



---

## ASPECTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E AGRÍCOLAS COM USO DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Georgia Ribeiro Silveira de Sant'Ana<sup>1</sup>, Carlos Eduardo Ramos de Sant'Ana<sup>2</sup>,  
Humberto Flaider Araújo Mendes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutora em Ciências Ambientais. Professora da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis,, Goiás e Bióloga do Jardim Botânico de Goiânia, Goiás (grssantana@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutor em Biologia. Professor do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, Universidade Federal de Goiás.

<sup>3</sup> Tecnólogo em Processos químicos. Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás.

Recebido em: 15/04/2018 – Aprovado em: 07/05/2018 – Publicado em: 09/06/2018  
DOI 10.18677/TreeDimensional2018A1

---

### RESUMO

A quantidade de lodo produzida tem aumentado consideravelmente devido à construção de novas estações de tratamento, esse aumento dos números, vem levando as autoridades a se preocuparem com as alternativas possíveis de disposição. O presente trabalho avaliou a situação física e química de hortaliças e plantas nativas, com aplicação de lodo do esgoto doméstico. A metodologia utilizada para as análises físicas e químicas foram de acordo com manual da EMBRAPA, 1997/2017. O nitrogênio e ferro se apresentaram como melhores indicadores na recuperação do solo. O uso de lodo de esgoto proporcionou maior rendimento de matéria orgânica e promoveu maior crescimento das plantas tanto nativa e agrícola. Notou-se que as hortaliças cultivadas em solo com adição de lodo e cal tiveram um maior crescimento tanto na altura, quanto em sua parte foliar, já as hortaliças, que foram plantadas no solo com lodo, o desenvolvimento foi mediano com exceção do feijão, que teve problemas de ferrugem em sua parte foliar e não se desenvolveu. As plantas desenvolvidas somente com solo puro, não houve um crescimento expressivo. Para o plantio com plantas nativas, o crescimento foi o mesmo para os três tipos de solo apresentado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Planta nativa, planta agrícola, recuperação do solo.

### PHYSICAL AND CHEMICAL ASPECTS OF NATIVE AND AGRICULTURAL PLANTS USING DOMESTIC SEWAGE SLUDGE

### ABSTRACT

The amount of sludge produced has increased considerably due to the construction of new treatment plants, this increase in numbers has led authorities to worry about possible disposal alternatives. The present work evaluated the physical and chemical situation of vegetables and native plants, with application of domestic sewage

sludge. The methodology used for the physical and chemical analyzes were according to the EMBRAPA manual, 1997/2017. Nitrogen and iron presented the best indicators for soil recovery. The use of sewage sludge provided higher yield of organic matter and promoted greater growth of both native and agricultural plants. It was noticed that the vegetables grown without soil, with addition of slime and lime had a greater growth both in height and in its leaf part, since the vegetables that were planted in the soil with mud, the development was medium with exception of the bean, which had rust problems in its leaf part and did not develop. The plants developed only with pure soil, there was not an expressive growth. For planting with native plants, the growth was the same for the three types of soil presented.

**KEYWORDS:** Soil recovery, native plant, agricultural plant

## INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de efluentes (ETE) têm por objetivo a remoção dos poluentes, nutrientes e matéria orgânica presentes nas águas residuárias antes que retornem ao meio ambiente. O lodo produzido em uma ETE corresponde a cerca de 1 a 2% do volume do efluente tratado, entretanto o tratamento e a disposição final desse resíduo representam de 30 a 50% do custo operacional da estação. As características do lodo gerado em ETEs são muito variáveis. Lodos de esgoto sanitário podem apresentar alta concentração de patógenos (SILVA et al., 2001), assim como cargas altas de contaminantes químicos provenientes de produtos domésticos de limpeza, cosméticos, higiene pessoal e remédios (PEREIRA; GARCIA, 2017).

No Brasil, estima-se que foram produzidas 209.280 toneladas de lixo diariamente. Desse total, 90,4% é coletado, entretanto apenas 58,26% tem destino adequado a aterros sanitários, ficando o restante encaminhado a lixões ou aterros controlados. Do total de municípios do país, apenas 62,1% apresenta algum tipo de iniciativa de coleta seletiva. (ABRELPE, 2013). A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Polícia Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no art. 30, XVI, define resíduos sólidos como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. A lei determinou que, até agosto de 2012, todas as prefeituras do país deveriam apresentar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, colocando-o em operação até 2014, quando todos os lixões deveriam ter sido desativados (BRASIL, 2010; NETO, 2011), o que não aconteceu.

De acordo com Revlog (2012), as três principais razões que levam as empresas a atuarem mais fortemente na Logística Reversa são: (1) Legislação Ambiental, que força as empresas a retornarem com seus produtos e cuidar do tratamento necessário; (2) benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, em detrimento dos altos custos do correto descarte do lixo; e (3) a crescente conscientização ambiental dos consumidores. Portanto, as políticas e planos devem ser acompanhadas de um amplo debate público com a participação dos diversos atores sociais e econômicos envolvidos no gerenciamento de resíduos. Observa-se, portanto, a necessidade da implantação de um sistema que integre a gestão municipal, os catadores de lixo e as empresas, não só as que

produzem os bens, mas também as que geram os resíduos (MONTEIRO; ZVEIBIL, 2001; SILVA et al., 2001; GONÇALVES, 2006).

Por outro lado, as propriedades físicas relacionadas à qualidade do solo referem-se às condições, que permitem a infiltração, a retenção e a disponibilização de água para as plantas, proporcionando as trocas de calor e de gases com a atmosfera e as raízes das plantas e possibilitando o crescimento das raízes (REICHERT et al., 2003). Solos com qualidade física deve apresentar estabilidade, ou seja, as partículas de argila devem estar floculadas e ter uma adequada distribuição do tamanho de poros e elevada porosidade total, tornando o solo capaz de absorver, armazenar e liberar água para as plantas (SUZUKI, 2008).

Dessa forma, propriedades do solo como a densidade, a porosidade, taxa de infiltração de água e a resistência à penetração têm sido largamente utilizadas na avaliação do estado de compactação do solo em áreas agrícolas (FLORES et al., 2007). Além disso, as propriedades físicas do solo podem ser alteradas, de acordo com o sistema de manejo empregado. No caso da silvicultura, podem proporcionar modificações em algumas características, como a umidade do solo, a aeração e a temperatura (VEZZANI, 2008).

A intensificação do manejo florestal e o aumento dos plantios florestais, principalmente de espécies exóticas, têm servido para focalizar a importância das propriedades químicas do solo no crescimento das árvores (PRITCHETT; FISHER, 1987). A acidez do solo varia amplamente de acordo com a espécie e possui grande importância na determinação do tipo e na qualidade do sítio florestal (SANT'ANA, 2014).

A modificação da acidez do solo está relacionada com a diferença inerente ao conteúdo de bases na serapilheira. Por exemplo, solos sob coníferas tendem a ser mais ácidos que sob folhosas devido ao menor conteúdo de bases nas folhas e na serapilheira destas espécies. O pH do solo, propriedade correlacionada com a acidez, é um importante indicador de suas condições químicas, pois possui capacidade de interferir na disposição de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, favorecendo ou não suas liberações (FREITAS, 2000; BRANDÃO; LIMA, 2002).

Segundo Pritchett e Fisher (1987), estudos mostram que quando outros fatores do sítio são mantidos constante, os níveis de nutrientes do solo são realmente relacionados com a produtividade florestal. A matéria orgânica do solo é originada pelas plantas, minerais e microrganismos que nele habitam, sendo que a vegetação é a principal fonte, seja pela deposição de material (ramos e folhas) ou contribuição das raízes. Solos florestais normalmente possuem maior conteúdo de matéria orgânica que solos agrícolas, devido à maior deposição de material e à menor taxa de mineralização da matéria orgânica na floresta (MIRANDA, 2005; SANT'ANA, et al., 2016).

Assim, o movimento de nutrientes nos povoamentos florestais ocorre com a sua absorção pelas plantas, em camadas mais profundas do solo e o seu retorno à superfície pela lavagem da parte aérea e pelo ciclo biogeoquímico, liberando nutrientes do material vegetal depositado na superfície do solo, por meio da decomposição microbiana. A exsudação de substâncias pelas raízes também pode ser distinta, o que propicia maior diversidade e atividade dos microrganismos do solo, afetando a decomposição e a liberação de nutrientes da serapilheira (VEZZANI et al., 2001).

Outro fator a ser considerado é que a aplicação de lodo pode também melhorar a qualidade do solo, com aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio,

magnésio e potássio (NASCIMENTO et al., 2004; UNAL; KATKAT, 2009); de fósforo, cálcio e capacidade de troca catiônica (CTC) (NASCIMENTO et al., 2004); da condutividade elétrica, do carbono orgânico total e da atividade microbiana (MINGORANCE et al., 2014); e do fósforo disponível e da condutividade elétrica (UNAL; KATKAT, 2009; ASIK et al., 2015). Apesar dos benefícios que a aplicação do lodo pode proporcionar, alguns componentes indesejáveis dos efluentes podem se concentrar no lodo, tais como metais pesados, poluentes orgânicos e microrganismos patogênicos (SILVA et al., 2001). A aplicação do lodo pode causar acúmulo de metais no solo (SILVA et al., 2006; ASIK et al., 2015) e em plantas de milho (SILVA et al., 2006), além de apresentar risco de contaminação das águas subterrâneas com nitrato (DYNIA et al., 2006). Dessa forma o presente trabalho avaliou o desenvolvimento de plantas agrícolas e plantas nativas (aspectos químicos e físicos) com a aplicação de lodo do esgoto doméstico.

## MATERIAL E MÉTODOS

As amostras do lodo desidratado (lodo biológico) foram coletadas em quatro porções em frascos de plástico estéreis, em um leito de secagem, provenientes de uma estação de tratamento de esgoto doméstico. Estas amostras foram levadas ao laboratório da Faculdade de Tecnologia SENAI Roberto Mange, Anápolis, Goiás, para a realização das análises físico-químicas.

### Preparo das amostras

As amostras de lodo e solo no laboratório foram esboroadas e peneiradas em peneiras de 200 mesh, afim de manter as amostras granulométricas e ter um melhor resultado das análises físico-químicas realizadas (EMBRAPA, 1997/2017).

### Amostras de lodo biológico

As amostras de lodo biológico foram secadas ao sol e divididas em quatro tratamentos: uma amostra *in natura* (Tabela 1), outra seca ao sol e as outras duas passaram por um tratamento de higienização com cal virgem (CaO – Oxido de Cálcio) em duas proporções de aplicação, com 30% e 60% de cal virgem (Tabela 1). Este tratamento foi para eliminar os patógenos no lodo coletado. As análises foram feitas em triplicatas. As proporções selecionadas de cal virgem (30% e 60%) foram realizadas de acordo com Lima (2010).

**TABELA 1** Proporção e preparação da amostra, antes das análises de patógenos presentes no lodo.

<b>Amostra</b>	<b>Lodo (g)</b>	<b>Cal virgem (CaO) (g)</b>	<b>Seca ao Sol (g)</b>
<b>1</b>	100	-	-
<b>2</b>	-	-	100
<b>3</b>	70	30	-
<b>4</b>	40	60	-

### Preparo do solo para o plantio e plantio das hortaliças

Foram semeadas 10 repetições de cada espécie em cada tipo de solo, com índice de germinação de 100%. Após o plantio, todas as quatro espécies de hortaliças (milho, tomate, feijão e alface) começaram a germinar a partir do terceiro dia de plantio nos diferentes tipos de solo (solo, solo com lodo e solo com lodo e cal).

## Plantio das espécies nativas

Para o plantio das espécies nativas, foi utilizado o mesmo processo das hortaliças, com as mesmas proporções de terra, lodo e cal e em quatro diferentes tipos de substratos (solo, solo com lodo e solo com lodo mais cal a 30 e 60%). Foram plantadas três sementes em cada recipiente para cada uma das três espécies arbóreas nativas (amendoim bravo - *Pterogyne nitens Tul.*, sena - *Senna alexandrina* e jacarandá - *Jacaranda mimosifolia*), totalizando 30 sementes para cada espécie.

O experimento foi realizado em um viveiro em Anápolis, Goiás. As hortaliças foram analisadas em um período de 30 dias, e as plantas nativas foram analisadas por um período de dois meses. Cada planta foi identificada e separada, de acordo com o preparo do solo (solo *in natura*, solo com lodo sem tratamento e solo com lodo mais cal (a 30 e 60%) e o tipo de planta - hortaliça ou planta nativa (ANDREOLI et al., 1997).

## Análises físicas e químicas

Para os parâmetros de análise das plantas (nativas do Cerrado e hortaliças), no período de 30 dias após o plantio, as mesmas foram retiradas e lavadas com água deionizada. Foram separadas as folhas e raízes de cada espécie e analisadas individualmente. Para o preparo das amostras, o material coletado foi enviado para estufa aquecida a 60°C por 48 horas, após a secagem o material foi macerado em moinho de facas e o pó foi pesado e levado ao forno mufla a uma temperatura de 550°C por quatro horas. A cinza extraída (Matéria inorgânica) foi diluída em ácido clorídrico (HCl) 1,0 mol L<sup>-1</sup> e completadas com água deionizada, seguindo a metodologia do método de extração e decomposição por via seca descritas no manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (EMBRAPA, 2017). Foram analisados o pH, Condutividade e níveis de Oxigênio dissolvido das plantas. Quanto as análises de micronutrientes foram determinadas as concentrações de nitrito, nitrato, amônia e fosfato, para a determinação de metais pesados, foram analisadas as concentrações de cobre, cromato, manganês, zinco e ferro (EMBRAPA, 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Espécies de Hortaliças

Após o plantio, todas as espécies de hortaliças começaram a germinar a partir do terceiro dia de plantio nos diferentes tipos de solo (solo puro, solo com lodo puro e solo com lodo e cal a 30 e 60%). Observando a tabela 2 verifica-se que o milho obteve um crescimento maior no solo com lodo mais cal, e de um modo geral o tomate, feijão e alface apresentaram o mesmo crescimento, ou seja, tiveram maior crescimento no solo, com lodo mais cal (a 30 e 60%).

**TABELA 2** Comparativo de crescimento (altura em centímetros) de hortaliças (milho, tomate, feijão e alface) em diferentes tipos de solo (solo puro, solo com lodo puro e solo com lodo e cal 60%) na primeira e segunda semana do plantio.

Tipo de planta agrícola	1ª Semana Solo puro (cm)	1ª Semana Solo + lodo Puro (cm)	1ªSemana Solo + lodo + cal (60%) (cm)	2ªSemana solo puro (cm)	2ªSemana solo + lodo puro (cm)	2ªSemana solo + lodo + cal (60%) (cm)
Milho	9	12	15	17	18	21
Tomate	1	2	5	4	3	9
Feijão	4	5	9	7	6	14

Alface	2	3	4	3	4	5
--------	---	---	---	---	---	---

Na terceira semana de desenvolvimento das plantas observou-se que as plantas se mantêm o crescimento, ou seja, as plantas com solo puro, lodo puro e cal (60%) continuam com um bom crescimento (Tabela 3).

**TABELA 3** Comparativo de crescimento das hortaliças em diferentes tipos de solo (solo puro, solo com lodo puro e solo com lodo e cal 60%) na terceira e quarta semana do plantio.

<i>Tipo de planta agrícola</i>	<i>3ªSemana Solo puro (cm)</i>	<i>3ª Semana Solo + lodo puro (cm)</i>	<i>3ªSemana Solo + lodo + cal (60%) (cm)</i>	<i>4ªSemana solo puro (cm)</i>	<i>4ªSemana solo + lodo puro (cm)</i>	<i>4ªSemana solo + lodo + cal (60%) (cm)</i>
Milho	40	50	65	51	80	88
Tomate	4	4	12	7	4	16
Feijão	9	8	21	12	10	33
Alface	4	5	6	6	5	6

Nesta fase da pesquisa, após um período de 30 dias de observação, foi possível determinar que em solo sem aplicar o lodo, a hortaliça não desenvolveu. O solo com aplicação do lodo biológico, a planta apresentou um desenvolvimento maior com exceção do feijão que apresentou ferrugem na parte foliar e teve o crescimento comprometido. O solo com aplicação do lodo e cal, os crescimentos das plantas superaram as expectativas e a parte foliar das plantas se destacaram, conforme visto em imagens acima. A cal a 60% ajudou o solo corrigindo a deficiência de cálcio pré-existente conforme observado nas análises laboratoriais e que é essencial para o crescimento das plantas.

#### Plantio das espécies nativas

O índice de germinação foi de 60 a 80% de acordo com cada espécie. Os resultados estão dispostos em tabelas (Tabela 4 e 5).

**TABELA 4** Quantidade de plantas nativas que germinaram nos diferentes tipos de solo (solo puro, solo com lodo puro e solo com lodo e cal 60%) na primeira e segunda semana após o plantio.

<i>Tipo de planta nativa</i>	<i>1ªSemana Solo puro</i>	<i>1ª Semana Solo + lodo puro</i>	<i>1ªSemana Solo + lodo + cal (60%)</i>	<i>2ªSemana solo puro</i>	<i>2ªSemana solo + lodo puro</i>	<i>2ªSemana solo + lodo + cal (60%)</i>
Nativa 1 - <i>Senna alexandrina</i>	2	2	3	4	5	5
Nativa 2 - <i>Jacaranda mimosifolia</i>				2		2
Nativa 3- amendoim bravo - <i>Pterogyne nitens Tul.</i>	2			4		

**TABELA 5** Quantidade de plantas nativas que germinaram nos diferentes tipos de solo (solo puro, solo com lodo puro e solo com lodo e cal 60%) na terceira e quarta semana após o plantio.

Tipo de planta nativa	3ªSemana Solo puro	3ª Semana Solo + lodo puro	3ªSemana Solo + lodo + cal (60%)	4ªSemana solo puro	4ªSemana solo + lodo puro	4ªSemana solo + lodo + cal (60%)
Nativa 1 <i>Senna alexandrina</i>	7	8	7	8	8	7
Nativa 2 <i>Jacaranda mimosifolia</i>	5		4	7		5
Nativa 3 amendoim bravo - <i>Pterogyne nitens Tul.</i>	6		1	7		2

O crescimento foi o mesmo para todos os três tipos de solo. O índice de germinação e o tempo para germinar foi consequência dos diferentes tipos de sementes, mecanismos de dormência e o tempo de armazenagem da semente, que já estavam armazenadas a mais de 6 meses, comprometendo assim o índice de germinação. Nota-se que tanto a germinação como o desenvolvimento das plantas nativas foram muito bons com solo mais lodo e cal (60%).

#### Análises físico-químicas das plantas

Após o período de observação das plantas (agosto e setembro de 2016), as mesmas foram coletadas, levadas ao laboratório da Faculdade de Tecnologia da Faculdade Roberto Mange em Anápolis, Goiás, para realização das análises físico-químicas. Foram feitas as análises das folhas e raízes de cada planta para se saber o comportamento dos elementos de cada planta de acordo com a EMBRAPA (2017).

De uma maneira geral, o melhor resultado para as hortaliças diz respeito ao tratamento lodo mais cal (60%). Na tabela 6 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas, com o milho foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fósforo, que se apresenta em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz.

**TABELA 6** Apresentação dos resultados de análises do milho (*Zea mays*) das raízes e folhas da planta.

Relatório de análise do Milho - <i>Zea mays</i>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal (60%)	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal (60%)
pH	N.A	5,3	5,28	5,12	5,50	5,45	5,93
Condutividade	µS/cm	3590	3290	7340	2110	2540	1697
OD	mg/L	1,23	1,28	0,26	1,03	0,56	0,53
Nitrito	mg/L	0,4	0,47	3,8	0,52	3,76	337
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	1,5	0,7	0,5	0,80	7,8	1,3
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	6,64	3,10	2,21	3,54	34,53	5,75
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	2,7	0,5	0,5	0,10	5,6	2,7
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	3,48	0,64	0,64	0,13	7,21	3,48
Fósforo	mg/L	337	190	302,4	440	432	234,4
Cobre	mg/L	2	0,6	0,20	0,70	6,8	2,5
Cromato	mg/L	2,6	2,2	0,08	0,9	3,2	1,47
Manganês	mg/L	10	11	10	22,5	24	20
Zinco	mg/L	6,3	36,3	15,8	7,60	4,5	13,4
Ferro Solúvel	mg/L	2,7	4,8	7,5	17,8	39,6	96,2

<b>Ferro Total</b>	<b>mg/L</b>	3,4	7,8	11,4	19,5	41,6	100,2
--------------------	-------------	-----	-----	------	------	------	-------

Na tabela 7 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas, com o tomate foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fosfato, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado do milho.

**TABELA 7** Apresentação dos resultados de análises do tomate (*Solanum lycopersicum*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise do Tomate - <i>Solanum lycopersicum</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	5,78	5,81	5,83	5,99	5,81	6,11
Condutividade	µS/cm	2682	2690	2680	274	305	58
OD	mg/L	1,14	3,92	0,50	6,98	7,12	6,53
Nitrito	mg/L	0,124	0,121	0,13	0,45	0,359	0,57
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,22	0,22	0,23	0,61	0,38	0,82
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,97	0,97	1,02	2,70	1,68	3,63
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	3,3	1,62	5,60	6,28	4,85	7,80
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	4,25	2,09	7,21	8,09	6,25	10,04
Fosfato	mg/L	302	462	186	223	240	209
Cobre	mg/L	0,7	0,2	0,61	2,10	0,8	3,19
Cromato	mg/L	1,1	2,4	0,76	3,75	1,4	4,28
Manganês	mg/L	2,43	2,57	2,50	13,60	14,2	13,4
Zinco	mg/L	3,3	17,1	5,68	5,70	13,6	12
Ferro Solúvel	mg/L	6,9	9,4	14,20	3,70	31,7	8,7
Ferro Total	mg/L	9,4	12,2	17,80	6,40	34,4	40,3

Na tabela 8 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas, com a alface foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fosfato, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado do milho e tomate.

**TABELA 8** Apresentação dos resultados de análises da alface (*Lactuca sativa*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise da alface - <i>Lactuca sativa</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	6,03	6,26	6,08	6,12	6,06	6,18
Condutividade	µS/cm	2453	2960	2260	918	689	1390
OD	mg/L	0,54	3,79	0,33	6,03	5,93	6,12
Nitrito	mg/L	0,116	0,55	0,05	0,14	0,85	0,14
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,04	1,2	0,13	0,06	1,3	0,35
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,18	5,31	0,58	0,27	5,75	1,55
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,96	0,05	1,36	2,49	2,4	2,55
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,24	0,06	1,75	3,21	3,09	3,28
Fosfato	mg/L	199	183	282	271	254	294,4
Cobre	mg/L	0,02	0,05	1,51	0,14	2,9	0,4
Cromato	mg/L	0,5	0,4	0,3	0,91	3,4	1,4
Manganês	mg/L	2,4	5	3,20	3,30	2,8	1,8
Zinco	mg/L	1,8	20	2,90	3,70	11,6	4,19
Ferro Solúvel	mg/L	0,1	3,75	3,70	0,16	6,5	8,3



<b>Ferro Total</b>	<b>mg/L</b>	0,61	7,21	3,97	0,94	8,7	8,46
--------------------	-------------	------	------	------	------	-----	------

Na tabela 9 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas, com o feijão foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fósforo, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado do milho, tomate e alface.

**TABELA 9** Apresentação dos resultados de análises do feijão (*Phaseolus vulgaris*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise do Feijão - <i>Phaseolus vulgaris</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	5,76	6,43	6,11	5,51	6,34	6,26
Condutividade	µS/cm	1236	3680	2230	835	417	1096
OD	mg/L	7,12	0,7	0,29	7,18	7,73	6,34
Nitrito	mg/L	460	0,062	0,118	334	0,114	0,163
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,7	0,09	0,22	0,70	0,22	0,24
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	3,10	0,40	0,97	3,10	0,97	1,06
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	1,9	2,62	0,97	0,80	56,4	1,86
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	2,45	3,37	1,25	1,03	72,63	2,40
Fósforo	mg/L	238,4	682	418	408	568	160
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,05	0,20	0,4	0,08
Cromato	mg/L	0,5	3	0,30	0,93	2	1,11
Manganês	mg/L	11	5,5	9,20	9,00	2,9	8,4
Zinco	mg/L	32,8	22,3	12,30	29,60	34	15,4
Ferro Solúvel	mg/L	26,4	8,2	13,80	21,80	16,9	55,2
Ferro Total	mg/L	29,7	11,1	16,40	23,10	20,5	57,6

Na tabela 10 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas, com o amendoim bravo foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fósforo, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado das hortaliças.

**TABELA 10** Apresentação dos resultados de análises do amendoim bravo (*Pterogyne nitens Tul.*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise Amendoim Bravo- <i>Pterogyne nitens Tul.</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	5,82	5,59	5,93	6,32	6,04	6,36
Condutividade	µS/cm	634	460	1163	1006	199,9	134
OD	mg/L	4,03	6,62	1,60	5,32	7,64	7,62
Nitrito	mg/L	0,071	0,01	0,082	0,212	0,192	0,261
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,091	0,11	0,08	0,27	0,31	0,29
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,20	0,49	0,35	1,10	1,37	1,28
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	6,6	4,42	9,20	3,78	4,96	2,10
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	8,50	5,69	11,85	4,87	6,39	2,70
Fósforo	mg/L	221	212	262	231	196	274
Cobre	mg/L	0,54	0,1	0,87	0,88	0,7	1,12
Cromato	mg/L	0,3	0,22	0,50	2,7	2,3	3,1
Zinco	mg/L	5,3	8,2	5,4	6,7	11	8,4
Ferro Solúvel	mg/L	1,1	1,6	0,6	22,3	25,9	34,8
Ferro Total	mg/L	3,4	2,1	13,6	25,5	27,1	41,6

Na tabela 11 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas com a Sena foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fosfato, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado das hortaliças e a planta nativa Amendoim bravo.

**TABELA 11** Apresentação dos resultados de análises da Sena (*Senna alexandrina*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise Nativa 2- <i>Senna alexandrina</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	4,32	4,52	6,03	5,79	5,98	6,32
Condutividade	µS/cm	530	510	1236	628	582	299
OD	mg/L	4,12	4,82	2,35	4,97	6,24	5,63
Nitrito	mg/L	0,153	0,067	0,10	0,078	0,07	0,77
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,06	0,03	0,40	0,14	0,05	0,16
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,27	0,13	1,77	0,62	0,22	0,71
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	0,9	0,4	1,40	16,50	11,3	22,30
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	1,16	0,52	1,80	21,25	14,55	28,72
Fosfato	mg/L	200,6	182	233	261	198	270
Cobre	mg/L	0,34	1,12	0,98	0,64	1,32	1,13
Cromato	mg/L	0,08	0,03	0,12	0,17	0,09	0,21
Zinco	mg/L	12	14,2	16	28	6,7	29,9
Ferro Solúvel	mg/L	1,9	0,23	2,4	2,10	0,28	2,88
Ferro Total	mg/L	2,8	0,45	3,80	4,60	0,41	5,12

Na tabela 12 observa-se que os melhores resultados das análises realizadas com o Jacarandá foram com solo, lodo mais cal (60%). Mesmo o fosfato, que se apresentou em um valor alto sem a cal, quando se coloca a cal reduz. Mantem-se o mesmo resultado das hortaliças e as plantas nativas Amendoim bravo e Sena.

**TABELA 12** Apresentação dos resultados de análises do Jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) das raízes e folhas da planta.

<b>Relatório de análise Nativa 3- jacarandá - <i>Jacaranda mimosifolia</i></b>							
Parâmetro	Unidade	Análise das Folhas			Análise das Raízes		
		Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%	Lodo puro	Solo puro	Lodo e Cal 60%
pH	N.A	5,73	5,73	5,96	6,21	6,18	6,07
Condutividade	µS/cm	1539	755	1080	1935	344	354
OD	mg/L	2,5	2,92	0,39	4,37	4,82	5,68
Nitrito	mg/L	0,058	0,079	0,047	0,065	0,084	0,062
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,02	0,26	0,13	0,06	0,03	0,26
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	mg/L	0,09	1,15	0,58	0,27	0,13	1,15
Amônia (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	5,32	4,12	8,02	10,67	11,2	15,45
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	6,85	5,31	10,33	13,74	14,42	19,90
Cobre	mg/L	0,18	0,23	1,20	0,92	0,63	1,3
Zinco	mg/L	8,43	9,1	14,50	10,6	11,6	14
Ferro Solúvel	mg/L	3,3	2,2	3,80	3,70	2,1	5,1
Ferro Total	mg/L	4,1	3,7	4,80	5,30	4,2	7

## CONCLUSÕES

O lodo de esgoto influenciou as propriedades químicas do solo, quando comparado com o solo exposto (sem tratamento para recuperação) e o solo que recebeu tratamentos para recuperação, cultivado com plantas agrícolas e nativas.

O uso de lodo de esgoto proporcionou maior rendimento de matéria orgânica e promoveu maior crescimento das plantas tanto nativas e agrícolas.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2013. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/>>. Acesso em 20 de Novembro de 2014.

ANDREOLI, C. V. (Coord.) **Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 282p.

ASIK, B.B.; AYDINALP, C.; KATKAT, A.V.; SAGBAN, F.O.T. Effect of the application of various wastewater sludges on the properties of sandy soil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 2. 2015.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. do C. Ph e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 46 – 56, junho 2002.

BRASIL. **Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 20 maio 2018.

DYNIA, J.F.; BOEIRA, R.C.; SOUZA, M.D. Nitrate no perfil de um latossolo vermelho distroférrico cultivado com milho sob aplicações sequenciais de lodo de esgoto. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. (Eds.) **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 1. ed. Jaguariúna: Embrapa. cap. 5, 79-89p. 2006.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 3ª ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 573 p., 2017.

FLORES, J. P. C. et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 771-780, julho/ago. 2007.

FREITAS, R. A. **Estudo da biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito a arenização, no município de Alegrete-RS**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

GONÇALVES, P. **Gestão de Resíduos Sólidos: Conceitos, Experiências e Alternativas**. In: Seminário Cadeia Produtiva da Reciclagem e Legislação Cooperativista, Juiz de Fora, MG, 2006.

LIMA, M. R. P. **Uso de estufa agrícola para secagem e higienização de lodo de esgoto**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LIMA, C. G. R.; CARVALHO, M. P.; SOUZA, A.; COSTA, N. R.; MONTANARI, R. Influência de atributos químicos na erodibilidade e tolerância de perda de solo na Bacia Hidrográfica do Baixo São José dos Dourados. **Revista Geociências**. São Paulo, UNESP. v. 35, n. 1, p. 63-76. 2016.

MINGORANCE, M.D.; OLIVA, S.R.; VALDÉS, B.; GATA, F.J.P; LEIDI, E.O.; GUZMÁN, I.; PEÑA, A. Stabilized municipal sewage sludge addition to improve properties of an acid mine soil for plant growth. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, n. 4, p. 703-712. 2014.

MIRANDA, C. C. **Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União-RJ**. 2005. 82 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2005.

MONTEIRO, J. H. P.; ZVEIBIL, V. Z. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 385-392. 2004.

NETO, T. J. P. A Política Nacional de Resíduos Sólidos: Os Reflexos nas Cooperativas de Catadores e a Logística Reversa. **Revista Diálogo**, v. 18, p. 77-96, 2011.

PEREIRA, A. C. A; GARCIA, M. L. Efeitos da disposição de lodo de estações de tratamento de efluentes (ETE) de indústria alimentícia no solo: estudo de caso. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. Rio Claro, São Paulo. v.22 n.3, p. 531-538. maio/jun 2017.

PRITCHETT, W. L.; FISHER, R. F. **Properties and management of forest soils**. 2 ed. New York: John Wiley e Sons, 1987. 494 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, n. 27, p. 29- 48, 2003.

REVLOG. **Grupo de Estudos de Logística Reversa**. Disponível em: <<http://www.fbk.eur.nl> >. Acesso em: 20 jul. 2012.

SANT'ANA, G. R. S. **Impactos sobre a biota e a qualidade de Latossolos cultivados com cana-de-açúcar, em Quirinópolis, Goiás**. Tese (Doutorado), Goiânia, Goiás. Universidade Federal de Goiás. 2014.

SANT'ANA, G. R. S.; SANT'ANA, C. E. R.; SILVA-NETO, C. M.; GONÇALVES, B. B.; SANT'ANA, L. R.; MONTEIRO, M. M.; RIBEIRO, A. C. C.; GONCALVES, R. A.; CASTRO, S. S. Microbiological features of dystroferic and dystrophic red oxisols under sugar cane crops subject to different management procedures. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 941-950, 2016.

SILVA, C.A.; RANGEL, O.J.P; BETTIOL, W.; MANZATTO, C.V.; BOEIRA, R.C.; DYNIA, J.F. Dinâmica de metais pesados em latossolo adubado com lodo de esgoto e em plantas de milho. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. (Eds.). **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. 1ª ed. Jaguariúna: Embrapa. cap. 4, 45-77p., 2006.

SILVA, S.M.C.P; FERNANDES, F.; SOCCOL, V.T.; MORITA, D.M. Principais contaminantes do lodo. In: ANDREOLI, C.V.; SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Eds.). **Lodo de esgotos: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, Companhia de Saneamento do Paraná. Cap. 3. 69-122p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias), 2001.

SUZUKI, L. E. A. S. **Qualidade físico-hídrica de um Argissolo sob floresta e pastagem no sul do Brasil**. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

UNAL, M. & KATKAT, A. V. The effects of food industry sludge on soil properties and growing of maize (*Zea mays* L.). **Journal of Food Agriculture & Environment**, v. 7, n. 2, p. 435-440. 2009.

VEZZANI, F. M.; CONCEIÇÃO, P. C.; MELLO, N. A.; DIECKOW, J. **Matéria orgânica e qualidade do solo. Matéria orgânica e qualidade do solo**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2º Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p. 113-136.

VEZZANI, F. M.; TEDESCO, M. J.; BARROS, N. F. Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de eucalipto e acácia negra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.225-231, jan./mar., 2001.