

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE *Eisenia andrei* COMO INDICADORA DA QUALIDADE DE SOLOS ADUBADOS COM DIFERENTES DOSES DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS

ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF *Eisenia andrei* AS AN INDICATOR OF THE QUALITY OF SOILS FERTILIZED WITH DIFFERENT DOSES OF LIQUID SWINE WASTE

Diego Rafael Stalbert¹
<https://orcid.org/0009-0001-3757-0248>
Ramiro Pereira Bisognin²
<https://orcid.org/0000-0002-1052-3521>
Danni Maisa da Silva³
<https://orcid.org/0000-0002-3600-0462>
Divanilde Guerra⁴
<https://orcid.org/0000-0001-5136-2763>
Eduardo Lorensi de Souza⁵
<https://orcid.org/0000-0003-4834-0066>
Robson Evaldo Gehlen Bohrer⁶
<https://orcid.org/0000-0002-2001-8983>

Submetido: 13/07/2022 / Aprovado: 01/08/2023 / Publicado: 10/08/2023.

Resumo

Os dejetos líquidos de suínos (DLS) são utilizados como fonte de fertilizante para o solo e, em muitos casos, as dosagens superam a recomendação máxima de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Nesse sentido, objetivou-se analisar o comportamento de minhocas *Eisenia andrei* como indicadoras da qualidade de solos adubados com diferentes doses de DLS. Para tanto, foram caracterizadas as amostras de solo e de DLS empregadas no experimento e avaliadas oito dosagens de DLS em solo, equivalentes a: 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 e 200 m³ ha⁻¹. O teste de fuga seguiu a norma ISO 17512-1/2011. Como resultados, verificou-se elevada concentração de matéria orgânica no solo de mato nativo, bem como elevada concentração de matéria orgânica e nutrientes nos DLS. Pelo teste de comportamento das minhocas, observou-se a preferência dos indivíduos pelos ambientes com

¹Engenheiro Agrônomo. Egresso da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: diego-stalbert@uergs.edu.br.

²Doutor em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Professor Adjunto na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: ramiro-bisognin@uergs.edu.br.

³Doutora em Ciência do Solo. Professora Adjunta na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: danni-silva@uergs.edu.br.

⁴Doutora em Fitotecnia. Professora Adjunta na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: divanilde-guerra@uergs.edu.br.

⁵Doutor em Ciência do Solo. Professor Adjunto na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: eduardo-souza@uergs.edu.br.

⁶Doutor em Engenharia Civil – Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Professor Adjunto na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: robson-bohrer@uergs.edu.br.



aplicação de DLS, exceto para a dosagem de 175 m³ ha⁻¹, que apresentou menor percentual (43%) de minhocas no solo teste. Verificou-se, ainda, que nas dosagens superiores a 125 m³ ha⁻¹ houve redução do número de minhocas com preferência pelos solos com DLS, sugerindo a presença de substâncias químicas passíveis de ocasionar efeitos adversos aos organismos testes e, desta forma, interferindo na sua função de habitat.

Palavras-chave: Minhocas. Efluentes suínos. Biofertilizantes.

Abstract

The liquid swine waste (LSW) is used as a source of fertilizer for the soil and, in many cases, the dosages exceed the maximum recommendation of 50 m³ ha⁻¹ year⁻¹. In this sense, the objective was to analyze the behavior of *Eisenia andrei* earthworms as indicators of the quality of soils fertilized with different doses of LSW. Therefore, the soil and LSW samples used in the experiment were characterized and eight doses of LSW in soil were evaluated, equivalent to: 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175 200 m³ ha⁻¹. The leak test followed the ISO 17512-1/2011 standard. As a result, there was a high concentration of organic matter in the native bush soil, as well as a high concentration of organic matter and nutrients in the LSW. Through the earthworm behavior test, the preference of individuals for environments with LSW application was observed, except for the dosage of 175 m³ ha⁻¹, which presented a lower percentage (43%) of earthworms in the test soil. It was, also, found that at doses above 125 m³ ha⁻¹ there was a reduction in the number of earthworms with preference for soils with LSW, suggesting the presence of chemical substances likely to cause adverse effects to the test organisms and, thus, interfering with their habitat function.

Keywords: Earthworms. Swine effluents. Biofertilizers.

1. INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade desenvolvida em vários países, e, por conta disso, possui grande importância socioeconômica mundial. Nesse sentido, o Brasil possui posição de destaque no mercado internacional, sendo o quarto maior produtor de carne suína, alcançando, no ano de 2019, a produção de 3,983 milhões de toneladas produzidas (CONAB, 2019). A demanda pelo consumo de proteína de origem animal cresceu nos últimos anos, sob forte influência do elevado custo da carne bovina e da carne de frango. As exportações brasileiras de carne suína totalizaram 112,2 mil toneladas em setembro de 2021, isto é 29,7% maior que o embarcado no mesmo período de 2020, batendo recorde histórico nas exportações mensais do setor (ABPA, 2021), e, para atender a este crescimento, tem-se observado o aumento nos níveis de produção (DUTRA, 2017).

Ademais, a suinocultura é uma ótima alternativa de renda em pequenas propriedades, principalmente na agricultura familiar (BORGES *et al.*, 2018), enquanto os dejetos líquidos dos suínos (DLS), podem ser utilizados como biofertilizantes nas lavouras de culturas anuais e nas pastagens, além de possibilitar a geração de biogás e energia elétrica (PANIAGUA; SANTOS, 2021). Contudo, a maior parte dos produtores está em propriedades rurais de pequeno porte e, em muitos casos, os dejetos são adicionados em doses superiores à capacidade de retenção do solo, passando de biofertilizantes a poluentes ambientais (GATIBONI *et al.*, 2008), com potencial de contaminar os recursos hídricos. Em razão disso, o Reino Unido estabeleceu um Código de Boas Práticas Agrícolas para Conservação dos Recursos Hídricos, no qual foi definido o limite máximo de aplicação de efluentes, cujo valor para os DLS é de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (PALHARES, 2009). Este valor que tem sido empregado como referência no Brasil em alguns Estados, a exemplo de Santa



Catarina (IMA, 2014) e Rio Grande do Sul, os quais são, respectivamente, aqueles com maior número de abates e exportações de suínos do país (EMBRAPA, 2022).

A aplicação de dejetos gera efeitos diretos e indiretos na produção das espécies forrageiras utilizadas em pastagens. Os efeitos diretos, como o aumento da produção e a melhoria na composição bromatológica da forrageira, dependem da quantidade de nutrientes contidos nos dejetos. Por sua vez, os efeitos indiretos estão relacionados à ação benéfica nas propriedades físicas e químicas do solo e a intensificação da atividade microbiana e enzimática (SCHERER *et al.*, 1996).

Uma maior produção suínica traz, como consequência, um aumento na quantidade dos DLS, que tem recebido cada vez mais atenção devido a seus potenciais efeitos adversos ao meio ambiente, uma vez que o manejo inadequado pode ocasionar a emissão de odores, gases nocivos, riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas, bem como possíveis riscos (diretos) à fauna edáfica. Desta maneira, os impactos sobre os organismos edáficos são possíveis hipóteses, pois ainda não existem estudos e pesquisas suficientes sobre excessos de nutrientes e metais em ambientes naturais (SEGAT *et al.*, 2012). Logo, há necessidade de se ampliar os estudos que possibilitem identificar possíveis efeitos adversos e impactos ambientais causados pela deposição dos DLS em solo (CARDOSO *et al.*, 2015).

O esterco líquido contém matéria orgânica e elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, manganês, ferro, zinco, cobre, dentre outros que são incluídos nas dietas dos animais (SERPA FILHO *et al.*, 2013), assim como resíduos de hormônios e medicamentos que são excretados, principalmente pela urina dos animais (BARROS *et al.*, 2019). Desta forma, a composição química dos dejetos é bastante diversificada, o que talvez cause danos à fauna do solo (SILVA *et al.*, 2015a).

Nesse sentido, o comportamento ambiental e ecotoxicológico de muitos agentes químicos pode ser determinado através de ensaios e análises em minhocas (MASELLI, 2013), pois estes organismos quando expostos a um determinado ambiente tóxico, muito antes da letalidade, tradicionalmente estudada nos ensaios ecotoxicológicos, tendem a fugir daquele local (ARAÚJO *et al.*, 2014). Entre os animais que habitam o solo, as minhocas possuem papel importante para este meio, pois realizam vários serviços ao ambiente, como controle biológico, decomposição de matéria orgânica, ciclagem de nutrientes, agregação e formação do solo (BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010).

As minhocas da espécie *Eisenia andrei* são muito utilizadas nos testes ecotoxicológicos (SEGAT *et al.*, 2015), devido seu importante papel na macrofauna, presença em solos tropicais e temperados, além de possuírem ciclo de vida curto, tolerância a umidade, temperatura e manuseio simples (DOMÍNGUEZ; PÉREZ-LOSADA, 2010). A utilização da espécie também é recomendada pela *International Organization for Standardization* (ISO) para avaliação de toxicidade do solo (DOMÍNGUEZ-CRESPO *et al.*, 2012) e nos ensaios de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento das minhocas (ABNT, 2011), como realizado neste estudo.

Diante do exposto, este estudo objetivou analisar o comportamento de minhocas *E. andrei* expostas a solos adubados com diferentes doses de DLS e sua função habitat às minhocas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no laboratório de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Três Passos/RS, sob coordenadas geográficas 27°27'36" S e 53°56'15" O.



2.1 Origem e caracterização do solo e dos dejetos líquidos de suínos

As amostras de solo utilizadas neste experimento foram coletadas de uma camada com profundidade de 0 a 20 cm, conforme procedimentos descritos pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2016), em uma área de mato nativo no município de Três Passos/RS, sem histórico de uso agrícola. O solo foi seco ao ar livre, destorroado e peneirado em malha de 2 mm, para separação de fragmentos vegetais e outros resíduos. Após essa etapa, uma amostra composta, formada por amostras simples coletadas ao acaso durante o percurso da área de mato nativo, foi encaminhada para caracterização físico-química no laboratório de análises de solos da Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul (Unijuí), integrante da rede oficial de laboratórios de análises e tecido vegetal dos estados do RS e SC – ROLAS, cuja metodologia é descrita em Tedesco *et al.* (1995). Foram analisados os seguintes parâmetros: pH em água; matéria orgânica; argila; capacidade de troca catiônica (CTC); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg); alumínio (H+Al); cobre (Cu) e zinco (Zn).

O DLS, com aproximadamente 120 dias de estabilização em esterqueira, foi coletado em uma granja de suínos, Unidade de Produção de Leitões (UPL), no interior do município de Três Passos/RS, e submetido à análise físico-química dos parâmetros: carbono orgânico total (COT), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), ferro (Fe), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e sódio (Na), conforme *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA; WEF, 2012).

2.2 Condições experimentais

Para o teste de fuga, que busca avaliar a função de habitat dos solos e a influência de contaminantes e produtos químicos no comportamento de minhocas, foi seguida a norma ISO 17512-1/2011 (ABNT, 2011).

Foram avaliados os comportamentos das minhocas expostas em recipientes contendo metade de solo controle, ou seja, sem contaminação com DLS e a outra metade com DLS em diferentes dosagens, a saber: T1 dose na equivalência de 25 m³ ha⁻¹, T2 de 50 m³ ha⁻¹, T3 de 75 m³ ha⁻¹, T4 de 100 m³ ha⁻¹, T5 de 125 m³ ha⁻¹, T6 de 150 m³ ha⁻¹, T7 de 175 m³ ha⁻¹ e T8 de 200 m³ ha⁻¹, o que representa dosagens inferior, igual e superiores ao valor máximo recomendado na IN n^o 11, que é de 50 m³ ha⁻¹ (IMA, 2014). Em cada recipiente, foram utilizados 300 g de solo controle contendo água e 300 g de solo contendo DLS para equilíbrio na umidade de ambos os solos, nas diferentes dosagens, e para que resultasse em uma camada de 5 a 6 cm de solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), composto por quatro repetições.

Foram utilizados nos ensaios indivíduos adultos de minhocas, com clitelos evidentes. Em cada unidade experimental foram adicionadas 10 minhocas, coletadas em minhocário mantido na Unidade em Três Passos, todas previamente pesadas, cujas massas variaram entre 300 e 600 mg por indivíduo (ABNT, 2011).

No início do teste de fuga, a divisória foi retirada sendo formada uma linha de divisão entre as amostras, na qual foram colocadas as 10 minhocas da espécie *E. andrei*. O ensaio foi conduzido por período de 48 horas. Transcorrido o período de exposição, o divisor foi recolocado nos recipientes para separar os materiais e permitir a contagem manual do número de minhocas de cada lado, para assim interpretar os resultados.

A resposta para o teste de fuga foi avaliada pela comparação da média de indivíduos no solo teste com a média de indivíduos no solo controle por meio do teste qui-quadrado e teste exato de Fisher, quando um dos valores esperados foi inferior a 5, conforme norma ISO 17512-1/2011 (ABNT, 2011). Considerou-se como variável resposta o número de minhocas presentes no solo



contaminado. O valor de $p \leq 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo para análise dos resultados, utilizando-se os procedimentos disponíveis no pacote estatístico *SigmaPlot* versão 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do solo e dos dejetos líquidos de suínos

Os resultados da caracterização físico-química do solo utilizado nos experimentos, Tabela 1, revelaram altos teores de matéria orgânica, ausência de alumínio e alta Sat CTC pH 7,0 por bases. Entretanto, um estudo realizado na região norte do Estado, indicou diferentes parâmetros de solo, tais como $pH_{\text{água}}$: 4,8; Al^{3+} : 1,2 $Cmol_c dm^{-3}$; Ca trocável: 3,0 $Cmol_c dm^{-3}$; Mg trocável: 1,9 $Cmol_c dm^{-3}$; MO: 34,0 $g dm^{-3}$; P: 23,0 $mg dm^{-3}$ e, K: 104 $mg dm^{-3}$ (CASSOL *et al.*, 2011), em virtude de ser um área de uso agrícola, diferente da amostra de solo nativo. Portanto, as condições locais, bem como as práticas de uso, manejo e conservação adotadas propiciam resultados distintos entre as amostras de solo.

Tabela 1. Análise do solo nativo coletado no município de Três Passos/RS, sem histórico de uso agrícola, utilizado nos ensaios de fuga com *Eisenia andrei*.

Parâmetros (unidade)	Valor
Argila (%)	20
pH	6,2
Índice SMP	6,5
P ($mg dm^{-3}$)	19,4
K ($mg dm^{-3}$)	313
Matéria Orgânica (%)	8,8
Al ($Cmol dm^{-3}$)	0,0
Ca ($mg dm^{-3}$)	20,3
Mg ($mg dm^{-3}$)	3,9
H+Al ($mg dm^{-3}$)	2,5
Cu ($mg dm^{-3}$)	9,5
Zn ($mg dm^{-3}$)	6,1
Mn ($mg dm^{-3}$)	22,6
S ($mg dm^{-3}$)	1,5
CTC $pH 7,0$ ($Cmol dm^{-3}$)	27,5
CTC efetiva ($Cmol dm^{-3}$)	25,0
Sat CTC $pH 7,0$ por bases (%)	91,1
Sat CTC efetiva por Al (%)	0,0

A matéria orgânica é um dos componentes que mais influencia na estabilização e formação de agregados, tendo sua origem, predominantemente, de resíduos orgânicos vegetais, biomassa microbiana e animais presentes no solo (MELO; MENDONÇA, 2019). Nesse sentido, a MO desempenha papel importante, sendo considerada a principal indicadora da qualidade do solo, servindo de base para a sustentabilidade agrícola (LAL, 2004).



Os DLS utilizados nos experimentos de simulação de dosagens aplicadas a campo apresentaram elevada concentração de matéria orgânica, expressa em valor de carbono orgânico total (COT), bem como elevadas concentrações de macronutrientes, como nitrogênio e fósforo, micronutrientes e sódio (Tabela 2), este último com valores preocupantes para disposição em solo. Com base nas concentrações de cálcio, magnésio e sódio, os DLS apresentaram uma relação de adsorção de sódio (RAS) superior a 20, o que segundo a classificação proposta por Richards (1954), trazida por Cordeiro (2001), representa uma água com alto teor de sódio, capaz de produzir níveis tóxicos de sódio trocável na maior parte dos solos, os quais necessitam de práticas especiais de manejo. Nesse mesmo sentido, Santos *et al.* (2019) reforçam que altas concentrações de sódio na solução do solo podem ocasionar a dispersão de coloides e, conseqüentemente, entupimentos dos macroporos e redução da permeabilidade da água.

Tabela 2. Análise do dejetos líquido incorporado ao teste de fuga com *Eisenia andrei*.

Parâmetros (unidade)	Valor
COT (mg L ⁻¹)	611
Nitrogênio (mg L ⁻¹)	744
Fósforo (mg L ⁻¹)	180
Potássio	542,76
Manganês (mg L ⁻¹)	4,06
Cobre (mg L ⁻¹)	17,99
Zinco (mg L ⁻¹)	12,49
Ferro (mg L ⁻¹)	16,97
Cálcio (mg L ⁻¹)	267,62
Magnésio (mg L ⁻¹)	34,35
Sódio (mg L ⁻¹)	1320,31

A aplicação de dejetos de suínos é uma atividade bastante comum e utilizada pelos produtores na região sul do país (SILVA *et al.*, 2015b). Quando utilizado de forma correta e consciente, os dejetos atuam como biofertilizantes beneficiando a ciclagem dos nutrientes para as culturas, em função de altas concentrações de carbono, nitrogênio e fósforo (CAVALLET *et al.*, 2006).

Em estudo, Medeiros *et al.* (2007) relatam que aplicações de 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de DLS poderiam substituir a aplicação de adubos minerais em pastagens de capim-marandu. Já Freitas *et al.* (2005), descrevem que a dose de 150 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ é equivalente a aplicação de 160 kg/ha de N como adubo mineral na recuperação de pastagens na região dos Cerrados. No entanto, mesmo que haja benefícios decorrentes da utilização dos dejetos de suínos na fertilização de áreas agricultáveis, em muitos casos a alta quantidade aplicada, e por vários anos, pode ocasionar excesso de elementos químicos acima do suporte dos solos e necessidade das culturas (GIROTTI *et al.*, 2010).

O nitrogênio é o elemento com maior disponibilidade encontrado na análise, conforme Tabela 2, e pode causar mudanças na população de microrganismos quando aplicado ao solo. Na maioria das plantas, o N é o nutriente mais exigido para nutrição, no entanto, existe grande dificuldade em avaliar a sua disponibilidade nos solos, por conta da sua dinâmica, que envolve processos como adsorção, sorção, lixiviação, volatilização, nitrificação, desnitrificação,



imobilização e mineralização, reações estas ligadas aos microrganismos e fatores climáticos (CANTARELLA; DUARTE, 2004).

Menezes *et al.* (2009) citado por Corrêa *et al.* (2011) observaram movimentação de N ao longo do perfil de solo na forma de amônio e nitrato quando aplicado DLS, tendo como conclusão que doses altas podem representar risco de contaminação de águas subterrâneas. Ainda, conforme Konzen (2003), as formas de N tanto de fonte orgânica quanto de adubo solúvel, possuem potencial de percolarem para camadas mais profundas, quando aplicados em doses maiores que a capacidade de absorção das plantas.

Além do N, existe uma preocupação com acúmulo de P no solo, em virtude das altas dosagens dos DLS, com potencial de causar eutrofização (SHARPLEY *et al.*, 1996). Contudo, ressalta-se que o P é o nutriente mais limitante da produtividade de biomassa nos solos tropicais (NOVAIS; SMYTH, 1999). Barilli (2005) demonstrou que a aplicação de DLS tem grande contribuição na disponibilidade de P ao solo, quando comparado a condição de áreas com floresta nativa.

Para Silva (2010), o uso de águas residuárias tem como principal ponto negativo a salinização do solo, que pode causar em longo prazo a diminuição na produção das culturas. Ainda segundo o mesmo autor, os efeitos causados pela aplicação de água residuária no solo serão observados somente em longo prazo, dependendo da composição química e física do solo e as condições climáticas. Portanto, a utilização de DLS deve ocorrer de forma controlada e criteriosa de acordo com a necessidade de adubação de cada local e cultura (CASSOL *et al.*, 2011).

O cobre (Cu) e o zinco (Zn) são, dentre os micronutrientes, os mais prováveis de se acumularem no solo em altos teores, pois são utilizados em grandes quantidades nas rações dos suínos (MENTEN *et al.*, 1992). Contudo, os altos níveis de Cu e Zn, resultantes de elevadas doses de dejetos, não prejudicam diretamente o desenvolvimento de culturas. Isto foi comprovado no estudo realizado por Ernani *et al.* (2001), com aplicação de DLS e óxido de zinco, no qual os autores observaram que a adição de até 150 mg de Zn kg⁻¹ em Latossolo Vermelho distroférrico não causou toxidez no estado inicial de desenvolvimento do milho, demonstrando ampla faixa de suficiência até a toxidez.

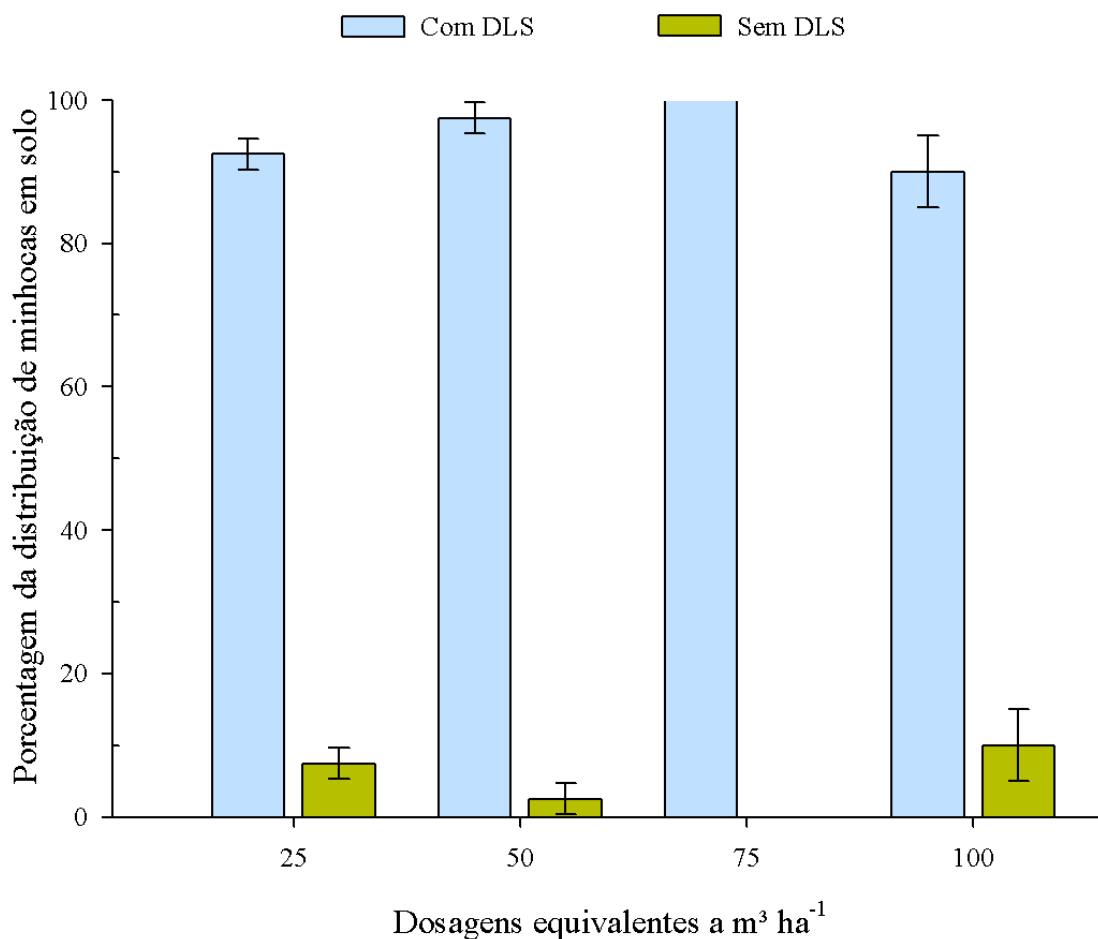
3.2 Comportamento das minhocas no teste de fuga

Antes de dar início ao teste de fuga, realizou-se a exposição das minhocas aos dois compartimentos contendo solo nativo, sem aplicação de DLS. Neste teste, verificou-se, em média, que 5 indivíduos ocuparam o lado direito e outros 5 ocuparam o lado esquerdo, com desvio padrão de 0,71. Logo, é possível afirmar que não haviam fatores explícitos no solo e no recipiente que pudessem interferir no lado ocupado por cada indivíduo. Após este teste preliminar, deu-se início o teste de fuga com dosagens equivalentes de 25 a 100 m³ ha⁻¹, cujos resultados estão apresentados na Figura 1.

Para todas as dosagens analisadas, observou-se associação significativa entre o número de minhocas presente nos solos com DLS em relação ao número de minhocas presentes no solo controle (p=0,007), evidenciando a preferência das minhocas pelos solos com DLS. No tratamento equivalente a 25 m³ ha⁻¹, verificou-se 37 minhocas no solo com DLS, enquanto que apenas três minhocas foram encontradas no solo controle. No tratamento com equivalência de 50 m³ ha⁻¹, 39 minhocas ocuparam o lado com DLS, e apenas uma foi encontrada no solo controle. No tratamento com 75 m³ ha⁻¹, todas as minhocas migraram para o lado com DLS. Por fim, no tratamento com 100 m³ ha⁻¹, 36 minhocas foram encontradas no lado com DLS e somente quatro estavam no solo controle.



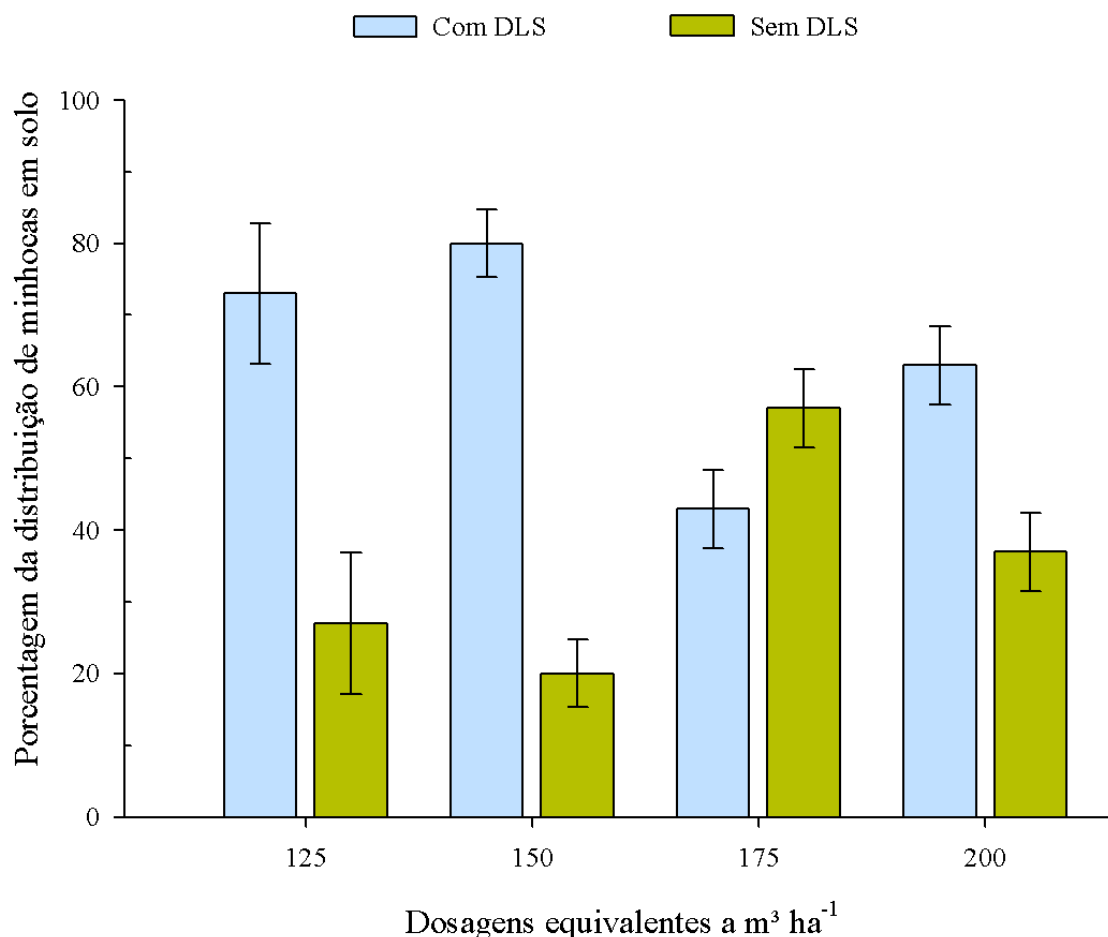
Figura 1. Comportamento de minhocas (*Eisenia andrei*) no teste de fuga em solos contendo dejetos líquidos de suínos (DLS) em dosagens equivalentes a 25, 50, 75 e 100 m³ ha⁻¹.



A preferência das minhocas *E. andrei* pelos ambientes contendo DLS pode estar relacionada à alta concentração de matéria orgânica presente nos DLS, bem como doses sem efeito nocivo agudo dos constituintes potencialmente tóxicos presentes nos dejetos, durante as 48 horas de avaliação. Estes resultados estão de acordo com o estudo de Natal-da-Luz *et al.* (2008), em que os autores perceberam o deslocamento de minhocas dos solos com menores teores de matéria orgânica para os solos com teores mais elevados. Contudo, Serpa Filho *et al.* (2013) destacam que o esterco líquido contém matéria orgânica e elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, manganês, ferro, zinco, cobre, dentre outros que são incluídos nas dietas dos suínos. Esses elementos, entre outros, administrados aos animais, quando em excesso, podem ocasionar alterações nas atividades enzimáticas das minhocas, efeito esse não avaliado neste estudo.

Considerando a preferência das minhocas pelos solos com DLS e a aplicação prática nas lavouras da região Noroeste do Rio Grande do Sul ser superior ao valor máximo recomendado de 50 m³ ha⁻¹, o experimento foi ampliado para avaliar dosagens superiores. Os resultados do comportamento das minhocas à exposição em solos com dosagens equivalentes a 125, 150, 175 e 200 m³ ha⁻¹ são apresentados na Figura 2.

Figura 2. Comportamento de minhocas (*Eisenia andrei*) no teste de fuga em solos contendo dejetos líquidos de suínos (DLS) em dosagens equivalentes a 125, 150, 175 e 200 m³ ha⁻¹.



Ao elevar as dosagens equivalentes de DLS, se observou diferença significativa entre o número de minhocas presente nos solos com DLS em relação ao número de minhocas presentes no solo controle ($p < 0,027$) para as dosagens de 125, 150 e 200 m³ ha⁻¹, evidenciando a preferência das minhocas pelos solos com DLS, mas não foi observado diferença significativa para a dosagem de 175 m³ ha⁻¹, que apresentou o menor percentual (43%) de minhocas no solo teste. Cabe ressaltar que, nas dosagens equivalentes de 175 e 200 m³ de DLS ha⁻¹ se observou redução no número de indivíduos nos solos teste, em comparação as dosagens inferiores, o que pode indicar a presença de contaminantes em concentrações perturbadoras aos organismos. Ainda, por se tratar de comportamento de indivíduos distintos, não há uma explicação lógica para a verificação do maior número de organismos teste na dosagem de 200 m³ de DLS ha⁻¹ em relação a de 175 m³ ha⁻¹. Nestes casos, para confirmação do potencial nocivo, recomenda-se a realização de testes de toxicidade crônica, a exemplo da avaliação do estado de estresse oxidativo e de biomarcadores de atividade enzimática (WANG *et al.*, 2018) em trabalhos futuros. Ademais, o maior número de minhocas nos solos testes não significa ausência de substâncias químicas nocivas, porém, de acordo com a ISO 17512-1/2011, o solo só passa a ser classificado como de função de habitat limitada se o percentual de minhocas no solo teste for inferior a 20% (ABNT, 2011).

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.7154>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Quando comparado ao ensaio anterior, as doses superiores a 100 m³ ha⁻¹ resultaram em maior número de minhocas encontradas no lado controle (sem DLS), principalmente das maiores dosagens. Logo, passou-se a observar alteração de comportamento das minhocas, provocado pela presença das substâncias contidas nos DLS, uma vez que a umidade e demais parâmetros ambientais foram mantidos em ambos os compartimentos, apesar de Paniago *et al.* (2016) relatarem que a aplicação de DLS de esterqueira e biodigestor até a dose de 300 m³ ha⁻¹ não afetou negativamente as populações de minhocas em três tipos diferentes de solos analisados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O solo de mato nativo utilizado no experimento apresentou elevado teor de matéria orgânica, nutrientes e Sat CTC_{pH 7,0} por bases e ausência de alumínio.

Os DLS utilizados apresentaram altos teores de matéria orgânica e macronutrientes como fósforo e nitrogênio, além de elevada concentração de sódio, que se apresenta como limitante para fertirrigação.

No teste comportamental de fuga, observou-se, predominantemente, a preferência das minhocas pelos solos com aplicação de DLS em detrimento ao solo controle, mas na medida em que as dosagens de DLS foram elevadas (>125 m³ ha⁻¹), passou-se a observar redução do número de minhocas com preferência pelos compartimentos contendo os solos com DLS, o que sugere interferência em sua função habitat.

5. REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 17512-1: 2011**: Qualidade do Solo: Ensaio de fuga para avaliar a qualidade de solos e efeitos de substâncias químicas no comportamento: Parte 1: Ensaio com minhocas (*Eisenia fetida* e *Eisenia andrei*). Rio de Janeiro, 2011.

ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Exportações de carne suína batem recorde histórico em setembro**. 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/exportacoes-de-carne-suina-batem-recorde-historico-em-setembro/>. Acesso em: 10 out. 2021.

ARAÚJO, C. V. M.; SHINN, C.; MENDES, L. B.; DELELLO-SCHNEIDER, D.; SANCHEZ, A. L.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Avoidance response of *Danio rerio* to a fungicide in a linear contamination gradient. **Science of the Total Environment**, v. 484, p.36-42, 2014.

APHA, American Public Health Association; AWWA, American Water Works Association; WEF, Water Environment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th Edition. Washington, DC, 1360 p., 2012.

BARILLI, J. **Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2005.

BARROS, E. C.; NICOLOSO, R. da S.; OLIVEIRA, P. A. V. de; CORREA, J. C. **Potencial agrônomico dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 52 p.



BORGES, P. H. de M.; MENDOZA, Z. M. dos S. H.; MORAIS, P. H. de M.; SANTOS, R. L. dos. Sistema automatizado de baixo custo para produtores rurais: controle e monitoramento do ambiente térmico na suinocultura. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 4, n. 2, 2018.

BROWN, G.; DOMÍNGUEZ, J. **Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais**: princípios e práticas – o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetas (ELAETAO3). *Acta Zoológica Mexicana*. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v26nspe2/v26nspe2a1.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P. **Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho**. In: GALVÃO, J.C.C. & MIRANDA, G.V., eds. Tecnologia de produção de milho. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.139-182.

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; DA SILVA, C. M.. Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil. **Revista Desenvolvimento em Questão**, ano 13, n. 32, p. 127-145, 2015.

CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P. da; ERNANI, P. R.; FILHO, O. K.; LUCRÉCIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 2, p. 103-112. 2011.

CAVALLET, L. E.; LUCCHESI, A. C.; MORAES, A. de.; SCHIMIDT, E.; PERONDI, A. M.; FONSECA, R. A. da. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 724-729, 2006.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília: Conab. v. 10, n. 05, 2019. ISSN 2317-7535.

CORDEIRO, G. G. **Qualidade de água para fins de irrigação** (Conceitos básicos e práticos). Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 32 p., 2001.

CQFS, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – RS/SC. 376 p., 2016.

DOMÍNGUEZ-CRESPO, M. A.; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, Z. E.; TORRES-HUERTA, A. M.; NEGRETE-RODRÍGUEZ, M. D. L. L. X.; CONDE-BARAJAS, E. & FLORES-VELA, A. Effect of the heavy metals Cu, Ni, Cd and Zn on the growth and reproduction of epigeic earthworms (*E. fetida*) during the vermistabilization of municipal sewage sludge. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 223, n. 2, p. 915-931, 2012. Doi:/10.1007/s11270-011-0913-7.

DOMÍNGUEZ, J.; PÉREZ-LOSADA, M. *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) e *Eisenia andrei* Bouché, 1972 são duas espécies diferentes de minhocas. **Acta zoológica mexicana**, v. 26, 2010.

DUTRA, M. C. **Uso de antimicrobianos em suinocultura no Brasil**: análise crítica e impacto sobre marcadores epidemiológicos de resistência. 2017. Tese (Doutorado em Epidemiologia Experimental Aplicada às Zoonoses) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo – USP, 2017.



EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Estatísticas | Brasil | Suínos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/brasil>. Atualizado em: 11.05.2022. Acesso em: 13 jul. 2022.

ERNANI, P. R.; BITTENCOURT, F.; VALMORBIDA, J.; CRISTANI, J. Influência de adições sucessivas de zinco, na forma de esterco suíno ou de óxido, no rendimento de matéria seca de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 905-911, 2001.

FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RAMOS, C. S.; NAVES, M. A. T.; CRUVINEL, V. L. S.; MARTINS JÚNIOR, A. M.; PINHEIRO, E. P.; LEANDRO, W. M. **Produção e composição bromatológica do capim Braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) fertilizados com diferentes doses de dejetos líquidos de suínos**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. Anais eletrônicos... [CD-ROM], Goiânia, 2005.

GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 32, n. 4, 2008. Doi: 10.1590/S0100-06832008000400040.

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R. C. B.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 34, n. 3, 2010. Doi: 10.1590/S0100-06832010000300037.

IMA, Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Instrução Normativa, nº 11. Suinocultura: Recomendações técnicas para aplicação de fertilizantes orgânicos de suínos e monitoramento da qualidade do solo adubado**. 2014. Disponível em: <https://www.ima.sc.gov.br/index.php/downloads/licenciamento-ambiental/instrucoes-normativas-1/in11/2572-in11-suinocultura>. Acesso em: 20 nov. 2020.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 31. 2003. 10 p.

LAL, R. O sequestro de carbono do solo impacta a mudança climática global e a segurança alimentar. **Ciência**, v. 304, n. 5677, p. 1623-1627, 2004.

MASELLI, B. de S. **Ensaio ecotoxicológicos aplicados a avaliação de resíduos da produção de medicamentos veterinários**. 2013. 56 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental) Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL. Minas Gerais, 2013.

MEDEIROS, L. T.; REZEDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; NETO, F. R. C.; VALEIRANO, A. R.; CASALO, A.O.; CASTALDELLO JÚNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertirrigada com dejetos líquidos de suínos. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, n. 2, 2007. Doi: 10.1590/S1516-35982007000200006.

MELO, F. M. de; MENDONÇA, L. P. C. de. Avaliação da disponibilidade de fósforo em solo argiloso com diferentes teores de matéria orgânica. **Humanidades & Tecnologia em Revista**, v. 18, n. 1, p. 52-67, 2019.



MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E. A. PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Ribeirão Preto. 2009. *Apud* CORRÊA, J. C.; BARILLI, J.; REBELLATTO, A.; VEIGA, M. da. **Aplicações de Dejetos de Suínos e as Propriedades do Solo**. Circular Técnica 58, EMBRAPA. Concórdia, SC, 18 p., 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46895/1/circular-tecnica-58.pdf> Acesso em: 10 jun. 2022.

MENTEN, J. F. M.; MIYANDA, V. S.; CITRONI, A. R. **Suplementação de alto nível de zinco na dieta de leitões**. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, 1992. Anais. Lavras, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p. 368.

NATAL-DA-LUZ, T.; AMORIM, M. J. B.; RÖMBKE, J.; SOUZA, J. P. Avoidance tests with earthworms and springtails: defining the minimum exposure time to observe a significant response. **Ecotoxicol Environ Saf.**, v. 71, n. 2, p. 545-551, 2008. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2007.09.005.

NOVAIS, F. R.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.

PALHARES, J. C. P. Legislação ambiental e produção de suínos: as experiências internacionais. **Fepam em Revista**, v. 3, n. 1, p. 19-27, 2009.

PANIAGO, G. G.; SAMAPAI, S. C.; ROSA, D. M.; TESSARO, D.; MALDANER, P. A.; MODEL, K. J.; CORRÊA, M. M.; REMOR, M. B. Ecotoxicidade da água residual de suinocultura usando minhocas *Eisenia andrei* como bioindicador. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, p. 447-455, 2016.

PANIAGUA, C. E. da S.; SANTOS, V. de O. Potencialidade do uso de dejetos suínos como biofertilizante, biogás e energia elétrica: da redução de custos na produção ao manejo ecologicamente mais sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 90227-90243, 2021.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C., U.S. Salinity Laboratory. USDA Agriculture Handbook, 60. 1954. 160p.

SANTOS, R. C. dos; MEURER, E. J.; ROSADO, J. P. Impacto ambiental do aumento dos teores de sódio e redução da estabilidade de agregados em áreas de disposição de dejetos líquidos de suínos. **R. gest. sust. ambient.**, v. 8, n. 1, p. 517-539, 2019. Doi: 10.19177/rgsa.v8e12019517-539.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante**. 46 p. Florianópolis, EPAGRI, 1996.

SEGAT, J. C.; ALVES, P. R. L.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. Ecotoxicological evaluation of swine manure disposal on tropical soils in Brazil. **Ecotoxicol Environ Saf.**, 2015. Doi: 10.1016/j.ecoenv.2015.07.017.

SEGAT, J. C.; ALVES, P. R. L.; BORTOLAZZO, A. J.; BARETTA, D.; CARDOSO, E. J. B. N. **Comportamento de fuga de *Folsomia candida* em solos naturais tratados com dejetos de suínos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOTOXICOLOGIA, 2012, Porto de Galinhas.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.7154>

V. 20, N. 1 (2023)



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Anais do XII Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. Porto de Galinhas: Sociedade Brasileira de Ecotoxicologia (SBE), 2012. p. 66 - 66.

SERPA FILHO, R.; SEHNEM, S.; CECATO, A.; SANTOS JUNIOR, S.; FISCHER, A. Compostagem de dejetos de suínos. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 47-78, 2013.

SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T. C.; SIMS, J. T.; POTE, D. H. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. **Journal of Soil Water Conservation**, Ankey, v. 51, n. 2, p. 160-166, 1996.

SILVA, J. G. D. **Fertirrigação do capim-mombaça com diferentes lâminas de efluente de tratamento primário de esgoto sanitário estabelecidas com base na dose aplicada de sódio**. 2010. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3564>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SILVA, A. de A.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; COSTA, A. M. da. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria decumbens* e alterações no solo. **Eng. agríc.**, v. 35, n. 2, p. 254-265, 2015a. Doi: 10.1590/1809-4430.

SILVA, D. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; JACQUES, J. S.; SILVEIRA, A. O.; SILVA, D. A. A. da; RACHE, M. M.; PASSOS, V. H. G.; SILVA, B. R. da. Indicadores Microbiológicos de Solo em Pastagem com Aplicação Sucessiva de Dejetos de Suínos. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 39, p. 1585-1594, 2015b. Doi: 10.1590/01000683rbc20150138.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for Windows Version 12.0**. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. – Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS. 1995.

WANG, C.; RONG, H.; LIU, H.; WANG, X.; GAO, Y.; DENG, R.; LIU, R.; LIU, Y.; ZHANG, D. Detoxification mechanisms, defense responses, and toxicity threshold in the earthworm *Eisenia fetida* exposed to ciprofloxacin-polluted soils. **Sci Total Environ**. p. 442-449. 2018. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.120.



