

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

Jéssica Eduarda Rodolffi⁽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 orgânicos aplicados ao solo, com propósito sustentável, implica investigar a possibilidade de conhecer melhor o comportamento destes resíduo quando aplicados ao solo. A informação da taxa de degradação dos resíduos ao longo do tempo, pode ser uma estratégia de manejo interessante de resíduos sólidos urbanos, com proposito de uso na agricultura. Neste estudo, investigaram-se o efeito da aplicação de lodo de esgoto e irrigação, na taxa de degradação do lodo de esgoto(TDLE) 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 eutroférico, desprovida de vegetação. Os tratamentos constituíram da aplicação de lodo de esgoto(CLE), nas quantidades de 5, 10 e 15 Mg ha⁻¹ e da aplicação de lâminas de irrigação(LAM-A), L1: 20 mm (11%), L2: 110 mm (60%) e L3:184 mm (100%). Houve efeito significativo das diferentes lâminas de irrigação aplicadas na taxa de degradação de lodo de esgoto. A taxa degradação do lodo de esgoto mostrou duas fases distintas, uma mais lenta até aos 30 dias, e uma mais rápida, dos 60 aos 90 dias. As taxas médias de degradação do lodo de esgoto aos 30,60 e 90 dias, foram respectivamente 12,59%, 42,67% e 70,43%.

Palavras Chave: biossólidos, decomposição de resíduo, molhamento do solo.

⁽¹⁾ Graduanda em Agronegócio, Fatec-Tq, Taquaritinga, SP, E-mail: jee_rodolffi@hotmail.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

Rate of degradation of different amounts of sewage sludge applied to a dark red soil, submitted to three irrigation blades

The establishment of organic waste management practices applied to the soil, with a sustainable purpose, implies investigating the possibility of knowing better the behavior of these residues when applied to the soil. The information on the rate of waste degradation over time can be an interesting management strategy for urban solid waste for the purpose of agricultural use. In this study, the effect of the application of sewage sludge and irrigation on the rate of sewage sludge degradation (TDLE) 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 (CLE), in the amounts of 5, 10 and 15 Mg ha⁻¹ and the application irrigation blades (LAM-A), L1: 20 mm (11%), L2: 110 mm (60%) and L3: 184 mm (100%) There was a significant effect of the different irrigation slides applied, in the rate of degradation of sewage sludge. The rate of degradation of sewage sludge showed two distinct phases, one slower up to 30 days, and one faster, from 60 to 90 days. The mean rates of sewage sludge degradation at 30, 60 and 90 days were respectively 12.59%, 42.67% and 70.43%.

Key words: biosolids, residue decomposition, soil wetting.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto (LE) é um resíduo resultante dos processos de tratamento primário e secundário do esgoto nas estações de tratamento de esgoto (ETE). 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 e a urbanização são os grandes responsáveis pela geração de resíduos sólidos e líquidos (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

O LE pode ser definido como um resíduo semissólido, também chamado de biossólido, com teores variáveis de componentes orgânicos (proteína, gorduras, celulose, hemicelulose e lignina), e componentes inorgânicos, tais como nitrogênio, fósforo, potássio, sódio, iodo, dentre outros, com sua origem no tratamento de esgotos domiciliares, ou mistos, domiciliares e industriais (GARCÍA-DELGADO et al., 2007).

A disposição agrícola de LE é umas das alternativas ambientalmente adequadas para o destino final desse resíduo, por ser considerado como fonte de nutrientes para as plantas e de matéria orgânica para o solo, o qual ao recebe-lo, de forma geral, apresenta sensíveis melhoras nos aspectos físicos e químicos. Para a utilização do lodo de esgoto na agricultura, é preciso seguir a Resolução CONAMA N° 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 (CETESB, 1999).

O LE apresenta uma composição muito variável, devido ao tipo de tratamento que foi utilizado, e eventualmente se tem parcela de mistura com resíduos industriais. Um LE típico apresenta aproximadamente 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo, os demais macro e micronutrientes, além de elementos potencialmente tóxicos, tais como cádmio, níquel e cromo (BETTIOL; CAMARGO et al. 2006).

O uso do lodo de esgoto (LE) na agricultura é a alternativa viável e ambientalmente correta, pois este resíduo é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas, e, além disso, pode agir de corretivo da acidez do solo (ONWUDIWE et al., 2014; DOMINGUEZ et al., 2015; BONINI, ALVES, MONTANARI, 2015). Outro requisito muito importante na adição de LE ao solo está no conhecimento de sua taxa de degradação, conforme os estudos de Menezes (2013), que em experimento respirométricos avaliou a degradação através da emissão de CO₂, e constatou que as condições de temperatura, umidade e pH interferem nas respostas à degradação de tais resíduos (BHUYAN; TRIPATHI; KHAN, 2013).

Os resíduos orgânicos são um excelente condicionador para o solo, podendo proporcionar melhorias em suas propriedades físicas, aumentando a capacidade de retenção de água e a macroporosidade. Pode aumentar a disponibilidade de macro e micronutrientes, e a capacidade de troca catiônica (BITTAR, FERREIRA, CORRÊA, 2013) e ainda, melhorar as propriedades biológicas do solo (ARMENTA et al., 2012), pois estimula a proliferação de microrganismos benéficos, que agem no controle de fitopatógenos (MAGALHÃES et al., 2006).

A taxa de decomposição dos resíduos culturais depende da natureza e da quantidade adicionada do material vegetal, da fertilidade do solo (BOUJILA & SANAA, 2011; SOUZA et al., 2014), do manejo do solo e dos resíduos utilizados, e das condições climáticas locais, representadas principalmente pela pluviosidade e temperatura do ar (KLIEMANN; BRAZ; SILVEIRA, 2006). Tais fatores afetam a atividade microbológica do solo (AGUIAR & LUCENA, 2011) e a atividade da mesofauna, que na etapa inicial de fragmentação do material expõe maior superfície de contato ao ataque de biomassa microbiana (ALVARENGA et al., 2001).

Uma característica importante do uso de resíduos orgânicos para serem adicionados aos solos é a sua taxa de degradabilidade, a qual pode variar de acordo com a composição do resíduo utilizado, e com a lâmina de irrigação imposta (SOUZA et al., 2014). Além disso, a utilização de resíduos orgânicos ao solo visa principalmente aumentar a matéria orgânica do solo, mas pode ocorrer aumentos na emissão de gases de efeito estufa (GEE) dos três principais gases: CO₂, CH₄ e N₂O (SUSZEK et al., 2012).

Andrade et al. (2006) avaliaram a taxa de degradação de diferentes quantidades de LE, de diferentes origens e tipos de tratamentos. Verificaram que as taxas de degradação da fração orgânica dos resíduos variaram entre 5% e 22%, e o teor de proteína bruta do resíduo foi o parâmetro que melhor correlacionou com a taxa de degradação dos biossólidos no fim de 70 dias de incubação. Além disso verificaram correlações negativas e elevadas ($r > -0,9$) para os parâmetros celulose, fenóis, taninos e relação C/N dos resíduos de LE avaliados. Entretanto para a Matéria orgânica total e carbono total as correlações foram baixíssimas.

As taxas de mineralização de C e N orgânicos podem variar amplamente entre os tipos de LE aplicados ao solo (HATTORI & MUKAI, 1986), além disso, as variações constatadas podem ser influenciadas pela quantidade e composição da matéria orgânica do lodo, de forma que a taxa de mineralização de Carbono e Nitrogênio correlacionou-se negativamente com a relação C/N, hemicelulose e lignina, e positivamente com a matéria orgânica. O objetivo deste trabalho é avaliar a degradação de diferentes quantidades de lodo de esgoto (LE) aplicada sobre o solo em diferentes lâminas de molhamento.

Ribeiro (2014), analisando a deposição, decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira de área de integração lavoura pecuária (ILPF), de fragmentos do cerrado, utilizando a técnica de litter bags, verificaram que a precipitação pluvial influenciou marcadamente a decomposição da serapilheira foliar. A maior transformação de serapilheira, após a instalação dos litter bags na área experimental de ILPF em Planaltina - DF, ocorreu nos primeiros 30 dias e, ao longo de 345 dias, esse processo diminuiu lentamente. A ligeira queda no acúmulo de serapilheira constatada nos primeiros meses do experimento pode ser atribuída à alta atividade decompositora das bactérias e os fungos, que são os principais agentes decompositores presentes no solo. As correlações de Pearson, entre as normais climatológicas, vento, temperatura e precipitação, foram satisfatórias apenas para precipitação, em relação à decomposição da serapilheira em área de ILPF em Planaltina - DF. Vento e temperatura apresentaram correlações de Pearson pouco satisfatórias.

Ismael Filho et al. (2015), estudando a influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração, verificaram que a matriz de correlação simples de Pearson entre as variáveis radiação solar líquida (Rn), temperatura média (T), velocidade do vento (U₂) e

umidade relativa do ar (UR) e a evapotranspiração(Eto) foram consideradas insatisfatórias. No entanto, quando se utilizou o método de análise de correlações pelo método de trilha, as correlações pelo método proposto(trilha), foi constatado que a radiação e temperatura média foram as variáveis de maior influência sobre a evapotranspiração com efeito total de 0.941 e 0.737. A variável da velocidade do vento não teve efeito significativo e a umidade relativa teve um efeito negativo (-0.865).

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 m⁻³ 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.

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 Taxa de degradação de LE(TDLE) que não foi degradado.

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

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

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

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).

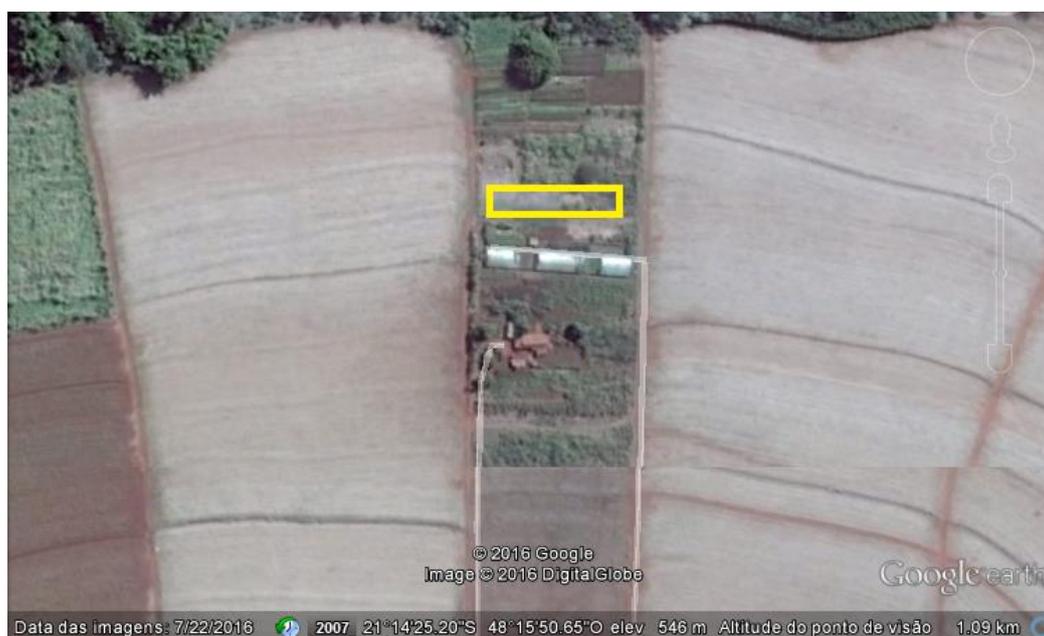


Figura 1. Área experimental em propriedade rural, distante 800m da ETE de Jaboticabal, SP.

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

*SLE: solo sem lodo de esgoto; CLE: solo com lodo de esgoto (5,10 E 15 Mgha⁻¹)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de degradação do LE não mostrou efeito significativo para as quantidades de LE utilizadas neste estudo ($P > 0,05$) para as idades avaliadas 30 e 60 dias (Tabela 3), mas efeito significativo para idade de 90 dias. Em relação às lâminas de irrigação (LAM-A), houve efeito significativo ($P < 0,05$) apenas na idade de 60 e 90 dias, e não houve efeito da interação CLE x LAM-A (Tabela 3).

TABELA 3. Análise de variância da taxa de degradação de LE (TDLE) em um Latossolo Vermelho eutroférrico em função da aplicação de lodo de esgoto (CLE) e irrigação (LAM-A).

TDLE	Teste F			Média	CV
	CLE	LAM-A	Interação CLE x LAM-A		
TDLE-30dias	0,94 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,44 ^{ns}	12,59	86,33
TDLE -60dias	1,49 ^{ns}	5,72 ^{**}	1,46 ^{ns}	42,67	34,12
TDLE -90dias	0,79 [*]	4,88 ^{**}	1,19 ^{ns}	70,43	26,48

* Significativo pelo teste F ($P < 0,05$); ns: não significativo; TDLE: Taxa de degradação de LE; LAM-A: lâminas de irrigação; CLE: quantidades de LE (5,10 e 15 Mg ha⁻¹); CV: coeficiente de variação

O teste de médias da taxa de degradação de LE (TDLE) em função das diferentes lâminas de irrigação (L1, L2 e L3), mostra que considerando cada idade (Tabela 4) não houve efeito significativo ($P < 0,05$) das lâminas utilizadas neste estudo, e a taxa de degradação do resíduo LE foi crescente ao longo dos 90 dias, para todas as quantidades de LE utilizadas sobre o solo, mas os valores médios da taxa de degradação entre as idades de 30,60 e 90 dias mostrou efeito significativo na TDLE nas idades de 60 e 90 dias, em relação à idade de 30 dias ($P < 0,05$).

Os resultados deste estudo podem estar relacionados principalmente à composição e quantidades de LE utilizadas neste estudo (Tabelas 2), as quais são coerentes conforme os

achados de Andrade et al.(2006), que avaliaram a taxa de degradação de diferentes quantidades de LE, de diferentes origens e tipos de tratamentos, e verificaram que as taxas de degradação da fração orgânica dos resíduos pode ser descrita por equação de cinética química com duas fases: a primeira fase caracterizou-se pela elevada velocidade de degradação de compostos orgânicos presentes em quantidades limitadas, cuja exaustão do substrato ocorreu em poucos dias (2 a 20 dias), e numa segunda fase caracterizou-se pela redução da velocidade da reação de degradação e aumento da quantidade de carbono(C) mineralizado (65% do total de C mineralizado no período).

TABELA 4. Comparação de médias da taxa de degradação de LE(TDLE) em um Latossolo Vermelho eutroférico em função das lâminas de irrigação (LAM-A).

Idades de Avaliação	Lâminas de irrigação			Média
	L1=20mm	L 2=110mm	L3=184mm	
TDLE	Taxa de degradação de LE(TDLE) (%)			
30Dias	16,10	11,05	10,62	12,59B
60Dias	48,13	41,93	37,96	42,67A
90Dias	75,65	69,42	66,23	70,43A
Média	46,63a	40,80a	38,27a	41,90

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

A Tabela 5 mostra que não houve efeito significativo da diferentes lâminas de água e das três quantidades de LE, sobre os valores médios da degradação de três quantidades LE submetidos a irrigação com três laminas de água(P>0,05). Entretanto, a partir dos 60 dias de idade foi possível notar efeito significativo da maior quantidade de LE utilizada (15 Mg ha⁻¹), aos 60 e 90 dias de idades. A menor degradação nas maiores nas maiores lâminas deste estudo são coerentes com os resultados de Souza et al.(2014).

Hattori e Mukai (1986), ao avaliar a degradação de LE, verificaram que a taxa de degradação do LE é resultado das taxas de mineralização de C e nitrogênio (N) orgânicos(CARDOSO et al, 2013), as quais variaram amplamente entre os tipos de LE, e, além do mais, as variações foram influenciadas pela quantidade e composição da matéria orgânica do lodo, de forma que a taxa de mineralização de C e N, correlacionou-se negativamente com a relação C/N, hemicelulose e lignina, e positivamente com a matéria orgânica.

TABELA 5. Valores médios da degradação de três quantidades LE submetidos a irrigação com três laminas de água, em função de três idades

CLE (Mg ha ⁻¹)	30 dias			Média
	LAM1(20mm)	LAM2(110mm)	LAM3(184mm)	
5	17,90	8,30	6,95	11,05A
10	15,70	17,25	5,38	12,78A
15	14,70	7,60	19,53	13,41A
Média	16,1a	11,05a	10,62a	12,59
CLE (Mg ha ⁻¹)	60 dias			Média
	LAM1(20mm)	LAM2(110mm)	LAM3(184mm)	
5	42,50	48,77	34,92	42,06B
10	47,75	28,20	22,88	32,94B
15	54,15	48,82	56,08	53,02A
Média	48,13a	41,93a	37,96a	42,67
CLE (Mg ha ⁻¹)	90 dias			Média
	LAM1(20mm)	LAM2(110mm)	LAM3(184mm)	
5	67,80	65,67	74,25	69,24B
10	74,40	60,48	42,68	59,18B
15	84,75	82,10	81,78	82,88A
Média	75,65a	69,41a	66,23a	70,43

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

Na degradação de materiais orgânicos pelos microrganismos, é comum ocorrer reações de anabolismo e de catabolismo de substâncias orgânicas ao mesmo tempo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006), que agem sobre a matéria orgânica do LE puro, e moléculas inorgânicas do LE puro, tais como fósforo(P) e enxofre(S) (Tabela 2), formando provavelmente coloides e microagregados, que auxiliaram na retenção de moléculas de água, mesmo em lâminas menores de irrigação (NOVAIS et al., 2007).

Sommers et al. (1979), relatam que as propriedades do solo não influenciaram a decomposição de LE, em estudo de degradação. Em contrapartida, observou-se diferenças apreciáveis na decomposição do LE quando diferentes resíduos foram adicionados ao mesmo solo. Os dados do estudo sugerem, que nos solos que receberam LE, a desnitrificação e ou imobilização, são possivelmente os principais mecanismos de perda de N em solos tratados com LE.

O pH do solo pode influenciar na degradação do LE, principalmente pela colonização de microrganismos lignonocelulósicos, conforme os relatos de Menezes(2013), onde foi possível notar que diferentes pHs, selecionam cepas de fungos mais eficientes na degradação do resíduo LE, de tal sorte que em pH neutro, houve eficiência notória na taxa de degradação de LE, em relação a pH ácidos. No presente estudo, embora as variações de pH foram mínimas (Tabela 2), o LE apresentou quantidades apreciáveis de matéria orgânica, e que

mesmo em maiores quantidade de LE aplicadas ao solo, a irrigação pode ter contribuído para lixiviar em parte dos materiais orgânicos e inorgânicos lábeis, principalmente nos primeiros 30 dias, resultando em maior degradação do LE, nas menores de quantidades de lodo aplicados sobre o solo (Tabela 5). Nos 60 e 90 dias de degradação do LE, é possível que a participação dos produtos processados pelos microrganismos sobre a mineralização da matéria orgânica tenham sido mais efetivas (HATTORI & MUKAI,1986; MOREIRA SIQUEIRA, 2006). É possível que as precipitações nos primeiros 30 dias, à parte da lâmina aplicada em cada tratamento do experimento, possa ter interferido na taxa de degradação do LE (Tabela 1), ou seja, além das lâminas aplicadas no experimento, ocorreu aos 60 e 90 dias quantidades de precipitação consideráveis de 175,40mm(L2) e 148,70mm(L3), o que pode estar relacionado com uma maior lixiviação dos nutrientes e redução da população de microrganismos da solução do solo, a qual foi mais drenada aos 60 e 90 dias do experimento. Bundt et al. (2014), estudando a lixiviação de diferentes herbicidas na solução do solo, os quais via de regra constituem moléculas grandes, são totalmente variáveis, sendo influenciados por irrigações contínuas ou intermitentes, tal qual desenvolvida neste estudo.

Ramos et al. (2010), na cultura do trigo fertirrigado com nitrogênio, aos 5 dias antes da fertirrigação, a biomassa microbiana caiu de maneira não significativa aos 5 dias pós fertirrigação, em três doses de nitrogênios avaliadas. Já na área onde foi apenas irrigado, a biomassa microbiana aumentou. Embora no presente estudo, o aporte de nitrogênio tenha como origem principal o LE, pode ser que tenha ocorrido também uma redução da biomassa microbiana, e, conseqüentemente reduzindo a ação dos microrganismos sobre o LE, provavelmente pela lixiviação do material orgânico no solo, reduzindo assim a taxa de degradação do LE nas maiores lâminas. No entanto, estudos recente de Teti et. al(2013), avaliando a presença microbiana no solo, em área de sequeiro e irrigado, com e sem palha, verificou que em área irrigadas de palmas (*Opuntia sp.*), a biomassa microbiana no solo aumentou significativamente, sendo que onde havia palha sobre o solo, e o solo foi irrigado, a biomassa microbiana foi superior. Mais experimentos são necessários para compreender mais a degradação de resíduos orgânicos, devidos as variações na relação solo-atmosfera serem dependerem de multifatores ambientais.

CONCLUSÃO

Houve efeito significativo das diferentes lâminas de irrigação aplicadas, na taxa de degradação de lodo de esgoto. A taxa degradação do lodo de esgoto mostrou duas fases distintas, uma mais lenta até aos 30 dias, e uma mais rápida, dos 60 aos 90 dias. As taxas médias de degradação do lodo de esgoto aos 30,60 e 90 dias foram respectivamente 12,59%, 42,67% e 70,43%. Aplicações de 10 a 15 Mg ha⁻¹ de LE podem persistir mais tempo no campo até os 90 dias. A aplicação de lâminas de 20mm, contribuiu para uma degradação mais acelerada do resíduo lodo de esgoto no campo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. M. de; LUCENA, S. L. de. Hidrólise enzimática de resíduos lignocelulósicos: produção de celulases por *Aspergillus niger* e efeitos do pré-tratamento. **Acta Scientiarum:**

technology, Maringá, v. 33, n. 4, p. 385-391, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v33i4.10204>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.J.; CRUZ, J.C. & SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, jan/fev, 2001.

ANDRADE, C. A. de. et al.(2006) Cinética de degradação da matéria orgânica de biossólidos após aplicação no solo e relação com a composição química inicial. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.4, p. 659-668, 2006.

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>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura.p.27-28, 2006.Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 346p.Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroLodo Esgoto.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroLodo_Esgoto.pdf)>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

BHUYAN, S. I.; TRIPATHI, O. P.; KHAN, M. L. Seasonal changes in soil microbial biomass under different agro-ecosystems of Arunachal Pradesh, North East India. **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v. 8, n. 3, p. 142-152, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4038/jas.v8i3.6087>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

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: 06 mar. de 2017.

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: 06 mar. de 2017. 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: 06 mar. de 2017.

BUNDT, A. DA CAS; AVILA, L. A. De; AGOSTINETTO, D.; REFATTI, J. P.; CASSOL, L.; ROCKEMBACK, F. C. Lixiviação de imidazolinonas em resposta a diferentes manejos de irrigação em solo de cultivo de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.44, n.11, nov, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n11/0103-8478-cr-44-11-01943.pdf>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

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: 06 mar. de 2017.

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.

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: 06 mar. de 2017.

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

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>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

HATTORI, H.; MUKAI, S. Decomposition of sewage sludge in soil as affected by their organic matter composition. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.32, n.3, p.421-432, 1986.

ISMAEL FILHO, A.; BORGES, P. F.; ARAÚJO, L. S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. M.; SILVA, L. S.; JUNIOR, C. V. S. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **GAIA SCIENTIA**, vol. 9(1): 62-66, 2015.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J.P.B. & SILVEIRA, P.M. da. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distrófico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 36 (1): 21-28, 2006.

MAGALHÃES, M. A. et al. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. *Campina Grande, R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.10, n.2, p.466-471, 2006.

MENEZES, F. P. **Degradação de biossólido por fungos lignocelulolíticos**. 2013. 111p. Tese(Doutorado)Ciência do Solo, Área de Concentração Biodinâmica e Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2013.

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

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.

RAMOS, G. M. L.; CARVALHO, J. G.; RIBEIRO JÚNIOR, W. Q.; FERRAZ, D. M. M.; CARVALHO, A. M. de; AMÁBILE, R. F. Efeito de doses de nitrogênio via fertirrigação na dinâmica microbiana, em solo cultivado com trigo. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 26, n. 3, p. 376-383, May/June, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7626/1/ARTIGO_EfeitoDosesNitro%C3%AAnio.pdf>. Acesso em: 10 mar. de 2017.

RIBEIRO, F. C. **Deposição e decomposição de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta em Planaltina – DF**. 2014. 62 p. Dissertação (mestrado). UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, UNB, 2014.

SAITO, M. L. **O uso do lodo de esgoto na agricultura: precauções com os contaminantes orgânicos**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 35 p. 2007(Documentos, 64)

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>>. Acesso em: 15 mar. de 2017.

SOMMERS, L.E. et al. Transformations of carbon, nitrogen, and metals in soils treated with waste materials. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.8, p. 287-294, 1979.

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>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

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>>. Acesso em: 06 mar. de 2017.

TETI, L.M.E.H.; SANTOS, V.M.; ESCOBAR, I.E.C.; MAIA, L.C.. Efeito de diferentes sistemas de cultivo da palma na biomassa microbiana do solo. **In: Resumos Expandidos do I CONICBIO / II CONABIO / VI SIMCBIO (v.2)**, Universidade Católica de Pernambuco, Recife - PE - Brasil - 11 a 14 de novembro de 2013.