

Remanescente de diferentes quantidades de lodo de esgoto aplicados a um solo vermelho escuro, submetidos a três lâminas de irrigação.

Manoel Rodrigues Apolinário Xavier⁽¹⁾, Gilberto Aparecido Rodrigues⁽²⁾, Gilmar Oliveira Santos⁽³⁾, Geffson Figueredo Dantas⁽⁴⁾, Elizete Machado Rodrigues⁽⁵⁾, Ubajara Cesare Mozart Proença⁽⁶⁾, Rogério Teixeira de Faria⁽⁷⁾.

RESUMO: O estabelecimento de práticas de gestão de resíduos aplicados ao solo, com propósito sustentável, implica investigar a possibilidade de conhecer bem o comportamento deste resíduo quando aplicado ao solo. A informação do remanescente dos resíduos ao longo do tempo, pode ser um instrumento de gestão interessante de resíduos sólidos urbanos, com perspectiva de uso na agricultura. Neste estudo, investigaram-se o efeito da aplicação de lodo de esgoto e irrigação no remanescente do lodo de esgoto(RLE) no solo. O experimento foi conduzido ao longo de 90 dias, em março de 2016, em região agrícola em Jaboticabal, SP, em área de 160 m² de Latossolo Vermelho eutrófico, desprovida de vegetação. Os tratamentos constituíram da aplicação de lodo de esgoto(LE), nas quantidades de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ e da aplicação de lâminas de irrigação L1: 20 mm (11%), L2: 110 mm (60%) e L3:184 mm (100%). Houve efeito significativo (P<0,05), apenas para os efeitos das quantidades de LE aplicados sobre o solo. O remanescente do LE decresceu ao longo dos 90 dias e foi superior para as maiores lâminas aplicadas sobre o solo L3(8,80g), seguido das lâminas L2(5,81g) e L1(2,36g). As porcentagens médias de redução do resíduo lodo de esgoto, em função das lâminas de 20, 110 e 184 mm, foram respectivamente 52,80%, 41,90% e 40,93%.

Termo de indexação: biossólidos, decomposição de resíduo, molhamento do solo.

⁽¹⁾ Graduando em Agronegócio, Fatec-Tq, Taquaritinga, SP, E-mail: manoelr.a.x@gmail.com

⁽²⁾ Professor Doutor Curso de Agronegócio, Fatec-Tq, Taquaritinga, SP, E-mail: gilberto.rodrigues@fatectq.edu.br

⁽³⁾ Professor Doutor da Universidade de Rio Verde, UniRV, Goiás, E-mail: gilmar_engambiental@yahoo.com.br

⁽⁴⁾ Doutorando em Agronomia, FCAV-UNESP, Jaboticabal, SP, E-mail: geffson@hotmail.com

⁽⁵⁾ Tecnóloga em Biocombustíveis, Fatec-Jab, Jaboticabal, SP, E-mail: elizeterodrigues91@hotmail.com

⁽⁶⁾ Mestrando em Agronomia, FCAV-UNESP, Jaboticabal, SP, E-mail: ubajaracesare@yahoo.com.br

⁽⁷⁾ Professor Doutor da FCAV-UNESP Jaboticabal - São Paulo. E-mail: rogeriofaria@fcav.unesp.br

Remnant of different quantities the sewage sludge applied to a dark red soil, submitted to three irrigation blades

ABSTRACT: The establishment of waste management practices applied to the soil, with a sustainable purpose, implies investigating the possibility of knowing well the behavior of this residue when applied to the soil. Residual waste information over time can be an interesting management tool for urban solid waste with a perspective of use in agriculture. In this study, the effect of the application of sewage sludge and irrigation on remaining sewage sludge (RLE) in the soil was investigated. The experiment was conducted over a period of 90 days, in March 2016, in an agricultural area in Jaboticabal, SP, Brazil, in an area of 160 m² of eutrophic Red Latosol, devoid of vegetation. The treatments consisted of the application of sewage sludge (LE), in the amounts of 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹ and the application of L1 irrigation slides: 20 mm (11%), L2: 110 mm (60%) and L3: 184 mm (100%). There was a significant effect ($P < 0.05$) only for the effects of LE amounts applied on the soil. The remainder of the LE decreased during the 90 days and was higher for the larger slabs applied on the soil L3 (8.80g), followed by the slides L2 (5.81g) and L1 (2.36g). The mean percentages of reduction of sewage sludge, as a function of the slides of 20, 110 and 184 mm, were respectively 52,80%, 41,90% and 40,93%.

Index Terms: Biosolids, residue decomposition, soil wetting.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto (LE) é um resíduo resultante dos processos de tratamento primário e secundário do esgoto e altamente complexo quanto à composição. Podem conter concentrações elevadas de metais pesados e compostos orgânicos tóxicos e persistentes (GONZÁLES et al., 2010). Esses tratamentos são necessários para adequar os efluentes aos padrões de lançamento impostos pela legislação vigente, removendo ou reduzindo as concentrações de substâncias presentes no esgoto que poderiam causar impacto ao ambiente (SAITO, 2007). O crescimento populacional somado à urbanização e ao desenvolvimento econômico são causas incontestáveis do aumento da geração de resíduos (BETTIOL & CAMARGO et al., 2006).

O LE pode ser definido como um resíduo semissólido, predominantemente orgânico, também chamado de bio-sólido, com teores variáveis de componentes inorgânicos, originado a partir do tratamento de esgotos domiciliares e ou industriais (GARCÍA-DELGADO et al., 2007). Os elevados teores de matéria orgânica, além da presença de macro e micronutrientes existentes no LE, é capaz de proporcionar outros efeitos benéficos ao sistema solo-planta, tais como a retenção de água, estruturação do solo e diversificação da microbiota do solo, o que o torna um biofertilizante potencial, diferentemente de adubos químicos (MELO et al., 2013). Dentre os macronutrientes em sua composição, cabe atenção especial para o nitrogênio(N) e fósforo(P), elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas e obtenção de boa produtividade. O LE apresenta variações em sua composição, devido os diversos tratamentos e controles de qualidade a que são submetidos, que garantem a sua higienização e eficácia para ser utilizado como fertilizante (QUINTANA, 2006).

Dentre as opções disponíveis como a incineração, deposição oceânica e florestal, a utilização agrícola como fertilizante tem sido considerada uma promissora alternativa para economia de recursos para o agronegócio (TAKAMATSU, 2004). Para a utilização do LE na agricultura, é preciso seguir a Resolução CONAMA Nº 375/06 que define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados (MMA, 2006).

O LE apresenta uma composição muito variável, pois está ligada muito a sua origem e o tipo de tratamento que foi utilizado. Um LE típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo e os demais macro e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos. Um exemplo mais detalhado de como a composição pode variar de acordo com sua origem, são as especificações de alguns macro e micronutrientes do LE de cinco diferentes cidades: Franca, Barueri, Jundiaí, Curitiba, Paranaíba, onde as quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), chumbo (Pb), em g kg⁻¹, menos o chumbo que está em mg kg⁻¹ respectivamente para cada cidade são: nitrogênio (N) 42,1; 68,2; 49,1; 22,2; 21,2; fósforo (P) 26,9; 12,9; 3,7, 0,95; 4,5; cálcio (Ca) 47,8; 24,8; 15,9; 8,3; 6,6; magnésio (Mg) 4,5; 2,2; 6,0; 3,0; 1,3; chumbo (Pb) 348,9; 140,5; 123,0; 60,0; 136,4 (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

De modo geral, tanto o remanescente orgânico no solo, como a liberação de nutrientes, depende do processo de mineralização do lodo após aplicação no campo e, nesse sentido, a qualidade do material orgânico originalmente presente no lodo desempenha papel importante. A abundância relativa dos compostos presentes no lodo determina parcialmente sua taxa de degradação (Huang et al., 2010) e, por conseguinte, a quantidade de C remanescente no sistema (HATTORI & MUKAI, 1986; GIGLIOTTI et al., 2002).

Alguns dados da literatura evidenciam que diferenças entre solos não têm efeito pronunciado na taxa de degradação do lodo, estando esses valores mais relacionados com as características do próprio resíduo e condições de temperatura e umidade (SOMMERS et al., 1976; TERRY et al., 1979). A identificação e quantificação de compostos orgânicos presentes no lodo é, dessa forma, etapa fundamental na compreensão da dinâmica do C e dos nutrientes nitrogênio (N) e fósforo (P) após aplicação no campo, de forma a auxiliar no planejamento de seu uso na agricultura como fonte de nutrientes para as plantas e de matéria orgânica para o solo (ANDRADE et al., 2006).

O manejo inadequado desses resíduos orgânicos adicionados ao solo, como resíduos com relação C/N muito alta ou muito baixa, podem proporcionar perdas do nitrogênio ou do carbono do solo (MORETTI et al., 2013). Em função disso, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB, definiu para o estado de São Paulo, um mínimo de 30% de degradação do C orgânico de lodos biológicos no prazo de 80 dias, a fim de evitar o acúmulo de material orgânico recalcitrante no solo (CETESB, 1999).

As taxas de degradação encontradas, para lodos de esgoto adicionados ao solo, estão na faixa de 20 a 60% do carbono orgânico total (ANDRADE et al., 2006). Segundo estudos de Rocha (2013), sobre a decomposição na solo, da torta de filtro derivada do processamento da cana-de-açúcar, utilizando "litter bags", a qual continha doses correspondentes a 15, 25 e 35 Mg ha⁻¹ de torta de filtro, durante 2, 4 e 6 meses, constatou que após seis meses de experimento, o tempo necessário para a redução de 50% do peso do material foi de 0,42; 0,61; 0,31 anos, e estimativas do tempo necessário para a redução de 95% do peso inicial foram de 1,82; 2,65; 1,36 anos, respectivamente as doses relatadas.

Estudos feitos com a decomposição de materiais orgânicos em diferentes sistemas de plantio também foram analisados por Klein, Zambiasi & Hennecka, 2015) depois de analisados os resíduos de palhada de milho, aveia e nabo forrageiro no o Sistema de Plantio Direto (SPD) e no Sistema Convencional (SC), resultando nas respectivas taxas de degradação: milho (SPD) 10,50; 17,55; 21,65; milho (SC) 16,45; 23,20; 33,70; aveia (SPD) 17,4; 27,0; 39,25; aveia (SC) 41,05; 57,0; 79,15; nabo (SPD) 32,65; 36,25; 47,4; nabo (SC) 44,55; 63,0; 82,9. O objetivo deste estudo foi determinar o remanescente de diferentes quantidades de LE aplicado ao solo, irrigados com três lâminas de molhamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em propriedade rural, em Jaboticabal-SP, na latitude de 21°44'25" S, longitude 48°15'50" W e altitude de 546 metros. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho eutrófico, textura argilosa, de acordo com o sistema de classificação de solos da Embrapa (2013). O clima no local foi classificado como CWA tropical (Köppen), com verão chuvoso e inverno seco, e temperatura média de 22,2 °C. A quantidade média de precipitação anual é de aproximadamente 1.425 milímetros, concentrando-se mais entre outubro e março. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 3, com 4 repetições, no qual o primeiro fator correspondeu a aplicação de lodo de esgoto (CLE5 igual a 5 Mg ha⁻¹, CLE10 igual a 10 Mg ha⁻¹, CLE15 igual a 15 Mg ha⁻¹) e o segundo fator, lâminas de irrigação (LAM-A): L1 igual a 20 mm (11%), L2 igual a 110 mm (60%) e L3 igual a 184 mm (100%). A área experimental foi mantida desprovida de qualquer material vegetativo, inicialmente com aplicação de dessecante e seguido de limpeza realizada de capina manual com enxada, e em seguida foram demarcadas as parcelas nas dimensões de 1,2 x 2,4 m.

A área experimental (Figura 1) foi disposta por 4 blocos, medindo cada um 12 m de comprimento por 2,40 metros de largura, e era abastecida por fonte de água para irrigação, a qual abastecia ao mesmo tempo os 4 blocos, por uma linha de três aspersões Senninger (Modelo 3023-2 com duplo bocal de 8 x 5 mm, operados com pressão de 300 kPa, vazão de 0,845 m³ h⁻¹, espaçados 6 metros um do outro. Em cada bloco foi determinado 3 faixas, para que estas recebessem uma distribuição gradual de irrigação de lâminas de 20, 110 e 184 mm de água, aplicadas duas vezes por semana, e nestas faixas foram dispostos os tratamentos. A lâmina 3, de cada bloco, ficou junto à linha de aspersores, a lâmina 2 e a lâmina 1 ficaram distantes 6 e 12 metros da linha de aspersores, respectivamente. Os dados meteorológicos diários coletados na Estação Agroclimatológica da FCAV-UNESP.

Tabela 1. Normais climatológicas durante o período experimental nos três meses de experimento

Temperatura (°C)			Umidade Relativa (%)			Precipitação (mm)	Velocidade do vento	Insolação (h)
Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média			
33,58*	18,25	25,64	70,96	23,52	46,16	48,00	2,43	8,76
30,68**	19,30	23,80	90,38	41,87	70,04	175,40	1,87	6,07
31,61***	19,09	24,56	84,17	36,90	63,19	148,70	2,03	7,15
31,96	18,88	24,67	81,84	34,10	59,80	124,03	2,11	7,33

*, **, ***: 1º. mês, 2º. mês, 3º. mês de degradação do resíduo LE

No dia início do experimento, foram colocados em cada subparcela, 4 sacos de polietileno telados (litter bags), de medidas de 10 x 10 cm, com malha de 0,5 x 1,0 mm, com as respectivas quantidades de lodo de esgoto seco, in natura, na proporção de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹, enumerados e pesados previamente em balança digital com duas casas decimais, e dispostos sobre o solo, com uma leve camada de solo sobre os litter bags, para aumentar o contato com o solo. Ao fim de cada 30 dias, um litter bag foi retirado ao acaso, pesado e obtido então por diferença, a quantidade de LE que foi degradado. A partir desta quantidade de LE determinou-se então o remanescente de LE(RLE) que não foi degradado.

Os dados foram submetidos à análise estatística, utilizando-se o programa Sisvar para Windows versão 4.0 (FERREIRA,2000a), e em seguida, foi aplicado o teste F (P< 0,05) e teste de Tukey (P< 0,05). As correlações de Pearson foram feitas utilizando o programa Excel (Office 2013).

Figura 1. Área experimental em propriedade rural, distante 800m da ETE de Jaboticabal, SP.



Tabela 2. Características do solo nas parcelas sem e com a adição de lodo de esgoto no solo, e composição do lodo obtido na estação de tratamento de esgoto de Jaboticabal.

LE no solo	pH	MO	P	S	Ca	Mg	K	Al	H+Al	SB	CTC	V
	CaCl ₂	gdm ⁻³	mgdm ⁻³					mmol _c dm ⁻³				%
SLE	5,5	34,5	50,7	6,5	41,0	13,5	2,9	0,4	27,6	58,4	86,0	68,0
CLE	5,4	33,6	59,8	9,3	41,1	12,5	2,8	0,4	34,5	57,3	91,8	62,0

LE da ETE	pH	MO	P	N	Ca	Mg	K	C orgânico	Matéria seca
								%	
	5,14	62,8	2,3	1,4	3,5	0,5	0,1	36,4	18,4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O remanescente de LE(RLE) mostrou efeito significativo para as quantidades de LE utilizadas neste estudo($P < 0,05$) para as idades avaliadas 30,60 e 90 dias (Tabela 3). Em relação às lâminas de irrigação(LAM-A) e interação LE x LAM-A, não houve efeito significativo($P > 0,05$) (Tabela 3). Os coeficientes de variação mostraram-se satisfatórios.

Tabela 3. Análise de variância do remanescente do RLE em um Latossolo Vermelho eutroférico em função da aplicação de lodo de esgoto (CLE) e irrigação (LAM-A).

RLE	Teste F			Média	CV
	CLE	LAM-A	Interação CLE x LAM-A		
RLE -30dias	0,00**	0,41 ^{ns}	0,29 ^{ns}	9,19	5,02
RLE -60dias	0,00**	0,69 ^{ns}	0,88 ^{ns}	5,19	45,79
RLE -90dias	0,00**	0,54 ^{ns}	0,92 ^{ns}	2,66	84,63

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$); ns: não significativo; RLE: remanescente de LE; LAM-A: lâminas de irrigação

O teste de médias do remanescente do RLE em função das diferentes lâminas de irrigação (L1, L2 e L3), mostra que em cada idade (Tabela 4) houve efeito significativo ($P < 0,05$) das quantidades de LE utilizadas neste estudo. O remanescente foi decrescente ao longo dos 90 dias, para todas as quantidades de LE utilizado sobre o solo. Os valores médios do remanescentes de LE, em função das lâminas de irrigação foram crescentes com o aumento das lâminas, mas no entanto estes efeitos não foram significativos (Tabela 3).

Tabela 4. Comparação de médias do remanescente de LE(RLE) em um Latossolo Vermelho eutroférico em função da aplicação de lodo de esgoto (CLE) e irrigação (LAM-A).

Aplicação de lodo	Lâminas de irrigação			Média
	L1=20mm (11%)	L 2=110mm (60%)	L3=184mm (100%)	
	Remanescente de LE (g)			
RLE 30Dias	4,330c	9,17b	14,08a	9,19
RLE 60Dias	2,16c	5,50b	7,91a	5,19
RLE 90Dias	0,41b	2,92a	4,66a	2,66
Média	2,36	5,81	8,86	5,68
% média de redução do resíduo	52,80	41,90	40,93	5,68

*Letras minúsculas iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Tukey($P < 0,05$)

Os resultados do remanescente obtidos neste estudo podem estar relacionados com as características do próprio resíduo, com as condições de temperatura e umidade do solo

(SOMMERS et al., 1976; TERRY et al., 1979). No primeiro mês de experimento, o índice pluviométrico foi consideravelmente menor em relação aos dois meses subsequentes, chovendo 127,4mm menos que no segundo mês, e 100,7mm menos que o terceiro mês, dessa forma é possível a precipitação natural ter influenciado no resultado da reminiscência de LE. Estudos feitos por Bona et al.(2006), apontam que o efeito da irrigação na taxa de decomposição microbiana da matéria orgânica do solo foi acompanhado pelas maiores taxas de decomposição dos resíduos vegetais em condições de suplementação hídrica, via irrigação.

A área utilizada neste experimento, foi uma área previamente limpa, onde a vegetação superficial foi retirada, tornando assim uma área sem cobertura, sujeita a ação mais intensa da insolação. Estudos feitos por Leite e Araújo (2007), indicam que a temperatura é um fator determinante na distribuição e atividade dos microrganismos do solo, e também em relação à atividade microbiana, a temperatura afeta diretamente a fisiologia dos microrganismos e indiretamente exerce mudanças no ciclo de nutrientes e na atividade da água (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; BHUYAN, TRIPATHI & KHAN, 2013). Tal situação pode ter influenciado nos resultados obtidos neste estudo, assim como nas pesquisas de Klein, Zambiasi & Henneka (2015), onde foi utilizado “littler bags” com 20g de resíduo orgânico inicial (palhada de milho), coletados em diferentes idades 10, 20 e 50 dias, em dois sistemas de produção distintos, sistema de plantio direto (SPD) e sistema de plantio convencional (SPC), obtendo como resultado um maior remanescente no sistema SPD, com 17,09g; 16,49g; 15,67g de remanescente em relação ao SPC, com remanescentes de 16,71g; 15,37g; 13,26g, resultando em um remanescente menor em área sem cobertura. Os estudos de Carpenedo e Mielniczuk (1990), relatam que os preparos convencionais rompem os agregados na camada preparada para o plantio e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo.

Outro fator que sugere como influenciador dos resultados do remanescente de LE é o pH da área estudada, que apesar de não sofrer grandes variações (Tabela 2), se encontrava como um pH ligeiramente ácido(Tabela 2), favorecendo ação de microrganismos acidófilos, como aponta estudos de Leite e Araújo (2007), onde o pH do solo foi determinante para a atividade e distribuição dos microrganismos.

CONCLUSÃO

Os resultados mostram que houve efeito significativo das quantidades de lodo de esgoto aplicado sobre o solo. O remanescente decresceu ao longo do tempo, independentemente da quantidade de lodo de esgoto utilizada, persistindo mais no ambiente em função de maior quantidade aplicada ao solo. Os dados sugerem que fatores como irrigação, temperatura, pH e umidade, podem afetar a persistência do resíduo no solo. As porcentagens médias de redução do resíduo lodo de esgoto, em função das lâminas de 20, 110 e 184 mm, foram respectivamente 52,80%, 41,90% e 40,93%.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. M. de; LUCENA, S. L. de. Hidrólise enzimática de resíduos lignocelulósicos: produção de celulases por *Aspergillus niger* e efeitos do prétratamento. **Acta Scientiarum: technology**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 385-391, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.10204>>.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 300 p. (**Irrigation and Drainage Paper**, 56). Disponível em: <<http://www.kimberly.uidaho.edu/water/fao56/fao56.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C.; CERRI, C. C. Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial. **Bragantia**, v.65, n.4, p.659-668, 2006. Disponível em - <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v65n4/17.pdf>>

ARMENTA, R.; VACA, R.; LUGO, J.; AGUILA, P. del. Microbiological and biochemical properties of an agricultural mexican soil amended with sewage sludge. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1646-1655, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000500029>>.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 349p.

BONA D. F., BAYER C., BERGAMASCHI H., DIECKOW J., Carbono orgânico no solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. **R. Bras. Ci. Solo**, 30, 911-920, 2006. Disponível em - <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/17.pdf>>

BHUYAN, S. I.; TRIPATHI, O. P.; KHAN, M. L. Seasonal changes in soil microbial biomass under different agro-ecosystems of Arunachal Pradesh, North East Índia. **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 8, n. 3, p. 142-152, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4038/jas.v8i3.6087>>.

BITTAR, I. M. B.; FERREIRA, A. S.; CORRÊA, G. F. Influência da textura do solo na atividade microbiana, decomposição e mineralização do carbono de serapilheira de sítios do bioma cerrado sob condições de incubação. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1952-1960, nov./dec. 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19825>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; MAXIMILIANO, V. C. B. **Emissão de CO₂ em amostras de latossolo tratadas com lodos de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53). Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=20146&secao=Agrotemas>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

BONINI, C.S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.388–393, 2015. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em 12-09-2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p388-393>.

BOUJILA, K.; SANAA, M. Effects of organic amendments on soil physico-chemical and biological properties. **Journal of Materials and Environmental Science**, Oujda, v. 2, suppl. 1, p. 485-490, 2011. Disponível em: <http://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol2/vol2_S1/12-GSO-S1-01-Bouajila%20kkedija.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.

CARDOSO, E. J. B. N.; RAFAEL L. F. V.; DANIEL, B.; MIYAUCHI, M. Y. H.; SANTOS, C. A. dos; ALVES, P. R. L.; PAULA, A. M. de; NAKATANI, A. S.; PEREIRA, J. M.; CARMO, J. B. do; LAMBAIS, M. R. Transformações do nitrogênio em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 152-162, 2013. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/13266/9908>>. Acesso em: 12 fev. 2015.

CARPENEDO, V. & MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo.. **R. Bras. Ci. Solo** 1990 Disponível em - http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000080&pid=S0100-0683200500050001800005&lng=en

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (1999). Norma P 4.230 – Aplicação de biossólidos em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação (Manual Técnico). São Paulo. 35p.

DANTAS, E. M.; AQUINO, L. C. L. de. Fermentação em estado sólido de diferentes resíduos para a obtenção de lipase microbiana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 81-87, 2010. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev121/Art12111.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2015.

DAS, S.; BHATTACHARYYA, P.; ADHYA, T. K. Interaction effects of elevated CO₂ and temperature on microbial biomass and enzyme activities in tropical rice soils. **Environmental Monitoring and Assessment**, Dordrecht, v. 182, n. 1-4, p. 555-569, nov. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10661-011-1897-x>>. MUDAR ANO CITAÇÃO PARA 2011.

DOMINGUEZ, D. X.; GÜNTHER, W. M. R.; PEREZ, D. V.; ALCANTARA, S. M. Impactos no solo associados à utilização agrícola de lodo de esgoto como condicionador e fertilizante de solo. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 6, 2015, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Venturi para Estudos

Ambientais, 2015. 10 p. Disponível em: <<http://www.6firs.institutoventuri.org.br/images/trabalhos/T09.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2013. 306 p.

EVANGELISTA, C. R.; PARTELLI, F. L.; FERREIRA, ENDERSON P. B.; CORRECHEL, V. Atividade enzimática do solo sob sistema de produção orgânica e convencional na cultura da cana-de-açúcar em Goiás. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1251-1262, jul./ago. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n4p1251>>.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000a, São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, 2000a, p. 255-258.

GARCÍA-DELGADO, M.; RODRÍGUEZ-CRUZ, M. S.; LORENZO, L. F.; ARIENZO, M.; SÁNCHEZ-MARTÍN, M.J. Seasonal and time variability of heavy metal content and of its chemical forms in sewage sludges from different wastewater treatment plants. **Science of the Total Environment**, v.382, n.1, p.82-92, 2007. Disponível em- . <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.009>>

GONZÁLES M. SANTOS J. APARÍCIO I. Metais Pesados e Compostos Orgânicos Tóxicos em Lodo de Esgoto e Composto de Lixo Produzidos na Cidade de Porto Alegre, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO XXXIII, Uberlândia - Minas Gerais Disponível em- <<http://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/791204.pdf>>

Hattori, H.; Mukai, S. Decomposition of sewage sludges in soil as affected by their organic matter composition. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.32, n.3, p.421-432, 1986. Disponível em- <<http://dx.doi.org/10.1080/00380768.1986.10557522>>

HECK , K.; MARCO ,É; HAHN , A.; KLUGE, M; SPILKI, F; SAND, F. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.1, p.54-59, 2013. Disponível em- <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v17n1/v17n01a08.pdf>>

HUANG, M.; LI, Y.; GU, G. Chemical composition of organic matters in domestic wastewater. **Desalination**, v.262, n.1-3, p.36-42, 2010. Disponível em- <<http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.05.037>>.

KLEIN R, ZAMBIAZI M, HENNECKA J. Decomposição de resíduos de palha de milho, aveia e nabo forrageiro em sistema convencional e plantio direto. In: SIMPOSIO DE

AGRONOMIA E TECNOLOGIA EM ALIMENTO 2º, de 03 a 06 de novembro 2015
Disponível em -
<<http://faifaculdades.edu.br/eventos/AGROTEC/1AGROTEC/arquivos/resumos/res14.pdf>>

LEITE L. F. C, ARAÚJO A. S. F. **Ecologia microbiana do solo**. Disponível em -
<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35904/1/Doc164.pdf>>, 2007. 10, 11p.

MARIA, I. C. de; KOCSSI, M. A. M. I.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 291-298, 2007. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000200013>>.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE – Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=506>> Acesso em 26 de fevereiro de 2017

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

MORETTI, S.; BERTONCINI, E.; JUNIOR, C. In: Symposium On Agricultural And Agroindustrial Waste Management March 12-14, 2013-Sao Pedro, Sp, Brazil

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.V. H.; BARROS, N. F. de; FONTE, R.L. F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 229, 319.

ONWUDIWE, N.; BENEDICT, O. U.; OGBONNA, P. E; EJIOFOR, E. E. Municipal solid waste and NPK fertilizer effects on soil physical properties and maize performance in Nsukka, Southeast Nigeria, **African Journal of Biotechnology**, Vol. 13(1), pp. 68-75, 1 January, 2014.

PANOSSO, A. R.; MARQUES JR, J.; MILORI, D. M. B. P.; FERRAUDO, A. S.; BARBIERI, D. M.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JR, N. Soil CO₂ emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. **Soil Tillage Research**, New York, v. 111, p. 190–196, 2011. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2010.10.002>>.

QUINTANA, N, CAMARGO, M, MELO, W. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. In: REVISTA CIENTÍFICA DA FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE ITUVERAVA, Ituverava – São Paulo, abril 2011
Disponível em - <[file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Dialnet-LodoDeEsgotoComoFertilizanteProdutividadeAgricolaE-4040620%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Dialnet-LodoDeEsgotoComoFertilizanteProdutividadeAgricolaE-4040620%20(1).pdf)>

QUINTANA, N. R. G. **Análise econômica da aplicação de biossólido na agricultura**. 2006. 133 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista. Botucatu. Disponível em -
<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0026.pdf>

ROCHA, K. **A Decomposição no solo da torta de filtro derivada do processamento da cana-de-açúcar: emissão de gases do efeito estufa e aspectos microbiológicos.** 2013 99p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Microbiologia Agrícola) Disponível em - <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/Karina_da_Rocha.pdf >

SAITO, M. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: Precauções com os contaminantes orgânicos**(Documentos 64). Disponível em- <http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_64.pdf>

SILVA, C. F. da; PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; SILVA, A. N. da; MENEZES, L. F. T. de. Fauna edáfica em área periodicamente inundável na restinga da Marambaia, RJ. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 587-595, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000300004>>.

SOMMERS, L. E.; NELSON, D. W.; YOST, K. J. Variable nature of the chemical composition of sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.5, n.3, p.303-306, 1976. . Disponível em - <<http://dx.doi.org/10.2134/jeq1976.00472425000500030017x>>

SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; GUERRA, J. G. M.; COSTA, J. R. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 512-526, jul./set. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2014v19n3p512>>.

SUSZEK, E. B.; FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; SILVA, E. M. A. M.; BRAMBATTI, F.; SILVA, C. R.; PATROCINIO, D. D. Atributos microbianos do solo fertilizado com composto de lodo de esgoto. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 49-61, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.915>>.

TAKAMATSU, A. A. **Microbiologia Ambiental. Lodo.** p. 105 p. dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, UFEPR 1995. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29380/D%20-%20ALEXANDRE%20AKIRA%20TAKAMATSU.pdf?sequence=1>>