

**WAGNER SACOMORI**

**CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO  
DE LATOSSOLO E PRODUTIVIDADE DE MILHO  
APÓS TREZE ANOS DE ADUBAÇÃO COM DEJETO  
SUÍNO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

Orientador: Dr. Paulo Cezar Cassol

Co-orientadores:

Dr. Juliano Corulli Corrêa

Dr. Paulo Roberto Ernani

Dr. Jackson Adriano Albuquerque

**LAGES, SC  
2015**

S119c

Sacomori, Wagner

Concentração de nutrientes na solução de latossolo e produtividade de milho após treze anos de adubação com dejetos suínos / Wagner Sacomori. - Lages, 2015.

103 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Paulo Cezar Cassol

Coorientador: Juliano Corulli Corrêa

Coorientador: Paulo Roberto Ernani

Coorientador: Jackson Adriano Albuquerque

Bibliografia: p. 89-97

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2015.

1. Esterco. 2. Adubo Orgânico. 3. Poluição da água. 4. *Zea mays*. I. Sacomori, Wagner. II. Cassol, Paulo Cezar. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDD: 631.86 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do  
CAV/ UDESC

**WAGNER.SACOMORI**

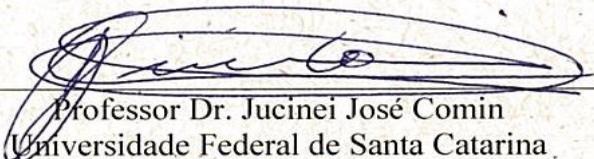
**CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO  
DE LATOSSOLO E PRODUTIVIDADE DE MILHO  
APÓS TREZE ANOS DE ADUBAÇÃO COM DEJETO  
SUÍNO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Professor Dr. Paulo Cezar Cassol  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Co-orientador: \_\_\_\_\_  
Professor Dr. Paulo Roberto Ernani  
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: \_\_\_\_\_  
  
Professor Dr. Jucinei José Comin  
Universidade Federal de Santa Catarina

**Lages, SC, 24 de fevereiro de 2015.**



## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar saúde, determinação, me abençoar e colocar em minha jornada, pessoas que vieram a acrescentar na minha formação.

Agradeço aos meus pais, Valdir e Salete, e minha irmã, que me ajudaram nessas horas difíceis, e me apoiaram de alguma forma para a conclusão do curso. A toda a minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo e em especial ao meu orientador professor Paulo Cezar Cassol pela paciência e dedicação na correção dos trabalhos e pela compreensão das dificuldades existentes.

Ao pesquisador Juliano, pela parceria de apoio e consideração aos trabalhos de pesquisa.

À Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias nas figuras dos professores, mestres e doutores, pela preocupação e esmero com a qualidade de ensino para nossa formação, em especial ao professor Davi pelo auxílio nas análises estatísticas, e demais funcionários.

Aos amigos e colegas, pelo incentivo e apoio constantes durante minha vida acadêmica, em especial aos amigos(as) de laboratório Alessandra, Carine, Daniel, Djalma, Duane, Jéssica, Luciane, Marco, Murilo, e ao bolsista Jonas.

Agradeço também ao produtor Celso Retore por conceder a área experimental durante todos esses anos, apoiando na condução do experimento e prestigiando o crescimento da pesquisa em nosso país.

Aos funcionários e técnicos do Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. A CAPES pela concessão da bolsa e auxílio financeiro para condução do experimento.

E a todas as demais pessoas que contribuíram de alguma maneira para a minha formação.

Muito Obrigado!



*“...É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal maneira que num dado momento a tua fala seja a tua prática”.*

*(Paulo Freire)*



## RESUMO

SACOMORI, Wagner. **CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE LATOSSOLO E PRODUTIVIDADE DE MILHO APÓS TREZE ANOS DE ADUBAÇÃO COM DEJETO SUÍNO.** 2015. 103f. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

Com o crescimento da suinocultura no Brasil tem sido aumentada a aplicação de dejetos suínos (DS) no solo, elevando os riscos de contaminação do solo e da água pelo excesso de nutrientes em áreas fertilizadas com esse resíduo. O rendimento de milho sob plantio direto, bem como os teores de nutrientes na solução do solo fertilizado com diferentes doses de dejetos suínos foram avaliados em experimento a campo num Latossolo em Campos Novos/SC. Determinou-se o rendimento da cultura do milho e os teores de N mineral nas formas ( $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ), P, K, Ca e Mg na solução do solo coletada com extratores lisímetros de sucção nas profundidades de 0,4 e 0,8 m. Os tratamentos consistiram em aplicações anuais de DS nas doses 0, 50, 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ; adubo mineral solúvel (AM); e DS mais adubo mineral solúvel (DS+AM), organizados no delineamento experimental blocos ao acaso com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para o rendimento e DMS ( $p < 0,05$ ) para a solução do solo. O tratamento DS200 foi superior na profundidade de 0,8 m ao tratamento sem dejetos suínos para  $\text{N-NO}_3^-$  durante as coletas. O teor de  $\text{N-NH}_4^+$  foi menor do que o de  $\text{N-NO}_3^-$  em ambas as profundidades avaliadas, apesar do N do DS ocorrer majoritariamente na forma de  $\text{N-NH}_4^+$ . Os teores

de P na solução do solo foram inferiores ao limite de detecção do método utilizado para a sua respectiva análise, demonstrando ausência de contaminação por esses nutrientes nas profundidades avaliadas. Os teores de  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  e  $Mg^{+2}$  na solução do solo aumentaram com as doses de DS, evidenciando que o uso prolongado desse resíduo promove a lixiviação desses cátions básicos. Os rendimentos de fitomassa de parte aérea e de grão do milho também aumentaram com as doses de DS, sendo os tratamentos 100 e 200  $m^3 ha^{-1}$  os que propiciaram os maiores valores.

**Palavras-chaves:** Esterco, Adubo Orgânico, Poluição da água, *Zea mays*.

## ABSTRACT

**SACOMORI, Wagner. Nutrients Concentration in Solution Oxysol and Corn Productivity after Thirteen Years of Fertilization with Pig Slurry.** 2015. 103p. Dissertação de Mestrado em Manejo do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2015.

With the growth of pig farming in Brazil has raised the application of pig slurry (DS) in the soil, increasing the risk of water contamination by excess nutrients in fertilized areas with this residue. The yield of corn under no-tillage and nutrient levels in the soil solution fertilized with different doses of pig slurry were evaluated in a field experiment in an Oxisol located in Campos Novos/SC. It was determined the yield of maize crop and mineral N levels in the forms (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), P, K, Ca and Mg in the soil solution of the collected with suction lysimeters extractors at depths of 0.4 and 0.8 m. The treatments consisted of annual applications of DS at rates of 0, 50, 100 and 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>; soluble mineral fertilizer (AM); and DS more soluble mineral fertilizer (DS +AM), organized in the experimental randomized block design with four replications. The results were submitted to analysis of variance and when the effects were significant, means were compared by Tukey test (p <0.05) for yield and DMS (p <0.05) in the soil solution. The DS200 treatment at a depth of 0.8 m to treatment without pig slurry to N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> during the collections. N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> content was lower than of N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> evaluated in both depths, although the N DS occurs mostly in the form of N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. The P content in the soil solution were below the detection limit of the method used for its respective analysis, demonstrating the absence of

contamination by these nutrients in the depths evaluated. The levels of  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  in the soil solution increased with doses of DS, showing that use of this residue promotes the leaching of these basic cations. The yields of shoot of phytomass and corn grain also increased with doses of DS, with the treatments 100 and 200  $m^3 ha^{-1}$  who have provided the highest values.

**Key-words:** Manure. Organic Fertilizer. Water Pollution. *Zea mays*.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Atributos da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho Distroférico utilizado para implantação do experimento a campo. Médias de quatro amostras compostas de 10 sub-amostras. Campos Novos/SC, 2001. .... 36
- Tabela 2- Teores de massa seca (MS), nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) do dejetos suíno gerado por animais em fase de terminação empregado anualmente em experimento a campo no período de 2001 a 2013 num Latossolo Vermelho Distroférico. .... 38
- Tabela 3- Teores de massa seca (MS), nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) do dejetos suíno gerado por animais em fase de terminação empregado anualmente em experimento a campo no período de 2001 a 2013 num Latossolo Vermelho Distroférico. .... 74
- Tabela 4- Teor de nutrientes na folha de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS, mais DS+AM e AM em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS. .... 85
- Tabela 5- Teor de nutrientes nos grãos de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS, mais DS+AM e AM em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS. .... 87



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Precipitação diária (mm), ocorrida durante a condução do experimento para a região de Campos Novos/SC no período de setembro de 2013 a agosto de 2014 (EPAGRI, 2013a).....41
- Figura 2- Valor do pH na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).....43
- Figura 3- Valor de pH na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).....45
- Figura 4- Concentração de N Amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).....47
- Figura 5- Concentração de N Amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha),

50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....48

Figura 6- Concentração de N Nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....50

Figura 7- Concentração de N Nítrico (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....53

Figura 8- Concentração de K a 0,4 m de profundidade na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....56

Figura 9- Concentração de K a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a

- 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....58
- Figura 10- Concentração de Ca a 0,4 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....60
- Figura 11- Concentração de Ca a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....61
- Figura 12- Concentração de Mg<sup>+2</sup> a 0,4 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....64
- Figura 13- Concentração de Mg a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.....66

- Figura 14- Rendimento de grãos de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e após treze anos de aplicação do DS.....77
- Figura 15- Produtividade de fitomassa da parte aérea de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e após treze anos de aplicação do DS.....79
- Figura 16- Produtividade de fitomassa de parte aérea da aveia branca como cobertura na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS.....81
- Figura 17- Curva de resposta em função do rendimento de grãos de milho com as doses crescentes de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS numa regressão quadrática em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e após treze anos de aplicação do DS.....83

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
2.1	EFEITO DO USO DE DEJETO SOBRE OS NUTRIENTES NO SOLO.....	24
2.2	DINÂMICA DO NITROGÊNIO.....	27
2.3	DEJETO SUÍNO.....	29
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>31</b>
4.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	31
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO I. CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE LATOSSOLO VERMELHO APÓS TREZE ADUBAÇÕES ANUAIS COM DEJETO SUÍNO .....</b>	<b>33</b>
	RESUMO.....	33
5.1	INTRODUÇÃO.....	34
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
5.2.1	Localização e caracterização da área experimental .	35
5.2.2	Cultivos .....	36
5.2.3	Tratamentos e delineamento experimental .....	37
5.2.4	Características do dejetos suíno.....	38
5.2.5	Forma de aplicação dos tratamentos .....	39
5.2.6	Extração da solução do solo .....	39
5.2.7	Análises químicas da solução do solo .....	40
5.2.8	Análise estatística.....	42
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
5.3.1	pH na solução do solo .....	43
5.3.2	Nitrogênio na solução do solo .....	46
5.3.3	Fósforo na solução do solo.....	54
5.3.4	Potássio na solução do solo.....	55
5.3.5	Cálcio na solução do solo .....	59
5.3.6	Magnésio na solução do solo.....	63

5.7	CONCLUSÕES .....	68
<b>6</b>	<b>CAPÍTULO II. PRODUTIVIDADE DE FITOMASSA E GRÃOS DE MILHO EM LATOSSOLO VERMELHO APÓS TREZE ANOS DE ADUBAÇÕES COM DEJETO SUÍNO .....</b>	<b>69</b>
	<b>RESUMO .....</b>	<b>69</b>
6.1	INTRODUÇÃO .....	70
6.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	71
6.2.1	Tratamentos utilizados e delineamento experimental .....	72
6.2.2	Características do dejetos suíno.....	73
6.2.3	Modo de aplicação .....	74
6.2.4	Amostragem e colheita de plantas.....	74
6.2.5	Análises Químicas das Plantas .....	75
6.2.6	Análises estatísticas.....	75
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	76
6.3.1	Rendimento de grãos e fitomassa de parte aérea.....	76
6.3.2	Teor de nutrientes na cultura do milho .....	84
6.4	CONCLUSÕES .....	88
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>89</b>
	APÊNDICE A .....	98
	APÊNDICE B .....	99
	APÊNDICE C .....	100
	APÊNDICE D .....	101
	APÊNDICE E.....	102
	APÊNDICE F .....	103

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento da suinocultura no Brasil tem sido aumentada a aplicação de dejetos suínos no solo, elevando os riscos de contaminação do solo e da água pelo excesso de nutrientes. Assim, a aplicação contínua e prolongada desse resíduo pode resultar num problema ambiental e para a saúde da população.

Sendo uma das atividades mais desenvolvidas no país, principalmente no estado de Santa Catarina, e em especial nas pequenas propriedades do oeste catarinense, a suinocultura possui grande importância socioeconômica para a região.

Com a crescente expansão dessa atividade, há a necessidade de se desenvolver novos processos, práticas e tecnologias relacionadas aos dejetos de suínos, visando seu aproveitamento eficiente como fertilizante orgânico e diminuindo assim o seu poder contaminante ao meio ambiente. Em geral, há pouca preocupação com a aplicação do dejetos suíno (DS), por conter baixa quantidade de nutrientes e um alto custo de transporte até as lavouras, resultando em aplicações repetitivas nas áreas próximas à sua fonte.

Com a busca de maior produtividade e desenvolvimento de cultivares mais exigentes em fertilidade do solo, a utilização de altas doses de fertilizantes, principalmente com nitrogênio torna-se prática rotineira dos produtores. Entretanto, não se pode esquecer do ponto de vista ambiental e avaliar se a atividade desenvolvida está sendo poluidora do ambiente. Assim, estudos devem ser desenvolvidos para avaliar os impactos produtivos e ambientais do DS aplicado superficialmente no solo durante vários anos consecutivos, especialmente quanto ao efeito de diferentes dosagens na produtividade das culturas e na lixiviação de nutrientes.

O presente trabalho teve como objetivo determinar os teores de N mineral (NM), P, K, Ca e Mg na solução do solo, nas

profundidades de 0,4 e 0,8 m, e na produtividade da sucessão milho – aveia em Latossolo Vermelho Distroférico sob o sistema de plantio direto, submetido à adubação anual com adubo mineral, adubo mineral combinado com DS e doses de 0, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A suinocultura é uma das atividades mais desenvolvidas no Brasil, chegando a um rebanho de 38,9 milhões de cabeças em 2011, sendo abatidas aproximadamente 34,9 milhões de cabeças anualmente (SEAB/DEAL, 2013). O sul do Brasil representa quase 50% de toda a produção nacional, onde o estado de Santa Catarina se destaca, possuindo grande importância socioeconômica nessa atividade.

O expressivo volume de dejetos gerados pelos suínos tem provocado o agravamento da questão ambiental nos grandes centros produtores, como a região Oeste deste estado. Neste sentido, dedica-se atenção especial ao equacionamento da destinação dos resíduos devido à crescente expansão dessa atividade, com a necessidade de se desenvolver pesquisas relacionadas aos dejetos líquidos de suínos, visando seu aproveitamento eficiente como fertilizante orgânico. Porém, isto deve ser feito de modo sustentável, evitando-se a perda de qualidade do solo e a poluição decorrente da concentração excessiva de P biodisponível nos mananciais de água, onde pode causar eutrofização.

Resultados de pesquisas anteriores indicam que o esterco suíno representa uma ótima fonte de adubo para as culturas agrícolas (SEIDEL, et al. 2010; LÉIS, et al. 2009), entretanto, resta ainda avaliar os efeitos de longo prazo deste resíduo, especialmente nas aplicações de doses altas e repetidas anualmente. Tal avaliação deve também contemplar os efeitos na capacidade do solo de retenção de nutrientes, especialmente o fósforo, bem como o grau de enriquecimento de nutrientes e possíveis poluentes na água de percolação através do perfil do solo, os quais se encontram na solução do solo.

Entre os problemas decorrentes do dejetos suíno aplicado em lavouras sob plantio direto, onde não ocorre a incorporação, destaca-se o excessivo enriquecimento de nutrientes no solo,

sobretudo na camada até 5 cm de profundidade. Isto ocorre de forma mais acentuada com o  $\text{Ca}^{+2}$ , P e K do solo, na camada de 0-5 cm (CASSOL et al., 2012), que se acumula principalmente em formas inorgânicas e com intensidade proporcional à dose de aplicação, o que favorece seu transporte por enxurradas para os mananciais de águas, onde pode causar eutrofização.

A solução do solo contém todos os elementos químicos que fazem parte dos componentes orgânicos e inorgânicos existentes na fase sólida do solo. O aumento na concentração de nutrientes como N, P e K no lençol freático e em águas superficiais, como resultado da aplicação de altas doses de fertilizantes mineral e orgânico, tem sido observado em estudos sobre esse assunto (SPERLING, 1996; ANDRADE et al., 2008).

A mobilidade dos nutrientes no perfil do solo e as perdas por lixiviação podem afetar a disponibilidade destes aos vegetais, influenciando a escolha das técnicas mais adequadas de fertilização do solo, incluindo épocas, doses e métodos de aplicação dos fertilizantes, tanto sob o ponto de vista agrônômico quanto ambiental (ERNANI et al., 2007).

Esta revisão de literatura contempla os efeitos da adubação com dejetos suíno na capacidade do solo em reter nutrientes, no nível de enriquecimento de nutrientes e possíveis poluentes na água de percolação. Considera-se que pouca ênfase tem sido dada sobre a dinâmica dos elementos provenientes desta forma de adubação orgânica, aspecto que tem recebido uma maior ênfase nos estudos com adubos solúveis.

## 2.1 EFEITO DO USO DE DEJETO SOBRE OS NUTRIENTES NO SOLO

O estudo da dinâmica dos íons no perfil do solo tem como finalidade o monitoramento dos atributos químicos do solo para aperfeiçoar a eficiência da adubação. Contudo, são ainda necessários estudos, especialmente nas condições

brasileiras, sobre a eficiência e consequências da aplicação de fertilizantes orgânicos fluidos como o dejetos suíno.

Devido à complexidade do processo de extração da solução do solo e a baixa concentração da maioria dos íons nesse meio, não é realizada a sua composição para fins de recomendação de adubação, se restringindo apenas à trabalhos específicos de pesquisa. Mas a determinação da composição química da solução no solo é um procedimento amplamente utilizado para monitorar a fertirrigação, estimar a lixiviação de poluentes (GLOAGUEN et al., 2007) bem como determinar concentrações de sais no mesmo.

Ao contrário dos fertilizantes químicos, o dejetos suíno apresenta proporções muito variáveis, sendo considerado um fertilizante não balanceado. Quando lançados ao solo em grandes quantidades, sem o manejo correto, causam desequilíbrio quantitativo na oferta de nutrientes às plantas (HOUNTIN, 2000 e CERETTA, 2003). Se as quantidades adicionadas forem maiores que aquelas absorvidas pelas culturas, haverá acúmulo de nutrientes no solo, resultando, em médio e longo prazo, numa série de inconvenientes de expressão econômica (BURTON, 1996), como a dificuldade de absorção de alguns nutrientes com o excesso de  $K^+$  e  $Ca^{+2}$  pode causar deficiência de  $Mg^{+2}$ . Assim, seu uso deve ser criterioso, evitando altas doses de DS, pois o esterco representa um potencial poluente para o ambiente, e pode comprometer a qualidade do solo e água.

Quando os elementos estão presentes em pequenas quantidades na solução do solo, como o P, não são lixiviados significativamente (GUARDINI et al. 2012). Isso acontece com elementos que estão em média ou alta concentração na solução do solo, como no caso do N e do K. Isso foi verificado por Werle et al. (2008) em relato sobre a elevação dos teores de K, que resultam em lixiviação, mesmo em solos mais argilosos e com alta CTC, ocasionando perdas significativas do nutriente. Mas com sucessivas aplicações de DS leva a um aumento do P nas

camadas do perfil do solo como verificado por Guardini et al. (2012) em que foram encontrados incremento nos teores de P até 30 cm de profundidade, e especialmente de formas lábeis inorgânicas extraídas por resina trocadora de ânions.

De acordo com dados obtidos por Ceretta et al. (2003), o uso sistemático de esterco líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, e eleva principalmente os teores de P, Ca e Mg em áreas sob pastagem nativa, mas proporciona uma diminuição na saturação por alumínio, melhorando o ambiente para o crescimento das plantas.

A lixiviação de N e a elevada concentração de P na camada mais superficial do solo adubado com esterco líquido de suínos mostram que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água, como observado em pastagem natural com doses até 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DS e reaplicados em intervalos de 45 a 60 dias (CERETTA et al. 2003).

Segundo Cassol et al. (2012) o DS aumentou o teor de Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> nas camadas superficiais do solo de 0-5 cm quando aplicado em dose maior ou igual a 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Observou também que a maior parte do Mg adicionado migrou para camadas inferiores do perfil, ou mesmo para o lençol freático, por meio do processo de lixiviação; já que o solo é bem drenado e anualmente ocorrem na região períodos de chuvas em quantidade suficiente para provocar a percolação de água no solo. De outro lado, o incremento tanto de Mg como de Ca adicionados com o DS certamente não foi acompanhado de aumento equivalente nas cargas negativas do solo, mas da CTC até a profundidade de 30 cm já que não houve aumento no pH, que teria esse efeito (BRUNETTO et al., 2012). Assim, a insuficiência de cargas para reter o incremento dos dois cátions significou que em sua maior parte restassem dissolvidos na solução do solo, ficando assim altamente suscetíveis à lixiviação.

O P teve baixa mobilidade no solo, independentemente do tipo de adubo utilizado, seja dejetos líquidos de suínos ou adubo mineral, concentrando-se na camada de 0 a 2,5 cm, sendo esse comportamento mais acentuado com a aplicação de dejetos líquidos de suíno, verificado em Latossolo Vermelho Eutroférrico típico em colunas de solo indeformadas (BERTOL et al, 2010). Também observaram que a aplicação de P via adubo mineral ocasionou maior e mais rápida lixiviação de P do que via dejetos líquidos de suíno nas doses de até  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , indicando que o adubo mineral tem maior potencial poluidor das águas subterrâneas.

## 2.2 DINÂMICA DO NITROGÊNIO

O ciclo do Nitrogênio (N) acaba se tornando importante para os estudos das adubações das culturas, pois é constituinte de vários compostos em plantas, como aminoácidos, ácidos nucleicos e clorofila (CANTARELLA, 2007). As principais reações bioquímicas nas plantas e nos microrganismos envolvem a presença de N, destacando a sua importância e se torna o elemento absorvido em maior quantidade em plantas cultivadas.

Do ponto de vista agrícola, o ciclo do N no solo é o mais importante. Está predominantemente na forma orgânica, mais de 95 % do N total. Nas frações inorgânicas são compostos principalmente por amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e pequenas concentrações de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) em algumas situações podem ocorrer.

O processo para disponibilizar o N orgânico do solo para as plantas é conhecido como mineralização, ou seja, é a passagem do N orgânico para inorgânico ( $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NH}_3$ ). Em solos saturados, a decomposição da matéria orgânica é incompleta, resultado em taxas menores de mineralização do que em condições aeróbias normais (CANTARELLA, 2007).

O N presente no DS encontra-se em maior parte na forma amoniacal (SCHERER; BALDISSERA; NESI, 2007), o  $\text{NH}_4^+$ , que é prontamente disponível para as culturas. Esse  $\text{N-NH}_4^+$  presente no DS sofre rápida transformação no solo, que normalmente é rapidamente absorvido pelos microrganismos e incorporado à biomassa microbiana. Mas em condições de aeração do solo, o  $\text{N-NH}_4^+$  é consumido pelos microrganismos nitrificadores, sendo rapidamente oxidado a  $\text{NO}_2^-$  e posteriormente a  $\text{NO}_3^-$  (SCHIRMANN et al., 2013).

Na imobilização, o processo ocorre ao contrário, removendo N inorgânico do solo para N orgânico, onde os microrganismos incorporam o N inorgânico nas suas células. De acordo com Heinrichs et al., (2001) existe uma relação C/N ideal para os microrganismos, que seria na faixa de 20 a 30, onde com consórcio de ervilhaca com aveia, a partir de 75% da espécie de ervilhaca na consorciação, o milho passou a absorver mais N do que no pousio, indicando aumento na disponibilidade de N no solo via mineralização microbiana do N da leguminosa. Acima desse valor ocorre imobilização de N do solo, e abaixo, ocorre mineralização de N da matéria orgânica.

As formas de N absorvido pelas culturas podem ser como  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ , enquanto o  $\text{NH}_4^+$  é instável nas condições ácidas dos solos brasileiros, sofrendo transformações rápidas para  $\text{NO}_2^-$  pelas bactérias *Nitrossomonas sp.*, e posteriormente transformado para  $\text{NO}_3^-$  pelas *Nitrobacter sp.* Por isso, na solução do solo prevalece a forma de  $\text{NO}_3^-$ , que pela sua maior concentração na solução do solo é absorvido em maiores quantidades pelas plantas, mas também é lixiviado em maior quantidade.

## 2.3 DEJETO SUÍNO

Os dejetos de suínos são constituídos por fezes, urina, água desperdiçada pelos bebedouros e de higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório (KONZEN,1983). O esterco, por sua vez, é constituído pelas fezes dos animais que, normalmente, se apresentam na forma pastosa ou sólida. Os dejetos podem apresentar grandes variações em seus componentes, dependendo do sistema de manejo adotado e, principalmente, da quantidade de água e nutrientes em sua composição (DIESEL; MIRANDA & PERDOMO, 2002).

A composição dos dejetos de suínos pode ser variável de acordo com o sistema de manejo adotado, dependendo da diluição e da modalidade e maneira como são armazenados (OLIVEIRA, 1993). De acordo com o manual de adubação e calagem dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CQFS-RS/SC, 2004), os estercos líquidos de suínos possuem em média 2,8, 2,4 e 1,5 kg m<sup>-3</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente.

A Instrução Normativa nº 11 da FATMA (IN nº 11-FATMA, de 13/12/2004) que regulamentava a aplicação de dejetos líquidos de suínos limitava a dose em 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foi reformulada, incluindo propostas publicadas no Boletim Técnico elaborado por Gatiboni et al., (2014). Essa legislação prevê que as adubações orgânicas sejam baseadas na carga máxima de DS que o determinado solo pode reter. Para ter maior segurança, estipula que a aplicação seja restringida quando o limite crítico ambiental de P (LCA-P) do solo for atingido, sendo estabelecido em 80% do teor limite de P. Esse teor limite de P (P<sub>Lim</sub>) indica quando os teores de P no solo atingem níveis muito elevados e o solo perde a capacidade de reter mais P. A partir deste ponto, maiores quantidades de P são liberadas do solo para a água. Esse ponto pode ser chamado teor limite de P no solo (GATIBONI et al., 2014).

Portanto, essa nova proposta para limitar a quantidade de dejetos de origem orgânica tanto de suínos, aves, bovinos ou outros resíduos orgânicos, permitirá a aplicação de doses superiores a  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , dependendo do nível de P já existente no respectivo solo, pois levará em consideração o teor de P no dejetos, a taxa de absorção e exportação pela cultura e a capacidade de retenção de P no solo.

A análise do solo deverá ser levada em consideração e coletada na camada de 0-10 cm, onde se concentram as maiores concentrações de P. Se o teor de P ficar abaixo do LCA-P, as adubações poderão ser calculadas em função do suprimento de N para as culturas, e caso o teor de P ficar até 20% acima do LCA-P, o agricultor deverá suspender as adubações com P. E por último, se estiver acima do  $P_{\text{Lim}}$  no solo, além de suspender as adubações com P, deverá utilizar culturas que extraiam maior quantidade desse nutriente, como exemplo das pastagens, milho para silagem, fenação entre outras atividades de extração de biomassa vegetal.

### **3 HIPÓTESES**

O uso continuado de doses de dejetos suínos para a adubação do milho sem levar em conta o nutriente crítico aumentará a concentração de nutrientes na solução do solo e favorecerá a lixiviação no perfil do solo;

Após sucessivas aplicações de alta dosagem de dejetos suíno o P pode lixiviar em maior intensidade no perfil do solo.

### **4 OBJETIVOS**

Avaliar a eficiência da adubação da cultura do milho com dejetos suínos, adubo mineral e dejetos suíno combinado com adubo mineral aplicados em superfície durante 13 anos, e os efeitos na concentração de nutrientes na solução de um Latossolo Vermelho Distroférico.

#### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar a concentração de nutrientes na solução do solo em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho fertilizado com doses até  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ;

Avaliar a produtividade do milho em função de diferentes doses de dejetos suínos, adubo mineral e combinação de adubo mineral e dejetos suínos.



## 5 CAPÍTULO I. CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA SOLUÇÃO DE LATOSSOLO VERMELHO APÓS TREZE ADUBAÇÕES ANUAIS COM DEJETO SUÍNO

### RESUMO

Para expandir a produção de carne suína e fornecer alimentos aos países que possuem delimitação de áreas produtivas, vem se intensificando a produção de suínos, restando grande quantidade de dejetos suínos descartados, principalmente nos solos, o que aumenta os riscos de contaminação ambiental. O objetivo desse trabalho foi avaliar a concentração dos nutrientes NM (Nitrogênio Mineral), P, K, Ca e Mg na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de aplicações anuais de adubação mineral (AM) e dejetos suínos (DS) nas doses de 0, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, e adubação mineral combinada ao dejetos (DS+AM), conforme recomendação para a cultura do milho. O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. A solução do solo foi coletada nas profundidades de 0,4 e 0,8 m através de lisímetros de sucção com cápsula porosa. Não foram encontrados teores expressivos de P na solução do solo nas profundidades de 0,4 e 0,8 m. Os teores de N mineral na forma de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup> foram altos, evidenciando a sua expressiva lixiviação na maior dose de dejetos (DS200), porém, isso não ocorreu com os teores de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Houve lixiviação de cátions básicos (K<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup>) na solução do solo conforme o aumento das doses de DS.

**Palavras-chave:** Solução do solo, Esterco, Adubação orgânica.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, principalmente para abastecimentos de países com pequenas áreas de produção agrícola vem gerando crescimento nos setores produtores de carne, principalmente em países com extensa área produtiva como o Brasil. Esse excessivo desenvolvimento resulta em acúmulo de resíduos, como os dejetos de animais, sendo de suma importância o estudo para minimizar seus efeitos poluidores ao meio ambiente.

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking como produtor e exportador de carne suína (MAPA, 2014a), demonstrando assim a importância da atividade, mas também do seu potencial poluente nas regiões de criação.

No DS o N encontra-se diluído, sendo que cerca de 60 % do N está na forma de  $\text{NH}_4^+$ , que é uma forma prontamente disponível para as plantas e é rapidamente transformada para  $\text{NO}_3^-$  pelo processo de nitrificação quando aplicado no solo (PAYET et al., 2009). Quando o nitrato não for absorvido rapidamente pelas plantas, fica propenso a lixiviação em função da falta de adsorção aos colóides do solo (JADOSKI et al., 2010).

O uso de doses contínuas ao longo dos anos acaba alterando a quantidade dos nutrientes nos solos, elevando alguns teores como o P, Ca e Mg (CASSOL et al., 2012; GUARDINI et al., 2012). A falta de critérios técnicos de aplicação do DS e as adições sem observações nos quesitos de absorção da cultura, tem incrementado o problema do acúmulo de nutrientes.

Altos teores de nutrientes foram encontrados por autores no percolado em áreas de aplicação de dejetos suínos, como teores acima de  $1,0 \text{ mg L}^{-1}$  de P em Latossolo Vermelho Distroférico (Maggi et al., 2011).

O conhecimento da concentração dos nutrientes na solução do solo é de fundamental importância para melhores desempenhos na produção agrícola. O K é um macronutriente

essencial para as plantas, atuando no incremento da atividade fotossintética e para um melhor aproveitamento da energia da luz, também atua como regulador da pressão osmótica das células, diminuindo a transpiração e ajudando manter a turgidez das células (LOZANO-GARCÍA et al. 2011).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a concentração dos nutrientes N, P, K, Ca e Mg na solução de um solo classificado como Latossolo Vermelho Distroférico, nas profundidades de 0,4 e 0,8 m, abaixo da região de exploração pelas raízes das plantas de milho, submetido a treze anos à adubação anual de dejetos suíno e adubação mineral solúvel.

## 5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1 Localização e Caracterização da Área Experimental

O estudo foi realizado a campo no município de Campos Novos/SC, em altitude de 908 m, durante o período de outubro de 2013 à junho de 2014. O local do experimento se situa nas coordenadas 27°23'33" de latitude sul e 51°21'48" longitude oeste e em altitude de 862 m acima do nível do mar. Apresenta clima mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), segundo a classificação de Köppen. As chuvas são distribuídas durante o ano e as médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.480 mm e 16°C, respectivamente (EPAGRI/CIRAM, 2013).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013). Os principais atributos químicos do solo na implantação do experimento em 2001 estão descritos na Tabela 1, sabendo-se que anteriormente a área vinha sendo utilizada com cultivos de plantas de lavoura como milho, soja, trigo, feijão e aveia num sistema de plantio direto. Na safra anterior a implantação do experimento 2000/2001, o produtor aplicou em área total, uma dose de 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos suíno.

Tabela 1- Atributos da camada de 0 a 20 cm de um Latossolo Vermelho Distroférico utilizado para implantação do experimento a campo. Médias de quatro amostras compostas de 10 sub-amostras. Campos Novos/SC, 2001.

pH	SMP	V	Al <sup>3</sup>	Ca <sup>3</sup>	Mg <sup>3</sup>	P <sup>2</sup>	K <sup>3</sup>	Argila	COT
		%	-----cmolc kg <sup>-1</sup> -----			--mg kg <sup>-1</sup> --		-----g kg <sup>-1</sup> -----	
6,1	6,0	87	<0,0 1	8,2	4,6	6, 4	97	680	25

Fonte: Moreira, 2004.

Legenda – pH: pH em água; SMP – pH pelo índice SMP; Al: alumínio trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; P: fósforo extraível; K potássio trocável; COT carbono orgânico total. (1) determinado segundo Tedesco et al. (1995). (2) extrator Mehlich 1. (3) extrator KCl 1 M.

O experimento foi implantado em novembro de 2001 com objetivo de avaliar os efeitos da adição continuada de dejetos suíno em diversas doses, no rendimento da cultura, nas características químicas, físicas e biológicas.

## 5.2.2 Cultivos

A área foi cultivada com a sucessão de milho no verão e aveia no inverno no sistema de plantio direto, sendo que a cada quatro anos era realizada uma rotação com nabo forrageiro (*Raphanus sativus*.L) para quebrar a sucessão anual de milho-aveia. No cultivo do milho, utilizou-se cultivares de híbrido simples. Na safra 2013/2014, a cultivar utilizada foi a BG 7046 H, uma cultivar de alto potencial produtivo de grãos, precoce e com potencial de resposta ao manejo adotado, como responsável a adubação (BIOGENE, 2014). O espaçamento utilizado foi de 0,60 m entre fileiras, com 4,2 plantas m<sup>-1</sup> linear, totalizando um estande final de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>. As cultivares de Aveia branca (*Avena Sativa* L.) e Nabo forrageiro foram a Aveia comum e IPR-116, semeados a lanço numa densidade de 120 e 10 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A aplicação do dejetos suíno foi realizada geralmente na primeira ou segunda quinzena de outubro, e a semeadura do milho seguida após sete a dez dias da aplicação do dejetos. A semeadura de milho foi realizada com semeadora de plantio direto constituída por disco de corte frontal com sulcador, seguida de disco duplo desencontrado. Para o cultivo de aveia branca, utilizou-se semeadura a lanço com incorporação por grade leve para não revolver o solo, e para a cultura do nabo, semeou-se a lanço antes de chuvas de alta intensidade.

### **5.2.3 Tratamentos e Delineamento Experimental**

Os tratamentos compreenderam a aplicação anual em superfície de dejetos suíno (DS) nas doses 0 (Test) 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS 200)  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , adubo mineral solúvel (AM) e dejetos suíno combinado com adubo mineral solúvel (DS25+AM) na dose de 25  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de dejetos suíno mais adubação mineral solúvel para complementação das exigências da cultura, conforme recomendação da CQFS-RS/SC, (2004).

O AM foi aplicado em doses equivalentes a 170, 130 e 80  $\text{kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente e o DS+AM em doses conjuntas de 25  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de DS, mais aproximadamente 75, 16 e 15  $\text{kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente, aonde foi determinado a quantidade de nutriente adicionada pelo DS e diminuído da recomendação para a cultura. Os dois últimos tratamentos foram definidos com base em recomendações da CQFS-RS/SC (2004). No tratamento AM, o N foi aplicado em parcelas de 20% na base e o restante, divididos em duas coberturas realizadas no estádio V5 e V9 da cultura do milho descrita por Ritchie et al (1993). No tratamento DS+AM, o N da fonte mineral solúvel foi totalmente aplicado em uma cobertura na primeira época comentada acima.

Os fertilizantes solúveis empregados como fontes de N, P e K foram ureia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente. As adubações de cobertura com a fonte

ureia foram aplicadas antes das chuvas para minimizar as perdas por volatilização de amônia.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições.

## 5.2.4 Características do Dejeto Suíno

O DS utilizado nas diversas aplicações (Tabela 2) foi gerado por animais em terminação, sendo recolhido e armazenado em esterqueira descoberta por cerca de 120 dias antes das aplicações no solo. O DS aplicado em 2013 apresentou 1807 e 39,1 mg L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, respectivamente.

Tabela 2- Teores de massa seca (MS), nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) do dejeto suíno gerado por animais em fase de terminação empregado anualmente em experimento a campo no período de 2001 a 2013 num Latossolo Vermelho Distroférico.

Aplicação ano	MS	NT	P	K	----- kg m <sup>-3</sup> -----				
10/2001	66	3,4	1,4	1,2					
11/2002	26	2,6	1,0	1,2					
10/2003	32	2,6	1,1	1,3					
10/2004	43	3,7	1,4	1,5					
10/2005	56	3,2	1,5	1,1					
10/2006	46	4,6	2,8	1,7					
10/2007	55	2,7	1,8	1,1					
10/2008	68	2,4	0,4	1,3					
10/2009	69	6,6	1,1	3,5					
10/2010	41	4,1	1,9	2,0					
10/2011	61	3,5	1,7	1,8					
10/2012	43	3,8	1,4	1,9					
10/2013	22	2,3	1,4	1,7					
<b>Média</b>	48,3	3,5	1,5	1,6					

Fonte: Produção do próprio autor.

### **5.2.5 Forma de Aplicação dos Tratamentos**

A aplicação do dejetos suíno foi realizada com distribuidor de esterco líquido da marca Mepel, com capacidade de oito mil litros. Aplicou-se superficialmente ao solo com ajuda de mangueira de menor diâmetro para manter a pressão do sistema de bombeamento do equipamento constante e facilitar a aplicação homogênea em área total das parcelas.

Nos tratamentos que consistiam da aplicação de adubo mineral solúvel, essas foram realizadas superficialmente na mesma época de aplicação do dejetos suíno.

### **5.2.6 Extração da Solução do Solo**

A solução do solo foi extraída com lisímetros de sucção com cápsula porosa, conforme sistema descrito por Reichardt et al. (1977). Os lisímetros foram instalados na área central das parcelas nas profundidades de 0,40 e 0,80 m, para coletar a solução em que as raízes da cultura não possui uma absorção significativa. Aplicou-se a sucção nos lisímetros no segundo dia após chuvas maiores do que 25 mm, sendo as coletas de solução realizadas após um período de três dias de sucção. Na safra de milho de 2013/2014, as coletas foram realizadas aos 14, 61, 65, 95, 107, 144, 157, 165 e 210 dias após aplicação do fertilizante (DAAF). Em cada coleta, foram recolhidos aproximadamente 50 mL da solução do solo, na qual foram diretamente determinados os teores de nutrientes.

As condições climáticas e a distância do experimento da universidade dificultavam as coletas, fazendo com que as coletas fossem espaçadas entre si. Condições de chuvas de baixa intensidade e pequenas estiagens também contribuíram para esse problema durante a realização das coletas.

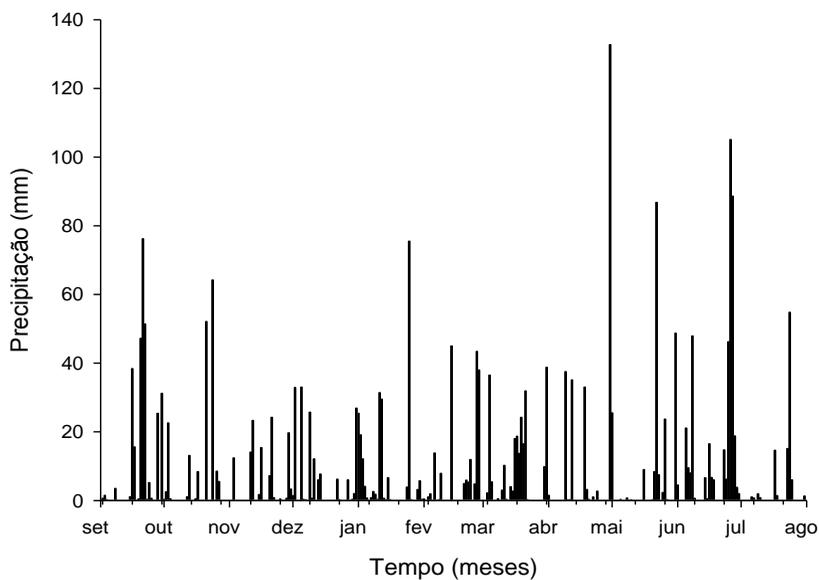
### 5.2.7 Análises Químicas da Solução do Solo

Para as análises químicas da solução do solo, foram determinados os seguintes nutrientes: N nas formas de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrito mais nitrato ( $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ ) segundo metodologias descritas por Tedesco et al. (1995), pelo método descrito por KJELDAHL em 1883 por arraste de vapor, sendo adicionado uma base, o óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) para alcalinizar o meio e liberar o N na forma de  $\text{NH}_3$  e, posteriormente, a adição de liga de varada (50% Cu, 45% Al e 5% Zn) para reduzir o N nas formas de nitrato + nitrito ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) para  $\text{NH}_4^+$ , o qual é destilado novamente na forma de  $\text{NH}_3$ , pois o meio já está alcalino.

Para determinar a concentração de fósforo (P) nas amostras, determinou-se o P inorgânico reativo na alíquota pelo método do ácido ascórbico descrito por Murphy & Riley (1962). O K foi determinado por fotometria de chama. O Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica em chama (Standart Methods for the examination of water and wastewater, 2012).

A precipitação média mensal durante a realização do experimento encontra-se apresentada na Figura 1.

Figura 1- Precipitação diária (mm), ocorrida durante a condução do experimento para a região de Campos Novos/SC no período de setembro de 2013 a agosto de 2014 (EPAGRI, 2013a).



Fonte: Produção do próprio autor.

### **5.2.8 Análise Estatística**

Os resultados foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de DMS ( $p \leq 0,05$ ), compreendendo um delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, empregando-se o software SAS (Cary, 2008), tendo nas parcelas os tratamentos, nas subparcelas as profundidades, que não foram desdobradas para análise de médias, e nas subsubparcelas as épocas de coleta. Análise de regressão quadrática para as doses de dejetos suíno no teor de nutrientes na solução do solo também foram realizadas.

## 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.3.1 pH na solução do solo

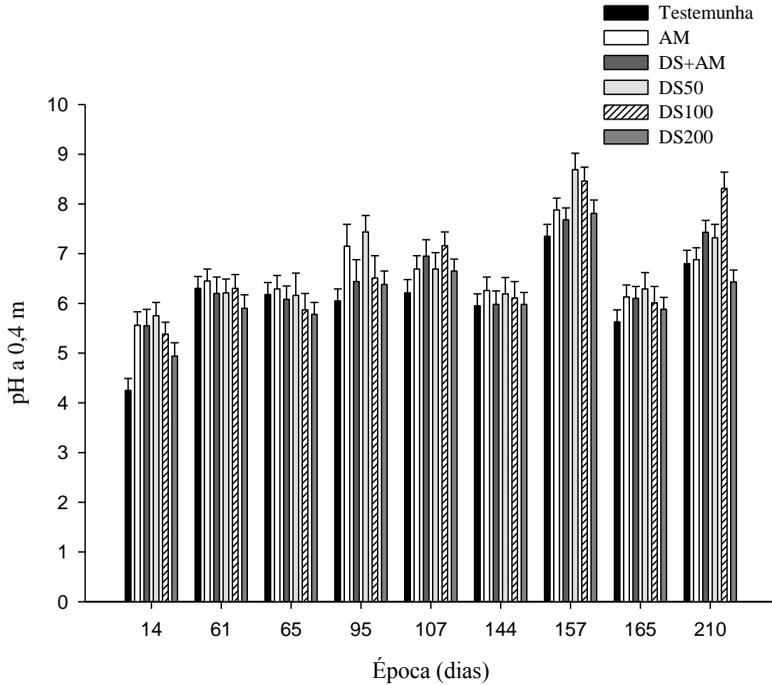
Os valores de pH na solução do solo variaram de 4,25 no tratamento testemunha aos 14 dias após a aplicação dos fertilizantes DAAF, a 8,69 no tratamento DS100 aos 157 DAAF, ambos na profundidade de 0,4 m (Figuras 2 e 3, e APÊNDICE A).

Observa-se que o pH nas doses DS50 e DS100 foi semelhante àquele dos tratamentos DS+AM e AM, diferindo da Testemunha, que apresentou valores de pH menor. O aumento da dose de DS, para  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , diminuiu, principalmente, o pH da solução do solo na profundidade de 0,8 m (Figura 3), o que pode ser atribuído ao aumento da concentração salina. Queiroz et al. (2004) após aplicar água residuária de suínos por escoamento superficial em rampas cultivadas com gramíneas verificaram decréscimo no pH do solo. Por outro lado, Silva et al. (2012) utilizando água residuária de bovino (ARB), observaram que o aumento da dose aumentou também o pH da solução do solo com aplicações para a cultura da figueira.

Verificou-se diferenças para o pH da solução em função das épocas de coletas da solução, onde aos 157 DAAF encontraram-se os maiores valores de pH na solução do solo (tratamentos DS50 e DS100). Esse resultado pode ser consequência da maior umidade do solo nessa época de coleta, e pelo solo possuir carga líquida negativa, disponibilizando maior quantidade de íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) em relação aos  $\text{H}^+$ , que são adsorvidos no complexo de troca (SILVA et al., 2012).

Figura 2- Valor do pH na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de  $25 \text{ m}^3$  (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0

(Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).

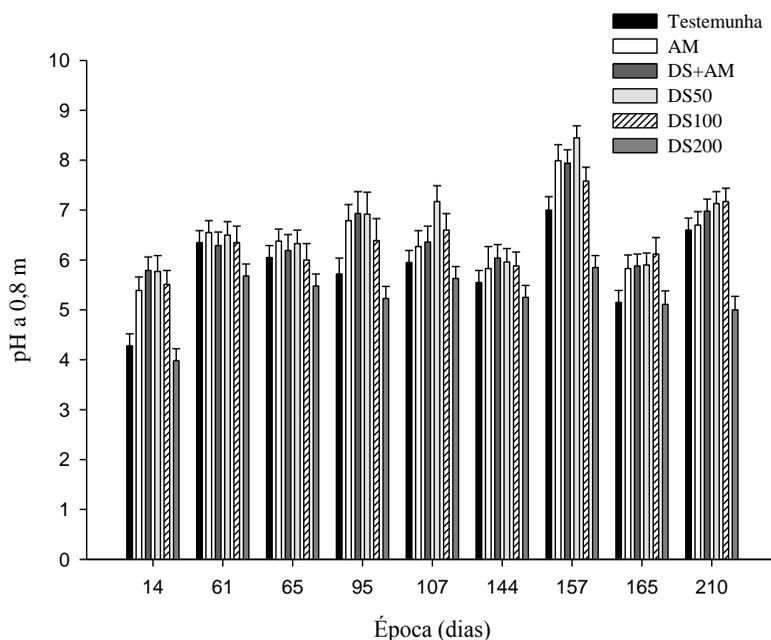


Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Já na dose DS200, os valores de pH se aproximam daqueles da testemunha, mas com valores menores na profundidade de 0,8 m. Isso pode ser explicado pela alta carga de nutrientes catiônicos adicionados com o DS que deslocam o hidrogênio  $\text{H}^+$  para a solução do solo, o que resulta no menor pH (Figura 3).

Figura 3- Valor de pH na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).



Fonte: Produção do próprio autor.

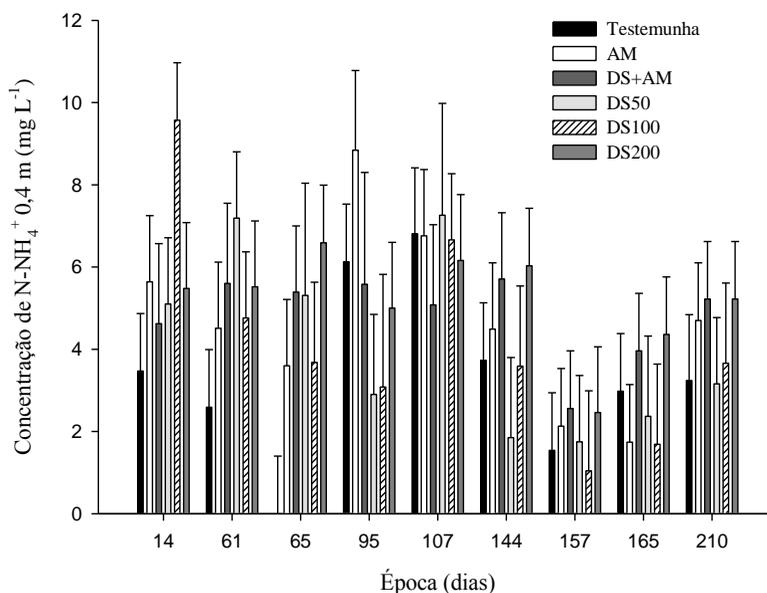
Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

### 5.3.2 Nitrogênio na solução do solo

Os teores de N amoniacal ( $\text{N-NH}_4^+$ ) na média da solução extraída durante as coletas foram menores que os teores de  $\text{N-NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ , com uma relação de 40% a 60% na profundidade de 0,4 m e de 38% a 62% na profundidade de 0,8 m respectivamente para as formas de N. Apesar de no dejetto predominar a forma de  $\text{N-NH}_4^+$ , as concentrações dessa forma na solução foram menores, demonstrando pouca mobilidade do N em profundidade no solo e, ou à sua rápida transformação a  $\text{N-NO}_3^-$ . Isso se explica em razão do solo ser bem drenado, com predomínio de condições aeróbias, onde o  $\text{N-NH}_4^+$  é oxidado a  $\text{N-NO}_3^-$ , pelo processo de nitrificação. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2001), em Latossolo Amarelo Distrófico com aplicação de lodo de esgoto.

O  $\text{N-NH}_4^+$  encontrado nas coletas variou de valor  $<0,07 \text{ mg L}^{-1}$  na testemunha aos 65 DAAF a  $9,57 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento DS100 aos 14 DAAF (Figura 4). No geral, as concentrações de amônio foram baixas. Os tratamentos não provocaram diferenças para  $\text{N-NH}_4^+$  nas profundidades avaliadas. Entretanto, observou-se aumento no teor de amônio aos 95 DAAF, devido à aplicação de N em cobertura nos tratamentos AM e DS+AM, sendo que as duas aplicações concentraram-se após a coleta dos 65 DAAF.

Figura 4- Concentração de N Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de  $25 \text{ m}^3$  (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF).



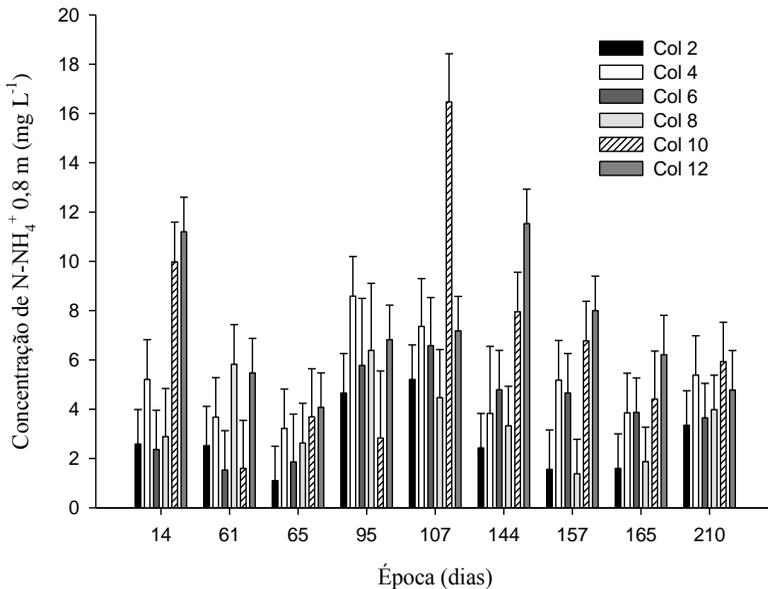
Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Verificou-se aumento da concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  no tratamento AM a 0,4 m e a 0,8 m (Figura 5) com o aumento das doses de N aplicadas em relação ao tratamento DS+AM. Neste

tratamento a maior parte do N adicionada foi na forma de DS, com uma dose de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Figura 5- Concentração de N Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de  $25 \text{ m}^3$  (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

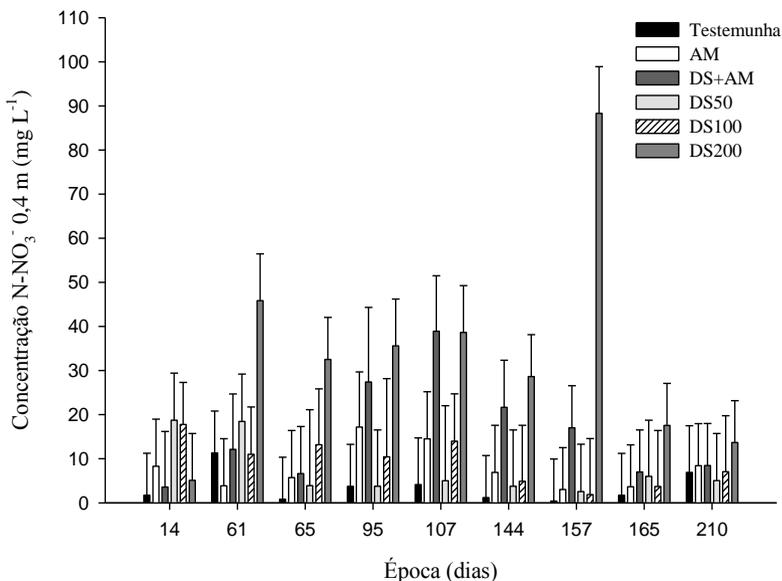
Os tratamentos DS100 e DS200 (Figura 5) demonstraram maiores perdas de N amoniacal em relação aos demais tratamentos, realçando que elevadas doses de DS pode favorecer a lixiviação de cátions ( $\text{NH}_4^+$ ) com baixa energia de ligação nos colóides do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Cassol et al. (2012) onde analisaram na mesma área experimental, relatam que a precipitação é suficiente para provocar a percolação de água no solo, o qual está demonstrada na Figura 1, e o incremento de cátions pelas altas doses de dejetos, que sem causar expressiva alteração nas cargas do solo, provoca a lixiviação dos mesmos. Essa alta lixiviação de N amoniacal na profundidade de 0,8 m nas maiores doses (DS100 e DS200) pode também estar relacionada com alta concentração de Ca adicionada no perfil pelo próprio DS, conforme está demonstrado mais a frente neste trabalho, em que sem o aumento do pH, parte do Ca acaba se ligando as cargas negativas, lixiviando maior quantidade de  $\text{N-NH}_4^+$ , o qual compete com as cargas do solo.

Também foi observada aumento na lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  na coleta 95 DAAF, devido a aplicação da adubação de cobertura com ureia nos tratamentos AM e DS+AM. Efeito significativo somente ocorreu no tratamento AM. Isso ocorre devido a aplicação de altas doses, elevando os teores desse nutriente e facilitando a lixiviação por não haver cargas suficientes para sua adsorção.

Para a concentração de N nítrico na solução do solo, o tratamento DS200 mostrou-se superior aos demais na profundidade de 0,4 m (Figura 6). As concentrações de N tanto na forma amoniacal como na forma nítrica, foram superiores para o tratamento DS200, ressaltando que a maior dose de dejetos provoca maior lixiviação do  $\text{N-NO}_3^-$  na faixa de profundidade avaliada. Destaca-se que nessa profundidade, as raízes não apresentam absorção significativa de nutrientes (SEIXAS et al., 2005). Cerca de 70% das raízes do milho se encontram na camada de 0-20 cm (FANTE et al., 1994). Outro aspecto está

relacionado com a correção da acidez do solo que foi realizada na camada de 0-20 cm, diminuindo o crescimento radicular nessa região, causando a perda de N mineral para camadas mais profundas do solo até atingir o lençol freático.

Figura 6- Concentração de N Nítrico ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférrico a 0,4 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25  $\text{m}^3$  (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Pesquisas semelhantes relatam que houve perdas significativas de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo onde ocorreram altas precipitações, que observou a lixiviação de nutrientes em áreas fertirrigadas de citros demonstrando a lixiviação de nitrogênio na forma de nitrato (SOUZA et al., 2012).

De acordo com Jadoski et al. (2010), os íons de nitrato por não serem retidos no solo por possuírem carga negativa, e o solo possui carga líquida negativa, ficam dissolvidos em sua solução, e podem ser lixiviados em maior ou menor grau, em função da percolação da água no perfil do solo, reduzindo sua disponibilidade para as plantas, com riscos de contaminação das águas de superfície e sub superfície.

Segundo USEPA (1995) e a Resolução CONAMA nº 420 de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, teores acima de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de N na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na água potável e/ou subterrânea pode ser prejudicial à saúde humana. Observou-se teores acima deste limite no tratamento DS200 em todas as épocas de coletas e no tratamento DS100 nas cinco primeiras coletas (14 até 107 DAAF). Já na dose DS50, este comportamento somente foi observado nas duas primeiras coletas (aos 14 e 61 DAAF).

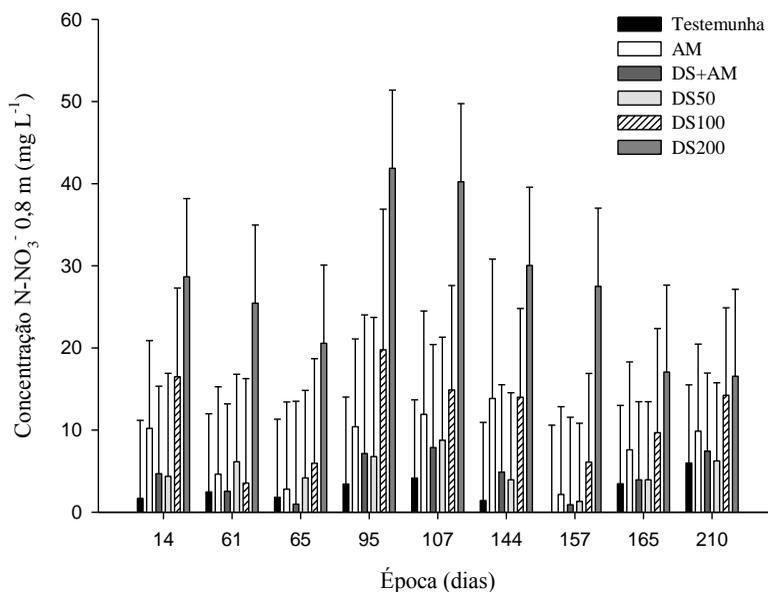
No tratamento AM, a concentração de N foi superior a  $10 \text{ mg L}^{-1}$  nas duas coletas posterior a aplicação do N em cobertura, que foram aos 95 e 107 DAAF. Este fato ocorreu pela realização da adubação de cobertura com ureia, fonte amídica de N, mas que sofreu rápida transformação, inicialmente a amônio e, em seguida, a nitrato e acabou elevando os teores de N na solução do solo.

À exceção do tratamento DS200, que provocou a lixiviação do N em todas as épocas de coleta, observou-se, em geral, uma leve diminuição do N lixiviado para os demais

tratamentos em relação ao tempo de coleta (APÊNDICE C, Figura 7). Aos 144 e 165 DAAF obteve-se os menores valores de N nítrico, ocasionado pela alta exigência de N pela cultura do milho completar seu ciclo. Nessa fase do ciclo a cultura se encontrava no estágio reprodutivo (R2 – R3), em pleno enchimento de grãos, fase esta que necessita grande demanda de água e nutrientes, diminuindo a lixiviação dos mesmos e coincidindo com a época de menor intensidade de chuvas.

A alta lixiviação do N mineral nos solos está relacionada com as altas doses de fertilizante aplicada, e a alta precipitação pluviométrica na região sul do Brasil, ocasionando a lixiviação de nutrientes que estão prontamente disponíveis na solução do solo. GROHSKOPF et al. (2015) estudando as formas de acúmulo de N no solo, com os mesmos tratamentos estudados neste trabalho, detectaram que nos tratamentos com doses de DS o N se acumula em formas mais lábeis, possibilitando maior absorção de N pelas plantas e, possivelmente, maiores perdas de acordo com o tempo, consoante aos fertilizantes minerais.

Figura 7- Concentração de N Nítrico ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférrico a 0,8 m de profundidade, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de  $25 \text{ m}^3$  (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Altas doses de DS aplicadas na superfície do solo ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) contribuíram para a lixiviação de N nítrico nas profundidades avaliadas (0,4 e 0,8 m), ressaltando a importância do controle das doses utilizadas, devendo ser aplicadas conforme a exigência da cultura. A utilização dessas altas doses, como  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , também resulta na adição de quantidades significativas de Nitrogênio Total (NT), chegando a  $460 \text{ kg ha}^{-1}$  de NT, enquanto no tratamento AM foram adicionados  $170 \text{ kg ha}^{-1}$  para uma expectativa de rendimento da cultura do milho de  $11 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

### 5.3.3 Fósforo na solução do solo

Através da análise pelo método de colorimetria, descrito por Murphy & Riley (1962), para detectar o P inorgânico das amostras e também pelo Espectrofotômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado (ICP), para determinar o P total da amostra, não foi detectado a concentração de P na solução do solo nas profundidades de 0,4 m e 0,8 m até com doses como  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS por ano. Isso indica que o P se liga fortemente aos colóides do solo nas camadas superficiais do perfil do solo, principalmente por complexo de esfera interna ou adsorção específica (ERNANI, 2008), não sendo disponibilizado para a solução do solo nessas profundidades avaliadas. Profundidades abaixo da camada arável nos solos do sul do Brasil, como o Latossolo desse estudo possuem pH baixo, o que diminui a disponibilidade do P na solução.

Resultados encontrados por diversos autores relatam também que não houve perdas por percolação ou lixiviação de P no perfil do solo conduzido sob um Argissolo Vermelho distrófico arênico com doses de DS até  $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (BASSO et al., 2005), o que acaba concordando com os resultados do presente trabalho. Assim, a principal forma de perdas de P pode ser por escoamento superficial (CERETTA et al., 2010; DOBLINSKI et al., 2010; HORTA et al., 2012). Entretanto,

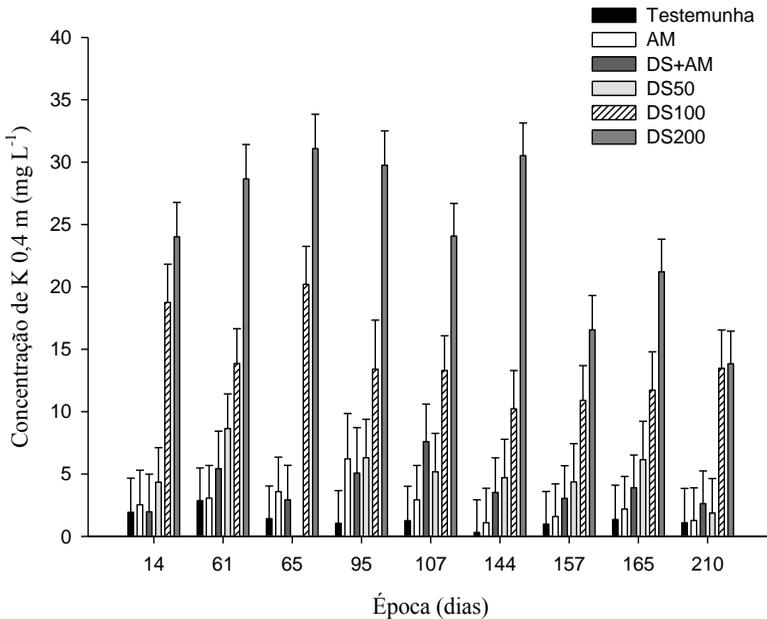
outros autores também detectaram incrementos significativos de N e P nas camadas até 30 cm e incrementos de P e K em camadas até 60 cm com adubação de DS até 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o que indica indesejáveis consequências ambientais e econômicas, demonstrando necessidade de racionalização desse fertilizante (LOURENZI et al., 2013). Ainda, foram encontradas quantidades razoáveis de P na água de drenagem coletada com lisímetros de drenagem instalados em Latossolo numa profundidade de 0,9 m com a utilização de água residuária de suínos (ARS) nas doses de 0, 100, 200 e 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (MAGGI et al., 2011).

#### **5.3.4 Potássio na solução do solo**

As concentrações de K na solução do solo variaram de 0,31 mg L<sup>-1</sup>, no tratamento Testemunha a 0,4 m de profundidade aos 144 DAAF à 31,1 mg L<sup>-1</sup> no tratamento com maior dose de DS (DS200) aos 65 DAAF. Já na profundidade de 0,8 m, a concentração variou de 0,68 mg L<sup>-1</sup> na Testemunha aos 210 DAAF até 17,2 mg L<sup>-1</sup> de K no tratamento DS200 aos 165 DAAF (Apêndice D).

De modo geral, o tratamento DS200 foi superior aos demais, com exceção, nas coletas aos 14, 157 e 210 dias que se igualou com o DS100, na profundidade de 0,4 m (Figura 8).

Figura 8- Concentração de K a 0,4 m de profundidade na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

A área experimental encontra-se em região que a evaporação é menor que a precipitação pluviométrica, resultando em lixiviação dos íons livres na solução do solo. Pesquisa semelhante com K realizada em pomar de laranjeiras

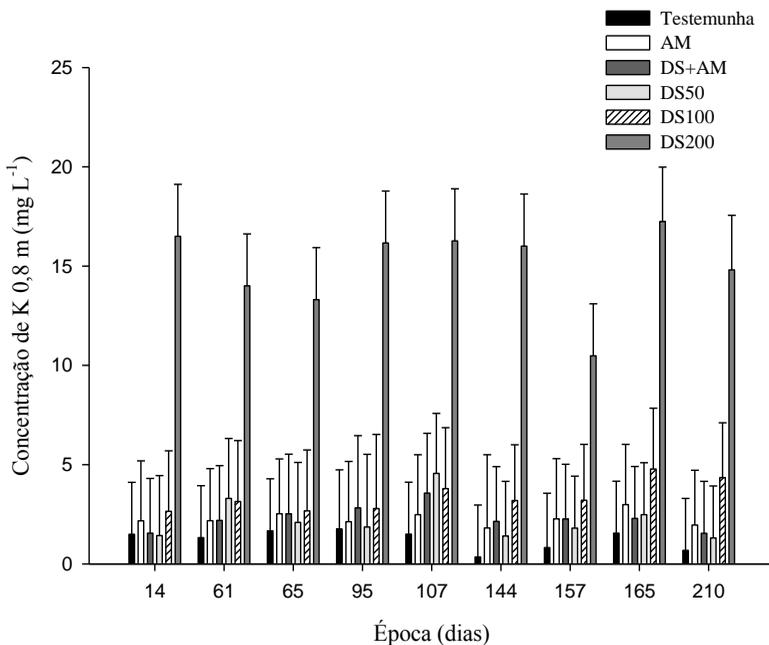
com adubação mineral com doses de 0, 25, 50, 10 e 200% da recomendada para a cultura, relatam que houve perdas significativas de K na solução do solo onde ocorreram altas precipitações, demonstrando a lixiviação dos mesmos (SOUZA et al., 2012). Em áreas de integração lavoura pecuária (ILP) com intensa carga animal, também pode ocorrer a liberação de grandes quantidade de K pelas excretas dos animais, principalmente pela urina, levando à lixiviação de K no solo (FERREIRA et al., 2009).

O K no solo é adsorvido por ligações do tipo eletrostática, ligação iônica de baixa energia com as superfícies. Isso demonstra a rápida reposição de K da fase sólida do solo para a fase líquida do solo (ERNANI, 2008), ficando livres para a absorção pelas raízes das plantas ou livres para lixiviação.

A adição de cátions bivalentes ( $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) pelo DS em altas doses, como os tratamentos DS100 e DS200, favorece a lixiviação do  $\text{K}^+$  para camadas mais profundas do solo. Isso ocorre devido à criação de cargas pela adição de DS ser insuficiente para todos os cátions incorporados, restando a adsorção de cátions bivalentes primeiramente, conforme observado na profundidade de 0,4 m. Entretanto, nessa profundidade, houve diferença nos tempos de coleta somente nos tratamentos com DS.

Na profundidade de 0,8 m, o tratamento DS200 também foi superior aos demais em todas as épocas de coleta, demonstrando o alto potencial de lixiviação de K (Figura 9). Apesar de que cultivos no sistema plantio direto diminuam as perdas de K por lixiviação em relação ao sistema de cultivo convencional que está relacionado com a incorporação dos restos culturais (LOZANO-GARCÍA; PARRAS-ALCÁNTARA; MURIEL-FERNÁNDEZ, 2011).

Figura 9- Concentração de K a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

O tratamento DS200 foi superior aos demais pela alta aplicação anual de DS, pois no ano 2013 a dose de dejetos adicionou em torno de 340 kg ha<sup>-1</sup> de K em uma única aplicação, enquanto o tratamento AM adicionou 80 kg ha<sup>-1</sup> (CQFS-RS/SC,

2004) para uma expectativa de rendimento de 11 Mg ha<sup>-1</sup>. Isso explica a sua lixiviação intensa do elemento em profundidade.

Na profundidade de 0,8 m, houve diferença somente no tratamento DS200, mas que se igualou ao AM e DS100 no tempo de coleta 157 DAAF.

O K não faz parte estrutural da matéria orgânica, mas pode estar ligado às cargas negativas criadas pela mesma (CERETTA et al. 2003). Portanto, no dejetos encontra-se totalmente dissolvido na forma mineral solúvel, sendo todo ele disponibilizado imediatamente após a aplicação do DS.

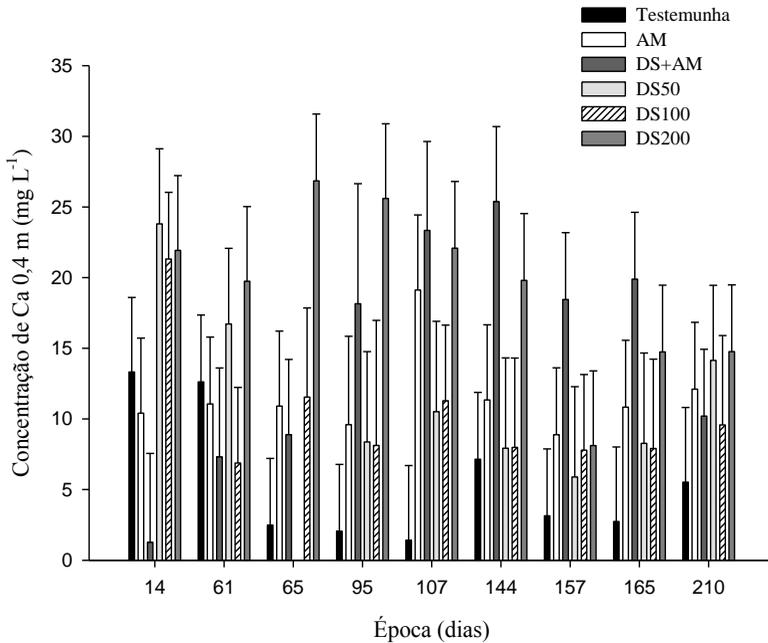
A resolução CONAMA n° 420 de 2009 não regulamenta teores limites de K nas águas subterrâneas em áreas que receberam resíduos orgânicos, não tendo grandes problemas com a ingestão deste nutriente pelos humanos, pois é exigido em grandes quantidades, diferente do observado pelas formas de N e P.

### **5.3.5 Cálcio na solução do solo**

Não houve diferença significativa na concentração de Ca entre os tratamentos em relação ao tempo de coleta e em função da profundidade de coleta (tanto a 0,4 quanto a 0,8 m) (APÊNDICE E).

Aos 14 DAAF a concentração de Ca no tratamento DS+AM foi menor que as demais na profundidade de 0,4 m. Já aos 65 DAAF, as maiores doses de DS (DS100 e DS200) propiciaram as maiores concentrações e conseqüentemente lixiviação de Ca para a profundidade de 0,4 m. O DS50 ficou abaixo dos demais tratamentos aos 95 DAAF, igualando-se a testemunha e evidenciando a baixa lixiviação de Ca daquele tratamento (Figura 10).

Figura 10- Concentração de Ca a 0,4 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suínos na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suínos nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.

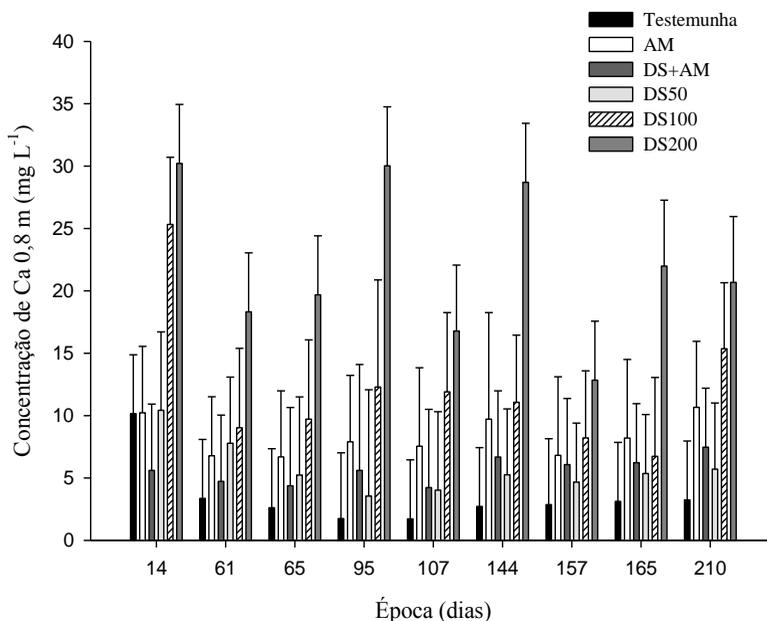


Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Na profundidade 0,8 m a lixiviação de Ca se tornou mais evidente, mostrando, de modo geral, que os tratamentos com as maiores doses de DS foram superiores aos demais nos tempos de coletas 14, 95, e 165 DAAF. Aos 61, 65, 107 e 210 DAAF todos os tratamentos foram superiores à Testemunha (Figura 11).

Figura 11- Concentração de Ca a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Pesquisa realizada por SILVA; ROSOLEM; WONG (2004) demonstra que não há efeito de liberação de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  para a solução do solo coletada, devido à utilização de cápsulas porosas de cerâmica, demonstrando a confiabilidade da solução coletada para esses nutrientes.

A maior parte das rações comerciais apresenta grandes quantidades de  $\text{Ca}^{+2}$ , podendo ser de fonte mineral através da moagem de rochas ricas em  $\text{Ca}^{+2}$ , como os calcários calcíticos, à base de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), ou dolomíticos, contendo carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), adicionando também  $\text{Mg}^{+2}$ . Ou pela própria composição dos ingredientes utilizados na fabricação das rações, como a soja principalmente, que possui valores significativos desses nutrientes.

Com a utilização de doses elevadas de DS se acaba incorporando grandes quantidades de  $\text{Ca}^{+2}$  no solo. O DS aplicado na área apresentou  $1,9 \text{ kg m}^{-3}$  de  $\text{Ca}^{+2}$  na média das aplicações realizadas (CASSOL et al., 2012). Com a maior dose de DS foi adicionado  $380 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{+2}$  por ano de aplicação, ou seja, se adicionássemos calcário calcítico na área, precisaríamos de  $950 \text{ kg}$  de calcário calcítico para adicionar a mesma quantia de  $\text{Ca}^{+2}$  adicionado por essa dose do DS anualmente.

Um ponto positivo da adição de  $\text{Ca}^{+2}$  em profundidade no perfil do solo é a diminuição do  $\text{Al}^{3+}$  na camada de 30-40 cm, observada nas duas maiores doses de DS, o que também pode ser devido à formação de complexo organometálico, já que ocorreu sem que tenha havido aumento significativo no pH do solo, observado por Cassol et al. (2012) na mesma área experimental. Esse complexo pode ter se formado em ácidos, ou outros compostos orgânicos solúveis, que provavelmente derivaram da decomposição do DS e se deslocaram no perfil (CASSOL et al., 2012). Isso representa uma diminuição no  $\text{Al}^{3+}$

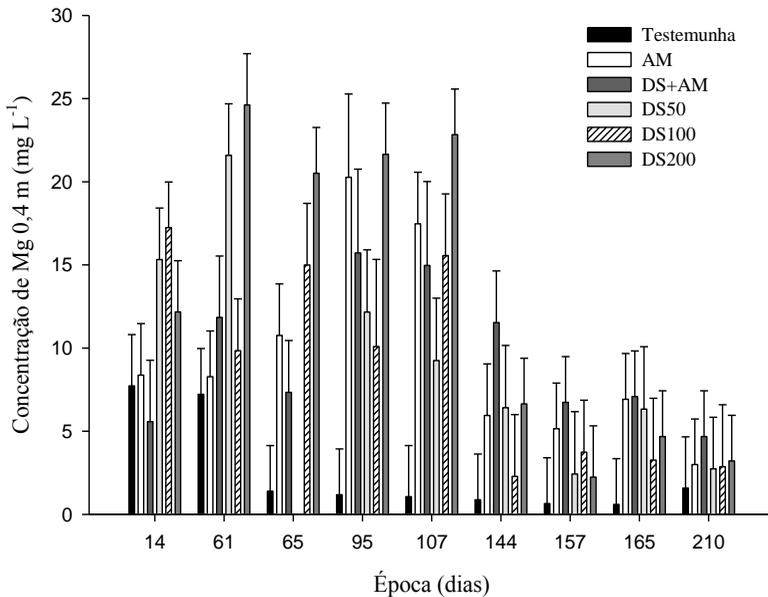
em subsuperfície o qual favorece o crescimento radicular em profundidade, e em consequência acaba diminuindo o estresse hídrico das plantas em períodos de estiagem.

### **5.3.6 Magnésio na solução do solo**

As concentrações de  $Mg^{+2}$  na solução do solo variaram de  $0,60 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento Testemunha aos 165 DAAF até  $22,8 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento DS200 aos 107 DAAF e na profundidade de 0,4 m. Na profundidade de 0,8 m, foram encontrados valores no entorno de  $0,44 \text{ mg L}^{-1}$  no tratamento Testemunha aos 157 DAAF, até  $25,9 \text{ mg L}^{-1}$  no DS200 na coleta de 95 DAAF (APÊNDICE F).

A lixiviação de  $Mg^{+2}$  concentrou-se nas primeiras coletas, e de modo geral, dos 14 DAAF aos 144 DAAF obtiveram-se as maiores concentrações na solução do solo (Figura 12).

Figura 12- Concentração de  $Mg^{+2}$  a 0,4 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25  $m^3$  (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200)  $m^3 ha^{-1}$  em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

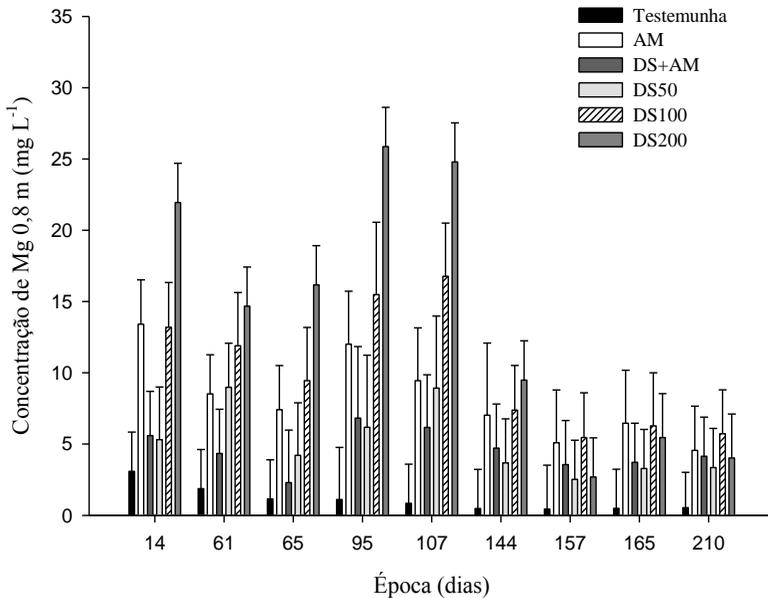
Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Essa alta lixiviação de  $Mg^{+2}$  está relacionada com as grandes doses de DS aplicadas nos tratamentos, o qual

incrementa teores consideráveis desse elemento no solo. Afeta também o equilíbrio químico (Lei da Ação das Massas) em que a fase sólida do solo está em constante equilíbrio com a fase líquida, ou seja, com a solução do solo. Toda vez que alterada a concentração, resulta em um novo equilíbrio (ERNANI, 2008).

Na profundidade de 0,8 m ocorreu maior intensidade de lixiviação de  $Mg^{+2}$  nos tempos de coletas 14 aos 107 DAAF nas duas maiores doses de DS. Aos 14 DAAF o tratamento DS200 foi superior aos demais. Já nos 61 e 144 DAAF a maior dose se igualou as demais, com exceção a Testemunha, e a partir dos 157 DAAF não houve diferença entre os tratamentos. Nas coletas 65, 95 e 107 DAAF as doses de 100 e 200  $m^3 ha^{-1}$  de DS foram superiores aos demais tratamentos (Figura 13).

Figura 13- Concentração de Mg a 0,8 m na solução de Latossolo Vermelho Distroférico, submetido à adubação anual com adubo mineral (AM), adubo mineral combinado com dejetos suíno na dose de 25 m<sup>3</sup> (DS+AM) e dejetos suíno nas doses de 0 (Testemunha), 50 (DS 50), 100 (DS 100) e 200 (DS200) m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em coletas realizadas no período de 14 a 210 dias após a aplicação dos fertilizantes (DAAF). Médias de quatro repetições.



Fonte: Produção do próprio autor.

Gráfico de colunas com barra de erros padrão.

Essa lixiviação de Mg<sup>+2</sup> teve maior intensidade nos primeiros tempos de coleta, o que pode ser explicado pelo raio iônico hidratado do Mg<sup>+2</sup> ser menor que os outros cátions

bivalentes, facilitando a descida no perfil do solo e dificultando a ligação nas cargas do solo. Outro aspecto está relacionado com que o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  formam complexos de esfera externa com os colóides do solo, fenômenos de superfície cujos íons se ligam com as cargas existentes nos colóides (ERNANI, 2008); desta forma, os referidos cátions estão no complexo de troca fracamente adsorvidos, podendo ser deslocados por outros cátions e, assim, ser lixiviados (LUCHESE; COSTA; JÚNIOR, 2008).

Outro aspecto detectado por Ernani et al. (2007) foi que a incorporação do KCl aos solos antecipou a lixiviação dos dois cátions (Ca e Mg), relativamente aos tratamentos em que o fertilizante potássico foi adicionado à superfície dos solos, mas não interferiu na quantidade lixiviada. No caso do DS, as adições de K são mais intensivas que as adições de Ca e Mg, favorecendo a lixiviação nas primeiras épocas de coletas.

A adição de DS ao solo adiciona  $\text{Mg}^{+2}$  que estava fazendo parte da composição das rações utilizadas na alimentação dos suínos. O DS aplicado na área experimental adicionou  $0,8 \text{ kg m}^{-3}$  de  $\text{Mg}^{+2}$  na média dos anos de aplicação (CASSOL et al., 2012). Na maior dose pesquisada neste trabalho (DS200), adicionou-se em média  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{Mg}^{+2}$  por ano de aplicação do DS.

As concentrações dos íons na solução do solo, à profundidade de 150 cm, sob pastagem contínua e integração lavoura-pecuária, são as mais baixas, o que indica menores riscos de lixiviação, em comparação às de áreas de lavoura contínua, principalmente àquelas com preparo do solo convencional; nesses sistemas, o íon nitrato apresenta maior potencial de perdas por lixiviação (OLIVEIRA et al., 2011).

Portanto, é de se pensar no uso adequado de DS como fertilizantes, considerando a concentração dos nutrientes e de matéria seca no DS a ser aplicado, restringindo seu uso em ambientes com solos mais arenosos e com declividade acentuada, diminuindo assim as perdas de nutrientes ao meio.

Uma estratégia para o uso de maiores doses de DS é a utilização em áreas que possuam cobertura vegetal o ano inteiro como pastagens perenes e que seja exportado maior quantidade de nutrientes, na extração da parte aérea das culturas como silagens e fenos. Estudos relacionados realizados por Oliveira et al. (2011) demonstram que pode ser utilizado maiores doses em sistema de pastagem contínua e ou integração LP os quais há menores perdas por lixiviação principalmente na forma de  $\text{N-NO}_3^-$ .

## 5.7 CONCLUSÕES

As perdas de N mineral na solução do solo ocorrem preferencialmente na forma do ânion  $\text{N-NO}_3^-$ . Entretanto, altas doses de DS promovem a lixiviação de cátions no perfil do solo como o N na forma de  $\text{NH}_4^+$ . A maior dose de DS ( $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) apresentou os maiores teores de N na solução do solo em profundidade, demonstrando que a aplicação repetitiva do DS nessa dose incorre em perdas expressivas de N por lixiviação.

Não houve perdas de P por lixiviação na solução do solo nas profundidades avaliadas de 0,4 m e 0,8 m, com doses de até  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de dejetos suíno.

Perdas de cátions básicos ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) por lixiviação foram verificadas na solução do solo com o aumento da dose de DS até  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aplicadas superficialmente durante treze anos, num Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado com sucessão milho-aveia.

## 6 CAPÍTULO II. PRODUTIVIDADE DE FITOMASSA E GRÃOS DE MILHO EM LATOSSOLO VERMELHO APÓS TREZE ANOS DE ADUBAÇÕES COM DEJETO SUÍNO

### RESUMO

O crescente consumo de carne suína no mundo, incentiva a produção de suínos em países com esse potencial, resultando em grandes volumes de dejetos para descarte. O objetivo desse trabalho foi avaliar a produtividade de fitomassa e rendimento de grãos de milho sob um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de aplicações anuais nas doses crescentes de Dejeto Suíno (DS 0, 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), adubação mineral (AM) e combinada (DS+AM). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições. Com o aumento da dose de DS houve aumento de rendimento da cultura de milho, tanto para grãos e principalmente para produção de fitomassa de parte aérea. Nas doses de 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> obteve-se os maiores rendimentos de fitomassa de parte aérea após treze anos de aplicações controladas, sendo maior que o tratamento AM.

**Palavras-chave:** Esterco, Adubação orgânica, *Zea mays*, Biomassa.

## 6.1 INTRODUÇÃO

Com o crescente consumo de alimentos proteicos e o aumento do poder aquisitivo da população, verifica-se o crescimento nos setores produtores de carnes e derivados, principalmente em países com extensa área produtiva como o Brasil. Esse desenvolvimento das unidades produtoras de alimentos resulta na concentração da produção em propriedades sem área suficiente para o destino dos dejetos, sendo o principal problema o acúmulo desses resíduos.

Um dos pontos importantes é o estudo desses resíduos para minimizar seus efeitos poluidores ao meio ambiente e aumentar o rendimento das culturas de importância econômica no país.

O Brasil ocupa a quarta posição no ranking como produtor e exportador de carne suína (MAPA, 2014b). Isso demonstra a importância da atividade e o seu potencial de produção de dejetos nas regiões de criação intensiva.

De acordo com Seidel et al., (2010) é importante reduzir os custos de produção e que cerca de 40% dos custos das lavouras são de fertilizantes químicos. Assim, torna-se importante a utilização dos fertilizantes ditos orgânicos, derivados de dejetos animais, pois na atualidade a agricultura busca aumento na produtividade e a redução de custos.

O dejetos suíno possui quantidade razoável de nutrientes em sua composição. Os nutrientes que estão em maior quantidade são principalmente N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O consistindo, em sua média, de 2,8, 2,4 e 1,5 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente (CQFS, 2004).

Vários autores verificaram efeitos benéficos do dejetos suíno na produtividade do milho em se tratando de fornecimento de nutrientes para a cultura (GIACOMINI & AITA, 2008; LÉIS et al., 2009; CASSOL et al., 2012; MORAES et al., 2014). Pesquisas realizadas com dejetos suíno e comparadas com adubação mineral, não diferiram entre si num curto período de

tempo com doses até 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e adubações combinadas de cobertura com dejetos suíno e adubo mineral (DAUDÉN; QUÍLEZ, 2004; SEIDEL et al., 2010), relatando a eficiência no fornecimento de nutrientes para as culturas.

Porém, quando lançados ao solo em grandes quantidades e sem o manejo correto, causam desequilíbrio quantitativo na oferta de nutrientes às plantas (HOUNTIN, 2000 e CERETTA, 2003). Se as quantidades adicionadas forem maiores, haverá acúmulo de nutrientes no solo, resultando, a médio e longo prazo, numa série de inconvenientes de expressão econômica (BURTON, 1996; GUARDINI ET AL., 2012).

Portanto, com o intuito de avaliar a melhor dose de dejetos suíno a ser aplicada para a obtenção dos melhores rendimentos das culturas agrícolas, desenvolveu-se o presente trabalho avaliando-se a produtividade de fitomassa de parte aérea de milho e aveia, o rendimento de grãos de milho e os teores foliares de nutrientes na cultura do milho num Latossolo Vermelho Distroférico, após treze anos de aplicações de dejetos suíno (DS) com doses crescentes de dejetos suíno, adubo mineral solúvel (AM) e DS combinado com AM.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado a campo no município de Campos Novos/SC, em altitude de 908 m, durante o período de outubro de 2013 à junho de 2014. O local do experimento se situa nas coordenadas 27°23'33" de latitude sul e 51°21'48" longitude oeste e em altitude de 862 m acima do nível do mar. Apresenta clima mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), segundo a classificação de Köppen. As chuvas são distribuídas durante o ano e as médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.480 mm e 16°C, respectivamente (EPAGRI/CIRAM, 2013).

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2013). Os principais atributos

químicos do solo na implantação do experimento em 2001 estão descritos na Tabela 1, sabendo-se que anteriormente a área vinha sendo utilizada com cultivos de plantas de lavoura como milho, soja, trigo, feijão e aveia num sistema de plantio direto. Na safra anterior a implantação do experimento 2000/2001, o produtor aplicou em área total, uma dose de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos suíno.

O experimento foi implantado em novembro de 2001 com objetivo de avaliar os efeitos da adição continuada de dejetos suíno em diversas doses, no rendimento da cultura, nas características químicas, físicas e biológicas.

### **6.2.1 Tratamentos utilizados e delineamento experimental**

Foram utilizados sete tratamentos consistidos de adubação com dejetos suíno (DS) nas doses de DS 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , adubo mineral combinado com dejetos suíno (DS+AM) na dose de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e adubo mineral solúvel (AM). O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso com quatro repetições.

As doses de adubo para os tratamentos combinado e AM foram definidas segundo recomendações da CQFS-RS/SC (2004), para uma expectativa de rendimento da cultura do milho de  $11 \text{ Mg ha}^{-1}$ . O AM foi aplicado em doses equivalentes a 170, 130 e  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente e o DS+AM em doses conjuntas de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS, mais aproximadamente 75, 16 e  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente, aonde foi determinado a quantidade de nutriente adicionada pelo DS e diminuído da exigência da cultura. Os dois últimos tratamentos foram definidos com base em recomendações da CQFS-RS/SC (2004). No tratamento AM, o N foi aplicado em parcelas de 20% na base e o restante, divididos em duas coberturas realizadas no estágio V5 e V9 da cultura do milho, conforme descrito por Ritchie et al. (1993). No tratamento DS+AM, o N da fonte

mineral solúvel foi totalmente aplicado em uma cobertura na primeira época comentada acima.

Os fertilizantes solúveis empregados como fontes de N, P e K foram ureia, superfosfato triplo (SFT) e cloreto de potássio (KCl), respectivamente.

### **6.2.2 Características do dejetos suíno**

O DS utilizado nas diversas aplicações (Tabela 3) foi gerado por animais em terminação, sendo recolhido e armazenado em esterqueira descoberta por cerca de 120 dias antes das aplicações no solo. O DS aplicado em 2013 apresentou 1807 e 39,1 mg L<sup>-1</sup> de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, respectivamente.

Tabela 3- Teores de massa seca (MS), nitrogênio total (NT), fósforo (P) e potássio (K) do dejetos suíno gerado por animais em fase de terminação empregado anualmente em experimento a campo no período de 2001 a 2013 num Latossolo Vermelho Distroférico.

Aplicação ano	MS	NT	P	K
	----- kg m <sup>-3</sup> -----			
10/2001	66	3,4	1,4	1,2
11/2002	26	2,6	1,0	1,2
10/2003	32	2,6	1,1	1,3
10/2004	43	3,7	1,4	1,5
10/2005	56	3,2	1,5	1,1
10/2006	46	4,6	2,8	1,7
10/2007	55	2,7	1,8	1,1
10/2008	68	2,4	0,4	1,3
10/2009	69	6,6	1,1	3,5
10/2010	41	4,1	1,9	2,0
10/2011	61	3,5	1,7	1,8
10/2012	43	3,8	1,4	1,9
10/2013	22	2,3	1,4	1,7
<b>Média</b>	48,3	3,5	1,5	1,6

Fonte: o próprio autor.

### 6.2.3 Modo de aplicação

O dejetos suíno e as fontes de adubo mineral foram aplicados homogeneamente na superfície do solo. Utilizou-se um distribuidor de esterco líquido da marca Mepel de 8000 mil litros acoplado por uma mangueira de uma polegada e meia, para ter vazão homogênea do esterco e facilitar a deposição do dejetos na área experimental. A fonte mineral foi espalhada manualmente sobre a superfície das parcelas.

### 6.2.4 Amostragem e colheita de plantas

A amostragem de folhas de milho foi realizada em janeiro com a retirada do terço médio da folha abaixo e oposta a folha bandeira de dez plantas por parcela, em fase de

pendoamento (50% das plantas pendoadas) para determinações dos nutrientes na folha, conforme CQFS-RS/SC (2004). Para a estimativa de matéria seca do milho foram amostradas sete plantas inteiras por parcela, englobando assim uma densidade real de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

Já para estimar a produtividade do milho, realizou-se a colheita manual das espigas da área útil da parcela (5,30 x 11 m), totalizando uma área útil de 58,3 m<sup>2</sup> por parcela, seguida da trilha mecânica das espigas, pesagem dos grãos e retirada uma amostra para determinação da umidade e nutrientes nos grãos.

Para a amostragem da aveia, utilizou-se um gabarito de 0,25 m<sup>2</sup> onde foi lançado aleatoriamente na área 3 vezes para obter-se 3 sub-amostras por parcela. Com uma amostragem de 0,75 m<sup>2</sup> por parcela, estimou-se a produtividade por hectare.

A amostragem do Nabo forrageiro não foi realizada, devido desencontro com a época de coleta, pois o produtor acabou dessecando-o antes da amostragem para cultivo do milho na área no entorno do experimento.

A produção de fitomassa foi avaliada mediante a colheita de sete plantas por parcelas dentro da área útil. Essas plantas inteiras, sem raízes, foram secas em estufa a 65°C até peso constante, em seguida foi determinado a massa seca.

### **6.2.5 Análises Química das Plantas**

A análise química das plantas foi realizada conforme metodologia descrita por Tedesco (1995) e o P conforme metodologia de Murphy e Riley (1962).

### **6.2.6 Análises estatísticas**

Utilizou-se o software SAS (Cary, 2008) para análises estatísticas. Quando os resultados foram significativos para a análise de variância ANOVA, foram aplicados teste de médias Tukey a 5 % de significância. Aplicou-se regressão quadrática

para resposta do rendimento, de acordo com as doses de DS avaliadas.

## 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

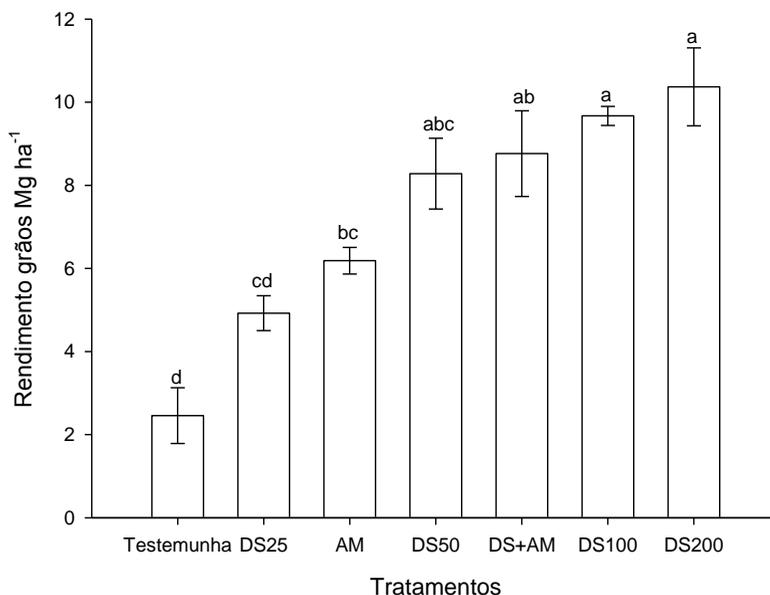
### 6.3.1 Rendimento de grãos e fitomassa de parte aérea

As adubações com DS nas doses maiores que  $50 \text{ m}^3$  apresentaram rendimentos de grãos superiores quando comparadas aos tratamentos testemunha, DS25 e AM (Figura 14). Entretanto, não foi observada diferença entre as doses de DS maiores que  $25 \text{ m}^3$ . Isso indica que altas doses de DS não resultam em maiores rendimentos de grãos de milho, e demonstra que a instrução normativa IN-11 da FATMA (2004) que delimitava o uso de no máximo  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS por ano, quanto ao rendimento de grãos de milho se demonstra eficiente para a fertilização da cultura do milho, sendo que na média das aplicações o DS possuiu  $3,5 \text{ kg m}^{-3}$  de N, suprindo uma exigência da cultura do milho para altos rendimentos. Com esta dose de DS a cultura já alcança a faixa ótima de adubação, ou seja, possibilita 90% do rendimento relativo da determinada cultura.

Resultados semelhantes foram encontrados por (LÉIS et al., 2009), em que a aplicação de doses de DS, de acordo com a CQFS-RS/SC (2004) fica evidente a eficiência no rendimento de grãos com a aplicação de DS. Sabendo que usando critérios para suprir a necessidade de N da cultura acaba acumulando outros nutrientes no solo como o P (GUARDINI et al., 2012) e perdas expressivas de  $\text{NO}_3^-$  como observado no primeiro estudo deste trabalho (Capítulo I). Doses crescentes de N até  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  promoveram aumento significativo no rendimentos de grãos de milho no Planalto Sul de Santa Catarina (SANGOI et al., 2011). Assim, espera-se que a resposta do milho ocorra até essa dose de

N aplicada, acima disso resultará em perdas ao ambiente e com baixa resposta de rendimento de grãos.

Figura 14- Rendimento de grãos de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$  e após treze anos de aplicação do DS.



Fonte: Produção do próprio autor.

Letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Barras no gráfico representam o erro padrão do teste utilizado.

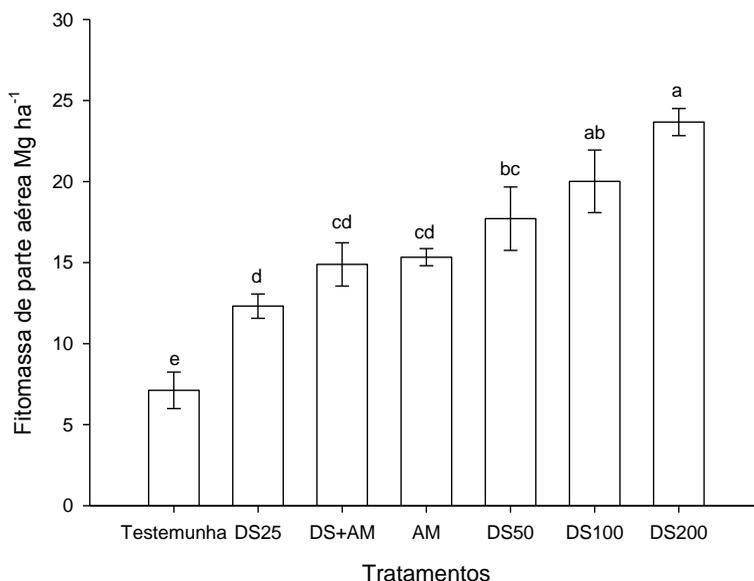
O tratamento AM produziu menos que as duas maiores doses de DS, igualando-se com as menores doses, 25 e 50  $\text{m}^3$  de DS e com o tratamento combinado (DS+AM). Uma justificativa

para a menor produção no tratamento AM está relacionada com a quantidade de nutriente adicionada nas maiores doses de DS (100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>). Outra está relacionada com a leve acidificação do solo que provocou com os anos (Cassol et al., 2012), pois há 13 anos não se corrige a acidez do solo. A utilização de fontes nitrogenadas a base de amônia, com a retirada de material da área pelas colheitas, liberam na sua reação íons H<sup>+</sup>, acidificando o solo (CANTARELLA, 2007).

Entretanto, para a produção de grãos de milho, não há necessidade da aplicação de altas doses de DS, visto que o transporte e a aplicação do resíduo encarecem a produção, elevando seus custos. De outro lado, esse expressivo incremento na dose de DS aplicada no solo deve ser evitado, pois aumenta consideravelmente a probabilidade de acúmulo excessivo de elementos com potencial poluente, como P, Zn e Cu (CASSOL et al., 2012; GUARDINI et al., 2012; LOURENZI et al., 2014).

Diferença significativa também são encontrados entre os tratamentos de fitomassa de parte aérea de milho com as diferentes doses de DS (Figura 15). A maior dose de DS200 foi a mais produtiva em termos de fitomassa de parte aérea de milho, igualando-se somente com a dose de DS100. Isso se explica pelo alto potencial de resposta do milho a adubações nitrogenadas, e que as doses acima citadas são altas e excedem as recomendadas pelo manual de adubação e calagem da CQFS-RS/SC (2004).

Figura 15- Produtividade de fitomassa da parte aérea de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e após treze anos de aplicação do DS.



Fonte: Produção do próprio autor.

Letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Barras no gráfico representam o erro padrão do teste utilizado.

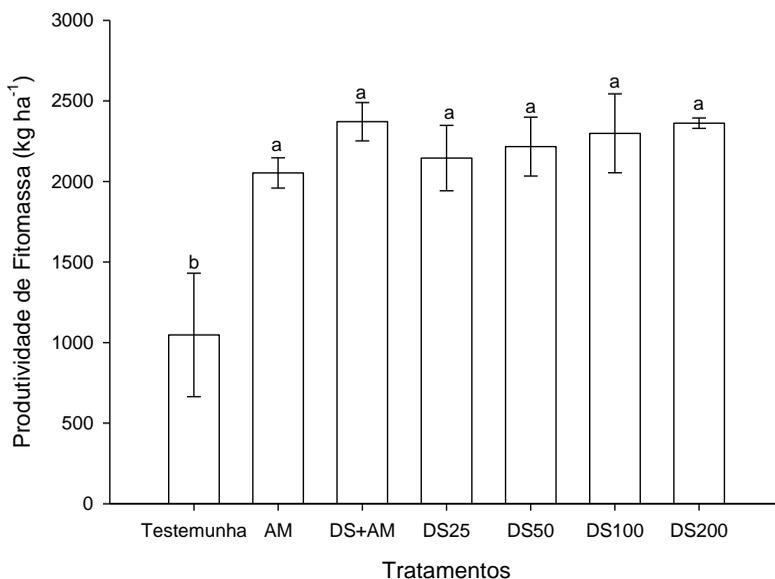
A testemunha obteve a menor produtividade de fitomassa, resultando em 7,1 Mg ha<sup>-1</sup> e o maior rendimento para o tratamento DS200 com 23,7 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de fitomassa de parte aérea. Essas relações podem ser justificadas pela alta adição de nutrientes pela maior dose de DS em relação

a não adição de nenhuma fonte de nutrientes no tratamento Testemunha, restando somente a ciclagem de nutrientes que já existiam na área no momento da implantação do experimento.

Altos rendimentos de fitomassa observados na cultura do milho nas doses de DS100 e DS200 estão relacionados, principalmente, com o alto aporte de N fornecido por esses tratamentos, e uma gramínea de verão com alta resposta as doses de N fornecidas. Resultados encontrados por autores Léis et al., (2009) utilizando DS nas doses para suprir 90 e 180 kg de N, e Sangoi et al., (2011) com adubação mineral até 200 kg ha<sup>-1</sup> de N, obtiveram resultados significativos para rendimento de grãos com doses de N maiores que a fornecida com 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (IN n° 11 da FATMA).

Poucas diferenças foram encontradas na produtividade de fitomassa de parte aérea da aveia branca. Essa diferença foi encontrada somente no tratamento Testemunha, que foi menor em relação aos demais tratamentos (Figura 16).

Figura 16- Produtividade de fitomassa de parte aérea da aveia branca como cobertura na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS.



Fonte: Produção do próprio autor.

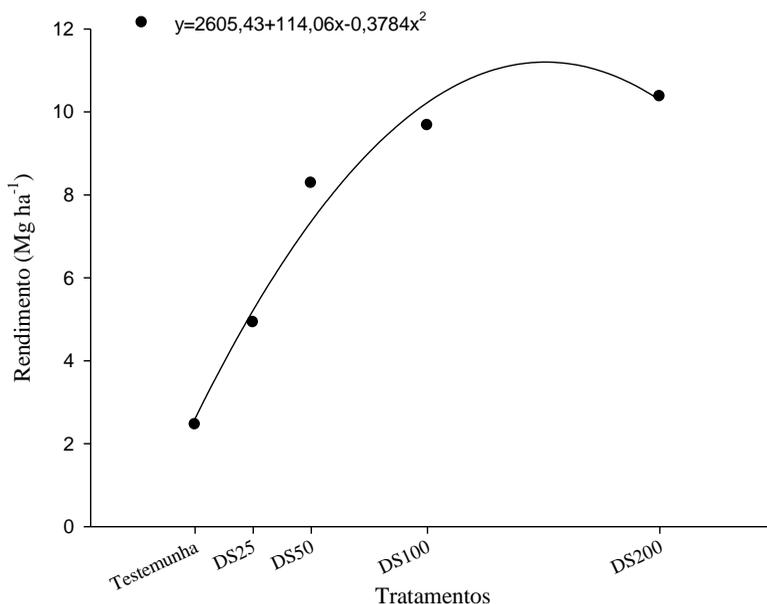
Letras distintas diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Barras no gráfico representam o erro padrão do teste utilizado.

Isso pode estar relacionado com a baixa exigência de nutrientes pela cultura da aveia branca, não respondendo nas doses aplicadas de DS até 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, onde teores relativamente baixos de nutrientes no solo como o tratamento DS25, já são suficientes para o crescimento das culturas de inverno. Segundo

CQFS (2004) são necessários 30, 30 e 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, para a adubação de manutenção da cultura da aveia branca. Não foi avaliada a produção de grãos das mesmas, pois o objetivo dessa cultura era somente cobertura do solo.

O rendimento de grãos de milho aumentou em função das dosagens crescentes de DS aplicadas no solo (Figura 17), seguindo efeito quadrático altamente significativo ( $p < 0,01$ ) em consonância com resultados relatados por Cassol et al. (2012), e Scherer (2013), que testou composto orgânico de suínos. De acordo com a função de produção obtida, o rendimento máximo de grãos (11.200,62 kg ha<sup>-1</sup>) seria teoricamente atingido com aplicação de 150,71 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de DS.

Figura 17- Curva de resposta em função do rendimento de grãos de milho com as doses crescentes de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS numa regressão quadrática em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto num estande de 70.000 plantas ha<sup>-1</sup> e após treze anos de aplicação do DS.



Fonte: Produção do próprio autor.

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Essa alta relação de rendimento de grãos de milho indica que o DS atua como um eficiente fertilizante, alcançando produtividades acima das observadas pelo tratamento com AM. Para melhores resultados na correlação, seria ideal utilizar o histórico de rendimento do milho dos treze anos. Cassol et al. (2012) estudando as doses de máxima eficiência técnica e econômica na mesma área experimental, detectaram isso

utilizando o histórico das oito safras. Verificaram que a dose de máxima eficiência técnica ficou em  $143 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS. A dose de máxima eficiência econômica foi de  $84 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS. Vale ressaltar que para obter esses rendimentos é necessário utilizar doses acima de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS quando utilizado somente a fonte de adubo orgânico conforme concentrações observadas no DS utilizado durante o estudo (Tabela 2).

Mas deve-se encontrar o melhor custo benefício, pois o transporte do DS que se encontra em estado líquido acarreta altos custos, devendo ser deslocado para distâncias menores no entorno da propriedade ou pocilga. Diesel et al. (2002) relatam que distancias de 10 km devem ser utilizados tanques de maior capacidade de transportes.

### **6.3.2 Teor de nutrientes na cultura do milho**

Houve diferença significativa para os nutrientes na folha de milho coletadas em plena floração, com exceção para o Mg (Tabela 4). Sistemas de produção podem remover maior ou menor quantidade de nutrientes do solo. Uma das formas de exportação de nutrientes é a remoção de parte da produção de uma cultura. Assim, para maiores remoções de nutrientes de uma determinada área utiliza-se produção de silagem, que remove toda a parte aérea da cultura. Caso contrário removeria somente os grãos da cultura, onde a palhada é mantida sobre o solo como no sistema de plantio direto que promove a ciclagem desses nutrientes.

O acúmulo de nutrientes pela cultura do milho depende da produção de massa seca e do teor de nutrientes nela contida, estando diretamente ligada ao rendimento da cultura, pois rendimentos diferentes resultarão em diferentes acúmulos de nutrientes.

Tabela 4- Teor de nutrientes na folha de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS, mais DS+AM e AM em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	13,43 c	1,50 c	35,58 b	1,25 b	1,65
AM	26,53 a	3,30 ab	38,10 ab	1,65 a	1,73
DS+AM	27,00 a	3,12 ab	38,60 ab	1,45 ab	1,63
DS25	20,27 b	2,48 b	33,65 b	1,58 ab	1,75
DS50	22,93 ab	3,05 ab	38,38 ab	1,53 ab	1,73
DS100	24,05 ab	3,18 ab	39,60 ab	1,50 ab	1,50
DS200	27,95 a	3,73 a	43,40 a	1,78 a	1,58
CV (%)	9,52	12,33	8,75	10,04	12,45

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV- Coeficiente de Variação dos tratamentos (%).

O N na folha de milho variou de 13,4 no tratamento Testemunha a 27,9 g kg<sup>-1</sup> no tratamento DS200. Apesar da diferença entre os valores, a maioria dos tratamentos encontra-se abaixo da faixa adequada, que é de 27 a 35 g kg<sup>-1</sup>, segundo CQFS-RS/SC (2004).

As doses DS50, DS100 e DS200 não diferiram com a adubação mineral e o combinado com DS e adubo mineral. A testemunha ficou com o menor teor de N na folha, sugerindo problemas na absorção ou deficiência do nutriente no solo, algo verificado pela diagnose foliar, em que as folhas basais acabavam senescendo da extremidade para a base, conforme seu desenvolvimento em forma de “V”.

O comportamento dos teores de P e K na folha de milho foram similares aos do N, onde as maiores doses de DS (DS50, DS100 e DS200) se igualaram com os tratamentos DS+AM e

AM, as quais foram recomendadas pelo manual de adubação e calagem (CQFS-RS/SC, 2004).

Os teores foliares de P na cultura do milho ficaram dentro da faixa adequada ( $2$  a  $4$  g kg<sup>-1</sup>) citada pela CQFS-RS/SC (2004) com exceção do tratamento Testemunha que situou-se abaixo ( $0,15\%$ ). Assim os teores de P nos tratamentos que receberam fertilização situaram-se em níveis adequados no solo para uma boa absorção pelas plantas.

Teores de K foliar encontraram-se acima da faixa adequada ( $17$  a  $35$  g kg<sup>-1</sup>) segundo a CQFS-RS/SC (2004), demonstrando que o nível desse elemento nos solos pode estar muito alto, o que pode se refletir em consumo de luxo do nutriente. O Excesso de K também pode afetar negativamente a absorção de Ca, principalmente Mg (Ernani et al., 2007b).

Os teores de Ca e Mg foliar do milho situaram-se abaixo da faixa adequada ( $2$  a  $8$  g kg<sup>-1</sup> para Ca e  $2$  a  $5$  g kg<sup>-1</sup> para Mg) segundo a CQFS-RS/SC (2004), sugerindo que altos os teores de K no solo podem ter diminuído a absorção de Ca e Mg, conforme detectado nas análises foliares. Ernani et al. (2007a) conduzindo experimento com aplicação de KCl, detectaram que aumentou expressivamente a lixiviação de Ca e Mg no perfil do solo.

Os teores de Ca nas folhas de milho variaram com valores de  $1,25$  g kg<sup>-1</sup> na testemunha, até  $1,73$  no tratamento AM. Porém, foi detectada diferença somente na Testemunha, que foi menor que os demais tratamentos. Para os teores de Mg na folha, não foi encontrado diferença significativa. Seidel et al., (2010) também não encontraram diferença para as concentrações de nutrientes na folha de milho cultivados com diferentes adubações com DS.

A diminuição na disponibilidade de determinado cátion resulta no aumento na absorção dos demais (ERNANI et al., 2007b). Isso pode ocorrer com a adição não controlada de DS no solo, ocasionando um desbalanço nos demais nutrientes.

Quanto aos teores de nutrientes nos grãos de milho, somente para o N foi detectada diferença, compreendendo entre 7,58 g kg<sup>-1</sup> no tratamento DS25 até 12,40 g kg<sup>-1</sup> no tratamento DS200 (Tabela 5). A maior dose de DS (DS200) se comportou como as doses DS100 e DS+AM, com os maiores teores de N nos grãos de milho. Os menores teores de N nos grãos foram verificados nos tratamentos DS25, DS50, AM e Testemunha, sendo iguais.

Tabela 5- Teor de nutrientes nos grãos de milho na safra de 2013/14 com as diferentes doses de dejetos suíno (DS) 0 (Testemunha), 25, 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DS, mais DS+AM e AM em Latossolo Vermelho Distroférico em sistema de plantio direto após treze anos de aplicação do DS.

Tratamentos	Nutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
Testemunha	8,55 bc	2,35	6,45	-	1,55
AM	9,15 bc	1,60	6,35	-	1,20
DS+AM	10,63 ab	1,85	6,28	-	1,30
DS25	7,58 c	2,03	7,03	-	1,18
DS50	8,68 bc	2,43	6,20	-	1,40
DS100	11,65 a	1,98	5,93	-	1,30
DS200	12,40 a	2,30	6,08	-	1,38
CV (%)	10,68	21,86	10,14	-	14,87

Letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. CV- Coeficiente de Variação dos tratamentos (%).

Os teores de nutrientes nos grãos de milho situaram-se próximos aos teores médios propostos pelo NRC (2001) em que para o N (15 g kg<sup>-1</sup>) são próximos na faixa de 7,6 g kg<sup>-1</sup> na menor dose de DS (DS25) a 11,7 g kg<sup>-1</sup> na maior dose de DS (DS200).

Para os teores de P nos grãos do milho, o teor médio proposto pelo NRC (2001) é  $3 \text{ g kg}^{-1}$ , e os teores encontrados ficam próximos disso, variando de  $1,6$  a  $2,4 \text{ g kg}^{-1}$  de P.

De acordo com o NRC (2001), os teores de K nos grãos de milho são de  $4,2 \text{ g kg}^{-1}$  na média, e os encontrados foram acima destes, entre  $6,1$  e  $7,0 \text{ g kg}^{-1}$ . Relatando novamente a maior absorção de K em relação aos outros nutrientes como P e Ca. No caso do Ca, a análise realizada não evidenciou valores iguais ou maiores do que o nível de detecção do método (teor  $> 0,01 \text{ g kg}^{-1}$ ). Teores adequados de Ca nos grãos de milho ficam em torno de  $0,4 \text{ g kg}^{-1}$  conforme NRC (2001) teor baixo este que exige método de determinação apropriado.

O teor de Mg situou-se dentro da faixa esperada, próximo a  $1,2 \text{ g kg}^{-1}$ , variando de  $1,2$  a  $1,6 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg.

## 6.4 CONCLUSÕES

A adubação com DS aplicado superficialmente no solo durante treze anos, aumentou a produtividade de fitomassa de parte aérea de milho nas doses de  $100$  e  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Altas adubações de DS com doses até  $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  não resultam em expressivo aumento no rendimento de grãos de milho, se igualando com a dose de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de DS.

Adubações com altas doses de DS podem afetar a concentração de nutrientes como o P e o Mg em condições de campo após treze aplicações controladas de DS anualmente.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, N. L. R., SANCHES, L., PINTO Jr., O. B., DIAS, C. A. A., & NOGUEIRA, J. D. S. Macro-nutrients in the water sheet in mature forest, management forest and pasture in the north of mato grosso. [Macro-nutrientes no lençol freático em Floresta Intacta, Floresta de Manejo e Pastagem no norte de Mato Grosso] *Acta Amazonica*, 38(4), 667-671, 2008.

BASSO, C. J. et al. Dejeito líquido de suínos : II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. *Ciência Rural*, v. 35, n.6, n. ISSN 0103-8478, p. 1305–1312, 2005.

BERTOL, Oromar João et al. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2010, vol.34, n.6, pp. 1841-1850.

BURTON, C. H. Processing strategies for farm livestock slurries – an EU collaboration. *Ingénieries*, Cachan, p. 5-10, 1996. Special issue.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2007. p.375-470.

CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejeito suíno.

**Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1911–1923, 2012.

CERETTA, C. A. et al. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 139, n. 4, p. 689–699, dez. 2010.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. Agropec. Bras.**, 38:729-735, 2003.

CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Ministério do Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, n. 249, 7 dez. Seção 1, p. 81-84, 2009.

CQFS-RS/SC. **MANUAL DE ADUBAÇÃO**. 10ª edição ed. [s.l: s.n.]. 2004. p. 400.

DAUDÉN, A.; QUÍLEZ, D. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. **European Journal of Agronomy**, v. 21, n. 1, p. 7–19, jun. 2004.

DIESEL, R., MIRANDA, C. R., PERDOMO, C. C. **Coletanea de tecnologias sobre dejetos de suínos**. BIPERS nº 14. Boletim Informativo de Pesquisa—Embrapa Suínos e Aves e Extensão—EMATER/RS. Agosto/2002.

DOBLINSKI, A. F. et al. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14 n.1, n. 45, p. 87–93, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos.** Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA – CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEREOLOGIA – EPAGRI/CIRAM.

Monitoramento dos fenômenos climáticos e seus impactos: climatologia de chuvas. Florianópolis, 2013a. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=monitoramento/climatChuvas.jsp>. Acesso em 15 de maio de 2013.

ERNANI, P.R. **Química de solo e disponibilidade de nutrientes.** Lages, 2008. 230p.

ERNANI P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **R. Bras. Ci. Solo**, 31: 393-402, 2007a.

ERNANI PR; ALMEIDA JA; SANTOS FC. Potássio. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. **Fertilidade do solo.** Viçosa: SBCS/UFV. p. 551-594, 2007b.

FERREIRA, E. V. D. O. et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 4, p. 1675–1684, 2009.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA - FATMA. Instrução normativa para licenciamento ambiental. FATMA: Instrução normativa nº 11, de 13/12/2004. Disponível

em:<<http://www.fatma.sc.gov.br>>.Acesso em: 08 de maio de 2014.

GATIBONI, L. C. et al. Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de santa catarina. **Universidade do Estado de Santa Catarina**, v. Boletim té, 2014.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquido de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 195-205, 2008.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M. C.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v.88, p.119-131, 2007.

GROHSKOPF, Marco André; CASSOL, Paulo Cezar; CORREA, Juliano Corulli; MAFRA, Maria Sueli Heberle & PANISSON, Jonas. Organic Nitrogen in a Typic Hapludox Fertilized with Pig Slurry. **Rev. Bras. Ciência do Solo**. 2015.

HEINRICHS, R. et al. Cultivo Consorciado de Aveia e Ervilhaca : Relação C / N da Fitomassa e Produtividade do Milho em Sucessão ( 1 ). n. 1, p. 331–340, 2001.

HORTA, C. et al. Environmental Impact Of Outdoor Pig Production : Soil P Forms Evolution , Spatial Distribution And P Losses In Drainage Waters. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 0871-018 X, p. 36–48, 2012.

HOUNTIN, J. A.; KARAM, A.; COUILLARD, D.; CESCAS, M. P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of

liquid pig manure fertilization. **Agriculture, Ecosystems & Environmental**, v.78, p.77-84, 2000.

JADOSKI, Sidnei O., SAITO, L. R., PRADO, C. do, LOPES, E. C. e SALES, L. L. S. R. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v3, n1, Jan.- Abr. 2010. Print-ISSN 1983-6325 (On line) e -ISSN 1984-7548

KONZEN, E. A. Manejo e utilização de dejetos suínos. Concórdia: EMBRAPA - CNPSA,1983. 32p. (EMBRAPA - CNPSA. Circular Técnica, 6).

LÉIS, C. M. DE et al. Rendimento de Milho Adubado com Dejetos de Suínos em Sistema de Plantio Direto sem o Uso de Agrotóxicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3814–3817, 2009.

LOURENZI, C. R. et al. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 1, p. 157–167, fev. 2013.

LOZANO-GARCÍA, B.; PARRAS-ALCÁNTARA, L.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. L. Soil tillage effects on monovalent cations (Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup>) in vertisols soil solution. **Catena**, v. 84, n. 1-2, p. 61–69, jan. 2011.

LUCHESE, A. V; COSTA, A. C. S.; JÚNIOR, I. G. S. Lixiviação de íons após a aplicação de resíduos orgânicos de uma indústria farmoquímica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12 n.2, n. 44, p. 189–199, 2008.

MAGGI, C. F. et al. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15 n.2, n. 44, p. 170–177, 2011.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997. 308p.

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2014a. Acessado em 28 de novembro. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/milho> Acesso em 15 de janeiro de 2014b.

MURPHY, J.; RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal Chem Acta, Oxford**, v.27, n.1, p.31- 36, 1962.

**NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition**, ISBN: 0-309-51521-1, 408 pages, (2001) **Este PDF foi baixado de National Academies Press at:** <http://www.nap.edu/catalog/9825.html>

OLIVEIRA, M. I. L. DE et al. Concentração de íons na solução de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. v. 46, n.1, n. 1, p. 1291–1300, 2011.

OLIVEIRA, P.A.V. de, coord. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (EMBRAPA-CNPS,4.. Documentos, 27).

OLIVEIRA, P. A. Produção e manejo de dejetos de suínos. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2001. Disponível em: <[http://www.cnpesa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/8-PauloArmando\\_Producao.pdf](http://www.cnpesa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf)> acesso em 27/11/2014.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU.

**Estimativa da população mundial.** Disponível em:<http://www.onu.org.br/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/> Acessado em 20 de janeiro de 2014.

PAYET, N.; FINDELING, A.; CHOPART, J. L.; FEDER, F.; NICOLINI, E.; MACARY, H. S.; VAUCLIN, M. Modeling the fate of nitrogen following pig slurry application on a tropical cropped acid soil on the Island of Réunion (France). **Agriculture Ecosystems Environmental**, v.134, p.218–233, 2009.

QUEIROZ, Flávia Martins de; MATOS, Antonio Teixeira De; PEREIRA, Odilon Gomes; LEMOS, Alysson Feliciano. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, 77-90, Abr./Jun., 2004.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; MEIRELLES, N. M. F.; FERREYRA, F. F. H.; ZAGATTO, E.A.G.; MATSUI, E. Extração e análise de nitratos em solução de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.1, p.130-132, 1977.

RICE, E.W.; Bridgewater, L. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association. Ed. 22. 2012. Disponível em: [http://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](http://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf)

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. How a Corn Plant Develops, Special Report no 48, Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1993.

SANGOI, L. et al. Disponibilidade de nitrogênio, sobrevivência e contribuição dos perfilhos ao rendimento de grãos do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, p. 183–191, 2011.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.123-131, 2007.

SCHERER, Eloi Erhard. Doses e formas de aplicação do composto de dejetos suínos no cultivo orgânico de milho e feijão. **Revista Agropecuária Catarinense**. Florianópolis,SC. v.16, n.2, p 74-78, julho, 2013.

SCHIRMANN, J. et al. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 7, p. 271–280, 2013.

SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL - Departamento de Economia Rural. GERVÁSIO, Edmar Wardensk. **Suinocultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Paraná: Fevereiro de 2013. 16 p.

SEIDEL, E. P. et al. Aplicação de dejetos de suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 2, p. 113–117, 12 jul. 2010.

SILVA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; WONG, J. Liberação de Cálcio e magnésio por capsulas porosas de porcelana usadas na extração de solução do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 1, p. 605–610, 2004.

SILVA, et al.. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. **Irriga, Botucatu, Edição Especial**. p. 250 - 263, ISSN 1808-3765. 2012.

SOUZA, T. R. DE et al. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. n. 1, p. 846–854, 2012.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. DESA-UFGM. 1996.

TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174P. 1995.

USEPA: US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA. National Water Quality Inventory: report to congress, 2004 Reporting Cycle EPA 841-R-08-00. 2009.

WERLE, R.; GARCIA, A.R. & ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. R. Bras. Ci. Solo, 32:2297-2305, 2008.

## APÊNDICE A

Tabela 6- Valores de pH na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, adubação combinada com 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

DAAF	TRATAMENTOS					
	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
----- mg L <sup>-1</sup> -----						
----- <b>0,4 m</b> -----						
14	4,25Ce	5,56ABd	5,55ABd	5,75Ad	5,38ABd	4,94Be
61	6,30bc	6,45bc	6,20cd	6,21cd	6,30c	5,90cd
65	6,18cd	6,29bc	6,08d	6,16cd	5,87cd	5,78d
95	6,05Ccd	7,15ABab	6,44ABCcd	7,44Ab	6,51ABCbc	6,38BCbcd
107	6,21Bcd	6,69ABbc	6,95Abc	6,69ABbc	7,16Ab	6,65ABb
144	5,95cd	6,26bc	5,98d	6,19cd	6,11c	5,98cd
157	7,35Ca	7,88BCa	7,68Ca	8,69Aa	8,46ABa	7,81BCa
165	5,63d	6,13cd	6,10d	6,29cd	6,01cd	5,88cd
210	6,80BCab	6,88BCb	7,43Bab	7,32Bb	8,31Aa	6,43Cbc
----- <b>0,8 m</b> -----						
14	4,28Bf	5,39Ad	5,79Ad	5,77Ae	5,51Ad	3,98Bd
61	6,35Abc	6,55Ab	6,29ABcd	6,50Acde	6,35ABc	5,68Bab
65	6,05ABbcd	6,38Abc	6,19ABcd	6,33Ade	6,00ABcd	5,48Babc
95	5,72BCcde	6,79Ab	6,93Abc	6,92Abcd	6,39ABbcd	5,23Cbc
107	5,95BCcd	6,27BCbc	6,36ABCbcd	7,17Abc	6,60ABbc	5,63Cab
144	5,55ABde	5,83ABbcd	6,04Ac d	5,96Ade	5,88ABcd	5,25Bbc
157	7,00Ca	7,99ABa	7,94ABa	8,45Aa	7,58BCa	5,85Da
165	5,15Ce	5,83ABcd	5,88Ad	5,90Ae	6,12Ac d	5,11BCbc
210	6,60Aab	6,70Ab	6,98Ab	7,13Ab	7,17Aab	5,00Bc

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS ( $p < 0,05$ ).

## APÊNDICE B

Tabela 7- Concentração de N-Amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , adubação combinada com 25  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

DAAF	TRATAMENTOS					
	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
----- 0,4 m -----						
14	3,47Babcd	5,64 Ababc	4,62B	5,10Bab	9,57Aa	5,48ABab
61	2,59Bbcd	4,51ABabc	5,60AB	7,19Aa	4,76ABbc	5,52ABab
65	0,00 Bd	3,60ABbc	5,39A	5,31ABab	3,68ABbc	6,59Aa
95	6,13ABab	8,84Aa	5,58AB	2,90Bab	3,08ABbc	5,00ABab
107	6,81a	6,76ab	5,08	7,26ab	6,66ab	6,16ab
144	3,73abc	4,49abc	5,71	1,85b	3,59bc	6,03ab
157	1,54cd	2,13c	2,56	1,75b	1,04c	2,46b
165	2,98abcd	1,74c	3,96	2,37b	1,69c	4,36ab
210	3,24abcd	4,70abc	5,22	3,16ab	3,66bc	5,22ab
----- 0,8 m -----						
14	2,59Bab	5,21Bab	2,36Bab	2,89Bab	9,98Ab	11,2Aa
61	2,52ab	3,68b	1,53b	5,82a	1,60d	5,47bc
65	1,10b	3,22b	1,86ab	2,63ab	3,69cd	4,07c
95	4,66ab	8,59a	5,78ab	6,39ab	2,83cd	6,82bc
107	5,21Ba	7,36Bab	6,58Ba	4,47Bab	16,47Aa	7,18Bbc
144	2,43Cab	3,83BCab	4,79BCab	3,33Cab	7,95ABbc	11,53Aa
157	1,56Bab	5,18ABab	4,66ABab	1,38Bb	6,77Abc	8,00Aab
165	1,60Bab	3,85ABb	3,87ABab	1,87Bb	4,41ABcd	6,21Abc
210	3,35ab	5,38ab	3,65ab	3,98ab	5,93bcd	4,78bc

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS ( $p < 0,05$ ).

## APÊNDICE C

Tabela 8- Concentração de N-Nítrico ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ ) solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , adubação combinada com 25  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

<b>TRATAMENTOS</b>						
<b>DAAF</b>	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
----- mg L <sup>-1</sup> -----						
----- <b>0,4 m</b> -----						
14	1,73	8,30	3,60	18,7	17,8	5,12
61	11,3B	3,88B	12,1B	18,4B	11,0B	45,8A
65	0,82B	5,72AB	6,63AB	3,89AB	13,1AB	32,5A
95	3,74B	17,1AB	27,4AB	3,78AB	10,4AB	35,6A
107	4,15B	14,5AB	38,9A	5,01AB	13,9AB	38,6A
144	1,21B	6,90AB	21,6AB	3,78AB	4,89AB	28,6A
157	0,43B	3,02B	17,0B	2,55B	1,88B	88,3A
165	1,71	3,64	7,01	6,00	3,71	17,6
210	6,90	8,44	8,47	5,06	7,07	13,7
----- <b>0,8 m</b> -----						
14	1,67	10,20	4,68	4,36	16,5	28,7
61	2,46	4,64	2,54	6,14	3,54	25,5
65	1,80	2,81	0,97	4,18	5,96	20,6
95	3,43B	10,40B	7,13AB	6,76AB	19,8AB	41,9A
107	4,16B	11,9AB	7,87B	8,76B	14,9AB	40,2A
144	1,41B	13,8AB	4,88AB	3,93AB	14,0AB	30,0A
157	0,00	2,16	0,91	1,31	6,09	27,5
165	3,47	7,60	3,93	3,93	9,68	17,1
210	5,98	9,86	7,42	6,24	14,2	16,6

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS ( $p < 0,05$ ).

## APÊNDICE D

Tabela 9- Concentração de K na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, adubação combinada com 25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

DAAF	TRATAMENTOS					
	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
----- <b>0,4 m</b> -----						
14	1,92B	2,54B	1,97Bb	4,34Bab	18,8Aab	24,0Ab
61	2,86C	3,06C	5,42BCab	8,64BCa	13,8Bbc	28,7Aa
65	1,42C	3,59C	2,93Cab	-	20,2Ba	31,1Aa
95	1,04C	6,22BC	5,07BCab	6,31BCab	13,4Babc	29,7Aa
107	1,26C	2,93C	7,59BCa	5,18BCab	13,3Bbc	24,1Ab
144	0,31C	1,09C	3,52BCab	4,70BCab	10,2Bc	30,5Aa
157	0,98C	1,59C	3,04BCab	4,36BCab	10,9ABc	16,6Ac
165	1,35C	2,18C	3,90BCab	6,15BCab	11,7Bc	21,2Ab
210	1,09B	1,27B	2,62Bb	1,87Bb	13,5Abc	13,8Ac
----- <b>0,8 m</b> -----						
14	1,49B	2,17B	1,55B	1,43B	2,65B	16,5Aa
61	1,32B	2,18B	2,19B	3,30B	3,14B	14,0Aab
65	1,67B	2,53B	2,52B	2,09B	2,67B	13,3Aab
95	1,75B	2,13B	2,82B	1,86B	2,79B	16,2Aa
107	1,50B	2,48B	3,57B	4,56B	3,79B	16,3Aa
144	0,35B	1,81B	2,14B	1,41B	3,19B	16,0Aa
157	0,82B	2,27AB	2,26B	1,80B	3,21AB	10,5Ab
165	1,55B	2,99B	2,29B	2,48B	4,78B	17,2Aa
210	0,68B	1,96B	1,54B	1,31B	4,35B	14,8Aa

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS (p<0,05).

## APÊNDICE E

Tabela 10- Concentração de Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , adubação combinada com 25  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

DAAF	TRATAMENTOS					
	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
----- <b>0,4 m</b> -----						
14	13,3AB	10,4AB	1,27B	23,8A	21,3A	21,9A
61	12,6	11,1	7,32	16,7	6,88	19,7
65	2,48B	10,9B	8,89B	-	11,5AB	26,9A
95	2,05B	9,60AB	18,2AB	8,37B	8,13AB	25,6A
107	1,42B	19,1A	23,3A	10,5AB	11,3AB	22,1A
144	7,15B	11,4AB	25,6A	7,93B	7,99B	19,8AB
157	3,15B	8,89AB	18,5A	5,89AB	7,79AB	8,12AB
165	2,74B	10,8AB	19,9A	8,27AB	7,91AB	14,7AB
210	5,53	12,1	10,2	14,1	9,58	14,8
----- <b>0,8 m</b> -----						
14	10,2C	10,2BC	5,61C	10,4BC	25,3AB	30,2A
61	3,36B	6,78AB	4,73AB	7,78AB	9,03AB	18,3A
65	2,61B	6,69AB	4,38AB	5,23AB	9,71AB	19,7A
95	1,74B	7,90B	5,61B	3,55B	12,3AB	30,0A
107	1,72B	7,55AB	4,23AB	4,02AB	11,9AB	16,8A
144	2,71B	9,72AB	6,68B	5,25B	11,1B	28,7A
157	2,86	6,81	6,07	4,67	8,21	12,8
165	3,12B	8,20AB	6,23B	5,36B	6,73AB	22,0A
210	3,23B	10,7AB	7,47AB	5,71AB	15,4AB	20,7A

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS ( $p < 0,05$ ).

## APÊNDICE F

Tabela 11- Concentração de Magnésio ( $Mg^{+2}$ ) na solução de Latossolo Vermelho Distroférico submetido a treze anos de adubação anual com Adubo Mineral (AM), Dejeito Suíno (DS) nas doses 0 (Testemunha), 50, 100 e 200  $m^3 ha^{-1}$ , adubação combinada com 25  $m^3 ha^{-1}$  de Dejeito Suíno + AM (DS + AM) em função do tempo de coleta em Dias Após a Aplicação do Fertilizante (DAAF). Média de quatro repetições.

DAAF	TRATAMENTOS					
	Testemunha	AM	DS+AM	DS50	DS100	DS200
	----- mg L <sup>-1</sup> -----					
	----- <b>0,4 m</b> -----					
14	7,73BCa	8,37BCbc	5,58Cab	15,3ABab	17,2Aa	12,2ABCb
61	7,22Ba	8,28Bbc	11,8Bab	21,6Aa	9,84Bbc	24,6Aa
65	1,39Cab	10,8Bab	7,34BCab	-	15,0ABab	20,5Aa
95	1,18Bab	20,3Aa	15,7Aa	12,2Abc	10,1ABabc	21,7Aa
107	1,06Cab	17,5ABa	15,0ABab	9,25BCbcd	15,6ABab	22,8Aa
144	0,88Bab	5,95ABbc	11,5Aab	6,41ABcd	2,28ABc	6,64ABbc
157	0,65b	5,15bc	6,74ab	2,43d	3,74c	2,24c
165	0,60b	6,92bc	7,08ab	6,33cd	3,26c	4,68c
210	1,58ab	2,99c	4,68b	2,74d	2,87c	3,21c
	----- <b>0,8 m</b> -----					
14	3,09C	13,4Ba	5,60BC	5,31BC	13,2Bab	22,0Aab
61	1,87C	8,52ABCab	4,34BC	8,98ABC	11,9ABabc	14,7Acd
65	1,15B	7,41Bab	2,30B	4,21B	9,45ABabc	16,17Abc
95	1,11C	12,0Bab	6,82BC	6,18BC	15,5ABabc	25,9Aa
107	0,84C	9,45BCab	6,17C	8,93BC	16,8ABa	24,8Aa
144	0,48B	7,03ABab	4,72AB	3,68AB	7,38ABbc	9,49Ade
157	0,44	5,09ab	3,56	2,52	5,46c	2,69f
165	0,49	6,47ab	3,72	3,28	6,28bc	5,46ef
210	0,54	4,56b	4,14	3,35	5,72bc	4,03ef

Fonte: Produção do próprio autor.

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) diferem pelo Teste de DMS ( $p < 0,05$ ).