qual a quantidade e a frequência de aplicação anual de DLS são maiores. O valor de NT na mata (2,1g/kg) foi intermediário, não diferindo dos valores encontrados para o milho e para a pastagem.

Outro fator que está associado aos maiores valores de NT na pastagem é o volume mais elevado de resíduos vegetais que retornam ao solo e também aos maiores estoques de CO nesse sistema de uso. O maior armazenamento de CO implica maior disponibilidade de NT, uma vez que mais de 95% do NT do solo está presente na

forma orgânica (Camargo et al., 1999).

Os valores do NBM na camada de até 10cm no solo apresentaram diferenças entre os usos avaliados. O conteúdo de NBM foi maior na pastagem, seguido da mata e com valores menores observados na cultura do milho (Tabela 2).

A maior quantidade de NBM encontrada na pastagem pode indicar maior potencial de mineralização de N. O NBM correspondeu a 1,8%, 2,4% e 2,7% do NT respectivamente nas glebas de milho, mata e pastagem (Tabela 2), encontrando-se dentro da faixa ideal determinada por De Polli & Guerra (1999), entre 1% e 5% do NT do solo.

As relações NBM:NT são estimativas indiretas da qualidade nutricional da MO. Portanto, a BM foi menos eficiente na imobilização de C e N nas glebas de milho quando comparada com as glebas de pastagem. A maior relação NBM:NT representa maior capacidade da microbiota do solo em armazenar frações significativas do NT em sua BM, representando uma fração lábil desse nutriente para a planta (Gama-Rodrigues et al., 1997). No presente estudo a relação NBM:NT variou de 1,8% a 2,7%, enquanto no estudo realizado por Matos (2006) a porcentagem de NBM em relação ao NT

apresentou valores médios de 2% para a testemunha e entre 3,42% e 3,52% para tratamentos com doses de resíduo de suíno.

Observando-se os valores de r na Tabela 3, percebe-se que há correlação entre os atributos químicos e biológicos estudados, com alto grau de dependência estatística linear entre as variáveis. Pelos resultados encontrados, de maneira geral, as correlações mais elevadas ocorreram no solo com cultivo de milho, as quais foram positivas entre todas as variáveis avaliadas.

Nesse caso, houve correlação positiva e significativa entre CO e CBM (0,98), CO e NBM (0,99), CO e NBM:NT (0,95), CBM e NBM (0,97), CBM e CO (0,99), CBM e NBM:NT (0,99) e CBM:CO e NBM:NT (0,99). Essas correlações reforçam a necessidade de utilização de sistemas que priorizem a manutenção de restos culturais na superfície nesse cultivo.

Na pastagem foi observada correlação positiva e significativa somente entre CO:NT e CBM:CO (0,97), e negativas e significativas entre NBM e CO:NT (-0,99) e NBM e CBM:CO (-0,97), indicando que, para essa condição de uso, à medida que o atributo nitrogênio aumenta, o carbono diminui.

Tabela 3. Coeficiente de correlação(1) de Pearson entre atributos químicos e biológicos do solo, agrupados pelo uso

		CO	CBM	NT	NBM	CO:NT	CBM:CO	NBM:NT
CO	Milho	1,00	0,98 ⁽¹⁾	0,93	0,99 ⁽¹⁾	0,70	0,95	0,95 ⁽¹⁾
	Pastagem	1,00	0,42	0,72	-0,04	-0,11	-0,10	-0,90
CBM	Milho		1,00	0,84	0,97 ⁽¹⁾	0,82	0,99 ⁽¹⁾	0,99 ⁽¹⁾
	Pastagem		1,00	-0,31	-0,90	0,83	0,86	-0,77
NT	Milho			1,00	0,94	0,40	0,77	0,81
	Pastagem			1,00	0,66	-0,77	-0,74	-0,35
NBM	Milho				1,00	0,67	0,94	0,96
	Pastagem				1,00	-0,99 ⁽¹⁾	-0,97 ⁽¹⁾	0,46
CO:NT	Milho					1,00	0,88	0,83
	Pastagem					1,00	0,97 ⁽¹⁾	-0,33
CBM:CO	Milho						1,00	0,99 ⁽¹⁾
	Pastagem						1,00	-0,34
NBM:NT	Milho							1,00
	Pastagem							1,00

⁽¹⁾ Correlações ('r') significativas (p < 0,05).

Conclusões

O uso de DLS em diferentes períodos de aplicação não alterou os atributos dos solos avaliados (NT, CO, CBM e NBM).

As maiores concentrações de CO e CBM ocorreram no solo sob mata se comparado com os cultivos de milho e pastagem.

O valores mais elevados de NT e NBM ocorreram no solo sob pastagem quando comparado à mata e à pastagem.

O solo sob cultivo de milho apresentou os menores valores médios para todos os atributos estudados, porém foi o que apresentou correlações positivas entre todos os atributos.

Os parâmetros avaliados se mostraram bons indicadores de alterações nas propriedades do solo em função do uso.

Agradecimentos

Aos agricultores Aticus Heidmann, José Heidmann, Dilma Ricken, Valério Philippi, Aldo Heinzen, Jaime Michels, Mauro Buss, Sidinei Voss, Lucas Kniess, Altair Rohling, Jaime Michels e Nilo Ricken, que cederam suas glebas para estudo. E aos extensionistas Rogério Dias de Andrade e Luiz Carlos Lunardi pela colaboração em todas as etapas do projeto.

Literatura citada

- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G. et al. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure soil microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.17, n.6, p.837-842, maio 1985.
- CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. et al. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.117-137.
- CUNHA, J.L. **Impacto ambiental em sistema de pastagem sob aplicações de esterco líquido de suínos**. 2009. 91f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009.
- EMBRAPA SOLOS. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPq, 2004. 1 CD-ROM; mapa color. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 46).
- ESPINDOLA, J.A.A.; ALMEIDA, D.L.; GUERRA, J.G.M. et al. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.8, n.1, p.104-113, dez. 2001.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.361-366, jul. 1997.
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478p.
- MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. (Eds.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.
- MATOS, M.A. **Atributos químicos e microbiológicos do solo após aplicações de resíduos de suínos em sistema de plantio direto**. 2006. 91f. Dissertação (Mestrado em Química dos Recursos Naturais) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2006.
- MORAES, J.F.L. **Conteúdos de carbono e nitrogênio e tipologia de horizontes nos solos da Bacia Amazônica**. 1991. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 1991.
- OLIVEIRA, J.R.A. **O impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado**, 2000. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, DF, 2000.
- PORT, O. **Uso de dejetos de suínos em sistema plantio direto: volatilização de amônia, N mineral no solo, fornecimento de nutrientes e produtividade de plantas de cobertura e de milho**, 2002. 132f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2002.
- SCHERER, E.E.; AITA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: Epagri, 1996. 46p. (Epagri. Boletim técnico, 79).
- SPIEGEL, M.R. **Estatística: resumo da teoria**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 580p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, Netherlands, v.36, p.703-707, mar. 1987. ■