

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR NORTE – RS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA:  
AGRICULTURA E AMBIENTE**

**Patrícia Pretto Pessotto**

**DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS: ESCOAMENTO SUPERFICIAL,  
ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E  
PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO**

**Frederico Westphalen, RS  
2016**

**Patrícia Pretto Pessotto**

**DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS: ESCOAMENTO SUPERFICIAL, ALTERAÇÕES  
NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO  
FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva

Frederico Westphalen, RS  
2016

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Pessotto, Patrícia Pretto  
DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS: ESCOAMENTO SUPERFICIAL,  
ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E  
PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO / Patrícia Pretto Pessotto.-2016.  
62 p.; 30cm

Orientador: Vanderlei Rodrigues da Silva  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, CESNORS-FW, Programa de Pós-Graduação em Agronomia -  
Agricultura e Ambiente, RS, 2016

1. escoamento superficial 2. Dejetos líquido de suínos  
3. Atributos químicos e físicos do solo 4. Adubação Orgânica  
5. Produtividade do feijão I. Silva, Vanderlei Rodrigues  
da II. Título.

---

© 2016

Todos os direitos autorais reservados a Patrícia Pretto Pessotto. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

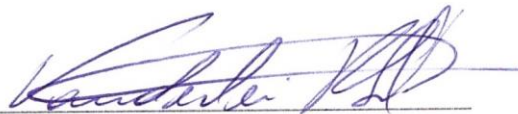
E-mail: paty.pessotto@hotmail.com

Patrícia Pretto Pessotto

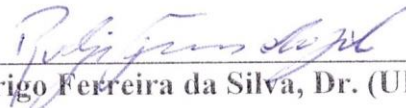
**DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS: ESCOAMENTO SUPERFICIAL, ALTERAÇÕES  
NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO  
FEIJÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia**.

Aprovada em 17 de fevereiro de 2016:

  
\_\_\_\_\_  
Vanderlei Rodrigues da Silva, Dr. (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Clóvis Orlando Da Ros, Dr. (UFSM)

  
\_\_\_\_\_  
Rodrigo Ferreira da Silva, Dr. (UFSM)

## **DEDICATÓRIA**

*A minha família, em especial aos meus pais Aldemir Pessotto e Sandra Pretto Pessotto e meus irmãos Marcelo Pretto Pessotto e Igor Pretto Pessotto, por todo o esforço, que sempre fizeram para que eu tivesse a oportunidade de estudar e chegar até aqui.*

## **AGRADECIMENTOS**

- à Deus, pelo dom da vida, por ter colocado em meu caminho pessoas tão especiais no decorrer da graduação do mestrado e da vida e por me dar força para concluir mais esta etapa.

- à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus de Frederico Westphalen, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente (PPGAAA) pela oportunidade de realização deste curso.

- ao professor Eng. Agr. Dr. Vanderlei Rodrigues da Silva, pela orientação, confiança, incentivo e apoio prestado no decorrer da graduação e do mestrado, pela amizade e parceria dentro e fora da Universidade.

- aos demais professores e a coordenação do PPGAAA, pelo empenho e dedicação em transmitir o conhecimento e auxiliando-nos no desenvolvimento profissional e pessoal.

- à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de estudo.

- aos amigos e colegas do laboratório de física do solo (LFS), Cícero, Giovanna, Rose, Valéria, Carlos, Daiane, Marcela, Lucas Alves, Jonas, Daniel, Viviana, Ezequiel, Lucas Perin, Luciano, Adriano e Felipe pela colaboração na execução das atividades, pela parceria e amizade.

- aos colegas do programa de Pós-Graduação em Agronomia – Agricultura e Ambiente pela colaboração e pelos momentos compartilhados no decorrer do curso.

- aos meus familiares, em especial aos meus pais, Aldemir e Sandra pelo incentivo à educação, por acreditarem em meu potencial, nunca deixando que eu desistisse de alcançar os objetivos. Aos meus irmãos, Marcelo e Igor, pelo apoio e incentivo.

Enfim, a todos aqueles que fizeram e fazem parte desta caminhada, contribuindo direta ou indiretamente para que eu vencesse mais esta importante etapa.

A todos vocês o meu MUITO OBRIGADO!

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

(Dalai Lama)

## RESUMO

### DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS: ESCOAMENTO SUPERFICIAL, ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO

AUTORA: Patrícia Pretto Pessotto

ORIENTADOR: Vanderlei Rodrigues da Silva

A utilização de dejetos líquidos de suínos como fonte de nutrientes para as culturas agrícolas é uma prática comum em regiões produtoras de suínos, entretanto há uma crescente preocupação quanto ao risco de contaminação ambiental do solo e água quanto à utilização contínua e excessiva desses resíduos. O objetivo deste estudo foi avaliar perdas de água, sedimentos e nutrientes (N, P e Cu) por escoamento superficial e alterações nos atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho sob sistema plantio direto com aplicação contínua de doses crescentes dejetos líquido de suínos (DLS) durante o ciclo da cultura do feijão. O estudo foi desenvolvido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen - RS, sobre um Latossolo Vermelho, com histórico de seis anos com aplicação DLS. Os tratamentos avaliados foram: adubação mineral (NPK), adubação orgânica, constituída de DLS nas doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e testemunha sem adubação (0). Foram avaliados o escoamento superficial, perda de nutrientes, atributos químicos e físicos do solo e produtividade e componentes de rendimento da cultura. A solução escoada por chuva natural foi coletada em calhas de 0,25 m<sup>2</sup> instaladas em cada parcela de outubro de 2014 a janeiro de 2015. Uma amostra do volume escoado foi coletada para quantificação dos sedimentos e teores de N, P e Cu presentes na solução. Foram coletadas amostras de solo para a determinação dos atributos químicos (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, MO, indicadores de acidez do solo e carbono orgânico total) e físicos (agregação, porosidade e densidade do solo). As maiores perdas de solo, água e nutrientes foram observadas no início da semeadura até o florescimento da cultura, evidenciando que a pouca cobertura do solo pelo dossel vegetativo do feijão é um fator determinante para o escoamento superficial. As doses a partir de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS aplicados ao solo, associados ao tempo de aplicação, implicaram em aumento dos teores de COT e, melhoram a agregação, porosidade e densidade do solo na camada superficial. A adubação mineral na cultura do feijão pode ser substituída por doses de DLS a partir de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sem que haja prejuízos na produtividade da cultura do milho em um Latossolo Vermelho de textura argilosa após seis anos de aplicação de DLS.

**Palavras-chave:** Suinocultura. Adubação orgânica. Perda de nutrientes. Latossolo Vermelho.



## ABSTRACT

### SWINE LIQUID MANURE: SURFACE RUNOFF, CHANGES IN CHEMICAL AND PHYSICAL SOIL PROPERTIES AND BEANS PRODUCTIVITY

AUTHOR: Patrícia Pretto Pessotto

ADVISOR: Vanderlei Rodrigues da Silva

**ABSTRACT:** The use of pig slurry as a source of nutrients for crops is a common practice in regions of pig production, however there is a growing concern about the risk of environmental contamination of soil and water as the continuous and excessive use of such waste. The purpose of this study was to evaluate losses of water, sediment and nutrients (N, P and Cu) through surface runoff and changes in chemical and physical attributes of a Red Oxisol under no-tillage system with continuous application of increasing doses of liquid pig manure (DLS) during the bean crop cycle. The study was conducted in an experimental area of the Federal University of Santa Maria campus Frederico Westphalen- RS, on a Red Oxisol, with a history of six years with DLS application. The treatments were: mineral fertilizer (NPK), organic fertilizer, consisting of DLS in doses of 25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and control without fertilization (0). Were evaluated surface runoff, loss of nutrients, chemical and physical properties of soil, productivity and crop yield components. The drained solution by natural rainfall was collected in gutters of 0.25 m<sup>2</sup> installed in each plot, from October 2014 to January 2015. A sample of the drained volume was collected for measurement of sediment and concentrations of N, P and Cu present in the solution. Soil samples were collected for the determination of chemical parameters (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, MO, soil acidity indicators and total organic carbon) and physical parameters (aggregation, porosity and bulk density). The largest losses of soil, water and nutrients were observed from the beginning of sowing to the flowering of the culture, showing that little ground cover of the bean canopy is a determining factor for the runoff. Doses from 50 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> DLS applied to the soil, associated with the application time, resulted in an increase of TOC content and enhance aggregation, porosity and density in the surface layer. The mineral fertilization of bean crops can be replaced by doses of DLS from 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, with no losses in maize productivity in an Red Oxisol clayey after six years of applying DLS.

**Keywords:** Swine production. Organic fertilization. Nutrient loss. Red Oxisol.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO I

- Figura 1** – Precipitação ocorrida durante o ciclo do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2014.....21
- Figura 2** – Precipitação pluviométrica (mm) e intensidade máxima (mm h<sup>-1</sup>), durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, 2015.....22
- Figura 3** – Relação de sedimentos escoados (A) água escoada (B) e quantidade de água infiltrada (C) em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015. ....23
- Figura 4** – Massa seca da parte aérea da cultura do feijoeiro em diferentes doses de dejetos líquido de suíno (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015. ....24
- Figura 5** – Teores de N<sub>total</sub> (A), P<sub>disponível</sub> (B) e Cu<sub>solúvel</sub> (C) na água do escoamento superficial em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015. ....26
- Figura 6** – Perda total de P<sub>disponível</sub> e Cu<sub>solúvel</sub> por escoamento superficial em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015.....28

### ARTIGO II

- Figura 1** – Teor de carbono orgânico total (%) em Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquido de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015.....39

### ARTIGO III

- Figura 1** – Precipitação pluvial e temperatura máxima, média e mínima em Frederico Westphalen durante o ciclo da cultura do feijoeiro (outubro de 2014 a janeiro de 2015). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015. ....50
- Figura 2** – Produtividade do feijão obtida em diferentes doses de dejetos líquido de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015. ....52
- Figura 3** – Massa de mil grãos do feijão obtida em diferentes doses de dejetos líquido de suínos e adubação mineral (NPK). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.....53

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO I

- Tabela 1** – Teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O do dejetos líquido de suínos aplicado em outubro de 2014. .... 19
- Tabela 2** – Valores de nitrogênio total (N<sub>total</sub>), fósforo disponível (P<sub>disponível</sub>) e cobre disponível (Cu<sub>disponível</sub>) no solo antes da semeadura do feijão e da última aplicação das doses de dejetos líquido de suínos e adubação química, para caracterização química do solo nas unidades experimentais na profundidade de 0,00 a 0,05 metros. .... 20

### ARTIGO II

- Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo do experimento em 2008, avaliados na camada de 0,00 a 0,10 m. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015. .... 34
- Tabela 2** – Significância dos contrastes entre os nutrientes do solo Nitrogênio total (N total), fósforo disponível (P), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquido de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015. .... 37
- Tabela 3** – Significância dos contrastes para pH em água, índice SMP, matéria orgânica (M.O.), alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC<sub>pH 7,0</sub>) e saturação por bases (V) após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquido de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015. .... 38
- Tabela 4** – Diâmetro médio geométrico (DMG) e distribuição do tamanho dos agregados, em Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquido de suínos (DLS), em duas camadas 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m. Frederico Westphalen, RS, 2015. .... 40
- Tabela 5** – Valores de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), microporosidade (Micro), e macroporosidade (Macro) em um Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquido de suínos (DLS), em três camadas 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Frederico Westphalen, RS, 2015. .... 41

### ARTIGO III

- Tabela 1** – Comparação de médias da cultura do feijão para a produtividade de grãos e incremento de produtividade dos tratamentos (doses em m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e adubação mineral) com a testemunha sem adubação; e comparação das doses de dejetos líquido de suínos com a adubação mineral (NPK). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015. .... 51
- Tabela 2** – Médias da altura de planta (Altura), número de folhas (Nº Folhas), número de legumes (Nº Legumes) e grãos por legume (Grãos/Leg) nas doses de dejetos líquido de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e adubação mineral (NPK). .... 53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>ARTIGO I – PERDA DE SEDIMENTOS, ÁGUA E NUTRIENTES POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM USO DE DEJETOS LÍQUIDO DE SUÍNOS</b> .....	<b>16</b>
2.1	Introdução .....	17
2.2	Materiais e métodos .....	19
2.3	Resultados e discussão .....	22
2.3.1	Perda de água e sedimentos por escoamento superficial .....	22
2.3.2	Perda de N, P e Cu por escoamento superficial .....	25
2.4	Conclusões .....	28
2.5	Referências bibliográficas .....	28
<b>3</b>	<b>ARTIGO II: ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO APÓS SEIS ANOS DE APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS</b> .....	<b>32</b>
3.1	Introdução .....	33
3.2	Material e métodos .....	34
3.3	Resultados e discussão .....	36
3.3.1	Atributos químicos .....	36
3.3.2	Atributos físicos .....	39
3.4	Conclusões .....	42
3.5	Referências bibliográficas .....	42
<b>4</b>	<b>ARTIGO III – PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DO FEIJOEIRO ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS</b> .....	<b>46</b>
4.1	Introdução .....	47
4.2	Material e métodos .....	48
4.3	Resultados e discussão .....	50
4.4	Conclusões .....	54
4.5	Referências bibliográficas .....	54
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>58</b>
<b>7</b>	<b>ANEXO</b> .....	<b>61</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A suinocultura está entre as principais atividades agropecuárias do Brasil, sendo de grande importância socioeconômica nos estados do Sul do país, a qual detém em torno de 54% do rebanho brasileiro de suínos (ABIPECS, 2009). À medida que aumenta a produção de suínos, o desenvolvimento sustentável da suinocultura torna-se um grande desafio, pois se aumenta, também, o volume de resíduos gerados e com isso o impacto ambiental da atividade tende a se agravar.

Esta atividade vem sendo reconhecida pelo grande potencial poluidor, em razão de gerar efluentes, geralmente na forma líquida, com elevada carga de matéria orgânica, nutrientes e metais pesados (STEINMETZ et al., 2009; VIVAN et al., 2010). Na fase de terminação, a produção diária de esterco por animal varia de 12 a 15 L (SEIDEL et al., 2010). E ao contrário dos fertilizantes minerais que possuem uma composição mínima definida de nutrientes, a composição do dejetos é extremamente desbalanceada.

Os dejetos líquido de suínos (DLS) são compostos de fezes, urina, pelos de animais, alimentos não consumidos, água dos bebedouros e da limpeza das instalações (SOUSA et al., 2014). Por isso, sua composição varia dependendo da alimentação fornecida aos animais e do manejo da água e das condições de armazenamento, dificultando a recomendação de doses padronizadas (SCHERER et al., 1995; KONZEN e ALVARENGA, 2002). Deste modo, aplicações contínuas poderão ocasionar desequilíbrios de nutrientes no solo e a gravidade do problema dependerá do tempo de aplicação, da composição e da quantidade de dejetos aplicado, além do tipo de solo e da capacidade de extração das plantas (DORTZBACH, 2009).

No entanto, as aplicações sucessivas deste adubo orgânico pode promover um aumento excessivo das concentrações de P, Cu e Zn no solo, representam um risco potencial de contaminação do solo e das águas, tanto superficiais, quanto subsuperficiais (CERETTA et al., 2010; GIROTTO et al., 2010; VEIGA et al., 2012). Os metais como o Cu e o Zn, adicionados ao solo via DLS ficam adsorvidos nas camadas superficiais (MOREIRA et al., 2009). Com aplicações contínuas podem causar contaminação do solo e dos cursos hídricos e, em alguns casos, afetar o crescimento das culturas agrícolas. Assim como os metais, as aplicações de DLS na superfície e sem incorporação elevam os teores de P na camada superficial do solo, o que pode comprometer a qualidade das águas superficiais (GUARDINI et al., 2012), pois o P é facilmente carregado pelo escoamento superficial (CERETTA et al., 2010; GIROTTO et al., 2010), e quando em excesso pode ser limitante ao crescimento da biota aquática (KLEIN e AGNE, 2012), tendo como consequência a eutrofização da água (WITHERS et al., 2001; ALLEONI et al., 2008).

Salienta-se que em algumas propriedades, ocorre limitação de área para o descarte dos dejetos e isso, associado à prática de agricultura intensiva com dois cultivos anuais na mesma área, torna a aplicação do DLS restrita a pequenos períodos do ano, o que muitas vezes leva os produtores a usarem repetidamente altas doses de esterco em pequenas áreas da propriedade gerando acúmulo de nutrientes e metais na camada superficial do solo (0,00 a 0,05 m), ficando suscetíveis a processos erosivos, podendo ser facilmente carregados pelas águas das enxurradas.

De modo geral, toda atividade agrícola e agroindustrial apresenta um grau de impacto ao meio ambiente e, em especial, aos recursos hídricos, principalmente nas águas superficiais. O material particulado contido no escoamento superficial é a maior fonte de poluição, pois nutrientes e metais pesados são associados à erosão de partículas menores de sedimentos (SILVA, 2013) e ligados aos sedimentos são carregados para os corpos de água, causando impactos negativos ao ambiente.

A quantidade de água escoada e de partículas sólidas erodidas pela precipitação pluviométrica depende de alguns fatores como as condições climáticas, intensidade da precipitação, topografia, o impacto da gota, a cobertura e as propriedades do solo (GONÇALVES et al., 2002). Dentro do aspecto ambiental, as perdas de solo, água e elementos químicos são as principais causas da degradação dos solos agrícolas. A diminuição da infiltração de água do solo, além de provocar deficiência hídrica às culturas, gera maior escoamento superficial que poderá arrastar matéria orgânica, nutrientes e outros elementos químicos que chegarão aos cursos hídricos, contaminando-os e sendo incorporadas na cadeia alimentar.

O aumento do teor de matéria orgânica, proveniente do uso em longo prazo de DLS (ZHAO et al., 2009; CUNHA et al., 2011) proporciona melhorias na estrutura do solo e, conseqüentemente, aumenta a taxa de infiltração e retenção de água. Assim, a adição de DLS aumenta a cobertura do solo pelo dossel vegetativo, beneficiando a redistribuição da chuva e a infiltração da água no solo, minimiza o impacto das gotas, diminuindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, os riscos de erosão nas áreas agrícolas (SILVA JUNIOR et al., 2012).

A utilização de dejetos promove um acréscimo no desenvolvimento e rendimento das culturas (LOURENZI et al, 2014; MORAES et al, 2014), reduzindo a aplicação de fertilizantes químicos e melhora as condições químicas e físicas do solo (ARRUDA et al., 2010). A aplicação de DLS como alternativa para substituir os adubos minerais representa grande potencial produtivo (BARBOSA et al., 2009; LOURENZI et al., 2014). Sartor et al. (2012), estudando a aplicação de DLS, constataram melhoria da produtividade das culturas de milho, feijão, soja e trigo, com aumento no rendimento de grãos e aumento nos teores K, P, Ca e Mg no solo.

Neste contexto, a utilização de fontes orgânicas alternativas de nutrientes para as culturas e a redução dos impactos ambientais tem sido um desafio ao longo dos anos. A quantidade de dejetos aplicada é fator determinante, pois em excesso pode causar contaminação ambiental do solo e das águas, ou se aplicado de forma insuficiente compromete o crescimento e a produtividade das culturas. O uso racional de resíduos orgânicos na agricultura, amparado por legislação ou norma, programa de controle de qualidade, poderá contribuir, significativamente, para incrementos de produtividade, com melhor relação custo/benefício e sustentabilidade ambiental.

A hipótese desse estudo foi que o uso de DLS altera os atributos químicos e físicos do solo, aumentando o teor de nutrientes e potencializando perdas por escoamento superficial. Frente ao exposto o estudo teve por objetivo avaliar perdas de água, sedimentos e nutrientes (N, P e Cu) por escoamento superficial sob chuva natural, durante o ciclo da cultura do feijão, e as melhorias nos atributos químicos e físicos de um Latossolo Vermelho com histórico de seis anos de aplicação contínua de doses crescentes dejetos líquido de suínos em sistema plantio direto.

## **2 ARTIGO I – PERDA DE SEDIMENTOS, ÁGUA E NUTRIENTES POR ESCOAMENTO SUPERFICIAL COM USO DE DEJETOS LÍQUIDO DE SUÍNOS**

### **RESUMO**

A aplicação de dejetos líquidos de suínos em lavouras em substituição parcial ou total da adubação mineral das culturas é uma prática comum nas unidades de produção integradas de suínos e grãos. O objetivo do estudo foi avaliar a perda de água, sedimentos, nitrogênio, fósforo e cobre por escoamento superficial em área com diferentes manejos de adubação. O estudo foi desenvolvido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen - RS, sobre um Latossolo Vermelho, com histórico de seis anos com aplicação de dejetos líquido de suínos (DLS) em sistema de plantio direto. Os tratamentos avaliados foram: adubação mineral (NPK), adubação orgânica, constituída de DLS nas doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e testemunha sem adubação (0). A solução escoada por chuva natural foi coletada em calhas de 0,25 m<sup>2</sup> instaladas em cada parcela. Uma amostra do volume escoado foi coletada para quantificação dos sedimentos e teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e cobre (Cu) presentes na solução. As maiores perdas de solo, água e nutrientes foram observadas no início da semeadura até o florescimento da cultura, evidenciando que a falta de cobertura do solo pelo dossel vegetativo do feijão é um fator determinante para o escoamento superficial. Do florescimento até a colheita a quantidade de água escoada foi menor e conseqüentemente, menor quantidade de N, P e Cu foram perdidos. Nos tratamentos com maiores doses de DLS as perdas de água e sedimentos foram praticamente nulas no período compreendido entre o florescimento e a colheita do feijão. As concentrações de P e Cu na solução escoada pode causar contaminação ambiental.

**Palavras-chave:** Adubação orgânica. Escoamento superficial. Cobertura do solo. Contaminação ambiental.

### **LOSS OF SEDIMENTS, WATER AND NUTRIENTS BY SURFACE RUNOFF WITH USE OF LIQUID SWINE MANURE**

#### **ABSTRACT**

The application of pig slurry on fields in partial or total replacement of fertilization of cultures is a common practice in integrated production units of pigs and beans. The goal of the study was to evaluate the loss of water, sediment, nitrogen, phosphorus and copper runoff in areas with different management fertilization. The experiment was conducted in an experimental area of the Federal University of Santa Maria campus Frederico Westphalen- RS, on a Red Oxisol, with a history of six



years with application of swine liquid waste (DLS) in a no-tillage system. The treatments were: mineral fertilizer (NPK), organic fertilizer, consisting of DLS in doses of 25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and control without fertilization (0). The drained solution by natural rainfall was collected in gutters of 0.25 m<sup>2</sup> installed in each plot. A sample of the drained volume was collected for quantification of sediment and levels of nitrogen (N), phosphorus (P) and copper (Cu) present in the solution. The largest losses of soil, water and nutrients were observed from the beginning of sowing to the flowering of the culture, showing that little ground cover of the bean canopy is a determining factor for the runoff. From flowering to harvest the amount of water drained was smaller and therefore lower concentration of N, P and Cu were lost. In the treatments with higher doses of DLS, losses of water and sediments were slim to none in the period between flowering and bean harvest. The concentrations of P and Cu in the drained solution can cause environmental contamination.

**Keywords:** Organic fertilizer. Surface runoff. Soil cover. Environmental contamination.

## 2.1 Introdução

Muito se tem discutido a respeito do meio ambiente, da qualidade do solo e, principalmente, da qualidade da água em várias partes do mundo, sendo a agricultura apontada como uma das importantes fontes de poluição, e a produção animal como o principal fator causador deste problema.

Na Região do Médio Alto Uruguai – RS, assim como nas demais regiões do sul do país, a suinocultura se destaca principalmente em nível de pequena propriedade, onde esta atividade está intimamente relacionada com a produção leiteira, pois os dejetos oriundos da suinocultura são utilizados como adubo orgânico para as pastagens perenes e anuais e também para a adubação do milho para a silagem. Mera et al. (2011) relatam que a maioria dos agricultores utilizam em suas lavouras os dejetos de suínos de forma indiscriminada, ou seja, não consideram a quantidade de nutrientes que estão adicionando ao solo, isso principalmente, pelo desconhecimento do potencial poluidor que estes dejetos possuem, e muitas vezes por não terem outra alternativa viável de descarte destes resíduos. A aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS), sem considerar a capacidade do solo em reter nutrientes e sem o manejo adequado do mesmo, pode provocar impactos ambientais negativos por causa da perda de nutrientes e do próprio dejetos pelo escoamento superficial (SILVA, 2013).

A utilização de DLS em lavouras tem sido uma importante fonte de nutrientes às culturas comerciais, principalmente naquelas propriedades que associam a produção de grãos com a

suinocultura. Grande parte dos estudos que envolvem dejetos visa avaliar seu potencial como fertilizante, contudo, são poucos os trabalhos que se preocupam com o possível risco de contaminação aos recursos hídricos superficiais e sub superficiais. Dessa forma, torna-se indispensável a avaliação do escoamento de água das lavouras utilizadas com dejetos de suínos, pois o mesmo, possui grande concentração de nutrientes solúveis que podem ser utilizadas pelas plantas, e/ou podem contaminar corpos hídricos.

A principal causa da contaminação do solo e da água são às quantidades excessivas de dejetos que são aplicadas ao solo, além da capacidade de retenção do solo e utilização pelas plantas. Dificilmente as doses de DLS são balanceadas conforme a demanda dos cultivos e, ocorre acúmulo de nutrientes na camada superficial, provocando um desbalanceamento de nutrientes no solo que pode, em caso de enxurradas, ocorrer a perda destes nutrientes, juntamente com solo, por escoamento superficial contaminando os cursos hídricos. A gravidade dessa contaminação dependerá da composição do dejetos, das doses aplicadas no solo, da capacidade de extração e exportação das culturas, do tipo e manejo do solo e das quantidades aplicadas cumulativamente (SEGANFREDO, 2000, 2007). No entanto, estes fatores, na grande maioria das vezes, não são considerados pelos agricultores que fazem uso dos dejetos em suas lavouras.

Os dejetos oriundos da suinocultura apresentam elevado potencial de contaminação de solos e águas devido as grandes quantidades de nitrogênio, na forma de nitrato, e fósforo na sua composição (DORTZBACH, 2009), sendo que o nitrato tem um rápido deslocamento no perfil do solo (ANAMI et al., 2008), atingindo camadas mais profundas em que as plantas não conseguem absorver o nitrogênio possibilitando assim, a contaminação das águas subterrâneas (ANAMI et al., 2008; MIYAZAWA et al., 2009; BERTONCINI, 2011). A lixiviação de nitrato através do perfil do solo (SANTOS, 2007) e o transporte deste nitrato e de fósforo via escoamento superficial, são colocados na literatura como os dois principais problemas de impacto ambiental sobre a qualidade da água (HATFIELD, 1998).

A contaminação não se limita apenas ao nitrogênio e ao fósforo, além destes, existem outros elementos como o cobre e zinco (MATTIAS, 2006; MATTIAS et al, 2010) que, apesar de ser em menor proporção, também causam contaminação das águas e do solo, pois os dejetos possuem grandes quantidades destes nutrientes e aplicações contínuas elevam os teores totais de cobre e zinco (DORTZBACH, 2009; MATTIAS et al, 2010; FRIDRICH et al., 2014), nas camadas superficiais do solo a níveis superiores aos considerados críticos pela literatura (GIROTTO et al., 2010).

Em contrapartida, a aplicação de DLS nas áreas agrícolas incrementa a quantidade de nutrientes no solo que contribuem para um melhor desenvolvimento da parte aérea das culturas,

resultando em maior crescimento da parte aérea da cultura, protegendo, significativamente, o solo contra o impacto da gota da chuva, reduzindo problemas com a erosão por salpicamento, selamento superficial e diminuição do escoamento superficial (SILVA JUNIOR et al., 2012). Aliado a isso, minimiza as perdas de material orgânico, mineral e nutrientes adicionados ao solo.

Neste contexto, o trabalho visa determinar a influência de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos nas perdas de sedimentos, água e nutrientes por escoamento superficial em um solo cultivado com feijão preto sob sistema plantio direto.

## 2.2 Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido em uma área experimental do Curso de Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Frederico Westphalen – RS, latitude de 27°23' S, longitude 53°25' W e altitude de 490 m, em um Latossolo Vermelho distroférico típico (Santos et al., 2013), de textura argilosa. O clima da região, conforme a classificação de Köppen é subtropical úmido, sem estiagens, tipo “Cfa” e a temperatura média anual varia entre 17° e 18°C, com precipitação média anual de 1.680 mm (Maluf, 2000).

O experimento foi implantado em 2008, no formato de delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais de 25 m<sup>2</sup> (5x5m) cada e, manejado em sistema plantio direto. Os tratamentos consistiram de quatro doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK, recomendado para a cultura) e uma testemunha sem adubação (0). Foram realizadas oito aplicações de dejetos, entre o mês de outubro de 2008 e outubro de 2014, totalizando 200, 400, 600 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos, respectivamente, para as doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. O dejetos líquido de suíno utilizado foi proveniente de uma pocilga de terminação e a aplicação foi realizada todos os anos antes da implantação das culturas agrícolas (verão/inverno) de forma manual e com o auxílio de regadores. Os teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados via DLS, em outubro de 2014, estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** – Teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O do dejetos líquido de suínos aplicado em outubro de 2014.

Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )	Doses de DLS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )				
	0	25	50	75	100
N	0,00	40,00	80,00	120,00	160,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	28,50	57,00	85,50	114,00
K <sub>2</sub> O	0,00	25,00	50,00	75,00	100,00

Fonte: Autora.

Em outubro de 2014, antes da semeadura do feijão, foi realizada uma coleta de solo na camada de 0,00 a 0,05 metros, para caracterizar os teores de N, P e Cu no solo após oito aplicações de dejetos e adubação mineral. O  $N_{total}$  foi obtido por meio de digestão com  $H_2SO_4$  e o  $P_{disponível}$  obtido pelo método de extração Mehlich<sup>-1</sup>, conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995), e o  $Cu_{disponível}$  pelo método de extração em HCl, proposto por Nelson et al. (1959), apresentados na tabela 2.

**Tabela 2** – Valores de nitrogênio total ( $N_{total}$ ), fósforo disponível ( $P_{disponível}$ ) e cobre disponível ( $Cu_{disponível}$ ) no solo antes da semeadura do feijão e da última aplicação das doses de dejetos líquido de suínos e adubação química, para caracterização química do solo nas unidades experimentais na profundidade de 0,00 a 0,05 metros.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	$N_{total}$	$P_{disponível}$	$Cu_{disponível}$
	$g\ dm^{-3}$	..... $mg\ dm^{-3}$ .....	
<b>NPK</b>	1,36	32,30	21,73
<b>0</b>	1,16	7,47	14,00
<b>25</b>	1,42	34,87	23,38
<b>50</b>	1,34	45,63	32,35
<b>75</b>	1,38	77,00	29,86
<b>100</b>	1,46	60,07	26,19

<sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquido de suínos (25, 50, 75 e 100  $m^3\ ha^{-1}$ ).

Fonte: Autora.

Logo após a semeadura do feijão foram colocadas calhas coletoras de 0,25  $m^2$  interligadas a um recipiente de armazenamento (galão) em cada parcela para a coleta do material escoado em cada evento pluviométrico.

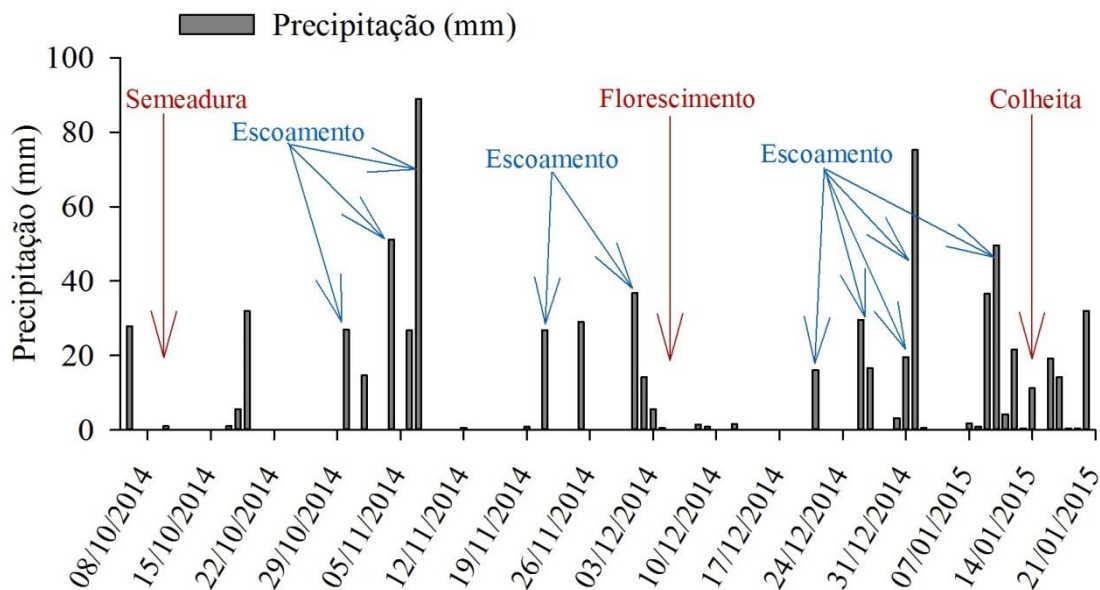
Após cada evento pluviométrico foi realizada a medição e coleta de amostras do material escoado, sendo este procedimento realizado durante todo o ciclo da cultura do feijoeiro (outubro de 2014 a janeiro de 2015). Para a determinação do volume de água escoada, foi realizada a medição do volume armazenado em cada galão e transferida uma amostra para garrafas pet, sendo estas levadas a laboratório onde se realizou análise de  $N_{total}$ ,  $P_{disponível}$  e  $Cu_{solúvel}$  presente em cada amostra. A determinação do  $P_{disponível}$  foi realizada pelo método Mehlich<sup>-1</sup> e o  $N_{total}$  por meio de digestão com  $H_2SO_4$  na solução escoada seguindo metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Para a determinação do cobre solúvel das amostras da solução escoada, foi utilizado uma alíquota de cada amostra coletada e realizada a leitura da quantidade de cobre solúvel nessa amostra por espectrometria de absorção atômica.

Por meio de secagem de um volume conhecido de cada amostra determinou-se a quantidade de sedimentos erodidos em cada amostra. O volume de água infiltrada foi determinado pela diferença entre a precipitação e o volume escoado em cada período.

O volume total de água escoada e sedimentos erodidos, água infiltrada e nutrientes foram quantificados em dois períodos (1º período – semeadura até o florescimento do feijoeiro; 2º período – florescimento até a colheita do feijoeiro).

Os eventos pluviométricos que ocorreram durante o ciclo do feijão (95 dias) foram contabilizados na Estação Meteorológica automatizada localizada no campus da UFSM-FW, distante 500 metros do local do experimento. No período de 10 de outubro de 2014 a 14 de janeiro de 2015 choveu aproximadamente 655,8 mm (Figura 1).

**Figura 1** – Precipitação ocorrida durante o ciclo do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2014.



Fonte: Autora.

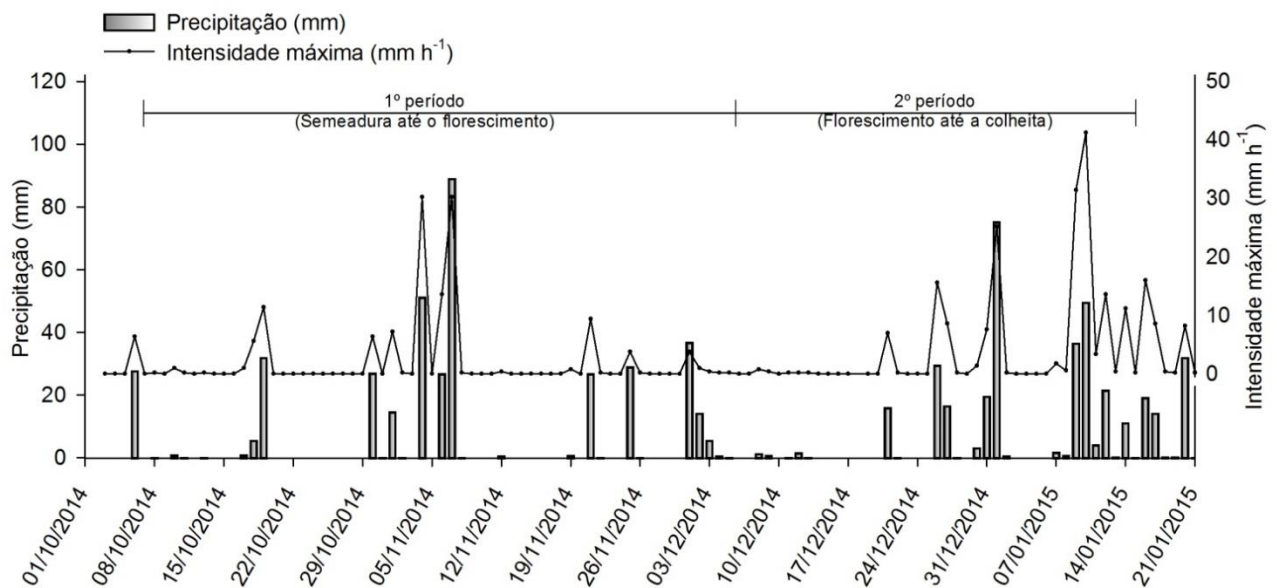
A falta de independência entre os dados obtidos das soluções escoadas, nitrogênio total, fósforo disponível e cobre solúvel e a impossibilidade de se controlar algumas variáveis, como o volume precipitado, a intensidade das precipitações e o intervalo entre as precipitações ao longo do período de avaliação, implica na não satisfação de todos os parâmetros da análise de variância, inviabilizando uma análise de contraste ortogonal. Por isso, optou-se nesse estudo, em apresentar apenas as médias das soluções escoadas, nitrogênio total, fósforo disponível e cobre solúvel nas soluções escoada superficialmente durante o cultivo do feijão.

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Perda de água e sedimentos por escoamento superficial

No período que compreendeu a semeadura até o florescimento do feijoeiro a precipitação foi de 364 mm com intensidade máxima de precipitação de  $30,2 \text{ mm h}^{-1}$  e do florescimento até a colheita a precipitação foi de 291,8 mm com intensidade máxima de precipitação de  $41,2 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 2). Apesar da intensidade de precipitação ter sido maior no 2º período, a quantidade de sedimentos erodidos (Figura 3A) e água escoada (Figura 3B) foi menor.

**Figura 2** – Precipitação pluviométrica (mm) e intensidade máxima ( $\text{mm h}^{-1}$ ), durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, 2015.



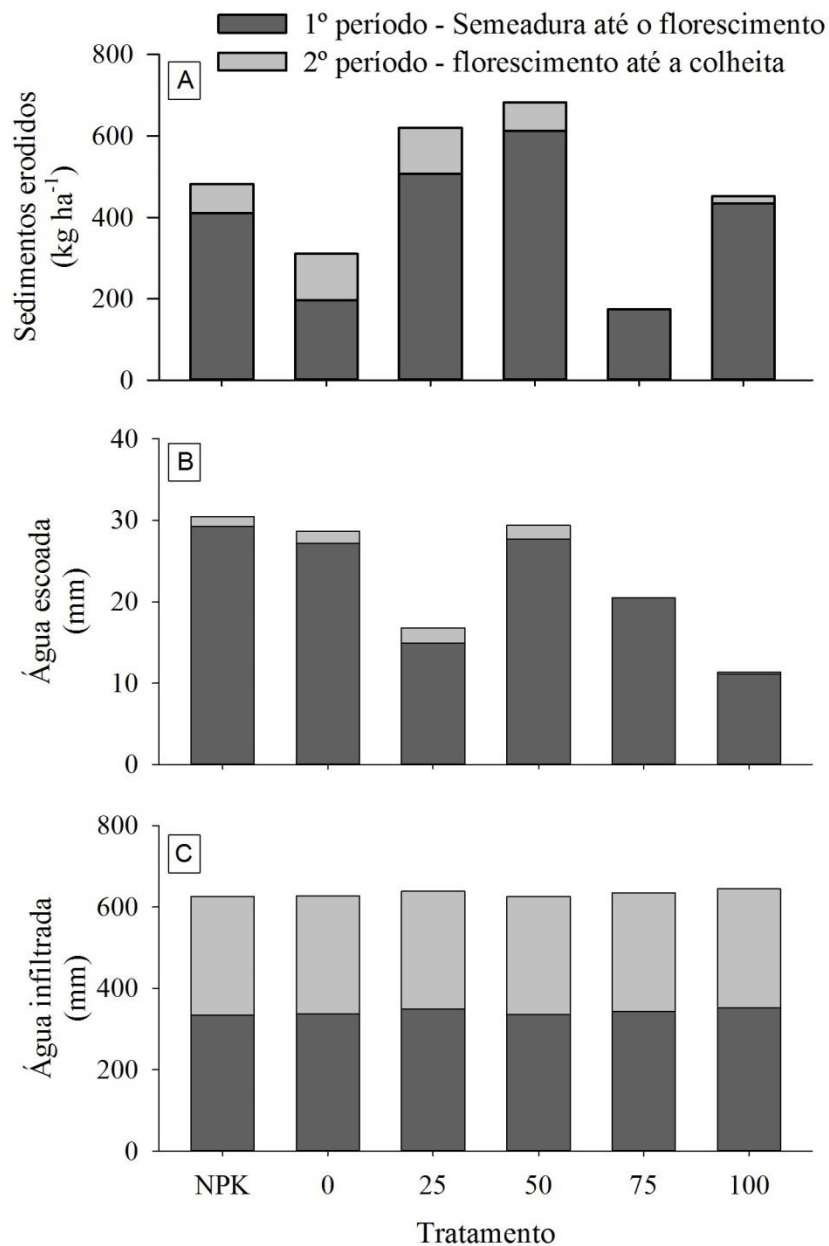
Fonte: Autora.

No período inicial do desenvolvimento da cultura do feijoeiro, quando o solo ainda encontrava-se com restos culturais do cultivo anterior, a perda de sedimentos e de água pelo escoamento superficial foi maior. Isso ocorre porque o impacto da gota da chuva de forma direta sobre o solo é responsável pela desagregação da massa de partículas do solo no ponto de impacto facilitando seu deslocamento pela água escoada (CASSOL et al., 2004) e como a palhada estava em estado de decomposição não foi suficiente para minimizar o impacto da gota da chuva.

Quando comparamos o início e o final do desenvolvimento da cultura observou-se uma

diminuição na perda de sedimentos de 99 e 96 % nos tratamentos com doses maiores de DLS (75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) (Figura 3A), podendo ser justificado pela maior quantidade de nutrientes aplicados (Tabela 1), promovendo um maior crescimento das plantas o que minimiza o impacto da gota da chuva, e conseqüentemente, reduz a desagregação das partículas de solo.

**Figura 3** – Relação de sedimentos escoados (A) água escoada (B) e quantidade de água infiltrada (C) em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015.



Fonte: Autora.

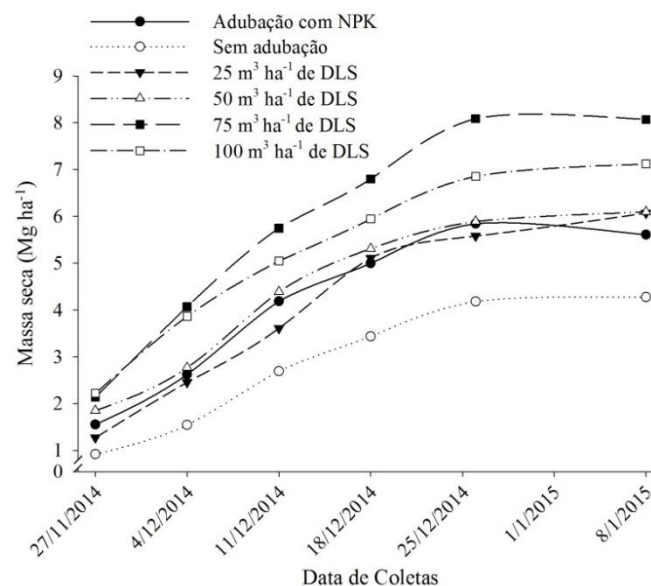
No tratamento sem adubação (0), o crescimento do feijoeiro não protegeu totalmente o solo

durante o ciclo, não reduzindo o impacto da gota da chuva sobre o solo, diminuindo em apenas 41% a perda de sedimentos do 1º para o 2º período. Na figura 4 pode ser observado que a produção de massa seca nesse tratamento foi muito inferior quando comparado aos tratamentos com maiores doses de DLS, ou seja, o dossel vegetativo não foi eficiente na minimização do impacto da gota da chuva.

Na fase final do desenvolvimento do feijoeiro (após florescimento) a perda de água (Figura 3B) foi menor sendo praticamente nula nos tratamentos com maiores doses de DLS (75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), o que pode ser justificado pelo acréscimo contínuo de material orgânico sobre o solo, o qual melhora a estrutura do mesmo, aumentando o volume de poros, juntamente com o maior desenvolvimento da parte aérea da cultura que minimiza o impacto da gota da chuva. Segundo Silva Júnior et al. (2012), a interceptação pelo dossel influencia na redistribuição da água da chuva, beneficiando no amortecimento das gotas, servindo como um sistema de proteção ao solo e favorecendo um melhor processo de infiltração.

No entanto, a perda de sedimentos e de água foi pequena quando compararmos o volume precipitado e a quantidade infiltrada no solo. Dos 655,8 mm precipitados 632,9 mm, em média, foram infiltrados no solo (Figura 3C), ou seja, cerca de 94,8 % e 99,6 % da água precipitada infiltrou no solo no 1º e no 2º período, respectivamente.

**Figura 4** – Massa seca da parte aérea da cultura do feijoeiro em diferentes doses de dejetos líquido de suíno (25, 50, 75, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.



Fonte: Autora.



A aplicação de DLS promoveu acréscimo na produção de massa seca da cultura do feijoeiro (Figura 4). A maior produção de massa seca foi no tratamento com aplicação de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, seguido do tratamento com  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e a menor produção observada no tratamento sem adubação. Desse modo, o uso de DLS tem influência direta no desenvolvimento da parte aérea da cultura do feijoeiro (demonstrado pela produção de massa seca) e indiretamente minimiza as perdas de sedimentos e de água por escoamento superficial durante o ciclo da cultura, ou seja, as doses do dejetos aplicado não influenciaram diretamente as perdas de água, diferentemente do que foi relatado por Peles (2007) e por Mori et al. (2009) em estudo realizado sob semeadura direta e chuva simulada, com aplicação de doses de até  $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos líquido de suínos e dejetos líquido bovino, respectivamente.

### 2.3.2 Perda de N, P e Cu por escoamento superficial

O crescimento da cultura do feijoeiro teve influencia direta na perda de água e sedimentos por escoamento superficial e, juntamente com o tempo transcorrido entre a aplicação do DLS e os eventos de escoamento superficial, influenciou nos teores de nitrogênio, fósforo e cobre escoados, podendo-se observar uma diminuição significativa no teor destes elementos com o crescimento da cultura (2º período) (Figura 5).

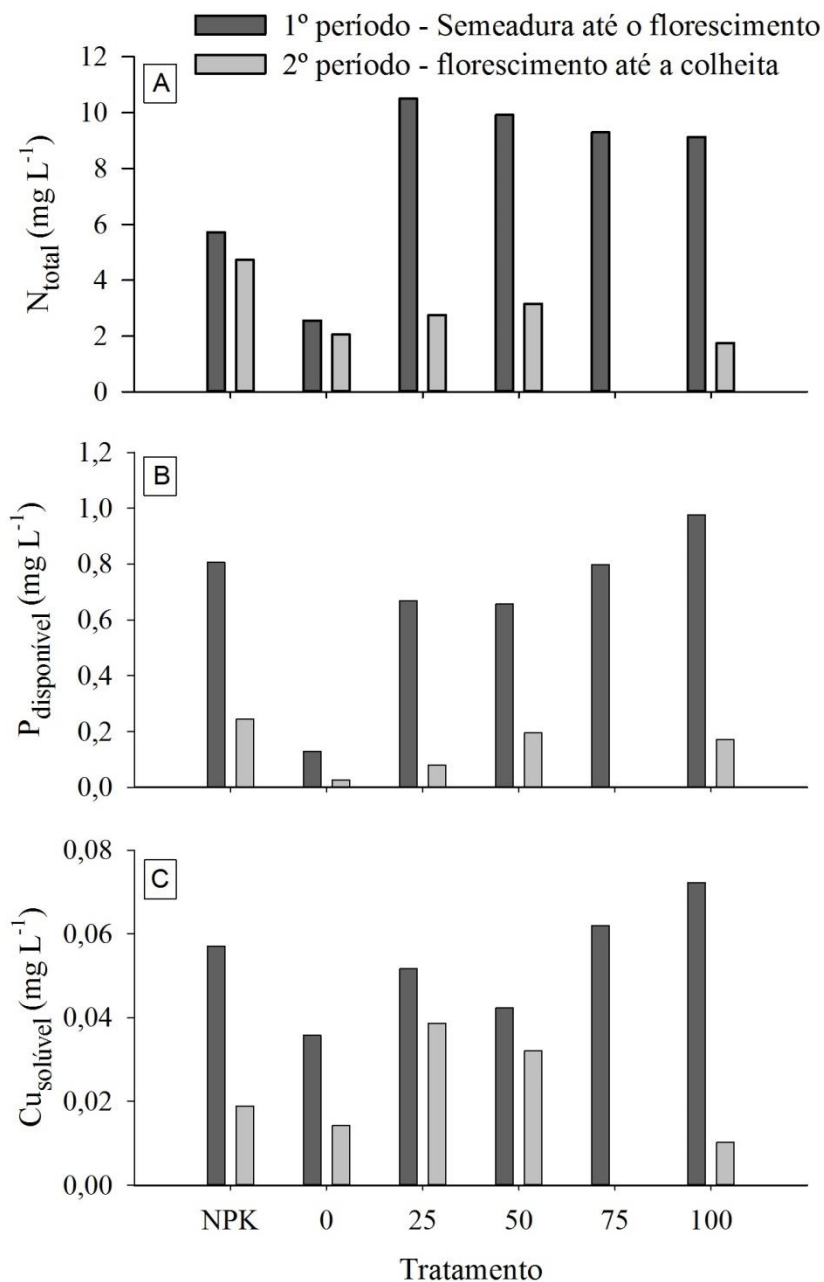
O teor de  $N_{\text{total}}$  encontrados no escoado durante o ciclo da cultura do feijão foi de, até  $10,5 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento com aplicação de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, 4,1 vezes maior em relação a testemunha sem aplicação de adubação (Figura 5A), sendo que os maiores teores de  $N_{\text{total}}$  perdido ocorreram no 1º período, onde o volume escoado foi maior. Essa perda ainda é considerada pequena se levarmos em conta o tempo transcorrido entre a aplicação da adubação e o início dos eventos de escoamento, o qual possibilitou que os nutrientes do DLS fossem mineralizados e adsorvidos às partículas sólidas do solo, e uma porção significativa do nitrogênio presente no DLS fosse lixiviado para camadas mais profundas, ficando menos sujeito perdas por escoamento (BERTOL et al., 2005).

A utilização do DLS proporcionou maior teor de  $N_{\text{total}}$  no escoado no período correspondente entre a semeadura e o florescimento do feijão do que o adubo mineral (NPK) (Figura 5A). Porém no 2º período o maior teor de  $N_{\text{total}}$  ocorreu no tratamento NPK, o qual foi cerca de 23,6 vezes superior ao tratamento com dose de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS e 2,7 vezes superior ao tratamento com  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS.

A resolução 430/2011 do CONAMA (BRASIL, 2011) que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes prevê que o teor de  $N_{\text{total}}$  não deve ultrapassar  $20 \text{ mg L}^{-1}$ . Assim

observa-se que o risco de contaminação ambiental por nitrogênio carregado pelo escoamento superficial durante o ciclo da cultura é baixo, onde o maior teor de N perdido é 1,9 vezes menor que o permitido pela legislação (Figura 5A).

**Figura 5** – Teores de  $N_{total}$  (A),  $P_{disponível}$  (B) e  $Cu_{solúvel}$  (C) na água do escoamento superficial em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100  $m^3 ha^{-1}$ ), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015.



Fonte: Autora.

Os tratamentos NPK e sem adubação (0) apresentaram concentrações similares de nitrogênio total no escoado, no 2º período em relação ao 1º, provavelmente devido à dose de N aplicada como adubo mineral e à quantidade elevada do elemento presente no solo em condições naturais, proporcionado pelo sistema plantio direto.

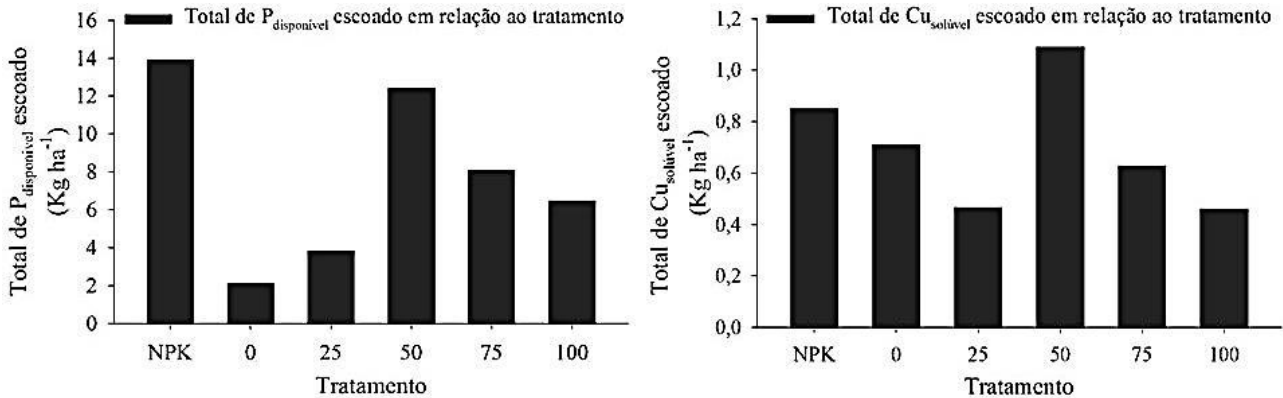
As maiores quantidades de  $\text{Cu}_{\text{solúvel}}$  e, principalmente, de  $\text{P}_{\text{disponível}}$  transferido pelo escoamento no 1º período foram nas maiores doses de DLS. O que pode ser atribuído às aplicações sucessivas de dejetos ao longo de seis anos que promoveram aumento nos teores desses elementos na camada superficial do solo ficando mais suscetíveis a perdas. Foi observada, na solução escoada,  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de fósforo durante o ciclo do feijão de na dose de  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, 7,5 vezes superior a testemunha sem adubação (Figura 5B). No 2º período a redução nos teores de P variou de 70% no NPK a 100% na dose de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , justificado pela diminuição da solução escoada.

A maior concentração de cobre (Cu) na solução escoada do 1º período ocorreu nas doses de  $75$  e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS. Concordando com Dal Bosco et. al (2008) que, em estudo com aplicação de água residuária de biodigestor em Latossolo Vermelho cultivado com soja e sob chuva simulada, também encontraram maiores concentrações de Cu por escoamento superficial nas maiores doses. No entanto, no 2º período ocorreu uma redução no teor de Cu perdido de 100% e 86% nas doses de  $75$  e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, respectivamente.

Esses totais de fósforo e cobre escoados está bem acima do permitido pela resolução CONAMA Nº 357 (Brasil 2005), que dispõe sobre as condições e padrões de qualidade das águas. A qual permite uma quantidade de 0,1 e 0,009 mg de fósforo e de cobre por litro de água, respectivamente. A quantidade total de fósforo e cobre que foram carreados pelo escoamento superficial durante o ciclo da cultura pode causar contaminação ambiental, pois essa solução escoada poderá atingir corpos hídricos, causando eutrofização das águas pela alta concentração de P, como alertado por BASSO et al. (2005) e por CERETTA et al. (2005) e o Cu, por ser um metal pesado, além de prejudicar a fauna e a flora aquática, é nocivo a saúde da população que irá consumir essas águas.

Durante todo o ciclo da cultura do feijão houve uma perda significativa tanto de fósforo quanto de cobre. Foram perdidos aproximadamente  $14$  e  $12,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo e  $0,85$  e  $1,10 \text{ kg ha}^{-1}$  de cobre nos manejos com adubação NPK e  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, respectivamente (Figura 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Giroto et al. (2010) em estudo de perdas de Cu e P por escoamento superficial, sob chuva simulada, os quais encontraram perdas de  $9,8$  e  $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo e de cobre, respectivamente, na dose de  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS.

**Figura 6** – Perda total de  $P_{\text{disponível}}$  e  $Cu_{\text{solúvel}}$  por escoamento superficial em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75, e 100  $m^3 ha^{-1}$ ), adubação mineral (NPK) e testemunha sem adubação (0) durante o ciclo da cultura do feijoeiro. Frederico Westphalen, RS, Brasil 2015.



Fonte: Autora.

Neste contexto, a utilização de dejetos líquidos de suínos em longo prazo e com aplicações sucessivas deve ser feita de forma cautelosa, evitando assim, prejudicar o meio ambiente e a saúde da população que consumir as águas dos corpos hídricos onde são descarregados esses elementos contidos nas enxurradas.

## 2.4 Conclusões

Com intensidade de precipitação menor a perda de sedimentos e água por escoamento superficial foi maior no período da semeadura até o florescimento.

As doses de dejetos líquidos de suínos não influenciaram de forma direta no escoamento superficial.

A perda de água, de solo e de nutrientes (N, P, Cu) diminuiu do período antes do florescimento para o período compreendido após o florescimento até a colheita.

Após seis anos de aplicação de DLS a concentração de P e de Cu encontrados na solução escoada esta acima da permitida pela legislação brasileira.

## 2.5 Referências bibliográficas

ANAMI, M. H. et al. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 12, n. 1

jan./fev. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662008000100011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000100011)>. Acesso em: 4 jan. 2016. DOI: 10.1590/S1415-43662008000100011.

ANGHINONI I; BOHNEN H. Avaliação da disponibilidade de fósforo através de métodos químicos. **Agron. Sulriograndense**. Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 127-136. 1974.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTI, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ci. Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1305-1312, nov./dez., 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000600012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000600012&script=sci_arttext)>. Acesso em: 7 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600012

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n.3, p.429-442, set./dez. 2005. Disponível em: <[ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/5200/3910](http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/view/5200/3910)>. Acesso em: 2 dez. 2015.

BERTONCINI, E. I. Dejetos da suinocultura – desafios para o uso agrícola. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, jul./dez, 2011. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/863-dejetos-da-suinocultura-desafios-para-o-uso-agricola/file.html>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA 430**, de 13 de maio de 2011. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2015.

CASSOL, E. A. et al. Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo de franco-argilo-arenoso com Resíduos Vegetais. **Pesq. agropec. bras.**, v. 39, n. 7, p.685-690, jul. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2004000700010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2004000700010)>. Acesso em: 7 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2004000700010.

CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ci. Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1.296-1.304, nov./dez. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782005000600011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)> Acesso em: 2 dez. 2015. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600011.

DAL BOSCO, T. C. et al. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, out./dez. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162008000400010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000400010)>. Acesso em: 2 dez 2015. DOI: 10.1590/S0100-69162008000400010.

DORTZBACH, D. **Dinâmica de atributos físicos e químicos em solo sob plantio direto adubado com dejetos suínos e ureia**. 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

FRIDRICH, B et al. Impact of wastewater from pig farm lagoons on the quality of local groundwater. **Agricultural Water Management**, v. 135, p. 40-53, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377413003570>>. Acesso em: 17 dez. 2015.

GIROTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.34, p.955-965, mai/Jun. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000300037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300037)>. Acesso em: 17 dez.2015. DOI: 10.1590/S0100-06832010000300037.

HATFIELD, J. Nutrient management & waste handling. In: **World Pork Symposium**. Iowa, 1998 p.41-48.

MALUF J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Agromet.**, Santa Maria v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/rba/p14181.html>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

MATTIAS, J. L. et al. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1445-1454, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/40.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 164f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2006.

MERA, C. M. P.; LORENZINI, R.; WOLLMANN, M. R. Percepção com suinocultores de Tapera/RS sobre o uso de dejetos suínos na lavoura e o impacto ambiental. **Rev. Ext. Rural**, Santa Maria, v. 21, 2011. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/extensaorural/art4ed21%202011-1%20-%20Prud%EAncio%20de%20Mera%20et%20al.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

MIYAZAWA, M.; BARBOS A, G.M.C.; PARRA, M. S. Lixiviação de nitrogênio no solo pela aplicação de dejetos de suíno. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais, 1., 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBERA, 2009. Disponível em: <<http://sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/004.pdf>>. Acesso em:17 dez. 2015.

MORI, H. F. et al. Perda de água, solo e fósforo com aplicação de dejetos líquidos bovino em Latossolo sob plantio direto e com chuva simulada. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 33, p. 189-198, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n1/20.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2015.

NELSON, J. L. et al. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and “titratable alkalinity” values. **Soil Sci.** v. 88, p. 275-283, 1959.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANTOS, S. C. G. **Lixiviação de nitrogênio em um Latossolo vermelho cultivado com soja e milho após aplicação de dejetos líquidos de suínos**. 2007. 82 p. Dissertação (mestrado em produção vegetal) – Universidade de Rio Verde. Rio Verde, 2007.

SEGANFREDO, M. A. **Análise dos riscos de poluição do ambiente quando se usa dejetos de suínos como adubo do solo.** Embrapa Suínos e Aves, 2000, p. 2.

SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura.** Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, 2007, 302p.

SILVA, A. A. F. da. **Parametro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) adubado com o dejetos de suínos.** 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.

SILVA JUNIOR, U. P. da et al. Partições pluviométricas pela cultura da soja. **Rev. Bras. Agricultura Irrigada**, v.6, n. 2, p. 106-114, 2012. Disponível em: <[http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/109/pdf\\_96](http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/109/pdf_96)>. Acesso em: 7 nov. 2015. DOI: 10.7127/rbai.v6n200332.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

### **3 ARTIGO II: ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO APÓS SEIS ANOS DE APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

#### **RESUMO**

Aplicações de dejetos líquido de suínos na superfície do solo, em sistema plantio direto, pode aumentar o teor de carbono orgânico e melhorar os atributos físicos e químicos do solo. Neste contexto, o objetivo foi avaliar, após seis anos de experimento sob sistema de plantio direto, a influência de aplicações de dejetos líquido de suínos (DLS) e adubação química nos atributos químicos e físicos do solo, em um Latossolo Vermelho situado no município de Frederico Westphalen, RS. Os tratamentos foram adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0), e doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS. Foram coletadas amostras de solo na camada de 0,00–0,10 m para a determinação do N, P e K disponíveis, Ca, Mg, Cu, Zn, MO e indicadores de acidez do solo. Para carbono orgânico total (COT) e agregação procederam-se coletas em duas camadas (0,00–0,05 e 0,05–0,10 m) e para os atributos físicos as coletas foram realizadas em três camadas (0,00–0,05 e 0,05–0,10 e 0,10–0,20 m). As doses a partir de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS aplicados ao solo, associados ao tempo de aplicação, implicaram em aumento dos teores de COT e conseqüentemente, melhoram a agregação, porosidade e densidade do solo na camada superficial.

**Palavras-chave:** Sistema plantio direto. Nutrientes. Agregação. Matéria orgânica

#### **ARTICLE II: PHYSICAL AND CHEMICAL ATTRIBUTES OF A RED OXISOL AFTER SIX YEARS OF APPLICATION OF SWINE LIQUID MANURE**

#### **ABSTRACT**

The application of swine liquid waste on the soil surface, in a no-tillage system can increase the organic carbon content and improve the physical and chemical properties. In this context, the purpose was to evaluate, after six years of experiment under no-tillage system, the influence of applications of pig slurry (DLS) and chemical fertilizer in the chemical and physical properties of the soil, in a Red Oxisol in the municipality of Frederico Westphalen, RS. The treatments were mineral fertilizer (NPK), control without fertilization (0), and doses of 25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> DLS. Soil samples were collected in the layer of 0.00 to 0.10 m for the determination of N, P and K available, Ca, Mg, Cu, Zn, OM and soil acidity indicators. For total organic carbon (TOC) and aggregation it was preceded up collections in two layers (0.00 to 0.05 and 0.05-0.10 m) and to the



physical attributes of the collections were made in three layers (0, 00 to 0.05 and 0.05-0.10 and 0.10-0.20 m). Doses from 50 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> of DLS applied to the soil, associated with the application time, resulted in an increase of TOC and consequently improve aggregation, porosity and density in the surface layer.

**Keywords:** No tillage-system. Nutrient. Aggregation. Organic matter.

### 3.1 Introdução

No Brasil, especialmente na Região Sul, a suinocultura é uma atividade típica de pequenas propriedades rurais e está aliada à produção de grãos e pastagens, tendo representação tanto numérica quanto econômica e tecnológica. Esta atividade não se resume apenas na produção de suínos, engloba toda uma cadeia produtiva que gera grande quantidade de resíduos (SERAFIN & GUIMARÃES FILHO, 2012).

Com baixo custo e rico em nutrientes, o dejetos líquido de suínos (DLS) é excelente alternativa para substituir total ou parcialmente os fertilizantes minerais trazendo benefícios não apenas aos atributos químicos do solo, mas também aos físicos (ANAMI et al., 2008). O DLS é uma alternativa para a redução dos custos de produção por ser economicamente mais viável em relação aos fertilizantes minerais (SCHWANTES et al., 2013), pois os nutrientes em sua composição podem contribuir para a nutrição das plantas em substituição parcial ou total dos fertilizantes minerais (CQFS-RS/SC, 2004).

Os dejetos normalmente contém alto teor de matéria orgânica e de nutrientes, como N, P e K e micronutrientes, que podem melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CASSOL et al., 2012). O DLS aplicado ao solo nem sempre aumenta a matéria orgânica (SCHERER et al., 2010), no entanto, a utilização de DLS para aumentar a produção de biomassa, em sistemas de plantio direto, pode promover o incremento de matéria orgânica no solo em médio e longo prazo (KARHU et al., 2012) contribuindo para formação das cargas negativas do solo e, conseqüentemente, na retenção dos cátions (Na, K, Ca e Mg) adicionados pelos DLS (BRIEDIS et al., 2012).

A utilização de materiais orgânicos como os dejetos suínos pode promover efeitos benéficos nos atributos físicos do solo, tais como aumento da porosidade e da agregação do mesmo. Esses atributos sofrem alterações pelas práticas de manejo e pela aplicação de DLS, destacando-se a densidade, o volume dos poros e a agregação (ARRUDA et al., 2010; COMIN et al., 2013). Essas alterações influenciam nos atributos físico-hídricos, dentre elas a porosidade de aeração, a retenção

de água no solo e a disponibilidade de água às plantas (BEUTLER et al., 2006). Agne e Klein (2014) não observou aumento na porosidade total com aplicação de DLS, já Comin et al. (2013) constataram aumento na porosidade total do solo após a aplicação de dejetos líquidos de suínos.

A agregação do solo é o principal atributo físico do solo afetado pela adubação orgânica a qual, indiretamente, afeta outros atributos físicos, como a densidade, a porosidade, a capacidade de retenção e a infiltração de água, entre outros que são fundamentais à aptidão produtiva do solo (BRANCALÃO & MORAIS, 2008). No entanto, alterações em atributos estruturais ocorrem de forma mais lenta, desta forma, o incremento na agregação, em consequência da adição de compostos orgânicos e ao possível incremento da atividade biológica, deve ser evidente em médio e longo prazo (MELLO et al., 2004).

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi determinar a influência de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos nos atributos químicos e físicos do solo sob seis anos de cultivo em sistema plantio direto.

### 3.2 Material e métodos

O trabalho foi conduzido em uma área experimental da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* de Frederico Westphalen, latitude 27°23'44" S; longitude 53°25'47" W e altitude 490 m. O clima dessa região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido, tipo Cfa. O solo, manejado sob sistema plantio direto desde o ano de 2008, possui textura argilosa, é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (SANTOS et al., 2013). As características físicas e químicas da camada superficial do solo (0,00 a 0,10 m), antes da implantação do experimento, são apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1** – Atributos químicos e físicos do solo do experimento em 2008, avaliados na camada de 0,00 a 0,10 m. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.

pH <sub>água</sub>	SMP	K	P	Ca	Mg	Cu	Zn	H+Al	M.O	V	Ag	Ar	S	Dp
-	-	mg dm <sup>-1</sup>		----- Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-1</sup> -----			-----		----- % -----		-----			g cm <sup>-3</sup>
5,9	6,3	159,9	4,0	6,1	3,2	13,9	2,0	3,1	3,1	69	58	10	32	2,8

K= potássio disponível; P=fósforo disponível; Ca=cálcio trocável; Mg=magnésio trocável; Cu=cobre disponível; Zn=zinco disponível; M.O.=matéria orgânica; m=saturação por alumínio; V=saturação por bases; Ag=argila; Ar=areia; S=silte; Dp =densidade de partícula.

Fonte: Autora.

O experimento foi implantado em 2008, no formato de delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais de 25 m<sup>2</sup> (5x5m) cada e manejado em sistema plantio direto. Os tratamentos consistem de 4 doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK, recomendado para a cultura) e uma testemunha sem adubação (0).

A coleta de amostras de solo para análise dos atributos químicos foi realizada no mês de outubro de 2014, na entrelinha da cultura, com auxílio de pá de corte, na camada de 0,00 a 0,10 metros. Após secagem e moagem das amostras foram determinados o pH em água (pH<sub>água</sub>) na relação 1:1; carbono orgânico total (COT), pelo método proposto por Yeomans e Bremner (1988); fósforo (P) e potássio (K) obtidos pelo método de extração Mehlich<sup>-1</sup> (TEDESCO et al., 1995); cobre (Cu) e zinco (Zn) pelo método de extração em HCl proposto por Nelson et al. (1959); cálcio (Ca), magnésio (Mg) trocáveis pelo método de extração em KCl (TEDESCO et al., 1995); acidez de troca (Al<sup>3+</sup>); acidez potencial (Al + H), estimada pelo pH índice SMP, conforme Tedesco et al. (1995) e CTC potencial (CTC<sub>pH7,0</sub>).

Para análise das propriedades físicas do solo foram coletadas amostras com anéis metálicos, variando de 4,8 a 5,3 cm de altura e 4,8 a 4,9 cm de diâmetro, em outubro de 2014. Antes da semeadura da cultura do feijoeiro. As coletas foram em dois pontos por parcela e em três camadas: 0,00 a 0,05 m; 0,05 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m. Estas amostras foram utilizadas para determinação da microporosidade, macroporosidade, porosidade total, densidade do solo e, de acordo com Donagema et al. (2011).

Foram, também, coletadas amostras para a análise da distribuição do tamanho de agregados, sendo coletados blocos de solo nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05-0,10 m. O tamanho de agregados estáveis em água foi determinado de acordo com a metodologia de Kemper e Chepil (1965), usando inicialmente agregados com tamanho de 4,76 a 8 mm. Utilizaram-se peneiras com diâmetro de malha 4,76; 2,0; 1,0; 0,21 mm, separando nas seguintes classes: CAg1 (entre 8,00 e 4,75 mm), CAg2 (entre 4,75 e 2,00 mm), CAg3 (entre 2,00 e 1,00 mm), CAg4 (entre 1,00 e 0,21 mm) e CAg5 (menor 0,21mm). O diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) foram determinados pelas equações 1 e 2, respectivamente:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (y_i \cdot x_i) \quad (1)$$

em que: DMP = diâmetro médio ponderado (mm); y<sub>i</sub> = diâmetro médio entre classes (mm); x<sub>i</sub> = proporção de cada classe em relação ao peso da amostra total;

$$DMG = \text{EXP} \frac{\sum_{i=1}^n y_p \log x_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (2)$$

onde: DMG = diâmetro médio geométrico (mm);  $y_p$  = peso dos agregados de cada classe (g);  $y_i$  = diâmetro médio entre classes (mm);  $x_i$  = proporção de cada classe em relação ao peso da amostra total;

Os dados foram submetidos à análise da variância pelo teste F e quando significativos as médias dos atributos químicos foram comparadas por contrastes ortogonais e as médias dos atributos físicos foram comparadas pelo teste Tukey, utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), tomando como base os níveis de significância maiores que 95% ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.3 Resultados e discussão

#### 3.3.1 Atributos químicos

Após seis anos de aplicação de DLS foi possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos para os atributos químicos do solo. O teor de P disponível aumentou, significativamente, com a aplicação de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS quando comparado com a adubação mineral (NPK) e a testemunha, observando-se  $37,20 \text{ mg dm}^{-3}$  de P nesta dose (Tabela 2), com incremento de  $30,70$  e  $33,20 \text{ mg dm}^{-3}$  em relação ao NPK e a testemunha sem adubação. Acumulo expressivo de P na camada superficial do solo que receberam aplicação de DLS também foram relatados por (SCHERER, et al., 2010; SARTOR et al., 2012; LOURENZI et al., 2015).

De acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS – RS/SC, 2004), os teores de P no solo do tratamento com adubação mineral, na profundidade de até 10 cm, estão dentro dos limites considerados ideais para o bom desenvolvimento de culturas anuais. No entanto, nos tratamentos com DLS, com doses superiores a  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , os teores de P estão bem acima do nível considerado ideal estabelecido pela Comissão com base no teor de argila do solo. Para solo com teores de argila de 70% os teores de P extraído pelo método Mehlich<sup>-1</sup>, na camada de 0 –10 cm, sob sistema plantio direto não devem ultrapassar  $12 \text{ mg dm}^{-3}$  (classe alta), para evitar perdas e desperdícios de fertilizantes, além de possíveis problemas de contaminação das águas superficiais.

**Tabela 2** – Significância dos contrastes entre os nutrientes do solo Nitrogênio total (N total), fósforo disponível (P), potássio (K), cobre (Cu), zinco (Zn), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015.

Tratamento <sup>(1)</sup>	N total	P	K	Cu	Zn	Ca	Mg
	mg g <sup>-1</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			-- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> --		
NPK	1,10	6,50	277,40	17,34	3,84	5,40	3,91
0	0,80	4,20	246,20	16,33	2,98	5,20	3,87
25	1,03	8,10	257,10	20,12	8,45	5,90	3,96
50	1,09	12,50	273,90	20,65	18,10	7,50	3,84
75	1,19	16,20	280,00	21,95	28,70	7,00	3,90
100	1,21	17,80	271,30	23,01	24,50	6,60	3,94
<b>Contrastes</b>							
0 vs NPK	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
25 vs NPK	ns	ns	ns	2,78	3,61	ns	ns
50 vs NPK	ns	6,00*	ns	3,31	14,26	2,10	ns
75 vs NPK	ns	9,70	ns	4,63	24,86	1,60	ns
100 vs NPK	ns	11,30	ns	5,65	20,66	1,20	ns
25 vs 0	ns	ns	ns	6,79	5,47	0,70	ns
50 vs 0	ns	8,30	ns	7,32	15,12	2,30	ns
75 vs 0	ns	12,00	ns	8,62	25,72	1,80	ns
100 vs 0	ns	13,60	ns	9,68	21,52	1,40	ns

\* Significativo pelo teste dos contrastes ortogonais, ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns não significativo; <sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Fonte: Autora.

Os teores de cobre e zinco no solo também foram influenciados pela aplicação de DLS (Tabela 2), sendo que todas as doses forneceram incremento de Cu e Zn ao solo. Este resultado era esperado em virtude da adubação mineral e a testemunha não ter recebido suplementação destes elementos. O acúmulo de Cu e Zn na camada superficial do solo sob sistema plantio é explicado pelas altas concentrações desses metais nos dejetos de suínos (SCHERER et al., 1996). Scherer et al. (2010) em estudo com dejetos suínos em diferentes solos também observaram incremento significativo de Cu e Zn na camada superficial de um Latossolo.

Observou-se que a concentração de cálcio no solo foi influenciada positivamente pela aplicação DLS (Tabela 2). Todas as doses de DLS forneceram incremento de cálcio ao solo quando comparadas à testemunha e à adubação mineral, exceto a dose de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> que não diferiu da adubação NPK. Esse resultado corrobora com Queiroz et al. (2004), que encontraram diferenças significativas na concentração de Ca alcançando 4,48 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, com a aplicação de DLS e com

Sartor et al. (2012), que em estudo com aplicação semestral de dejetos de suínos por seis anos em Latossolo Vermelho obtiveram incremento nos teores Ca no solo com doses de até 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Os teores de N, K e Mg não aumentaram na camada superficial do solo quando comparados com o tratamento com adubação mineral e sem adubação (Tabela 2). Da mesma maneira o pH, o índice SMP e a CTC<sub>pH7,0</sub> também não sofreram alterações com a utilização de até 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Tabela 3). Scherer et al. (2012) não observaram alteração no pH do após aplicação de DLS em um Latossolo Vermelho distroférico, em experimento com 12 anos de duração.

A saturação por bases (V) aumentou cinco pontos percentuais com a aplicação de 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, as demais doses não diferiram do NPK e da testemunha sem adubação (Tabela 3). Isto pode ser explicado pelo aumento da matéria orgânica nas áreas de aplicação de DLS na camada de 0,00-0,10 m (Tabela 3), pois a matéria orgânica contribui, significativamente, no aumento das cargas negativas do solo (BRIEDIS et al., 2012) e, conseqüentemente, aumenta a retenção dos cátions (Na, K, Ca e Mg) adicionados pelos DLS.

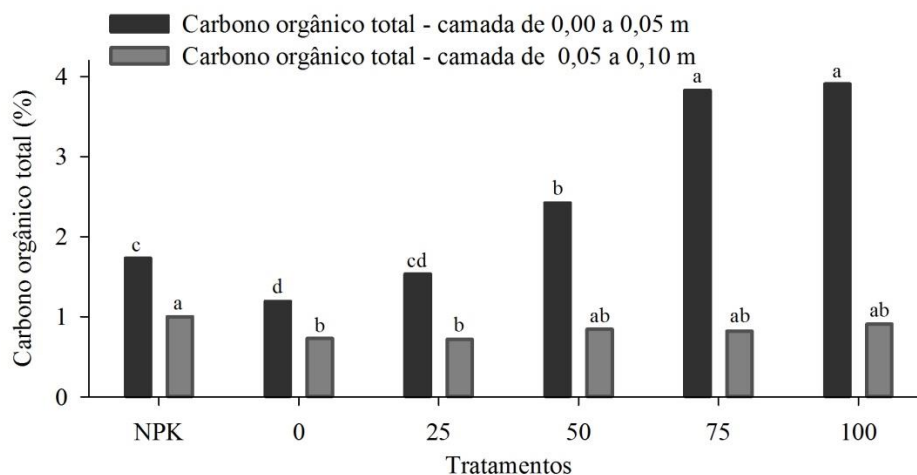
**Tabela 3** – Significância dos contrastes para pH em água, índice SMP, matéria orgânica (M.O.), alumínio (Al<sup>3+</sup>), acidez potencial (H+Al), capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC<sub>pH 7,0</sub>) e saturação por bases (V) após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015.

Tratamento <sup>(1)</sup>	pH <sub>água</sub>	SMP	M.O.	Al <sup>3+</sup>	H+Al	CTC <sub>pH 7,0</sub>	V
	--- 1:1---	-	%	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	%
NPK	5,54	5,84	3,13	0,08	4,76	14,37	71,14
0	5,69	5,93	2,85	0,08	5,59	13,53	71,73
25	5,82	6,02	3,06	0,01	5,07	14,05	74,89
50	5,77	5,94	3,37	0,01	3,83	15,83	76,06
75	5,72	6,02	3,65	0,02	2,98	15,14	76,71
100	5,56	5,91	3,85	0,09	2,49	15,03	74,09
<b>Contrastes</b>							
0 vs NPK	ns	ns	ns	ns	0,83	ns	ns
25 vs NPK	ns	ns	ns	-0,07	ns	ns	ns
50 vs NPK	ns	ns	ns	-0,07	-0,93	ns	4,92
75 vs NPK	ns	ns	0,52*	-0,06	-1,78	ns	5,57
100 vs NPK	ns	ns	0,72	ns	-2,27	ns	ns
25 vs 0	ns	ns	ns	-0,07	ns	ns	ns
50 vs 0	ns	ns	0,52	-0,07	-1,76	ns	4,33
75 vs 0	ns	ns	0,80	-0,06	-2,62	ns	4,98
100 vs 0	ns	ns	1,00	ns	-3,10	ns	ns

\* Significativo pelo teste dos contrastes ortogonais, ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns não significativo; <sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Os valores de COT foram maiores na camada superficial do solo (0,00-0,05 m) e mais expressivos nos tratamentos com aplicação de 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS (Figura 1). Na testemunha (0) ocorreu menor variação do COT nas duas camadas de solo, com teores de 1,19 % na camada de 0,00-0,05 m e 0,73 % na camada de 0,05-0,10 m. Em relação às doses de 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, houve acréscimo de 26,39 e 27,16 %, respectivamente, no teor de COT na camada de 0,00-0,05 m. Com uso de DLS durante quatro anos Ceretta et al. (2003) e Arruda et al. (2010) também observaram variação no teor de COT, com valores mais elevados na camada de 0,00-0,05 m, provavelmente devido ao aporte de matéria orgânica proveniente dos DLS. No tratamento NPK, os valores de COT estão relacionados ao aporte natural de resíduos orgânicos (restos culturais).

**Figura 1** – Teor de carbono orgânico total (%) em Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS). Frederico Westphalen, RS, 2015.



Fonte: Autora.

O aumento do COT na camada superficial do solo é um parâmetro positivo para a qualidade do solo e a utilização de DLS contribui de forma significativa para aumentar os teores de COT no solo e, conseqüentemente, melhorar os atributos químicos do solo.

### 3.3.2 Atributos físicos

A aplicação de DLS elevou os teores de COT no solo (Figura 1) e, conseqüentemente, esse aumento contribuiu para um maior diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados (Tabela 5).

Quanto mais carbono orgânico no solo maior será a agregação do mesmo (CASTRO FILHO et al., 1998) e menor a suscetibilidade a processos erosivos provocados pelo impacto da gota da chuva (FERREIRA et al., 2000). Em seis anos de cultivo com aplicação de DLS sob sistema plantio direto pode-se observar que doses a partir de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  proporcionaram DMG de até 5,19 mm, 27% maior do que solo adubado com NPK na camada superficial (0,00 a 0,05 m). Na camada de 0,05 a 0,10 m não houve diferença entre os tratamentos.

**Tabela 4** – Diâmetro médio geométrico (DMG) e distribuição do tamanho dos agregados, em Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS), em duas camadas 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m. Frederico Westphalen, RS, 2015.

Tratamento <sup>(1)</sup>	DMG	CAG1 <sup>(3)</sup>	CAG2	CAG3	CAG4	CAG5
	mm	----- % -----				
----- 0,00 a 0,05 (m) -----						
<b>NPK</b>	3,75 c <sup>(2)</sup>	74,04 b	9,98 ab	3,71 a	8,67 a	3,60 a
<b>0</b>	4,12 bc	76,84 b	8,60 bc	4,00 a	8,59 a	3,98 a
<b>25</b>	4,10 bc	74,13 b	11,63 a	4,21 a	6,11 ab	3,92 a
<b>50</b>	5,19 a	82,45 ab	8,58 abc	2,68 a	4,17 bc	1,78 a
<b>75</b>	4,65 ab	81,52 ab	9,62 abc	1,85 a	5,56 bc	1,45 a
<b>100</b>	5,08 ab	85,79 a	5,74 c	2,96 a	3,29 c	2,21 a
<b>CV(%)</b>	8,12	4,54	16,12	35,84	17,49	53,47
----- 0,05 a 0,10 (m) -----						
<b>NPK</b>	5,05 a	72,67 a	10,64 c	3,42 c	8,48 ab	4,12 a
<b>0</b>	3,80 a	70,32 a	13,32 b	4,42 c	6,35 ab	3,22 a
<b>25</b>	3,67 a	62,01 b	13,20 bc	9,21 a	10,47 a	5,11 a
<b>50</b>	4,34 a	64,59 b	17,51 a	7,98 bc	7,15 ab	2,77 a
<b>75</b>	3,82 a	73,51 a	11,57 bc	4,97 c	7,56 ab	2,39 a
<b>100</b>	4,40 a	74,03 a	11,35 bc	5,65 bc	5,47 b	3,50 a
<b>CV(%)</b>	14,99	2,62	7,14	15,69	22,57	27,89

<sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). <sup>(2)</sup> Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. <sup>(3)</sup> CAG1: classe de agregados entre 8,00 e 4,75 mm; CAG2: entre 4,75 e 2,00 mm; CAG3: entre 2,00 e 1,00 mm; CAG4: entre 1,00 e 0,21 mm; CAG5: menor 0,21mm.

Fonte: Autora.

Observa-se, também, que nas doses de 50, 75 e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS mais de 90% dos agregados são maiores que 2 mm, podendo afirmar que doses sucessivas de DLS por 6 anos contribuem de forma significativa para melhoria da agregação do solo.

O incremento de COT no solo também contribuiu para redução da densidade do solo na camada 0,00 a 0,05 m. Aplicação contínuas de doses a partir de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DLS, durante 6 anos,



diminuiu a densidade do solo nessa camada em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). Além do incremento de COT através do DLS, a ação das raízes, que se concentraram nesta camada, auxiliam melhorando a estrutura do solo através do aumento da macroporosidade e conseqüentemente da porosidade total, como também relatado por Silva et al. (2006), os quais atribuíram que o fato da manutenção do solo coberto no sistema de semeadura direta melhora as propriedades físicas. Comin et al. (2013) avaliando o efeito da aplicação de DLS por oito anos verificaram aumento da porosidade total na camada superficial do solo.

**Tabela 5** – Valores de densidade do solo (Ds), porosidade total (Pt), microporosidade (Micro), e macroporosidade (Macro) em um Latossolo Vermelho após seis anos de aplicações de adubação mineral (NPK) e diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS), em três camadas 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m. Frederico Westphalen, RS, 2015.

Tratamentos <sup>(1)</sup>	Ds	Pt	Micro	Macro
	Mg m <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>		
----- 0,00 a 0,05 (m) -----				
<b>NPK</b>	1,23 a <sup>(2)</sup>	0,54 b	0,45 a	0,09 c
<b>0</b>	1,18 a	0,53 b	0,44 a	0,09 c
<b>25</b>	1,20 a	0,55 ab	0,45 a	0,10 bc
<b>50</b>	1,09 b	0,59 a	0,43 a	0,17 a
<b>75</b>	1,12 b	0,59 a	0,44 a	0,15 ab
<b>100</b>	1,10 b	0,58 a	0,43 a	0,15 ab
CV(%)	4,53	4,37	3,08	17,87
----- 0,05 a 0,10 (m) -----				
<b>NPK</b>	1,27 a	0,53 a	0,43 a	0,10 a
<b>0</b>	1,23 a	0,51 a	0,43 a	0,08 a
<b>25</b>	1,24 a	0,52 a	0,43 a	0,09 a
<b>50</b>	1,25 a	0,52 a	0,44 a	0,08 a
<b>75</b>	1,26 a	0,53 a	0,43 a	0,10 a
<b>100</b>	1,26 a	0,53 a	0,43 a	0,10 a
CV(%)	3,01	3,69	3,33	12,62
----- 0,10 a 0,20 (m) -----				
<b>NPK</b>	1,27 a	0,51 a	0,45 a	0,06 a
<b>0</b>	1,29 a	0,50 a	0,43 a	0,07 a
<b>25</b>	1,26 a	0,53 a	0,45 a	0,08 a
<b>50</b>	1,25 a	0,52 a	0,44 a	0,08 a
<b>75</b>	1,27 a	0,53 a	0,44 a	0,09 a
<b>100</b>	1,27 a	0,52 a	0,45 a	0,07 a
CV(%)	2,85	3,58	5,10	25,29

<sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). <sup>(2)</sup> Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Fonte: Autora.

Agne e Klein (2014) avaliando o efeito da aplicação de 48, 96, 144, 192 e 240 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS e Arruda et al. (2010) o efeito da aplicação de 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, ambos os em Latossolo Vermelho distroférico, constataram que as doses aplicadas não alteraram o volume de macroporos, microporos nem de porosidade total.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a densidade e a porosidade o solo analisados nas camadas de 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m (Tabela 6), concordando com resultados encontrados por Arruda et al. (2010). Isto se justifica pela baixa quantidade de COT que foi fornecido DLS, nestas camadas. O carbono orgânico total adicionado pelo dejetos fica, predominantemente, concentrado na camada superficial do solo, melhorando a qualidade física do solo nessa camada.

### 3.4 Conclusões

O uso de dejetos líquidos de suíno aumentou os teores de P, Cu, Zn, Ca e M.O. no solo, em relação ao tratamento sem adubação.

Doses a partir de 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos melhoraram a agregação, a densidade e a porosidade total do solo na camada superficial.

### 3.5 Referências bibliográficas

AGNE, S. A. A.; KLEIN, V. A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v.18, n.7, Jul. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662014000700008&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000700008&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 14 jan. 2016. DOI: 10.1590/S1415-43662014000700008.

ANAMI, M. H. et al. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, Campina Grande, v. 12, n. 1 jan./fev. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662008000100011](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662008000100011)>. Acesso em: 4 jan. 2016. DOI: 10.1590/S1415-43662008000100011.

ARRUDA, C. A. O. et al. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul./ago., 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a02>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

BEUTLER, A. N. et al. Efeito da compactação na produtividade de cultivares de soja em Latossolo Vermelho. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.30, p.787-794, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v30n5/04.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

BRANCALIÃO, S. R.; MORAES, M. H. Alterações de alguns atributos físicos e das frações húmicas de um Nitossolo Vermelho na sucessão milho-soja em sistema plantio direto. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.32, n. 1 p.393-404, jan./fev.2008. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832008000100037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000100037)>. Acesso em: 5 jan. 2016. DOI: 10.1590/S0100-06832008000100037.

BRIEDIS C. et al. Carbono do solo e atributos de fertilidade em resposta à calagem superficial em plantio direto. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 47, n. 7, jul. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2012000700018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2012000700018&script=sci_arttext)>. Acesso em: 9 jan. 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000700018.

CASSOL, P.C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em Latossolo fertilizado com dejetos suíno. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.36, n.6, no./dez. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000600025](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000600025)>. Acesso em: 4 jan. 2016. DOI: 10.1590/S0100-06832012000600025.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI O.; PODANOSCHI A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 22, p. 527-538, 1998. Disponível em: <<http://sbc.solos.ufv.br/solos/revistas/v22n3a19.pdf>>. Acesso em: 9 jan. 2016.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v38n6/18222.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2016.

COMIN, J. J. et al. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v.51, p.459-470, 2013. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_33130.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_33130.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2016. DOI: 10.1071/SR13130.

CQFS – RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400 p.

DONAGEMA, G. K. et al. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011, 230 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.** (UFLA), Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 nov.2015. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95 p.

KARHU, K. et al. Impacts of organic amendments on carbon stocks of an agricultural soil – comparison of model-simulations to measurements. **Geoderma**, v. 189, p. 606-616, nov. 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001670611200242X>>. Acesso em: 8 jan. 2015. DOI:10.1016/j.geoderma.2012.06.007.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L., eds. **Methods of soil analysis**. Pat 1. Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 499-509.

LOURENZI, C. R. et al. Forms of phosphorus transfer in runoff under no-tillage in a soil treated with successive swine effluents applications. **Environ. Monit. Assess.**, v. 4, p. 187:209, mar./abr 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-015-4437-2>>. Acesso em: 18 jan. 2015. DOI: 10.1007/s10661-015-4437-2.

MELLO, V. P. et al. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 67-72, jan. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n1/19586.pdf>>. Acesso em: 6 jan. 2015.

NELSON, J. L. et al. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and “titratable alkalinity” values. **Soil Sci.** v. 88, p. 275-283, 1959.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ci. Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, set./out. 2004. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782004000500024&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782004000500024&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 jan. 2016. DOI: 10.1590/S0103-84782004000500024.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 661-669. mar./abr. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en)> Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832012000200035.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suíno da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis, EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.34, n. 4, p.1375-1383, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000400034&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400034&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em 17 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400034

SCHERER, E. E. et al. Efeito do uso prolongado de esterco líquido de suínos e adubo nitrogenado sobre os componentes da acidez do solo. **Rev. Agropec. catarinense**, v.25, n.2, jul. 2012. Disponível em: <[http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/biblioteca/publicacoes/rac/edicoes\\_antteriores/rac\\_86\\_jul\\_2012.pdf](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/biblioteca/publicacoes/rac/edicoes_antteriores/rac_86_jul_2012.pdf)>. Acesso em: 14 jan. 2016.

SCHWANTES, D. et al. Impacto ambiental da suinocultura e uso de floculantes como alternativa no tratamento de dejetos suínos: um estudo de caso. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 162-172, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/13166230-Impacto-ambiental-da-suinocultura-e-uso-de-floculantes-como-alternativa-no-tratamento-de-dejetos-suinos-um-estudo-de-caso.html>> Acesso em: 5 jan. 2016.

SERAFIN G.B.; GUIMARÃES, FILHO, L. P. Estudo sobre o reaproveitamento dos dejetos de suínos na bacia do rio Sangão - Santa Catarina. **Rev. Agroneg. Meio Amb.**, v.5, n. Edição Especial, p. 151-174, out. 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/2201/1711>>. Acesso em: 5 jan. 2016.

SILVA, A. de A. et al. Fertilização com dejetos suínos: influência nas características bromatológicas da *Brachiaria Decumbens* e alterações no solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 254-265, mar./abr. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v35n2/1809-4430-eagri-35-2-0254.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2016.

SILVA, P. R. F. et al. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ci. Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, jun. 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000300049&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782006000300049&script=sci_arttext)> Acesso em: 9 jan. 2016.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 147p. (Boletim Técnico, 5).

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.** v. 19, p. 1467-1476, 1988.

#### **4 ARTIGO III – PRODUTIVIDADE E COMPONENTES DE RENDIMENTO DA CULTURA DO FEIJOEIRO ADUBADO COM DEJETO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

##### **RESUMO**

A adubação orgânica é uma forma de descarte dos dejetos gerados na atividade suinícola, trazendo benefícios para as culturas agrícolas. O objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade e os componentes de rendimento da cultura do feijão em diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (DLS). O experimento foi conduzido em uma área da UFSM, campus de Frederico Westphalen, cultivado feijão preto em sistema plantio direto. Os tratamentos utilizados foram adubação com DLS nas doses de (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), sem adubação e adubação com NPK. Foram avaliadas as variáveis: produtividade, máxima eficiência técnica, massa de mil grãos, altura de planta, número de folhas e ramos laterais, número de legumes e grãos por legumes. As maiores produtividades de grãos foram obtidas com as doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS. A adubação mineral na cultura do feijão pode ser substituída por doses de DLS a partir de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sem que haja prejuízos na produtividade da cultura do feijão em um Latossolo Vermelho de textura argilosa após seis anos de aplicação de DLS.

**Palavras-chave:** Agricultura. Adubo orgânico. Suinocultura

##### **PRODUCTIVITY AND INCOME COMPONENTS OF BEAN CROP FERTILIZED WITH SWINE LIQUID MANURE**

##### **ABSTRACT**

The organic fertilization is a way to dispose the waste generated in swine activity, bringing benefits to crops. The aim of this study was to evaluate the productivity and bean crop yield components in different doses of swine liquid waste (DLS). The experiment was conducted in an area of the UFSM campus Frederico Westphalen, on black beans grown in a no-tillage system. The used treatments were fertilization with DLS at doses (25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), with no fertilization and NPK fertilization. The following parameters were evaluated: productivity, maximum technical efficiency, thousand grain weight, plant height, number of leaves and side branches, number of legumes and grains per legume. Higher yields grains were obtained at doses of 25, 50, 75 and 100 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> DLS. The mineral fertilization in the bean crop can be replaced by doses of DLS from 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, with no losses in the bean crop yield in a Red Oxisol clayey, after six years of applying DLS.

**Keywords:** Agriculture, Organic fertilizer, Swine production

## 4.1 Introdução

A produção de suínos no Sul do Brasil vem aumentando anualmente, e com isso tem aumentado a quantidade de dejetos gerados nas propriedades (LOURENZI et al., 2014), podendo causar danos ambientais se não forem manejados de forma adequada (BASSO et al., 2005).

Uma das alternativas de descarte destes dejetos é sua utilização como resíduo orgânico, servindo de fonte de nutrientes para culturas agrícolas anuais como aveia, milho, trigo e feijão (SCHERER et al., 2010; SARTOR et al., 2012) e principalmente, pastagens anuais de inverno em sistema de integração com lavouras de verão (ASSMANN et al., 2009), ou simplesmente com planta de cobertura de solo, fornecendo nutrientes para cultivos subsequentes e diminuindo custos de produção, aumentando a lucratividade dos produtores (BASSO et al., 2005).

O DLS é uma alternativa para a redução dos custos de produção por ser economicamente viável em relação aos fertilizantes minerais (SCHWANTES et al., 2013), pois os nutrientes em sua composição podem contribuir para a nutrição das plantas em substituição parcial ou total aos fertilizantes minerais (CQFS-RS/SC, 2004).

A utilização de dejetos suínos como forma alternativa para fornecer nutrição para as culturas tem sido praticada e difundida pela presença deste resíduo nas propriedades que possuem integração de suínos com a produção de grãos e pastagem. Os dejetos são produzidos em grandes quantidades e o produtor necessita de um destino adequado a este resíduo da criação de suínos. Atualmente, a maior parte dos dejetos gerados na suinocultura são manejados e armazenados na forma líquida (GIACOMINI & AITA, 2008), o que acarreta em maiores cuidados no armazenamento e risco de contaminação ambiental. Porém, são economicamente viáveis em relação aos adubos minerais.

A aplicação de DLS é uma das principais fontes alternativas de nutrientes as culturas agrícolas em regiões produtoras de suínos, sendo que vários autores encontraram respostas significativas de produtividade de culturas e acúmulo de nutrientes no solo sob diferentes doses de DLS quando comparado à adubação mineral e sem adubação (LEITE et al., 2009; SEIDEL et al., 2010; MORAES et al. 2014). Ceretta et al. (2005) avaliando doses de 0 a 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquidos de suínos na cultura do milho e na aveia encontraram a máxima eficiência técnica (MET) em 85 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A MET deve ser utilizada pelos agricultores e difundida pela extensão rural como uma maneira de aferição das doses aplicadas para maximizar a produtividade das culturas (SENA, 2005).

O feijão é uma leguminosa cultivada em todas as regiões brasileiras, tanto em grandes áreas, como em regiões com predominância da agricultura familiar, por ser uma cultura destinada à subsistência e referência para a alimentação das populações rurais e urbanas. O feijoeiro é uma

leguminosa de ciclo curto que responde significativamente à adubação nitrogenada (FERREIRA et al. 2000; VENTURINI, et al. 2005).

A utilização de dejetos líquidos de suínos, como fonte de nutrientes para o feijão tende a aumentar o rendimento de grãos, diminuindo os custos de produção com fertilizantes minerais. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade e a máxima eficiência técnica (MET) de doses crescentes de dejetos líquidos de suínos e componentes de rendimento da cultura do feijoeiro em um Latossolo Vermelho.

## 4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido em uma área experimental pertencente ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria, campus de Frederico Westphalen - RS. A posição geográfica é 27°23'44" de latitude sul e 53°25'47" de longitude oeste, com altitude de 490 m, sendo o clima desta região, segundo a classificação de Köppen, subtropical úmido do tipo Cfa. A precipitação média anual é de 1.680 mm com temperatura média anual entre 17 e 18°C, (Maluf, 2000). A espécie utilizada foi o feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L. cv. IPR - Tuiuiú), semeada em 10 de outubro de 2014 em área com seis anos de cultivo com aplicações de DLS.

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico típico (SANTOS et al., 2013), com textura argilosa. O experimento foi conduzido sob área de plantio direto, onde no início do experimento, a camada superficial do solo (0-10 cm) apresentava as seguintes características físicas e químicas: 582 g kg<sup>-1</sup> de argila; pH em água de 5,9; índice SMP de 6,3; 4,0 mg dm<sup>-1</sup> de fósforo disponível via Mehlich<sup>-1</sup>; 159,9 mg dm<sup>-1</sup> de potássio trocável, 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-1</sup> de alumínio trocável, 6,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-1</sup> de cálcio trocável; 3,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-1</sup> de magnésio trocável; 11,1 mg dm<sup>-1</sup> de enxofre; 13,9 mg dm<sup>-1</sup> de cobre; 2,0 mg dm<sup>-1</sup> de zinco; 3,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-1</sup> de H+Al; 8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-1</sup> de CTC efetiva; saturação por bases (V) de 76%; e 31,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica (MO). As culturas utilizadas em cada safra (verão ou inverno) e o aporte de nutrientes no solo em cada tratamento estão apresentadas na tabela 1, em anexo.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e três repetições, totalizando 18 unidades experimentais. As unidades experimentais apresentaram área de 25 m<sup>2</sup> (5x5m). Sete dias antes da semeadura foi realizada a aplicação dos tratamentos, que consistiram de 4 doses de dejetos líquidos de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (NPK recomendado pra cultura pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), realizada no momento da semeadura) e uma testemunha sem adubação. A aplicação do DLS foi realizada manualmente com o auxílio de regadores de jardinagem.



A semeadura da safra de feijão (Tuiuiú) foi realizada no dia 10 de outubro de 2014, com espaçamento de 0,45 m e população final de 160 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A adubação para o tratamento NPK, foi realizada com uma expectativa de rendimento de 3 Mg ha<sup>-1</sup>, conforme recomendações da CQFS-RS/SC (2004). O manejo de daninhas foi realizado por meio de capina e as pragas controladas com inseticidas.

Foram realizadas coletas de plantas para determinação dos componentes de rendimento, semanalmente, a partir dos sete dias após a emergência até o estágio de senescência. Sendo realizadas as avaliações de: a) Altura de plantas; b) Número folhas; c) Número de ramos laterais; d) Número de legumes por planta; e) Número de grãos por legume e f) Massa seca da parte aérea.

A colheita foi realizada no estágio de maturação fisiológica. Foram colhidos três metros lineares no centro das parcelas. Após a colheita foram realizadas as avaliações de: a) Produtividade de grãos (Prod): e b) Massa de mil grãos (MMG) contagem de oito repetições de 100 e calculando o peso de mil grãos através da equação (Massa de mil grãos = peso da amostra x 1000/ n° total de sementes), conforme as Regras de Análises de Sementes – RAS (BRASIL, 2009).

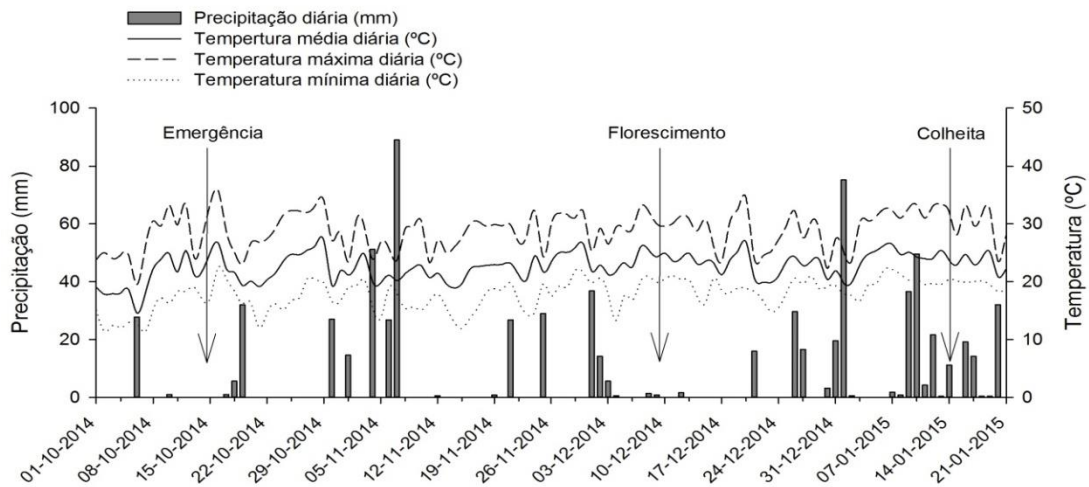
A máxima eficiência técnica (MET) da cultura foi obtidas através da derivada de primeira ordem das equações de regressão quadrática entre as doses de DLS aplicadas e o rendimento de grãos das culturas (SILVA et al., 2005) por meio da seguinte equação:

$$Y = a + bx - cx^2$$

$$\frac{dY}{dx} = b - 2cx \rightarrow x = \frac{b}{2c} \quad (1)$$

A precipitação pluvial foi uniforme durante todo o ciclo das culturas. Foram precipitados 655,8 mm e a temperatura média variou entre 14,6°C e 27,2°C (Figura 1).

**Figura 1** – Precipitação pluvial e temperatura máxima, média e mínima em Frederico Westphalen durante o ciclo da cultura do feijoeiro (outubro de 2014 a janeiro de 2015). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.



Fonte: Autora.

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F,  $p < 0,05$ ), quando significativos, as médias foram comparadas por contrastes ortogonais, a 5 % de probabilidade de erro para a variável produtividade, as médias da massa de mil grãos foram comparadas por regressão e os componentes de rendimento comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Na realização das análises utilizou-se o software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

### 4.3 Resultados e discussão

Na tabela 1 podem ser observados pelo teste de contraste ortogonal ao nível de significância de 5% os valores referentes à produtividade e incremento de produção da cultura do feijão, na qual verifica-se incremento de produção de até 57% no contraste entre testemunha sem adubação e doses de dejetos líquidos de suínos (DLS).

Comparando as doses da adubação com dejetos líquidos de suínos (DLS) e a adubação química, observa-se que o DLS resulta em incrementos significativos de até 10 % na produtividade a partir da dose  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , ficando evidente as vantagens da utilização de dejetos líquidos de suínos, pois independente da dose utilizada, entre  $25$  e  $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , não há perdas de produtividade em comparação com a adubação mineral (Tabela 1).

**Tabela 1** – Comparação de médias da cultura do feijão para a produtividade de grãos e incremento de produtividade dos tratamentos (doses em  $m^3 ha^{-1}$  e adubação mineral) com a testemunha sem adubação; e comparação das doses de dejetos líquidos de suínos com a adubação mineral (NPK). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.

Contrastes	Produtividade	Incremento	Incremento	Significância
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----		---%---	---p---
25 x 0	2394 x 1444	950*	40	<0,0001
50 x 0	2535 x 1444	1091*	43	<0,0001
75 x 0	2667 x 1444	1223*	46	<0,0001
100 x 0	2584 x 1444	1140*	44	<0,0001
NPK x 0	2143 x 1444	699*	32	<0,0001
25 x NPK	2394 x 2143	251*	10	0,0130
50 x NPK	2535 x 2143	392*	15	0,0010
75 x NPK	2667 x 2143	524*	20	<0,0001
100 x NPK	2584 x 2143	441*	17	0,0050

\*Significativo pelo teste de contrastes ortogonais a 5 % de probabilidade de erro.

Fonte: Autora.

Sartor et al. (2012) cultivando milho, em um Latossolo Vermelho argiloso observaram, que o uso de  $60 m^3 ha^{-1}$  de DLS, favorece a obtenção dos maiores rendimentos de grãos. Neste sentido, além de ser uma forma de descarte dos dejetos resultante da atividade suinícola, contribui para aumentar o rendimento de grãos, substituindo assim o fertilizante mineral e minimizando custos ao produtor.

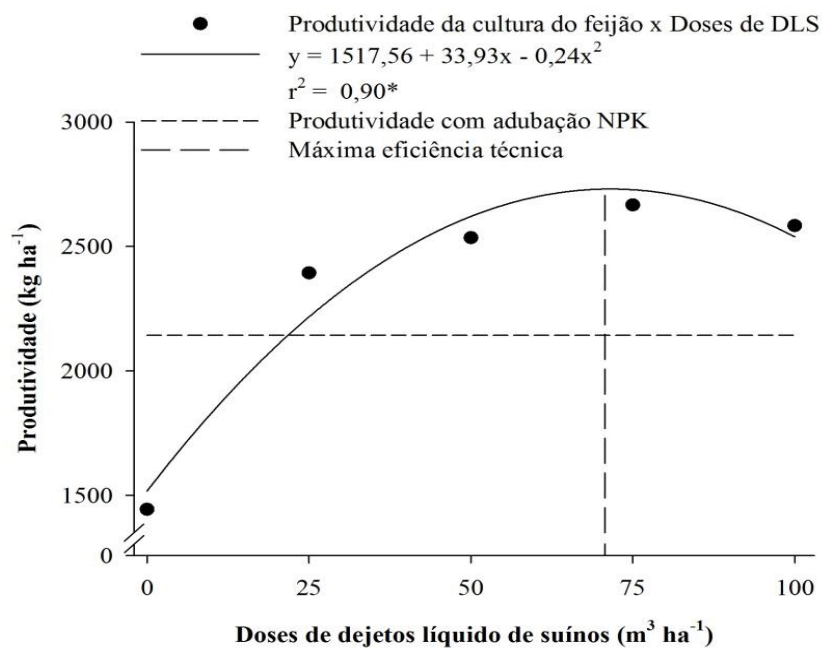
Verificou-se também, um incremento significativo de até  $524 kg ha^{-1}$  na dose de  $75 m^3 ha^{-1}$  em relação ao NPK, sendo que este apresentou uma produtividade de grãos de  $2667 kg ha^{-1}$ , e um incremento em relação à testemunha de  $1223 kg ha^{-1}$ .

Ocorreu acréscimo significativo da produtividade em todas as doses de dejetos quando comparado com a testemunha, corroborando com Wielewicki et al. (2007) para a cultura da batata, Giacomini e Aita (2008) e Moraes et al. (2014) para a cultura do milho. Sartor et al. (2012), estudando a aplicação semestral de DLS por seis anos, também constataram melhoria da produtividade das culturas de milho, feijão, soja e trigo, com aumento no rendimento de grãos.

A máxima eficiência técnica (MET) (Figura 2) de produção de grãos para a cultura foi de  $70,7 m^3 ha^{-1}$ , sendo considerada uma dose relativamente baixa, no entanto equivale a uma produtividade de  $2.716 kg ha^{-1}$  de grãos. Esta dose pode ser relacionada a um nível ideal de nutrientes, em especial ao nitrogênio, que são disponibilizados para a cultura sem que ocorra problemas com sombreamento do terço inferior da cultura do feijão e, conseqüentemente, refletindo na produção de grãos.

O rendimento de grãos de feijão apresentou resposta quadrática significativa às doses de DLS e o coeficiente de determinação da equação gerada a partir do teste de regressão foi satisfatório. Considerando que os resultados da relação entre produtividade de grãos e doses de DLS, para a cultura do feijão, foram explicados em 90 % dos casos (Figura 2). Sartor et al. (2012) obtiveram resposta linear para a produtividade de feijão em doses crescentes de até 60 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS, doses essas que não foram suficientes para que a cultura atingisse a MET.

**Figura 2** – Produtividade do feijão obtida em diferentes doses de dejetos líquido de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.

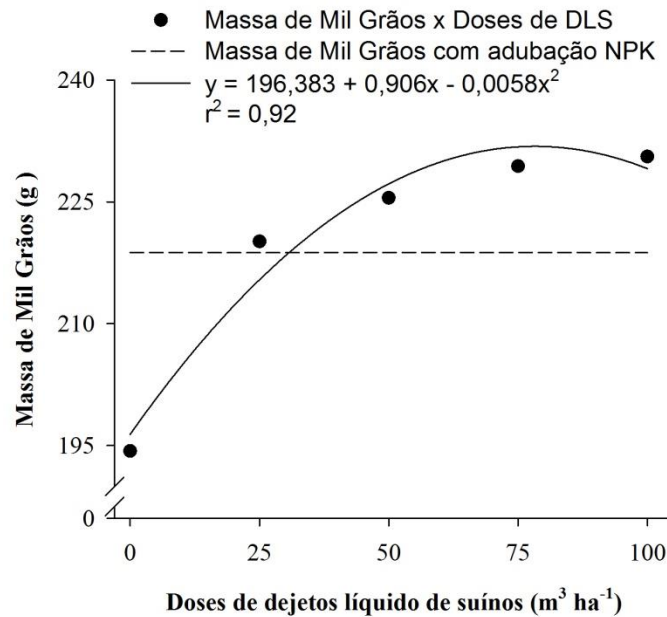


Fonte: Autora.

Os resultados obtidos neste estudo, em um Latossolo Vermelho, demonstram os benefícios da utilização de dejetos líquido de suínos, como fonte de nutrientes, e quando comparado com a adubação mineral, possibilita ótimas produtividades da cultura do feijão em sistema de plantio direto.

Para a massa de mil grãos foi obtido valor médio de 226g nas doses de DLS (Figura 3), incremento de 14% em relação a testemunha sem adubação (0). Segundo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a massa média de mil grãos do feijão Tuiuiú é de 227g, massa essa atingida com utilização das doses DLS superiores a 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3** – Massa de mil grãos do feijão obtida em diferentes doses de dejetos líquido de suínos e adubação mineral (NPK). Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.



Fonte: Autora.

Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto a variável altura de planta, sendo que 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS se sobressaiu, não diferindo estatisticamente das doses de 25, 50, e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. O incremento de nutrientes no solo foi significativo tanto pelo DLS quanto pelo NPK em promover maior crescimento da cultura, o que é de extrema importância para obtenção de maiores produtividades.

**Tabela 2** – Médias da altura de planta (Altura), número de folhas (Nº Folhas), número de legumes (Nº Legumes) e grãos por legume (Grãos/Leg) nas doses de dejetos líquido de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e adubação mineral (NPK).

Tratamento <sup>(1)</sup>	Altura (cm)	Nº Folhas	Nº Ramos Laterais	Nº Legumes	Grãos/Leg.
<b>NPK</b>	106,22 b*	47,44 a	6,00 a	25,00 a	4,78 a
<b>0</b>	86,44 c	39,44 a	4,33 a	19,78 a	4,44 a
<b>25</b>	113,11ab	47,33 a	5,00 a	27,00 a	5,56 a
<b>50</b>	117,44 ab	45,56 a	5,11 a	32,56 a	5,44 a
<b>75</b>	122,78 a	49,11 a	5,44 a	33,77 a	4,78 a
<b>100</b>	111,44 ab	51,11 a	5,56 a	31,78 a	5,22 a
<b>CV(%)</b>	4,43	20,35	17,28	23,01	16,55

\* Significativo pelo teste dos contrastes ortogonais, ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ns-não significativo; <sup>(1)</sup> Adubação mineral (NPK), testemunha sem adubação (0) e doses de dejetos líquido de suínos (25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).

Fonte: Autora.

As variáveis número de folhas, número de ramos laterais, número de legumes e grãos por legume não foram influenciadas pela utilização de DLS e NPK, não apresentando diferença estatística entre elas.

#### 4.4 Conclusões

A aplicação do DLS para a cultura de feijão aumenta o rendimento de grãos e pode substituir o uso de fertilizante mineral através da aplicação de doses a partir de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em um Latossolo Vermelho de textura argilosa.

A máxima eficiência técnica da cultura foi atingida na dose de  $70,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , com uma produção de  $2.716 \text{ kg ha}^{-1}$  de grãos.

#### 4.5 Referências bibliográficas

ASSMANN, J. M. et al. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. **Ci. Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 2408-2416, nov. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782009000800021&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782009000800021&script=sci_arttext)>. Acesso em: 19 jan. 2016. DOI:10.1590/S0103-84782009000800021

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ci. Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1305-1312, nov./dez., 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000600012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782005000600012&script=sci_arttext)>. Acesso em: 7 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600012

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

CERETTA, C. A. et al. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ci. Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1.296-1.304, nov./dez. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782005000600011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000600011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)> Acesso em: 2 dez. 2015. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600011.

CQFS – RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul: UFRGS, 2004. 400 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.** (UFLA), Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 nov.2015. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. **Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos**. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95 p.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 195-205, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n1/19.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2016.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná . **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado**. Londrina – PR. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1363>>. Acesso em: 18 de jan. de 2016.

LEITE, G. F.; CUNHA NETO, F. R.; RESENDE, A. V. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar adubada com dejetos líquidos de suínos. **Ci. Agrotec.**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 132-138, jan./fev. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542009000100019&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542009000100019&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 jan. 2016. DOI: 10.1590/S1413-70542009000100019.

LOURENZI, C. R. et al. Pig acúmulo de chorume e de nutrientes e de matéria seca e rendimento de grãos em diversas culturas. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.38, n.3, maio/jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000300027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000300027&script=sci_arttext)>. Acesso em 18 jan. 2016. DOI:10.1590/S0100-06832014000300027.

MALUF J. R. T. Nova classificação climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Agromet.**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/rba/p14181.html>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

MORAES, M. T. de et al. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, nov./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13756/15404>>. Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945.

SANTOS, H. G. dos et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 661-669. mar./abr. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en)> Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832012000200035.

SEIDEL, E. P. et al. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 113-117, maio/jun.2010. disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/5312>>. Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.4025/actascitechnol.v32i2.5312

SENA, N. A. M. de O. **Fronteira tecnológica, alocação de fatores e eficiência na agropecuária da Microrregião Itabuna –Ilhéus, Estado da Bahia**. 2005. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas, 2005.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. **Rev. Bras. Ci.**

**Solo**, Viçosa, v.34, n. 4, p.1375-1383, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000400034&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000400034&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em 17 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832010000400034

SCHWANTES, D. et al. Impacto ambiental da suinocultura e uso de flocculantes como alternativa no tratamento de dejetos suínos: um estudo de caso. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 6, n. 1, p. 162-172, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/13166230-Impacto-ambiental-da-suinocultura-e-uso-de-flocculantes-como-alternativa-no-tratamento-de-dejetos-suinos-um-estudo-de-caso.html>> Acesso em: 5 jan. 2016.

SILVA, E. C. et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, maio/jun, 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832005000300005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832005000300005&script=sci_arttext)>. Acesso em: 12 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832005000300005

VENTURINI et al. Efeito do vermicomposto, uréia e inoculação com *Rhizobium phaseoli* na cultura do feijão **Rev. Ci. Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 1, p. 52-59, 2005. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/5404/3606>>. Acesso em: 11 jan. 2016.

WIELEWICKI, A. P. et al. Produção de batata ecológica com adubos orgânicos e caldas caseiras. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, p. 1090-1093, fev., 2007. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/rbagroecologia/article/view/6488/4793>>. Acesso em: 11 jan. 2016.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a aplicação de dejetos líquidos de suínos por seis anos na superfície de um Latossolo Vermelho argiloso sob sistema plantio direto nas doses de 25, 50, 75 e 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DLS resultaram em maior rendimento do feijão, podendo substituir totalmente a adubação mineral.

Os atributos químicos e físicos do solo foram favorecidos pelas aplicações de DLS, com aumento dos teores de carbono orgânico e de nutrientes essenciais às plantas no solo, podendo significar melhorias nas suas propriedades químicas e físicas e, conseqüentemente, incrementos na produtividade.

No entanto, apesar dos benefícios, esses resíduos apresentam potencial poluidor ou contaminante. Quando destinado de forma inadequada na natureza pode introduzir elementos que venham a provocar contaminação e/ou poluição do ecossistema. Assim, as principais preocupações do agricultor com o uso de DLS devem ser: a quantidade de nitrogênio, fósforo e metais adicionada ao solo e os teores de elementos e compostos inorgânicos e orgânicos tóxicos que esses materiais podem conter. Isso revela que o monitoramento das possíveis alterações que possam ocorrer no sistema agrícola, vinculado à legislação pertinente, é imprescindível para o sucesso da prática agrícola.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, L. R. F.; Brinton, S. R.; O'Connor G. A.. Runoff and leachate losses of phosphorus in a sandy Spodosol amended with biosolids. **J. Environ. Qual.**, v. 37. p. 259-265, jan./fev., 2008. Disponível em: <<http://apps.isiknowledge.com/InboundService.do?Func=Frame&product=WOS&action=retrieve&SrcApp=EndNote&UT=000252625000028&Init=Yes&SrcAuth=ResearchSoft&mode=FullRecord>>. Acesso em: 7 jan. 2016.
- ARRUDA, C. A. O. et al. Aplicação de dejetos suíno e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 804-809, jul./ago., 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v34n4/v34n4a02>>. Acesso em: 16 nov. 2015.
- ABIPECS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA, 2009. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em 04 de dezembro de 2014.
- BARBOSA, G.C. et al. Produção de massa seca de aveia branca em solo com aplicação de resíduos animais. In: REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO, 1., 2009, Pato Branco. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco, v. 4, n. 1, 2009. Disponível em: <[http://www.iapar.br/arquivos/File/zip\\_pdf/Agroecologia%20livro.pdf](http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/Agroecologia%20livro.pdf)>. Acesso em: 16. Jan. 2016.
- CERETTA, C. A. et al. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.45, n. 6, p.593-602, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v45n6/a09v45n6.pdf>>. Acesso em: 7 jan. 2016.
- CUNHA, E. Q. et al. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I – Atributos físicos do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, v.35, Viçosa, p.589- 602, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a28>>. Acesso em: 7 jan. 2016.
- DORTZBACH, D. **Dinâmica de atributos físicos e químicos em solo sob plantio direto adubado com dejetos suínos e ureia**. 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.
- GUARDINI, R. et al. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.**, v. 93, p. 215-225, jun. 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10705-012-9511-3>>. Acesso em: 20 jan. 2016. DOI: 10.1007/s10705-012-9511-3.
- GIROTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. Após. **Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v.34, p.955-965, mai/Jun. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000300037](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300037)>. Acesso em: 7 jan.2016.
- GONÇALVES, J. L. de M. et al. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. Ed. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 133-204.
- KLEIN C, AGNE S.A.A. Fósforo: de nutriente à poluente! **R Elet Gestão Educ Tecnol Amb**. V. 8, n. 8, p. 1713-1721, set./dez. 2012. Disponível em: <[cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/6430/pdf](http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/6430/pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. Monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos como insumo na agricultura: Efeito de doses na produtividade de milho. **Rev. Bras. Ci. Solo**, n. 2, p. 123-131, 2002.

LOURENZI, C. R. et al. Pig acúmulo de chorume e de nutrientes e de matéria seca e rendimento de grãos em diversas culturas. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.38, n.3, maio/jun. 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000300027&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000300027&script=sci_arttext)>. Acesso em 18 jan. 2016. DOI:10.1590/S0100-06832014000300027.

MORAES, M. T. de et al. Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, nov./dez. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/13756/15404>>. Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n6p2945.

MOREIRA, I.C.L. et al. Adsorção de cobre, zinco e manganês em solos sob aplicação de dejetos suínos em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., Recife, 2005. **Anais...** Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SARTOR, L. R. et al. Effect of swine residue rates on corn, common bean, soybean and wheat yield. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 661-669. mar./abr. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832012000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=en)> Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.1590/S0100-06832012000200035.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Pote ncial fertilizante do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, n. 8, p. 35-39, 1995. Disponível em: <<http://issuu.com/danilodp/docs/epagri30>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

SEIDEL, E. P. et al. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 113-117, maio/jun.2010. disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/5312>>. Acesso em: 9 nov. 2015. DOI: 10.4025/actascitechnol.v32i2.5312.

SILVA, A. A. F. da, **Parametro quantitativo e qualitativo do percolado e do solo no cultivo do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) adubado com o dejetos de suínos**. 2013. 79 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2013.

SILVA JUNIOR, U. P. da et al. Partições pluviométricas pela cultura da soja. **Rev. Bras. Agricultura Irrigada**, v.6, n. 2, p. 106-114, 2012. Disponível em: <[http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/109/pdf\\_96](http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/109/pdf_96)>. Acesso em: 7 nov. 2015. DOI: 10.7127/rbai.v6n200332.

SOUSA, F. A. Atividade microbiana e Produção da lavoura Cafeeira APÓS adubação com dejetos Líquidos de Suínos. **Bioscience Journal**, v.30, p.1041-1049, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21872/14751>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

STEINMETZ, R. L. R. et al. Study of metal distribution in raw end screened swine manure. *CLEAN – Soil, Air, Water*, v.37, n.3, p.239-244, 2009.

VEIGA, M. da et al. Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application. *Pesq. agropec. bras.* Brasília, v. 47, no. 12, dez. 2012. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2012001200013&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2012001200013&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 16 jan. 2016. DOI: 10.1590/S0100-204X2012001200013.

VIVAN, M. et al. Efficiency of biodigester and stabilization pond interaction in removal of swine manure pollutants. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* Campina Grande Mar, v. 14, n. 3. 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000300013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662010000300013&script=sci_arttext)>. Acesso em: 16 jan. 2016. DOI: 10.1590/S1415-43662010000300013.

WITHERS, P. J. A.; CLAY, S. D.; BREEZE, V. G.; Phosphorus transfer in runoff following application of fertilizer, manure, and sewage sludge. *J. Environ. Qual.* v. 30. p. 180-188. 2001. Disponível em: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jeq/abstracts/30/1/180?access=0&view=pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2016. DOI:10.2134/jeq2001.301180x.

ZHAO, Y. et al. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system. *European Journal of Agronomy*, v.31, p.36-42, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030109000185>>. DOI: 10.1016/j.eja.2009.03.001.

## 7 ANEXO

**Tabela 1.** Histórico de aporte de nutrientes, por tratamento em cada cultivo durante os seis anos de experimento com as aplicações de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.

(continua)

Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )	Doses de DLS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )					Adubação mineral
	0	25	50	75	100	
-----Girassol (2009/2010)-----						
N	0,00	51,50	103,00	154,50	206,00	60,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	40,00	80,00	120,00	160,00	30,00
K <sub>2</sub> O	0,00	29,75	59,50	160,00	119,00	0,00
-----Canola (2010)-----						
N	0,00	55,25	110,50	165,75	221,00	72,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	43,75	87,50	131,25	175,00	38,00
K <sub>2</sub> O	0,00	31,25	62,50	93,75	125,00	27,00
-----Feijão (2009/2010)-----						
N	0,00	47,75	95,50	143,25	191,00	60,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	36,25	72,50	108,75	145,00	32,50
K <sub>2</sub> O	0,00	28,25	56,50	84,75	113,00	40,00
-----Aveia Preta (2011)-----						
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-----Milho (2011/2012)-----						
N	0,00	20,75	41,50	62,25	83,00	80,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	9,25	18,50	27,75	37,00	48,00
K <sub>2</sub> O	0,00	17,25	34,50	51,75	68,00	24,00
-----Pousio (2012)-----						
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-----Feijão (2012/2013)-----						
N	0,00	49,25	118,50	177,75	237,00	60,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	47,50	95,00	142,50	190,00	32,50
K <sub>2</sub> O	0,00	32,75	65,50	98,25	131,00	40,00

**Tabela 1.** Histórico de aporte de nutrientes, por tratamento em cada cultivo durante os seis anos de experimento com as aplicações de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral. Frederico Westphalen, RS, Brasil, 2015.

Nutrientes (kg ha <sup>-1</sup> )	Doses de DLS (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )					(conclusão)
	0	25	50	75	100	Adubação mineral
-----Aveia Preta (2013)-----						
N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-----Chia (2013/2014)-----						
N	0,00	66,75	133,50	200,25	267,00	50,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	55,25	110,50	165,75	221,00	30,00
K <sub>2</sub> O	0,00	36,00	72,00	108,00	144,00	15,00
-----Aveia Preta (2014)-----						
N	0,00	86,00	172,00	258,00	344,00	40,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	74,75	149,50	224,25	299,00	30,00
K <sub>2</sub> O	0,00	43,75	87,50	131,25	175,00	20,00
-----Feijão (2014/2015)-----						
N	0,00	40,00	80,00	120,00	160,00	61,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	28,50	57,00	85,50	114,00	32,50
K <sub>2</sub> O	0,00	25,00	50,00	75,00	100,00	41,40