

FRAÇÕES FÍSICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO E LODO DE ESGOTO

RIBERSKI, K. T. V.¹; DUCHEIKO, H. A. S.¹; TRYBEK, M.²; RAMALHO, B.³

¹Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - Rua dos Funcionários, 1540 – CEP 80035 050 Curitiba PR.

²Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo e Nutrição de Plantas – Avenida Pádua Dias, 11 – CEP 13418 900 Piracicaba SP.

³Universidade Tuiuti do Paraná – Rua Padre Ladislau Kula, 395 – CEP 82010 210 Curitiba PR.

RESUMO

Aplicação de práticas de manejo do solo contribuem para o aumento de carbono e nitrogênio. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de lodo de esgoto tratado na dose de 18 t ha⁻¹ sob sistemas de produção de monocultivo e consórcio no acúmulo de carbono e nitrogênio no solo e em suas frações físicas. O experimento foi conduzido a campo no ano de 2022 em São José dos Pinhais-PR, em delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram: cultivo de milheto (*Pennisetum glaucum*) em plantio solteiro na ausência de lodo de esgoto (T1), milheto em plantio solteiro na presença de lodo de esgoto (T2), milheto consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) na ausência de lodo de esgoto (T3), e milheto consorciado com amendoim na presença de lodo de esgoto (T4). As concentrações de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) da matéria orgânica particulada (MOP) e da matéria orgânica humificada (MOH) do solo foram determinadas via combustão seca em analisador elementar Vario EL III. O lodo de esgoto aumentou as concentrações e estoques de COT e NT no solo (0-20 cm) em ambos os sistemas de produção; porém sem diferenças quando comparado o efeito isolado do consórcio sobre o monocultivo. As concentrações de COT e NT na MOP contribuíram significativamente para os aumentos desses elementos na fração física da MOH. A continuação do experimento para avaliações futuras se faz necessário para obtenção de resultados que possam averiguar as hipóteses levantadas.

Palavras-chave: Biossólido; Consorciação; Carbono; Nitrogênio.

INTRODUÇÃO

Diante da grande dependência de importações de fertilizantes, a busca por novas alternativas aos adubos químicos tradicionais se torna cada vez mais necessária. Entre as estratégias utilizadas está o uso de lodo de esgoto tratado, o qual pode ser enquadrado como um passivo ambiental. O descarte desse resíduo é realizado em aterros, o que potencialmente pode vir a causar impactos negativos na conservação do solo como também a contaminação de lençóis freáticos, somado à oferta de risco à saúde pública (Bertol et al., 2019), mas que por outro lado, tem mostrado uma grande eficiência em correção e adubação de solos.

A aplicação de técnicas conservacionistas promovem a recuperação gradativa da qualidade dos solos do planeta. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura - FAO (2022) as técnicas e princípios da agricultura conservacionista fundamentam-se em três pilares: 1) revolvimento mecânico mínimo; 2) preservar a cobertura vegetativa; e 3) rotacionar as culturas com objetivo de diversificar as espécies. Dentro de um dos princípios básicos, a cobertura vegetal, sendo preservada ou cultivada, proporciona proteção contra aumento de temperatura do solo, oferta de matéria orgânica, reciclagem de nutriente, cobertura do solo, entre outros benefícios (Bertol et al., 2019).

As plantas utilizadas no sistema de conservação têm como função o incremento de matéria orgânica para o solo e aporte de nutrientes, tais como nitrogênio e carbono orgânico, via aporte de resíduos superficiais. Entre as vantagens da consorciação entre leguminosas e gramíneas, à exemplo de milho (*Pennisetum glaucum*) com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), está o maior incremento de matéria orgânica no solo e acúmulo de nutrientes, a fixação biológica de nitrogênio estimulada e o seu uso pela gramínea, a diversificação de sistemas radiculares, permitindo o acesso a nutrientes de várias camadas do solo, bem como a descompactação, e a relação C/N equilibrada, em comparativo com cultivo solteiro, o que acarreta em fornecimento de nitrogênio e proteção do solo (Filho et al. 2023).

Tendo como hipótese a promoção de maior incremento de carbono e nitrogênio nas frações físicas da matéria orgânica do solo com aplicação de lodo de esgoto tratado associado ao sistema de consorciação de milho e amendoim forrageiro, este estudo avaliou a influência do lodo de esgoto tratado associado à adubação química sob sistemas de produção de monocultivo e consórcio no acúmulo de matéria orgânica do solo e suas frações físicas (matéria orgânica particulada e matéria orgânica humificada).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Pé da Serra pertencente a Universidade Tuiuti do Paraná, localizada em São José dos Pinhais-PR, cujas coordenadas são 25°43'17"S 49°06'30"W, sob um Cambissolo Háplico Tb distrófico (GEOINFO, 2022) com histórico de sucessão de milho sob preparo convencional a mais de 20 anos. O clima da região é classificado segundo Köppen como Cfb subtropical úmido, com temperaturas médias mensais variando entre 13,0 °C no mês mais frio e 23,0 °C no mês mais quente, e precipitações médias anuais de 1400 mm (INMET, 2009).

O lodo de esgoto tratado (LE) foi fornecido pela estação de tratamento de esgoto da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, o qual foi tratado com CaO (cal) para sua viável e segura utilização em solos agrícolas, e cujas informações sobre a sua composição química estão apresentadas na Tabela 1. As sementes de milho (*Pennisetum glaucum*) BRS 1501 foram fornecidas pela empresa Agrosul Comércio de Sementes Forrageiras Ltda, da cidade de Santa Bárbara do Sul-RS e as sementes de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) AMARILLO MG-100 pela empresa Trevo Comércio de Sementes Ltda, da cidade de Curitiba-PR. Tanto o lodo de esgoto, quanto o plantio das forrageiras ocorreu em fevereiro de 2022, com a aplicação à lanço do bio sólido e das sementes de milho, e a abertura de covas para as sementes de amendoim forrageiro, com posterior passagem de rastelo para melhor incorporação e cobertura dos insumos.

Tabela 1. Composição química do lodo de esgoto (LE) utilizado para o experimento.

	Unidade	Teores
Fósforo	%	0,68
Matéria seca	%	50,46
Potássio	%	0,314
Carbono orgânico	%	11,47
Nitrogênio (Dumas)	%	1,00
pH	-	9,19

Fonte: abcLab – Laboratório da Fundação ABC, 2022.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 (dezesseis) parcelas contendo cada uma 2,25 m² (medidas de 1,5 x 1,5 m; Figura 1). Os tratamentos utilizados foram compostos por dois sistemas de produção com finalidade de cobertura do solo: cultivo solteiro de milho e consórcio de milho + amendoim forrageiro, e duas doses de lodo de esgoto tratado: 0 ton ha⁻¹ e 18 ton ha⁻¹. A dose de lodo de esgoto foi calculada com base no seu teor de nitrogênio e na necessidade desse nutriente pelas forrageiras (130 kg N ha⁻¹), chegando a um total de 18 t ha⁻¹ (3 kg parcela⁻¹). Nos tratamentos que não receberam lodo de esgoto foi realizado o fornecimento de NPK e os tratamentos com a presença de lodo de esgoto a suplementação de PK de acordo com a necessidade de cada cultura pelo Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná (Pauletti & Motta, 2017), sendo 90 g de ureia (130 kg N ha⁻¹), 21 g de cloreto de potássio (55 kg K₂O ha⁻¹) e 75 g de superfosfato simples (60 kg P₂O₅ ha⁻¹), distribuídos a lanço em cada parcela.

Figura 1. Layout de distribuição dos tratamentos avaliados no experimento.

R4		R3		R2		R1	
T1	T2	T2	T4	T3	T4	T3	T2
T4	T3	T3	T1	T2	T1	T4	T1
ESTRADA							

T1 = milho + NPK sem lodo de esgoto; T2 = milho + PK + lodo de esgoto; T3 = milho + amendoim forrageiro + NPK sem lodo de esgoto; e T4 = milho + amendoim forrageiro + PK + lodo de esgoto. R1, R2, R3 e R4 = repetições.

As amostras de solo foram coletadas em maio de 2022, da camada de 0-10 cm, com auxílio de uma pá reta, na sequência foram transportadas para o laboratório de solos da Universidade Tuiuti do Paraná, secas em estufa a 45 °C, destorroadas e passadas em peneiras de malha 2 mm para obtenção de terra fina seca em estufa (TFSE).

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo da camada de 0-10 cm foi determinado pelo método granulométrico, conforme Cambardella & Elliot (1992), o qual consiste na separação via peneiramento. Em um recipiente de vidro foram adicionados 20 g de TFSE e adicionados 70 ml de solução de hexametáfosfato de sódio (5 g L⁻¹), e agitado por 15 horas em agitador horizontal. Na sequência a suspensão foi submetida à peneira de malha 53 µm com auxílio de jato brando de água. O material retido na peneira representa a matéria

orgânica particulada (MOP), que foi seca em estufa a 40 °C, quantificado em relação a sua massa e por fim, realizado análise em relação ao teor de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT). As concentrações de COT e NT foram determinadas pelo método de Analisador Elementar em equipamento Elementar Vario El III.

Os estoques de COT e NT na camada de 0-10 cm de profundidade foram calculados com base nos valores de concentração do COT e NT e na densidade, e posteriormente corrigidos pela massa equivalente do solo que considera massas iguais do solo entre os tratamentos, tendo o T1 (milheto sem lodo de esgoto) como referência (Sisti et al., 2004). O estoque de COT e NT presente na matéria orgânica associada aos minerais (MOH) (< 53 µm) foi calculado através da diferença entre os estoques desses elementos no solo inteiro e na matéria orgânica particulada (MOP) (>53 µm).

Para verificação de homogeneidade dos dados foi realizado o teste de Bartlett, seguido de análise de variância (ANOVA) e teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa Sisvar, versão 5.8.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao efeito do lodo de esgoto (LE) entre os sistemas de produção, foi possível observar que a aplicação do bio sólido promoveu aumento significativo da concentração de COT no solo na camada de 0-10 cm, tanto em monocultivo quanto em consórcio (Tabela 2). Segundo Andrade et al. (2013), na adição de LE ao solo uma porção do carbono é acumulado e degradado lentamente após aplicações sucessivas desse resíduo, sendo que o histórico de uso influencia significativamente o carbono orgânico ao invés de novas aplicações, o que indica que diferenças fundamentais sobre a dinâmica desse elemento podem ser observadas em áreas que foram tratadas com o resíduo em médio-longo prazo, tendo menor influência por novas aplicações.

Além disso, esse fato ainda se deve possivelmente ao potencial de fertilização dado pelo LE (Pessanha et al., 2017) devido às concentrações de nitrogênio, fósforo e micronutrientes, tendo variações de acordo com sua origem (Bettiol & Camargo, 2006). Carvalho (2015) justifica o incremento de COT e NT nas primeiras camadas de solo de acordo com experimentação, cuja avaliação foi de que possivelmente houve maiores resultados devido ao favorecimento da atividade microbiana através da aplicação de LE.

Já a concentração de NT no solo no sistema de produção em monocultivo apresentou maior resultado na presença de lodo de esgoto, com 2,26 g kg⁻¹ (Tabela 2), quando comparado a ausência do mesmo, com concentração de 2,07 g kg⁻¹ (Tabela 2). O que pode ser justificado pelo nitrogênio também estar presente na composição do LE, principalmente, na forma orgânica, a determinação da disponibilização do nitrogênio no solo conta com a qualidade e quantidade dos compostos orgânicos mineralizáveis (Carvalho et al., 2008). Nascimento et al. (2004) e outros citados (Cripps et al., 1992; Cunningham et al., 1975), observaram aumento significativo nos teores de NT na presença de lodo de esgoto, aprovando a eficiência do mesmo em vista de suprimento para o crescimento vegetal, contudo reforça que os resultados são indicativos do NT e não o disponível, mesmo com o comportamento favorável da relação C/N à mineralização e disponibilidade do nutriente.

Sobre o efeito dos sistemas de produção foi possível observar que as concentrações de COT e NT no solo, independente da aplicação ou não de LE, não diferiram estatisticamente entre o monocultivo e o consórcio. Esse resultado pode ser justificado pelo curto período

experimental, de aproximadamente 90 dias, não havendo assim tempo hábil para que o efeito do consórcio tenha se manifestado, como também pela única aplicação do resíduo no solo na dose de 18 t ha⁻¹. Bremm et al. (2012) juntamente com outros autores (Miranda & Biscaia, 1996) também não observaram aumentos nos teores de COT devido à aplicação única do LE, apesar da utilização de 60 t ha⁻¹. Rocha et al. (2004) relataram que mesmo após seis meses da aplicação de LE nas primeiras camadas do solo (0-5 cm) os teores de COT mantiveram-se menores comparados aos teores iniciais do experimento e tornando-se ainda mais evidenciados aos treze meses após a aplicação. Os autores ainda explicam a possibilidade da mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) associada ao aporte de matéria orgânica reduzido após determinado processo, contudo, relatam que somente após 32 meses os teores de COT foram superiores, possivelmente devido ao aporte de húmus proveniente da decomposição de material vegetal como raízes e serapilheira.

Carvalho (2015), em seu estudo, complementa que fatores como quantidade e número de reaplicações de LE influenciam diretamente os teores de COT no solo, entretanto não são os únicos, existem ainda outros fatores como clima, classe de solo e suas características, como também a qualidade da matéria orgânica do resíduo utilizado. Soares et al. (2008) retratam sobre o aumento linear e proporcional dos teores de COT sob as doses de lodo de esgoto, cuja dose acumulada de 240 Mg ha⁻¹ obteve aumento de até 92,6% no teor desse elemento no solo.

Tabela 2. Concentração e estoque de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) do solo em camada de 0-10 cm de um Cambissolo sob monocultivo de milho ou consórcio de milho com amendoim forrageiro combinados com a ausência (0 t ha⁻¹) ou presença (18 t ha⁻¹) de lodo de esgoto tratado. São José dos Pinhais - PR.

	Monocultivo		Consórcio	
	Sem lodo ^a	Com lodo	Sem lodo	Com lodo
Concentração no solo (g kg ⁻¹)				
COT	26,4 Ab ¹	28,4 Aa	27,2 Ab	29,2 Aa
NT	2,07 Ab	2,26 Aa	2,03 Aa	2,16 Aa
Relação C:N	12,8 Ba	12,6 Ba	13,4 Aa	13,5 Aa
Estoque no solo (Mg ha ⁻¹)				
COT	27,2 Ab	29,2 Aa	28,0 Ab	30,0 Aa
NT	2,19 Ab	2,46 Aa	1,82 Bb	2,43 Aa

¹ Letras maiúsculas na linha comparam os diferentes sistemas de produção, dentro da mesma dose de lodo de esgoto e letras minúsculas na linha comparam as diferentes doses de lodo de esgoto, dentro do mesmo sistema de produção pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^aMonocultivo sem lodo de esgoto como tratamento referência.

O uso de lodo de esgoto aumentou os estoques de COT na MOH quando comparado a sua ausência sob consórcio (19,3 Mg ha⁻¹ vs 14,1 Mg ha⁻¹); e de NT em ambos os sistemas de produção com 1,49 Mg ha⁻¹ vs 1,28 Mg ha⁻¹ (monocultivo) e com 1,49 Mg ha⁻¹ vs 1,04 Mg ha⁻¹ (consórcio; Tabela 3). De acordo com Soares et al. (2008) o carbono fornecido pelo lodo de esgoto possui substâncias húmicas recalcitrantes em maior quantidade, acarretando uma maior

permanência de carbono no solo em frações mais estáveis ao longo do tempo. O carbono possui grau de humificação mais avançado quando associado às partículas mais finas do solo, em outras palavras o tamanho da partícula mineral do solo é inversamente proporcional à sua capacidade em armazenar carbono.

Os estoques de COT na MOH apresentaram resultados superiores para o consórcio em relação ao monocultivo associado a presença LE (19,3 Mg ha⁻¹ vs 15,8 Mg ha⁻¹); resultado não observado quando comparado os dois sistemas de produção na ausência de LE (14,1 Mg ha⁻¹ vs 15,8 Mg ha⁻¹, respectivamente; Tabela 3). O sistema de produção associado ao LE é considerado um indicativo de manejo de melhor qualidade, pois de acordo com Lovato et al. (2004) isso se dá à dinâmica dos sistemas radiculares das culturas associadas, os quais destinam boa porção do carbono fotossintetizado para suas raízes, se tornando mais eficientes nesse quesito.

Um resultado interessante foi observado para a relação C/N da MOH que apresentou resultado superior para o sistema de produção em consórcio quando comparado ao monocultivo, com 12,9 e 10,6 na presença de LE, respectivamente (Tabela 3). O sistema conta com a contribuição das gramíneas e leguminosas, sendo as primeiras com participação em quantidades elevadas de fitomassa, em outras palavras alta relação C/N, os restos culturais permanecem por maior tempo na cobertura do solo. O consórcio age na busca pelo equilíbrio da relação C/N aliando as características desejáveis das espécies, comparada ao sistema de monocultivo, com a cobertura vegetal fornecida pelas gramíneas permanecendo por mais tempo, como também a manutenção do sistema com decomposição rápida das leguminosas (Calvo et al., 2010).

Tabela 3. Concentração e estoque de matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica humificada (MOH) do solo em camada de 0-10 cm de um Cambissolo sob monocultivo de milho ou consórcio de milho com amendoim forrageiro combinados com a ausência (0 t ha⁻¹) ou presença (18 t ha⁻¹) de lodo de esgoto tratado. São José dos Pinhais-PR.

	Monocultivo		Consórcio	
	Sem lodo ^a	Com lodo	Sem lodo	Com lodo
Concentração no solo (g kg ⁻¹)				
COT	26,4 Ab ¹	28,4 Aa	27,2 Ab	29,2 Aa
NT	2,07 Ab	2,26 Aa	2,03 Aa	2,16 Aa
Relação C:N	12,8 Ba	12,6 Ba	13,4 Aa	13,5 Aa
Estoque no solo (Mg ha ⁻¹)				
COT	27,2 Ab	29,2 Aa	28,0 Ab	30,0 Aa
NT	2,19 Ab	2,46 Aa	1,82 Bb	2,43 Aa

¹ Letras maiúsculas na linha comparam os diferentes sistemas de produção, dentro da mesma dose de lodo de esgoto e letras minúsculas na linha comparam as diferentes doses de lodo de esgoto, dentro do mesmo sistema de produção pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^aMonocultivo sem lodo de esgoto como tratamento referência.

De maneira geral foi possível observar que houve aumentos nas concentrações de COT e NT no solo e nas frações físicas da MOS na presença de lodo de esgoto tratado associado a sistemas de produção mais complexos, como a consorciação, mesmo alguns resultados apresentando inconstâncias. Na literatura acerca do assunto é possível encontrar experimentos com no mínimo 1 (um) ano de duração, diferentes doses e aplicações sucessivas do resíduo, que nos abre a possibilidade de estender o experimento e realizar novas avaliações futuras.

CONCLUSÕES

O uso de lodo esgoto mostrou potencial em aumentar as concentrações e estoques de carbono orgânico total e nitrogênio total no solo, tanto em sistema de produção de monocultivo como de consorciação.

Os sistemas de cultivo apresentaram pouco ou nenhum efeito sobre as concentrações e estoques de carbono orgânico total, porém, a associação entre o milho e o amendoim forrageiro mostrou ser eficiente em promover aumentos nos estoques de nitrogênio total no solo, associado ou não ao lodo de esgoto.

A aplicação do lodo de esgoto e tampouco os diferentes sistemas de produção não diferiram quanto ao aporte de matéria orgânica particulada. Entretanto, contribuíram significativamente para os aumentos de carbono orgânico total e nitrogênio total na fração física da matéria orgânica humificada.

O uso de lodo de esgoto e o consórcio apresentaram, de maneira geral, resultados promissores quanto à sua utilização, o que demonstra o potencial dessas práticas agrícolas em melhorar a qualidade do solo, e do uso desse biossólido como uma fonte alternativa de adubação em relação aos fertilizantes químicos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. et al. Degradação do carbono orgânico do lodo de esgoto no solo e relação com a disponibilidade do nitrogênio. Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. 2011.
- ANDRADE, C. et al. Mineralização do carbono e do nitrogênio no solo após sucessivas aplicações de lodo de esgoto. Pesquisa Agropecuária. Bras. Brasília/DF. v.48. n.5. 2013. p.536-544.
- BERTOL, O. et al. Manual de manejo e conservação do solo e água para o Estado do Paraná. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1 ed. 2019. 325 p.
- BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. Lodo de esgoto: Impactos ambientais da agricultura. 2006.
- BREMM, R. et al. Potencial de uso de lodo de esgoto na cultura do milho em latossolo argiloso no oeste do Paraná. Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Número 23. 2012.
- CALVO, C. et al. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. Dissertação. Bragantia, Campinas/SP. v.69. n.1. 2010. p.77-86.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.56, p.777-783, 1992.
- CARVALHO, C. Matéria orgânica, agregação e proteção física em solos tratados com lodo de esgoto. Instituto Agrônomo Pós-Graduação. Campinas/SP. 2015.
- CARVALHO, G & PIRES, A. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. Revisão Bibliográfica. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa/MG. 2008.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. Agricultura de conservação. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/conservation-agriculture/es/>>

FILHO, O.; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil. Fundamentos e prática. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Volume 1. 2ª edição revista e atualizada. Brasília/DF. 2023. 564 p.

GEOINFO. Mapa de solos do estado do Paraná. Embrapa. 2022. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/layers/geonode%3Aparana_solos_20201105#more>

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Normas Climatológicas do Brasil. Brasília. 2009.

KÖPPEN, W. & GEIGER, R. Classificação climática de Köppen-Geiger. 1900.

LOVATO, T. et al. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. Universidade Federal de Santa Maria/RS. R. Bras. Ci. Solo, 28:175-187. 2004.

NASCIMENTO, C. et al. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo. 28:385-392. 2004.

PAULETTI, V. & MOTTA, A. Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2ª Edição. Curitiba. 2017. 289 p.

ROCHA, G. et al. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com biossólido. Seção IV – Fertilidade do solo e nutrição de plantas. R. Bras. Ci. Solo. 28:623-639. 2004.

SISTI, C. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. Soil and Tillage Research, 76:39-58. 2004.

SOARES, E. et al. Frações da matéria orgânica de Latossolo sob influência de doses de lodo de esgoto. Pesq. Agropec. Bras. Brasília/DF. v.43. n.9. 2008. p.1231-1240.