

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA  
SUPERFÍCIE E NO SULCO EM SOLO CULTIVADO COM TRIGO**

**ALFREDO CASTAMANN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal

Passo Fundo, abril de 2005



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA  
SUPERFÍCIE E NO SULCO EM SOLO CULTIVADO COM TRIGO**

**ALFREDO CASTAMANN**

**Orientador: Prof. Pedro Alexandre Varella Escosteguy**

Passo Fundo, abril de 2005



## Ficha Catalográfica



Ata

**Dedico este trabalho**

- À minha companheira Carla e aos meus filhos Eduardo e Luiza
- Aos meus pais



## **Agradecimentos**

Ao Professor Pedro Alexandre Varella Escosteguy pela orientação e ensinamentos.

Aos Professores Walter Boller e Vilson Antônio Klein pela inestimável colaboração.

A Professora Jurema Schons pela assessoria.

Ao Professor Alexandre Nienow pela oportunidade (1994...).

Ao Professor e amigo Jonez Leal Severo, pela amizade.

Ao Engenheiro Agrônomo João Coimbra, da Emater de Camargo.

Ao produtor Osmar Bernardi.

Aos alunos, Alencar, Marcos, Marcelo, Tiago, Márcio, Estér e Edinho pelo auxílio.

Aos funcionários do Cepagro Valmor Frainer e Vanderli Rossato.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Solos Maria, Cenilda, Rogério e Diego pela colaboração e ensinamentos.

Aos funcionários e estagiário do Laboratório de Fitopatologia, Cinara, Paulo e Tiago pela colaboração.

À Josi e Caroline pelo apoio no laboratório.

Ao Márcio Caldeira pela colaboração.

A Mari pela eficiência e paciência, e ao Bogoni pelo cafezinho.

**SUMÁRIO**

<b>Lista de tabelas</b> .....	vii
<b>Lista de figuras</b> .....	ix
<b>Lista de apêndices</b> .....	x
<b>RESUMO</b> .....	01
<b>SUMMARY</b> .....	03
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	05
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	07
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1 Rendimento de grãos .....	41
4.2 Componentes de rendimento e peso hectolítrico .....	48
4.3 Macronutrientes na parte aérea do trigo .....	52
4.3.1 Macronutrientes nos grãos .....	52
4.3.2 Macronutrientes na fitomassa da parte aérea .....	59
4.4 Nitrogênio total e mineral no solo .....	70
4.4.1 Nitrogênio total na camada de 0 a 5 cm .....	71
4.4.2 Nitrogênio mineral na camada de 0 a 5 cm .....	74
4.4.2 Nitrogênio mineral na camada de 5 a 10 cm .....	80
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	84
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	85
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	87

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela</b>	<b>páginas</b>
1 Características de dejetos de suínos (fezes + urina), expresso por 1.000 kg de peso vivo .....	13
2 Atributos químicos do solo, na época de implantação do experimento .....	36
3 Teores de macro e micronutrientes, umidade (105° C), valor do pH (CaCl <sub>2</sub> ) e condutividade elétrica dos dejetos líquidos de suínos utilizados no experimento .....	36
4 Tratamentos testados no experimento .....	37
5 Comparação do rendimento de grãos obtidos com aplicação de dejetos de suínos e fertilizantes minerais (NPK + uréia). Média das formas de aplicação .....	42
6 Correlação entre rendimento de grãos e número de grãos m <sup>-2</sup> , número de grãos espiga <sup>-1</sup> e peso de mil sementes, em trigo adubado com dejetos de suínos .....	49
7 Exportação e incremento na exportação de nitrogênio (N) nos grãos de trigo adubado com dejetos de suínos .....	55
8 Recuperação aparente de nitrogênio em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	56
9 Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos .....	60
10 Extração, incremento de nitrogênio na parte aérea de trigo adubado com dejetos de suínos, e correlação da extração com o peso de mil sementes (PMS) .....	63
11 Contrastes calculados com os resultados dos teores de fósforo (P) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos .....	65
12 Contrastes calculados com os resultados dos teores de potássio (K) obtidos na parte aérea de trigo, incremento de potássio e probabilidade de erro ( <i>p</i> ),	

	na época do florescimento, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos.....	67
13	Contrastes calculados com os resultados dos teores de cálcio (Ca) obtidos na parte aérea de trigo, na época do florescimento, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos.....	68
14	Contrastes calculados com os resultados dos teores de magnésio (Mg) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos .....	70
15	Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) total no solo (0 a 5 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo.....	73
16	Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo.....	76
17	Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) mineral no solo (5 a 10 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo.....	82

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>página</b>
1	36
2	42
3	44
4	44
5	45
6	50
7	50
8	53
9	54
10	58
11	62

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice</b>	<b>página</b>
1	Análise da variância para o rendimento de grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos..... 96
2	Análise da variância dos teores de fósforo no solo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 96
3	Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de fósforo no solo ..... 96
4	Análise da variância dos teores de potássio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 97
5	Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de potássio no solo..... 97
6	Análise da variância dos teores de zinco no solo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 97
7	Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de zinco no solo ..... 98
8	Análise da variância dos teores de cálcio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 98
9	Análise da variância dos teores de magnésio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 98
10	Análise da variância para o número de grãos m <sup>-2</sup> em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos..... 99
11	Análise da variância para o número de grãos por espiga em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos..... 99
12	Análise da variância para o peso (massa seca) de mil sementes de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 100
13	Análise da variância para a variável peso hectolítrico (PH) em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 100
14	Análise da variância da regressão para a variável peso hectolítrico (PH) em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos..... 101
15	Análise da variância para a concentração de nitrogênio nos grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos ..... 101

16	Análise de variância da regressão para concentração de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	101
17	Estimativas dos parâmetros da regressão para a concentração de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	102
18	Análise da variância para a exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	102
19	Análise de variância da regressão para exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	102
20	Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	103
21	Análise da variância para a exportação de cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	103
22	Análise de variância da regressão para exportação de cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	103
23	Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	104
24	Análise da variância para a exportação de magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	104
25	Análise de variância da regressão para exportação de magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	104
26	Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.....	105
27	Análise da variância para o teor de nitrogênio (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	105
28	Análise da variância para o teor de nitrogênio em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.....	105
29	Análise da variância para o teor de nitrogênio em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	106

30	Análise da variância para o teor de fósforo (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	106
31	Análise da variância para o teor de fósforo em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.....	107
32	Análise da variância para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	107
33	Análise de variância da regressão linear obtida para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação).....	108
34	Estimativas dos parâmetros da regressão linear para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação).....	108
35	Análise da variância para o teor de potássio em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.....	108
36	Análise da variância para o teor de cálcio em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	109
37	Análise da variância para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	109
38	Análise de variância da regressão linear obtida para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação).....	109
39	Estimativas dos parâmetros da regressão linear para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação).....	110
40	Análise da variância para o teor de magnésio (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos .....	110
41	Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	110
42	Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do florescimento do trigo adubado com dejetos líquidos de suínos .....	111
43	Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.....	111



44	Análise da variância para o teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.....	112
45	Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), no florescimento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos .....	112
46	Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.....	113
47	Análise da variância para o teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.....	113
48	Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), no florescimento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos .....	114
49	Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.....	114
50	Precipitação pluvial (mm) e temperatura média diária (° C) ocorrida durante a realização do experimento .....	115

## **APLICAÇÃO DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA SUPERFÍCIE E NO SULCO EM SOLO CULTIVADO COM TRIGO**

Alfredo Castamann<sup>1</sup> Pedro Alexandre Varella Escosteguy<sup>2</sup>

**RESUMO** – A distribuição dos dejetos líquidos de suínos sobre a superfície do solo é muito utilizada no sistema de plantio direto. Entretanto, essa forma de aplicação desses resíduos favorece o impacto ambiental, quando aplicados em áreas declivosas. O presente estudo avaliou o uso de diferentes doses de dejetos líquidos de suínos (equivalentes a 22,8; 31,3; 51,3; 68,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) aplicadas a lanço na superfície do solo e no sulco (do lado e abaixo da linha de semeadura), em um Latossolo cultivado com trigo. Foram também implantadas parcelas sem aplicação de dejetos e com fertilizantes minerais (NPK + uréia em cobertura). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 3 repetições. Os tratamentos foram arranjados em parcelas subdivididas, com as doses nas parcelas principais. A aplicação dos dejetos de suínos proporcionou incrementos no rendimento de grãos de trigo. Essa variável não dependeu da interação entre os fatores testados, mas variou com as doses e as formas de aplicação. As doses de máxima eficiência técnica e econômica foram equivalentes a 34,6 e a 22,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. A aplicação na superfície do solo superou em 4,7 % o rendimento em relação à aplicação no sulco. O peso de mil sementes

---

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, mestrando do Programa de Pós-graduação em Agronomia – área de concentração em Produção Vegetal, Universidade de Passo Fundo.

<sup>2</sup> Orientador, Engenheiro Agrônomo, Ph. D., Professor de Solos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo

variou somente com as doses testadas, decrescendo linearmente em função do acréscimo das quantidades de dejetos aplicadas. As doses testadas também aumentaram a exportação de N, Ca e Mg pelos grãos. Embora a aplicação dos dejetos na superfície do solo tenha proporcionado maior rendimento do trigo, essa forma de aplicação não deve ser recomendada, uma vez que pode propiciar a contaminação ambiental em áreas declivosas. Deve ser dada continuidade no estudo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no sulco, para que seja possível avaliar a eficiência agrônômica e ambiental dessa forma de aplicação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esterco de suínos, esterco líquido, nitrogênio, adubação orgânica.

## **LIQUID SWINE MANURE BROADCAST AND SUBSURFACE BANDED IN A SOIL GROWING WITH WHEAT**

Alfredo Castamann<sup>3</sup> Pedro Alexandre Varella Escosteguy<sup>4</sup>

**SUMMARY** – Swine manure are broadcast unincorporated applied when soils under no-till system are amended with this kind of residue, although this method of manure placement favors environmental impact on sloped areas. This study evaluated different swine manure rates (22.8, 31.3, 51.3, 68.3, and 88.3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) by applying it with two methods of placement: broadcast (unincorporated) and subsurface band (below and to the side of sowing lines), in an Oxisol (typic Haplorthox) cultivated with wheat. Swine manure rates were also compared with a control plot (no manure and no fertilizer) and mineral fertilizer plot (NPK + urea). Swine manure rates were analyzed in a 2 x 5 factorial scheme with two methods of placement and five rates of manure in a completely randomized design. A split-plot arrangement of the treatments was used, where the swine manure rates were tested in the whole plots and the methods of placement were tested assigned to the sub-plots. Swine manure application increased yield grain and this effect was not affected by the interaction between manure rates and methods of placement. The maximum technical and economical rate were equivalent to 34.6 and 22.8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectively, of swine manure. Plants from the swine broadcast application plots showed 4.7 % higher grain yield than the plants growing in the subsurface band

---

<sup>3</sup> Agronomist, graduate student, Master in Agronomy – Crop Production, University of Passo Fundo.

<sup>4</sup> Agronomist, Ph. D., Professor of the College of Agriculture and Veterinary Medicine, University of Passo Fundo.

amended plots. The weight of thousand grains decreased linearly as a function of the increase of the swine manure rates, but the amount of N, Ca, and Mg in the grains increased. Although broadcast placement of swine manure resulted on higher grain yield, this method should not be recommended because it may result on environmental contamination. Studies started in this work, about swine manure applications on subsurface, have to be continued in order to evaluate the agronomic and environmental efficiency of this method.

**KEY WORDS:** Swine slurry, nitrogen, organic amendments.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o descarte dado aos dejetos animais tem sido cada vez maior, especialmente àqueles resultantes do sistema de produção de suínos em regime de confinamento. Esse sistema de produção gera uma grande quantidade de dejetos em pequenas áreas e embora estes possam ser utilizados como fonte de nutrientes às culturas, especialmente devido ao seu conteúdo em nitrogênio, apresentam um alto potencial poluidor devido a forma e frequência de disposição, bem como devido a quantidade aplicada.

O alto potencial poluidor dos dejetos gerados pelas unidades produtoras de suínos tem como conseqüência o surgimento de importantes problemas ambientais. Um exemplo é a contaminação das águas subterrâneas com nitrato lixiviado e a contaminação das águas superficiais com fosfato pelo escoamento superficial, favorecendo a eutrofização. Além disso, também pode ocorrer a contaminação por microrganismos enteropatogênicos, tanto das águas superficiais, quanto das subterrâneas. A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de suínos cresce em importância a cada dia, seja pela maior consciência ambiental dos produtores, seja pela crescente preocupação das instituições de pesquisa, universidades e órgãos ambientais fiscalizadores em estabelecer critérios de avaliação dos impactos ambientais e gerar tecnologias na busca de uma produção o menos impactante possível. Ainda há que se considerar, a crescente conscientização da sociedade em geral, cujos consumidores de carne suína no mercado interno e, especialmente, no mercado externo, exigem produtos de qualidade, preços competitivos, preferindo produtos oriundos de sistemas de produção não poluidores do ambiente. Esse aspecto passou a exercer crescente pressão para a

reciclagem dos dejetos de suínos, dentro de padrões aceitáveis sob o ponto de vista sanitário, econômico e ambiental (PALHARES et al., 2002; SEGANFREDO e GIROTTO, 2002).

A melhor alternativa de disposição dos dejetos líquidos de suínos está relacionada a utilização dos mesmos como adubo em cereais de inverno e verão (GIACOMINI, 2005). O uso de dejetos como fertilizante tem incrementado o rendimento e produtividade das culturas (PORT, 2002). Estes, muitas vezes, são a única ou a mais importante fonte de nutrientes para as culturas em pequenas propriedades, onde a atividade de produção de suínos predomina (BASSO, 2003). Embora sejam conhecidas diversas alternativas para a reciclagem dos dejetos, a sua utilização como fertilizante do solo é a mais adotada por ser de mais fácil operação nas propriedades rurais (SEGANFREDO, 2005).

A disposição dos dejetos no solo, como fertilizante, não encerra o risco de contaminação ambiental associado a esses resíduos. No sistema convencional de manejo do solo, esses dejetos são aplicados sob o solo e incorporados com as operações de preparo. No entanto, esse sistema expõe o solo à erosão, sendo, atualmente, muito pouco adotado. Com o advento do sistema plantio direto, os benefícios para a produção agrícola e qualidade ambiental foram tantos, que hoje esse sistema é largamente utilizado pelos produtores, até mesmo em pequenas propriedades, onde predomina a produção de suínos. Como os benefícios do sistema plantio direto resultam do não revolvimento do solo, isso tem levado a aplicação dos dejetos na superfície. Entretanto, esta forma de aplicação pode resultar em importantes perdas de nitrogênio por volatilização da amônia e de nutrientes por

escoamento superficial, reduzindo a eficiência dos dejetos em melhorar o solo e suprir as necessidades nutricionais das culturas.

Assim, muito precisa ser feito na busca de tecnologias que venham mitigar os efeitos ambientais e aumentar a eficiência fertilizante do uso dos dejetos em solos sob semeadura direta, quando esses resíduos são utilizados como fonte de nutrientes para os cultivos.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de doses de dejetos líquidos de suínos, aplicados de duas formas: na superfície do solo e no sulco (sem revolvimento do solo), sobre a cultura do trigo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A suinocultura brasileira apresenta-se com crescente destaque no cenário internacional, dando dimensão de sua importância para a economia nacional, seja pela sua qualidade, seja pelos índices de produtividade crescentes. Concomitante ao incremento da atividade, a poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos, na suinocultura moderna, tem se tornado cada vez mais preocupante.

Tradicionalmente, a suinocultura, por permitir uma produção intensiva em pequenas áreas e estar presente na maioria das propriedades familiares do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, tem se revelado como uma das atividades, juntamente com a bovinocultura de leite, que melhor combina com as características da pequena propriedade rural (DALLA COSTA et al., 2002).

No período de 1995/96, cerca de 50 % do rebanho gaúcho estava distribuído em propriedades com até 20 ha e, ampliando o extrato analisado, cerca de 80 % do rebanho estava distribuído em propriedades com até 50 ha (ACSURS, 2005). Estes dados confirmam



a tendência da produção de suínos ser concentrada em propriedades de menor porte.

A análise da evolução da suinocultura do Rio Grande do Sul (RS) feita pela Associação de Criadores de Suínos desse estado (ACSURS), prospecta para o ano de 2005 um aumento no rebanho gaúcho em mais de 100.000 cabeças, com redução no número de criadores de 68.020 em 2004 para 62.570 nesse ano, revelando uma maior concentração da produção por unidade de área.

Fazendo uma reflexão sobre o processo histórico da suinocultura brasileira, a partir da década de setenta, Faccin (2000) identificou, nesta década, o início do processo de integração, quando a maioria dos produtores era de pequeno porte, com a tentativa da indústria em organizar a constância e uniformidade de fornecimento. Segundo o autor, na Região Sul (SC, RS e PR), durante a década de oitenta, verificou-se um reforço nos sistemas de integração, dando início à implantação de unidades de grande porte, incentivadas pelas empresas de genética que começavam sua operação no país. Neste período, foi crescente a preocupação com a qualidade, ocorrendo uma mudança no sistema de produção, caracterizada pela implantação do sistema de confinamento de elevada produtividade. Na década de noventa, ocorre o fortalecimento do sistema integrado e o aumento dos volumes produzidos em parceria (grandes agroindústrias com volumes acima de 90 % em regime de parceria). Os sistemas verticalizados organizados pelas grandes agroindústrias e cooperativas alcançam, a cada momento, maior participação nos volumes abatidos. Essa década foi marcada pela entrada de empresários rurais na atividade, mudando o perfil da suinocultura, que era até então uma atividade familiar de subsistência, para uma atividade tipicamente

empresarial. Faccin (2000) descreve que o ganho em escala possibilitado por esse sistema, garantiria a maior participação das grandes empresas no mercado, com redução no número de produtores, resultando no aumento da produção devido aos incrementos de produtividade.

A suinocultura, cuja função é produzir alimentos de alta qualidade para o consumidor brasileiro e estrangeiro, gera 2,5 milhões de empregos nos três estados da Região Sul, em São Paulo e Minas Gerais, fixando o homem no campo, viabilizando o produtor de cereais, movimentando uma grande cadeia agropecuária, transformando subprodutos, resíduos e alimentos não convencionais em proteína animal de alta qualidade (TRAMONTINI, 2000).

No Rio Grande do Sul, de acordo com a ACSURS, a atividade da suinocultura gerou 86.423 empregos diretos em 2004, abateu cerca de 4,8 milhões de cabeças, o equivalente a 428 milhões de kg de carcaça e exportou 125 milhões de kg, caracterizando a sua importância social e econômica.

A crescente tendência para a adoção de “Sistemas Confinados de Produção de Suínos”, especialmente no sul do país, tem produzido quantidades cada vez maiores de dejetos, onde a inadequação dos “Sistemas de Manejo e Armazenamento” induzem o lançamento de grandes quantidades dos dejetos em rios e lagos, levando-os a uma inaceitável condição de poluição, devido a alta demanda bioquímica de oxigênio e da carga orgânica integrante (OLIVEIRA, 1993).

Estima-se em 2,97 milhões de m<sup>3</sup> a produção diária de dejetos de suínos no Brasil, sendo que para a região Sul essa

estimativa alcança 1,68 milhões de  $\text{m}^3 \text{dia}^{-1}$  e no Rio Grande do Sul, 385.000  $\text{m}^3 \text{dia}^{-1}$  (ARNS, 2004).

Boa parte dos sistemas de produção de suínos existentes no Sul do Brasil propicia elevada produção de dejetos líquidos, gerando problemas de manejo, armazenamento, distribuição e poluição ambiental.

## **2.1 Caracterização dos dejetos**

O termo estrume parece mais adequado para designar as dejeções dos animais, pois as mesmas estão misturadas a restos de alimentos e palhas, ou a outro material usado como cama nas instalações (CASSOL, 1999). Entretanto, sem entrar no mérito, na literatura brasileira o termo “dejetos” tem sido usado com maior frequência, razão pela qual essa denominação será adotada ao longo do texto, salvo em alguma citação quando entendido como necessário para preservar a originalidade da mesma.

Na suinocultura os dejetos vêm sendo manejados, preferencialmente, na forma líquida, sendo o resultado da reunião de fezes, urina, água de lavagem das instalações e sobras de alimentos.

O sistema de produção utilizado em cada granja é que define o grau de diluição dos dejetos e suas características físico-químicas. A forma de arração, tipos de bebedouros, manejo e sistema de limpeza, determinam as características e o volume total dos dejetos produzidos (DARTORA et al., 1998). Portanto, é difícil a caracterização dos dejetos de suínos uma vez que as diferentes formas deste, sólida, líquida ou pastosa, podem variar consideravelmente em concentração e biodegradabilidade em função do tipo de exploração e do plano de alimentação (CAZARRÉ, 2001).

O volume de dejetos produzidos em uma granja varia de acordo com o tipo de granja (ciclo completo, unidade produtora de leitões, unidade de terminação) e com o nível de diluição dos dejetos. Por exemplo, uma granja com 100 matrizes em ciclo completo pode produzir  $10 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$  de dejetos, considerando um nível de diluição “pouco diluído”;  $15 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , se for de “média diluição”; e  $20 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , considerando um nível de diluição do tipo “muito diluído” (PERDOMO, 1999).

A quantidade produzida diariamente pelos animais e o teor de umidade dos dejetos (fezes mais urina) variam de acordo com o desenvolvimento corporal dos suínos, tipo de alimentação, quantidade de água ingerida e com a estação do ano. Os resíduos resultantes (estrume) são também influenciados pela quantidade de água desperdiçada nos bebedouros, pela quantidade de água usada no processo de higienização das baias e resíduos das rações. Ainda segundo esses autores, aos resíduos são dados nomes descritivos que refletem seu conteúdo de umidade, tais como, líquido (95 % de umidade), semi-líquido (75 % de umidade), semi-sólido (25 % de umidade) e sólido (> 5 % de umidade), destacando que esta classificação é uma generalização, sendo sujeita, portanto, a interpretação crítica (SEIFFERT e PERDOMO, 1998).

Pesquisa realizada por Scherer (apud DIESEL et al., 2002), em oito municípios representativos da região Oeste de Santa Catarina, onde foram coletadas e analisadas 118 amostras líquidas de dejetos, constatou que o teor de matéria seca foi de 3%. Em geral, as amostras com baixo teor de matéria seca, apresentam, também, uma baixa concentração de nutrientes, o que diminui seu valor fertilizante. Observou-se que cerca de 38 % das amostras de esterco tinham menos

de 5 kg de nutrientes  $m^{-3}$  e, o que é mais preocupante, 27 % do total das amostras apresentaram menos de 3 kg de nutrientes  $m^{-3}$  e teores de matéria seca inferior a 1 %.

A conversão efetiva dos alimentos ingeridos pelos suínos em crescimento e aumento de peso vivo varia de 40 % a 60 %, sendo o restante eliminado pelas dejeções. As dietas são cuidadosamente formuladas e balanceadas e, em consequência do seu baixo aproveitamento, os resíduos mantêm alta concentração de elementos (KONZEN et al., 2002).

As características dos dejetos (Tabela 1) estão associadas ao sistema de manejo adotado e aos aspectos nutricionais, apresentando grandes variações na concentração dos seus elementos entre produtores e dentro da própria granja (PERDOMO et al., 2001).

Os dejetos líquidos dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais (DIESEL et al., 2002). Em geral, os dejetos líquidos de suínos apresentam baixos teores de matéria seca (PERDOMO e LIMA, 1998).

Além dos macronutrientes essenciais, os dejetos de suínos, devido a suplementação mineral oferecida aos animais, contém micronutrientes, como o Zn, Mn, Cu e Fe que, em doses elevadas, também, podem ser tóxicos às plantas. A indústria de ração costuma usar doses elevadas de Zn (3.000 ppm) e de Cu (250 ppm) na ração de leitões para a prevenção de diarreias e como estimulante do crescimento, respectivamente (PERDOMO et al., 2001). Em relação ao nitrogênio, predomina a fração mineral, sendo que esta pode variar

de 40 a 70 % dos teores totais presentes nos dejetos (PERDOMO e LIMA, 1998; SCHERER, 1998).

Tabela 1 — Características de dejetos suínos (fezes + urina), expresso por 1.000 kg de peso vivo

Parâmetro	Unidade	Valor
Volume- urina	kg	39
Volume- fezes	kg	45
Densidade	kg m <sup>-3</sup>	990
Sólidos - totais	kg	11
Sólidos - voláteis	kg	8,5
DBO5	kg	3,1
DQO	kg	8,4
pH	-	7,5
Nitrogênio - total	kg	0,52
Nitrogênio - amoniacal	kg	0,29
Fósforo total	kg	0,18
Potássio total	kg	0,29
Minerais - Cálcio	kg	0,33
Magnésio	kg	0,070
Enxofre	kg	0,076
Sódio	kg	0,067
Cloro	kg	0,26
Ferro	mg	16
Manganês	mg	1,9
Zinco	mg	5,0
Cobre	mg	1,2
Coliformes - total	Colônia	45x10 <sup>10</sup>
Coliformes - fecal	Colônia	18x10 <sup>10</sup>

Fonte: ASAE (1993) apud Perdomo et al. (2001).

## 2.2 Uso de dejetos como fertilizante

Os sistemas confinados constituem a base de expansão e da maior produtividade da suinocultura, porém induzem a adoção de manejo de dejetos na forma líquida. A recomendação técnica para o manejo destes resíduos líquidos é o armazenamento e tratamento em

esterqueiras e lagoas, para posterior uso em lavouras como fertilizante. Vários trabalhos desenvolvidos pelos institutos de pesquisa e universidades ou ainda pelas indústrias, têm demonstrado que todos os tratamentos de dejetos em uso no Brasil, embora reduzindo o potencial poluidor, não permitem que o resíduo final seja lançado diretamente nos cursos d'água. Pode-se observar na região Oeste Catarinense, que concentra em torno de 76 % do total efetivo de suínos daquele estado, que tal situação vem ocasionando sérios problemas de poluição dos recursos naturais (OLIVEIRA, 2000).

A produção de suínos em uma propriedade não deve ser tratada como uma unidade independente, mas sim fazer parte de um sistema integrado de produção, devendo o esterco retornar ao solo, constituindo-se em fonte de nutrientes (FIORINI et al. (1999). O aproveitamento destes resíduos orgânicos em uma propriedade é um fator de extrema importância, tendo em vista o seu potencial fertilizante e capacidade de promover melhorias na qualidade do solo. Os dejetos líquidos de suínos apresentam quantidade de macro e micronutrientes bastante variável, dependendo basicamente do teor de massa seca (DURIGON et al., 1999; PAVINATO et al., 2000).

Várias pesquisas indicam que os dejetos de suínos constituem-se num ótimo fertilizante e pode substituir, em parte ou totalmente, a adubação mineral, dependendo das condições existentes e dos propósitos do agricultor. A utilização dos dejetos de suínos é comum em culturas anuais, como feijão e milho, as quais são normalmente cultivadas em regiões de minifúndio e onde paralelamente se desenvolve a suinocultura (TISOTT et al., 1999).

O sistema de produção de suínos em regime de confinamento no estado do Paraná tem gerado alta quantidade de

dejetos. A utilização destes dejetos nas lavouras pode contribuir para aumento de matéria orgânica e do nível de fertilidade no solo, com conseqüente aumento de produtividade das culturas, além de amenizar o impacto ambiental produzido por esses resíduos (CASTRO FILHO e COSTA, 2002).

O volume de dejetos produzidos por uma criação e a concentração de nutrientes no efluente são os aspectos básicos para se definir a melhor forma de utilização dos mesmos (DARTORA et al., 1998).

A utilização dos dejetos suínos, como fonte de nutrientes para as plantas e de melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, também exige conhecimentos e planos de utilização específicos para cada situação e razoáveis investimentos em captação, armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos e médios produtores. O conhecimento do volume e da composição química dos dejetos é fundamental para o estabelecimento de um programa de manejo, armazenagem, tratamento, distribuição e utilização visando o controle da poluição e a valorização agrônômica. Os dejetos de suínos podem ser usados na fertilização das lavouras, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural, sem comprometer a qualidade do solo e do meio ambiente. Para isso, é fundamental a elaboração de um plano técnico de manejo e adubação considerando ainda, a área a ser utilizada, a fertilidade e o tipo de solo e as exigências nutricionais da cultura a ser implantada (PERDOMO et al., 2001).

Uma das alternativas para a reciclagem dos dejetos de suínos na Região Sul do Brasil tem sido a sua utilização como fertilizante para a cultura do milho. Muito embora seja de potencial



poluente, os dejetos podem ser empregados como fertilizantes orgânicos, suprindo parcial ou totalmente as necessidades das culturas agrícolas (SEGANFREDO, 1999). Várias pesquisas estudaram esse potencial, chegando a recomendar doses para diversas culturas (MENEGAT, 1999).

Caron et al. (2002) em um experimento conduzido para avaliar o esterco de suíno como fonte de N, para a cultura do trigo cultivado sob sistema de semeadura direta, concluíram que o esterco pode substituir parcialmente a adubação mineral.

Segranfredo (1998) realizou um estudo com o objetivo de comparar os efeitos da aplicação, por três anos consecutivos, de dejetos líquidos de suínos, em relação aos fertilizantes minerais. Avaliando a disponibilidade de N para as culturas, no solo, esse autor constatou um aumento nos teores de N-total,  $\text{N-NH}_4^+$  e  $\text{N-NO}_3^-$  na camada de 0 a 20 cm do solo. No entanto, apenas os teores de N total e  $\text{N-NO}_3^-$ , constatados nas amostras de solo adubado com as mais altas doses de dejetos, foram superiores aos teores encontrados nas amostras de solo com adubação mineral. Na camada de 40 a 60 cm de solo, também foi observado aumento nos teores de  $\text{N-NO}_3^-$ , mas não foi constatado aumento nos teores de N total e  $\text{N-NH}_4^+$ .

As primeiras pesquisas com recuperação de pastagens nativas no Rio Grande do Sul, utilizando dejetos de suínos, foram desenvolvidas pela Universidade Federal de Santa Maria durante os anos de 1998 e 1999, aplicando 20 e 40  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  desses dejetos. A dose de 20  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  proporcionou aumentos de 21 a 204 % na produção de matéria seca por hectare ano<sup>-1</sup>. Já com a dose de 40  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ , houve acréscimos de 32 a 307%. Relato da adubação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (braquiarião), com doses crescentes de dejetos

de suínos, em experimento no estado de Goiás, indicam incrementos de 156 % na produção de matéria seca e 230 % na proteína (KONZEN, 2003).

A quantidade de N mineral no solo aumenta com o uso de dejetos líquidos de suínos, evidenciando o elevado potencial deste material orgânico como fonte de nitrogênio para as culturas, sendo que a aplicação continuada de dejetos na mesma área resulta em aumento na disponibilidade de nitrogênio. Ainda segundo o autor, a aplicação dos dejetos, em área sob sistema de plantio direto, sobre resíduos culturais da aveia pode ter provocado ligeira imobilização do nitrogênio, tanto na aplicação realizada no outono/inverno quanto na primavera/verão (PORT, 2002).

Em estudo realizado com o objetivo de avaliar as alterações em algumas características químicas de um solo sob pastagem natural, adubado com o uso de dejetos líquidos de suínos, Ceretta et al. (2003) constataram incrementos nos teores de C orgânico e N total apenas na camada de 0 a 2,5 cm do solo. Entretanto, esses autores consideraram a possibilidade de efeito da interferência da amostragem do solo sobre esses resultados, já que os resíduos vegetais ou do esterco misturam-se com o solo nesta camada. Os autores sugerem que o fato da aplicação de esterco não resultar em incrementos nos teores de C orgânico e N total nas camadas mais profundas deve-se, provavelmente, ao aumento na atividade microbiana resultante do esterco aplicado. De acordo com os autores, nesse mesmo experimento, Durigon et al. (2002) mostraram que 53% e 35% do N aplicado por meio do esterco líquido de suínos nas doses de 20 e 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, foram exportados pela matéria seca da pastagem natural. Vieira et al. (2000) estudando o efeito sobre atributos químicos do solo, observaram que

sucessivas aplicações de dejetos líquidos em solo sob pastagem natural aumentaram os teores de fósforo, manganês, cobre e zinco, e reduziram os teores de alumínio, devido a complexação deste por ácidos húmicos e fúlvicos da matéria orgânica, que são muito reativos e aumentam significativamente com a aplicação de altas doses de dejetos ( $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) (CERETTA et al., 2003).

Castro Filho e Costa (2002) estudaram as alterações de características físicas do solo com a aplicação de dejetos de suínos e simulação de chuva, em área de plantio direto. Esses autores constataram um aumento na infiltração da água no solo de 35,8 a 83,4% com a aplicação de 30 a  $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , o que minimizou em até 56% as perdas de solo e em até 45 % as perdas de água, em relação às maiores doses aplicadas. Verificaram ainda, que os maiores índices de estabilidade dos agregados foram encontrados nas doses de 30 e  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

Bakhsh et al. (2001) conduziram um experimento de campo com 6 anos de duração (1993 a 1998), no centro de pesquisa Universidade Estadual de Iowa, para determinar o impacto da aplicação de dejetos líquidos de suínos no rendimento de milho e na acumulação de nitrato no solo (na zona radicular), em comparação com a aplicação de uréia com nitrato de amônio (UAN), sob cultivo contínuo de milho e/ou de milho após o cultivo de soja (rotação). Concluíram que a aplicação de dejetos líquidos de suínos resultou num incremento de 25 % no teor de nitrato residual na zona radicular e em redução de 4 % no rendimento do milho, em relação ao tratamento com UAN, no sistema de cultivo contínuo de milho. No sistema de rotação, com as duas fontes de N testadas (UAN e dejetos de suínos), o rendimento de grãos de milho foi superior ao sistema de

cultivo contínuo de milho, e teor de nitrato residual no solo naquele sistema foi 25 % menor no tratamento com dejetos e 33% menor no tratamento com aplicação de uréia. Os autores sugerem que os menores teores de nitrato residual no solo após a colheita no sistema de cultivo sob rotação, devem-se a maior taxa de absorção do nitrogênio e de rendimento da cultura neste. É possível, no entanto, que no sistema de cultivo de milho sem rotação, ocorra imobilização do N mineral como consequência da alta relação Carbono/Nitrogênio dos resíduos culturais do milho, afetando a disponibilidade de N, com reflexos negativos para o rendimento dessa cultura. Como a mineralização desses resíduos é mais lenta, irá ocorrer maior teor de N mineral no solo em período posterior ao de maior demanda por parte do milho, resultando em maiores teores de nitrato residual no solo, após a colheita da cultura.

Chiapinotto et al. (2000) avaliando o potencial fertilizante dos dejetos líquidos de suínos na cultura do milho (plantio direto), em sucessão a plantas de cobertura de solo no inverno, constataram aumento no acúmulo de macronutrientes (N, P e K) na planta, na produtividade de massa seca e no rendimento de grãos, proporcionalmente ao aumento nas doses de dejetos utilizadas.

Matsi et al. (2003) injetaram dejetos líquidos de bovinos no solo, com o objetivo de avaliar a influência dos dejetos sobre a germinação, crescimento e acumulação de nutrientes em trigo, e, ainda, sobre os atributos do solo (na camada de 0 a 30 cm). Esses autores observaram que a aplicação do equivalente a 40 Mg ha<sup>-1</sup> de dejetos não afetou a germinação do trigo e proporcionou aumento na biomassa da planta (acima da superfície do solo), na absorção de N, P e K, em relação a testemunha (sem aplicação de dejetos), tanto na fase

de espigamento quanto na época de colheita da cultura, e, também, no rendimento de grãos. Quanto aos atributos do solo, constataram que a condutividade elétrica, o carbono orgânico e o N total, ao final do experimento de quatro anos de duração, não foram influenciados pela aplicação dos dejetos e permaneceram em níveis similares aos avaliados no início do experimento.

A aplicação dos dejetos, em relação à cultura de maior demanda de N, deve ser realizada em período mais próximo possível da semeadura, para melhor aproveitamento dos nutrientes aplicados e minimização das perdas (THOMSEN, 2005).

Vários materiais orgânicos podem ser utilizados como fertilizantes, tais como os esterco de animais, que além do fornecimento de nutrientes, podem contribuir para a agregação do solo, melhorando a estrutura, a aeração e a capacidade de armazenamento de água. Além disso, o solo pode ser considerado uma opção de descarte dos resíduos orgânicos, uma vez que podem ser aplicados em quantidades proporcionais à demanda de nutrientes das plantas (SOCIEDADE..., 2004).

A quantidade de nutrientes contida nos dejetos líquidos de suínos e que é disponibilizada no primeiro cultivo após a aplicação, pode ser calculada considerando o índice de eficiência dos nutrientes no solo indicados pela Sociedade... (2004). Esse índice indica 80% do teor de total (fração mineral + orgânica) de nitrogênio e em 90 % do fósforo dos dejetos líquidos serão disponibilizados, após a aplicação no solo. Considera ainda que o potássio torna-se inteiramente disponível no primeiro cultivo.

### **2.3 Potencial poluidor dos dejetos**

A poluição ambiental em áreas adubadas com dejetos é um problema que vem se agravando na suinocultura moderna. Diagnósticos recentes têm demonstrado um alto nível de contaminação dos rios e lençóis de água superficiais que abastecem tanto o meio rural, como o urbano (DIESEL et al., 2002).

A suinocultura é considerada pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, como atividade de grande potencial poluidor, face ao elevado número de contaminantes contido nos seus efluentes, cuja ação individual ou combinada, representam uma fonte potencial de contaminação e degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo (OLIVEIRA et al., 2003).

A preocupação com o ambiente e a qualidade da água tem sido muito discutida em diversas regiões do mundo e a agricultura vem sendo indicada como tendo uma importante parcela de contribuição para esse problema, principalmente, devido a produção animal, que é considerada como a mais importante fonte de contaminação ambiental. Esta atividade agrícola pode contribuir de três maneiras para a contaminação da água: a) pelo escoamento superficial e lixiviação de nutrientes, em áreas adubadas com aplicações sucessivas dos dejetos; b) pela poluição do ar, em função da liberação de gases e odores, decorrente da decomposição do dejetos durante a fase de armazenamento e após a aplicação destes no campo; c) pela poluição do solo, decorrente de repetidas aplicações, gerando um desbalanço e mesmo o excesso de alguns nutrientes, com reflexos negativos para o crescimento e desenvolvimento das culturas (BASSO, 2003).

Entre os nutrientes essenciais que as plantas absorvem do solo, o nitrogênio é o que se encontra em maior quantidade nos dejetos de suínos. Esse nutriente está sujeito a muitas transformações, tanto na esterqueira quanto no solo, as quais podem resultar em importantes perdas deste N no sistema solo-planta (SCHERER, 1998). Esse nutriente tem sido objeto de estudo em muitas partes do mundo, sendo apontado como um dos elementos presentes nos dejetos com potencial poluente. Isso por que está presente em grande quantidade nos dejetos e sua forma mineral é muito móvel no solo. O potencial poluente do nitrogênio pode ser estimado pela volatilização de amônia, pelo escoamento superficial, pela lixiviação do nitrato e por desnitrificação. Em países europeus a perda de nitrogênio por volatilização da amônia do dejetos é uma importante fonte de poluição do ar e representa uma perda significativa de nitrogênio, que pode ocorrer tanto durante o armazenamento, como após sua disposição no campo (BASSO, 2003).

As perdas de nitrogênio por volatilização da amônia reduzem o potencial fertilizante dos dejetos de suínos e são fontes de contaminação ambiental, podendo ocasionar a formação de chuva ácida, uma vez que o gás amônia é quimicamente ativo na atmosfera, reagindo rapidamente com nitrato e sulfato, formando nitrato e sulfato de amônio, sendo que este tem um poder acidificante duas vezes maior que o ácido sulfúrico (WHITEHEAD, SOMMER e HUTCHINGS apud PORT, 2002).

Em aplicação dos dejetos no período do outono, Port (2002), constatou aumento nas perdas cumulativas de nitrogênio por volatilização da amônia proporcionalmente ao aumento nas doses de dejetos de suínos aplicadas. Ainda, quando os dejetos foram aplicados

em área sob pousio, as perdas foram maiores do que quando da aplicação sobre resíduos culturais remanescentes de aveia. Por outro lado, ao comparar as perdas ocorridas após a aplicação dos dejetos no outono com as perdas ocorridas quando os dejetos foram aplicados no verão, verificou que nesta época as perdas por volatilização foram menores, atribuindo causa ao pH do dejetos, cujo valor foi de 7,5 no outono e de 6,5 no verão, uma vez que a proporção do N-NH<sub>3</sub> nos dejetos de animais é de 0,09% em pH 6,02 e de 7 % em pH 7,5, podendo chegar a 50% em pH 9,3. Outro aspecto considerado pelo autor, foi de que os resíduos culturais de aveia, manejados na época do florescimento, foram mais eficientes em controlar as perdas por volatilização no verão, em função de vários fatores, entre os quais: a) formação de microclima com diminuição de temperatura e aumento da umidade do solo, em relação ao solo descoberto; b) maior retenção da forma amoniacal presente na fração líquida dos dejetos; c) alta relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos culturais da aveia favorecendo a imobilização microbiana do nitrogênio mineral aplicado com os dejetos.

A aplicação de dejetos líquidos é a maior fonte de emissão de amônia para a atmosfera. Usualmente a presença de resíduos culturais na superfície dos solos contribui para o aumento das emissões por retardar a infiltração dos dejetos, sendo que a incorporação dos dejetos no solo reduz significativamente as emissões. Foi verificada uma redução de até 80% nas emissões, quando os dejetos foram incorporados no solo, comparadas com as emissões resultantes da aplicação dos dejetos sobre resíduos culturais da canola (*Brassica napus*), em Quebec, Canadá, muito embora não tenham sido encontradas diferenças entre os tratamentos em relação



ao teor de nitrogênio mineral no solo, sugerindo que mineralização ou desnitrificação foram mais ativas nas parcelas onde os dejetos foram incorporados (ROCHETTE et al., 2001). Acrescentando, as condições edafoclimáticas podem influenciar essa dinâmica, sendo que a ocorrência de chuvas em solos úmidos pode diminuir a volatilização, por diluição do  $\text{NH}_4^+$  superficial, reduzindo a pressão parcial da  $\text{NH}_3$ , e por infiltração de  $\text{NH}_4^+$  no solo, aumentando assim a resistência à volatilização (WHITEHEAD e RAISTRICK apud ROCHETTE et al., 2001).

Em experimento de campo, Giacomini (2005) constatou uma redução de 78% nas perdas por volatilização da amônia com a incorporação dos dejetos líquidos de suínos junto com os resíduos culturais de aveia, em relação à aplicação dos dejetos no solo, sobre os resíduos culturais superficiais, sem incorporação. Segundo esse autor, a alta concentração de N amoniacal na camada superficial do solo, observada logo após a aplicação dos dejetos líquidos, é a principal causa das elevadas taxas de  $\text{NH}_3$ , sendo que a incorporação do N amoniacal dos dejetos ao solo diminui a difusão do  $\text{NH}_3$  para a atmosfera uma vez que ocorre redução da temperatura e da ação do vento. No entanto, a diminuição das perdas por volatilização será inversamente proporcional ao tempo transcorrido entre a aplicação e a incorporação dos dejetos, pois esse autor constatou que aproximadamente 30% das perdas se verificam nas primeiras 3 horas após a aplicação dos dejetos, alcançando 83% de perdas em até 21 horas após a aplicação. Nesse estudo, Giacomini (2005) constatou que a porcentagem de perda do N amoniacal aplicado ao solo com os dejetos, por volatilização de amônia, variou de menos de 1 %, quando o dejetos aplicado foi incorporado ao solo, a aproximadamente 10%,

quando o mesmo foi mantido na superfície. Por outro lado Basso et al. (2004), em área próxima a do estudo realizado por Giacomini, encontraram perdas do N amoniacal, após a aplicação de dejetos líquidos, que variaram de 14 a 38 %. Segundo este autor, as diferentes porcentagens de perdas por volatilização  $\text{NH}_3$ , encontradas em diferentes estudos, podem estar relacionadas com a composição física e química dos dejetos aplicados, bem como, com as condições climáticas verificadas em cada estudo.

A perda de N por volatilização de amônia, em solo adubado com de dejetos de suínos, é bastante variável, representando de 5 até 75% do N amoniacal. Essa ampla variação deve-se à inúmeros fatores, principalmente, a composição físico-química dos dejetos e do solo, além das condições climáticas predominantes em cada situação (MOAL et al., SOMMER e HUTCHINGS, apud PORT et al., 2003). Outro fator que pode contribuir para os diferentes índices de perdas de nitrogênio por volatilização envolve a metodologia utilizada na sua quantificação. Segundo Port (2002), pode-se inferir que, com base na comparação dos valores de volatilização encontrados em seu trabalho com o encontrado por outros pesquisadores, o uso de túnel com circulação de ar e captação de amônia volatilizada em solução de ácido bórico é mais eficiente em captar a amônia volatilizada do que o dispositivo semi-aberto estático, pois este permanece isolado da ação do vento durante o período de avaliação, subestimando as perdas.

Além das perdas de nitrogênio por volatilização podem ocorrer perdas por lixiviação em solos adubados com dejetos de suínos. A lixiviação do nitrato é caracterizada pela movimentação do ânion  $\text{NO}_3^-$  para além da zona radicular das culturas, podendo atingir o lençol freático. Para que isso ocorra, é necessário a presença de

nitrogênio na solução do solo e o movimento de água no perfil. A descida do nitrato é favorecida pela baixa adsorção do ânion às partículas do solo, contrariamente ao amônio, que, em razão das cargas negativas predominantes nos colóides, pode ser adsorvido pelo complexo de troca do solo. Portanto, as perdas de nitrogênio através da lixiviação do nitrato ocorrem, principalmente, devido aos fluxos subsuperficiais quando o sistema radicular das culturas agrícolas não consegue absorver esse ânion (BASSO, 2003).

Estima-se que o nitrato é o contaminante mais comum dos aquíferos do mundo, especialmente nas regiões úmidas, onde os efluentes drenados, contendo nitrato residual, contribuem significativamente para a poluição (UGWUEGBU et al., 2001).

A aplicação anual de doses de dejetos acima da recomendação e por longo período de tempo, não deve ser praticada devido aos riscos de contaminação do solo e da água. É necessário, portanto, a definição de doses adequadas a serem usadas e do intervalo de aplicação dos dejetos em uma mesma área, tendo em vista a minimização dos impactos ambientais (CHANG e ENTZ, INGRID et al., apud PORT, 2002).

A implementação de práticas mais adequadas de manejo que visam a redução dos teores de nitrato em águas de uma determinada região onde são aplicados dejetos de suínos no solo, podem influenciar a qualidade da água de regiões distantes da área onde a prática foi implementada. No entanto, como verificado no estado de Wisconsin, cujo sistema de exploração agrícola está baseado na produção animal, adições de nitrogênio a partir do cultivo de leguminosas, dejetos animais e fontes inorgânicas, resultam em alto potencial de perdas de nitrato nas áreas cultivadas, devido a não

adoção de adequadas práticas de manejo da adubação nitrogenada (ANDRASKI et al., 2000). Esses autores constataram que houve incremento nos teores de nitrato nas amostras de solução do solo coletadas na profundidade de 120 cm, como resultado de aplicações excessivas de nitrogênio. Ressalta-se que os solos desse estado americano apresentam baixos teores de argila (< 10 %) e que os níveis de N utilizados são muito altos.

Segundo Anjos e Mattiazzo (2000), após a quinta aplicação sucessiva de biossólido verificou-se um aumento na quantidade de nitrato lixiviada, demonstrando que com as repetidas aplicações o processo de mineralização do N orgânico adicionado, via biossólido, elevou significativamente os teores de nitrato no lixiviado com potencial para a contaminação de aquíferos.

Com a grande expansão do plantio direto, é cada vez maior o número de propriedades rurais onde o esterco líquido de suínos é aplicado diretamente sobre a palha das plantas de cobertura, antecedendo a implantação das culturas comerciais (ALMEIDA et al., 1999).

Em áreas fertilizadas com dejetos, uma importante quantidade de N e P pode estar presente na água perdida por escoamento superficial, resultando numa preocupação crescente, devido ao seu alto potencial poluidor (SILVEIRA et al., 2002).

Gupta et al. (1997) estudaram os efeitos das práticas de preparo e da aplicação de dejetos líquidos de suínos como fertilizante, na condutividade hidráulica saturada e na quantidade e qualidade da água de escoamento superficial, em um solo com a seguinte composição granulométrica na camada de 0 a 27 cm: 30 % de areia, 51,3 % de silte e 18,7 % de argila. Como parte do estudo, foram

conduzidos experimentos de infiltração, tanto no plantio direto, quanto no sistema de preparo do solo com uso de implemento de disco. Esses autores aplicaram chuva simulada, com equipamento portátil. Os dados de infiltração foram analisados através da condutividade hidráulica saturada ( $K_s$ ) e da determinação de volume de escoamento. O estudo indicou que foi significativo o efeito da prática de preparo na  $K_s$ , na quantidade e na qualidade da água escoada superficialmente. As concentrações de N total, P total, amônia e nitrato foram menores nas amostras da água escoada obtidas no tratamento com preparo do solo, usando implemento de disco, do que nas amostras do escoado do tratamento sob sistema de plantio direto. As concentrações na água do escoado coletada um dia após a aplicação dos dejetos, diferiram daquelas coletadas 40 dias após a aplicação. O estudo sugere que o sistema de preparo do solo com o uso de implementos de disco deve ser preferido em relação ao plantio direto, se os dejetos líquidos de suínos forem usados como fertilizantes. Os autores sugeriram que os estudos tenham continuidade, para que seja possível avaliar a dimensão do impacto da aplicação dos dejetos suínos e dos sistemas de preparo na quantidade e qualidade da água do escoamento superficial.

Eghball e Gilley (1999) estudaram o efeito da chuva simulada sobre as perdas de P e N, em água de escoamento, após a aplicação de esterco e composto em um solo contendo resíduos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) e trigo de inverno (*Triticum aestivum*, L.). Esterco, composto e fertilizante mineral foram aplicados em áreas não preparadas, a taxas requeridas para satisfazer as exigências de N e P para a produção de milho (*Zea mays*, L.), sendo dispostos diretamente na superfície do solo ou incorporados

com implemento de disco a 8 cm. As concentrações de P dissolvido, P biodisponível e  $N-NH_4^+$ , no escoado, foram maiores em áreas onde não houve a incorporação do esterco, do composto e do fertilizante mineral. As concentrações totais de P no escoado foram, em geral, menores nas parcelas com resíduos de trigo do que com resíduos de sorgo e menores em áreas sem preparo do que em áreas onde houve a incorporação do esterco, do composto e do fertilizante mineral. No sistema incorporado, a aplicação de esterco ou de composto baseados em N ou P, resultaram em concentrações de P dissolvido menor que  $1 \text{ mg L}^{-1}$ .

Pellegrini et al. (2002), estudando a erosão entressulcos em um Vertissolo, constataram que houve aumento das perdas de água e de solo com o aumento das doses de esterco de suínos testadas. Alvarenga et al. (2002), em um monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos, concluíram que o escoamento superficial e o arraste de partículas foram três a quatro vezes maiores, quando se usou  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, em consequência da menor produção de fitomassa seca do milho durante seu ciclo.

Sedimentos transportados pela água da chuva, oriundos de áreas que recebem resíduos animais, em grandes quantidades e por longos períodos, podem causar elevada poluição de águas superficiais. Isto ocorre quando a aplicação dos dejetos sobre a superfície do solo é realizada sem incorporação dos mesmos, em solos declivosos ou áreas com inadequadas medidas de controle da erosão. Os principais constituintes dos dejetos que podem impactar as águas superficiais são a matéria orgânica, o N e o P, as bactérias fecais e os sedimentos. O impacto que estes contaminantes têm sobre o ecossistema aquático, está relacionado à quantidade e tipo de cada poluente que é

introduzido e às características do sistema aquático receptor (SEIFFERT e PERDOMO, 1998).

Moreira et al. (2003), estudaram as perdas de potássio, cálcio e magnésio por escoamento superficial, com a aplicação superficial e a não incorporação de dejetos líquidos de suínos. Constataram que as concentrações desses nutrientes na solução do escoamento superficial foram maiores nos primeiros eventos (chuva natural) após a aplicação dos dejetos, diminuindo nas avaliações subsequentes, no primeiro ano agrícola. Esses autores concluíram que foram pequenas as perdas de potássio, cálcio e magnésio e as mesmas estão diretamente relacionadas com a quantidade aplicada.

Um dos problemas mais sérios que pode ocorrer com a aplicação dos dejetos nas lavouras, levando-se em conta as repetidas aplicações de grandes quantidades nas mesmas áreas, é a poluição das águas por fósforo, uma vez que as plantas não são capazes de absorver as quantidades aplicadas através dos dejetos. Quanto maiores as quantidades de fósforo acumulado no solo, maiores são os riscos de perdas desse elemento por erosão e lixiviação (SEGANFREDO, 2001). A longo prazo, as aplicações excedentes de P aumentam a saturação desse elemento no solo em relação à capacidade de adsorção dos solos. Na Holanda, 25 % da capacidade máxima de retenção de P é considerada suficiente para que ocorram perdas de P, cujos valores são inaceitáveis em termos de contaminação da água (BREEUWSMA e SILVA apud HOODA et al., 2001).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um experimento a campo, no período de julho à dezembro de 2004, na área experimental da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo, município de Passo Fundo, RS.

Esse município situa-se a 687 m de altitude e apresenta precipitação pluvial média anual de 1.788 mm e temperatura média anual de 17,5° C e o clima, pela classificação de Köppen, é do tipo fundamental temperado (C) úmido (f) e variedade específica subtropical (Cfa) (CUNHA, 1997).

A área apresentava 50 m (largura) x 65 m (comprimento), tendo sido subdividida no comprimento para a instalação do experimento. As culturas anteriores, na área do experimento, foram a aveia (inverno de 2003) e milho (safra 2003/2004).

O solo da área experimental pertence à unidade de mapeamento Passo Fundo, classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999). Esse solo foi amostrado (0 a 10 cm) com pá-de-corte e as amostras foram analisadas no Laboratório de Solos da FAMV (análise de rotina), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). Os teores de fósforo (P) e potássio (K) disponíveis foram determinados com o método do extrator duplo ácido (Mehlich-I). Os teores dos cátions trocáveis: alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) foram extraídos com cloreto de potássio (KCl) 1 mol L<sup>-1</sup>; os teores de enxofre disponível (S) foram extraídos com fosfato de cálcio (500 mg L<sup>-1</sup> de P), os de boro (B) disponível foram extraídos com água quente, os de zinco (Zn) e cobre (Cu) disponíveis foram extraídos com ácido clorídrico (HCl) a 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Os teores de carbono orgânico, expressos como



matéria orgânica (MO), foram obtidos com o método da Solução Sulfocrômica, com calor externo, e determinação espectrofotométrica do cromo trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ). A acidez ativa foi determinada pelo pH em água (solo:água 1:1) e a acidez potencial foi avaliada com o método da solução SMP. O teor de argila ( $490 \text{ g dm}^{-3}$ ) foi determinado pelo método do densímetro de Bouyoucos, após dispersão do solo com solução de hidróxido de sódio  $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ . Os principais atributos químicos desse solo são apresentados na Tabela 2.

Os dejetos de suínos foram coletados em uma esterqueira na unidade produtora de suínos (terminação) do Sr. Osmar Bernardi, localizada no município de Camargo (RS).

O transporte dos dejetos, da propriedade até o local dos experimentos, foi feito por caminhão utilizado para limpeza e esgotamento de fossas sépticas e ocorreu no mesmo dia da aplicação dos dejetos (23/07/2004). Esse caminhão é dotado de equipamento para carga e descarga (autobomba portátil), que foi utilizado para homogeneizar os dejetos no tanque de transporte, antes da distribuição no solo.

Os dejetos utilizados foram analisados quanto aos teores de matéria seca, de macronutrientes, de micronutrientes, pH e condutividade elétrica. O teor de matéria seca foi obtido com secagem ( $105^\circ \text{ C}$ ) em estufa, até peso constante. Os macronutrientes foram extraídos com digestão por  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  e mistura de digestão, sendo o nitrogênio (N) determinado pelo método Kjeldahl, o fósforo (P) por fotolorimetria, o potássio (K) por fotometria de chama e cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica. Os micronutrientes foram extraídos com digestão nitro-perclórica ( $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ ). O valor do pH foi determinado em solução de cloreto de

cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  na relação dejetos:  $\text{CaCl}_2$  de 1:5, e a condutividade elétrica, com leitura direta em condutivímetro, conforme descrito em Tedesco et al. (1995). Os resultados são apresentados na Tabela 3.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com 3 repetições e arranjo dos tratamentos em parcelas subdivididas. Os tratamentos alocados na parcela principal constaram de 5 (cinco) doses dos dejetos, uma testemunha (sem dejetos) e a adubação mineral. Nas sub-parcelas, foram testadas duas formas de aplicação dos dejetos e dos fertilizantes minerais, quais sejam: aplicação na superfície e no sulco aberto com sulcador do tipo facão-guilhotina. As dimensões das unidades experimentais foram de 6 m de comprimento por 5 m de largura (sendo esta no sentido da declividade do terreno), totalizando  $30 \text{ m}^2$ . As doses aplicadas estão especificadas na Tabela 4. No tratamento com adubação mineral foi realizada a adubação nitrogenada em cobertura, em duas aplicações de  $35 \text{ kg N ha}^{-1}$  na forma de uréia. A primeira aplicação de N foi realizada 30 dias após a semeadura e a segunda 15 dias após a primeira.

Antes da semeadura da cultura do trigo, foi feita a distribuição dos dejetos de suínos, na superfície do solo e no sulco (5 – 10 cm de profundidade), com o uso de distribuidor de esterco líquido. Esse distribuidor foi rebocado por um trator MF 620 e acionado na tomada de força do mesmo, sendo que no distribuidor foi adaptado<sup>5</sup> uma câmara para equalização e divisão do fluxo (vazão) dos dejetos, utilizando-se mangueiras de alta pressão. Essas mangueiras foram conectadas aos sulcadores, os quais foram remanejados de uma

---

<sup>5</sup> O processo de adaptação foi orientado pelo Prof. Dr. Walter Boller, da FAMV/UPF

semeadora de parcelas e fixados em uma estrutura acoplada ao chassi do distribuidor. Essa estrutura é dotada de sistema de levante hidráulico, acionado por comando remoto através do sistema hidráulico do trator (Figura 1).

O volume de dejetos aplicados, em cada tratamento, foi controlado em função da velocidade do trator, uma vez que o distribuidor de esterco líquido não possui regulador de vazão.

A velocidade do trator foi previamente testada, combinando diferentes marchas do sistema de transferência do trator com a rotação de trabalho do motor (1.500 rpm). Esta rotação foi recomendada pelo fabricante do distribuidor para proporcionar o adequado funcionamento da bomba desse equipamento.

A implantação da cultura do trigo (cultivar BR 23) foi realizada no dia 25 julho de 2004. Ajustou-se a densidade de semeadura em 300 sementes aptas  $m^{-2}$ , utilizando-se um espaçamento de 0,17 m entre linhas. A semeadura foi realizada com a semeadora marca Semeato, modelo SHM, equipada com 15 linhas de distribuição das sementes. O fertilizante mineral foi distribuído manualmente na linha de plantio, na profundidade de 5 cm quando incorporado, e distribuído na superfície do solo no tratamento sem incorporação. A cultura do trigo foi manejada de acordo com as indicações técnicas preconizadas em Comissão... (2004).

Tabela 2 – Atributos químicos do solo, na época de implantação do experimento

pH	Índice SMP	P	K	M. O.	Al	Ca	Mg	H+Al	CTC	Saturação							
										Bases	Al	K	S	B	Mn	Zn	Cu
(H <sub>2</sub> O)		(mg dm <sup>-3</sup> )		(g dm <sup>-3</sup> )	(cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )				(pH 7,0)		(%)				(mg dm <sup>-3</sup> )		
6,3	6,4	9	164	30	0,0	7,1	3,3	2,8	13,6	80	0	3,1	5	0,2	5	0,6	1,3

Tabela 3 – Teores de macro e micronutrientes, umidade (105° C), valor do pH (CaCl<sub>2</sub>) e condutividade elétrica dos dejetos líquidos de suínos utilizados no experimento

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S	U <sub>105° C</sub>	pH	CE	Ca	Mg	Mn	Cu	Zn	Fe	B	Mo
	(kg m <sup>-3</sup> )				(CaCl <sub>2</sub> )	(mS cm <sup>-1</sup> )				(kg m <sup>-3</sup> )				
6,5	3,3	3,0	0,0	93,42	7,0	24,30	2,70	0,67	0,05	0,09	0,10	0,28	0,00	0,00

Tabela 4. Tratamentos testados no experimento.

Tratamentos	Forma de aplicação
1 Testemunha (sem dejetos)	-
2 Testemunha (sem dejetos)	-
3 200 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05.25.25 (adubação mineral)	superfície
4 200 kg ha <sup>-1</sup> da fórmula 05.25.25 (adubação mineral)	sulco
5 22,8 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	superfície
6 22,8 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	sulco
7 31,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	superfície
8 31,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	sulco
9 51,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	superfície
10 51,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	sulco
11 68,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	superfície
12 68,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	sulco
13 88,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	superfície
14 88,3 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	sulco



Figura 1. Vista parcial do equipamento desenvolvido para aplicação no sulco.

Foi avaliada a acumulação de macronutrientes no tecido vegetal dos seguintes tratamentos: sem aplicação de dejetos, com adubação mineral e com aplicação de dejetos de suíno equivalente a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> na superfície e no sulco. No estágio de perfilhamento (26/08/04), foram coletadas aproximadamente 10 plantas de trigo (parte aérea) por parcela, e no estágio do florescimento (16/10/04), foram coletados 5 afilhos de trigo por parcela. A opção por coletar afilhos e não a folha índice foi em função da ocorrência do vírus do mosaico do trigo, que dificultou a coleta da folha índice sem sintomas da virose em quantidade suficiente para a realização da análise laboratorial. Em 26/11/04, durante a colheita, foram coletadas 10 plantas (parte aérea) de cada parcela do Experimento. Imediatamente após a coleta, o material vegetal coletado, nessas três épocas, foi colocado em estufa a 65° C até alcançar peso constante. Uma vez seco, esse material foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 0,5 mm de diâmetro. A extração dos macronutrientes no tecido vegetal foi realizada com uma única digestão (0,200 g da amostra), com peróxido de hidrogênio, ácido sulfúrico e mistura de digestão. A determinação dos nutrientes foi realizada com destilação (Nitrogênio), fotolorimetria (Fósforo), fotômetro de chama (Potássio) e espectrofotômetro de absorção atômica (Cálcio e Magnésio), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Antes de realizar a colheita da cultura do trigo, foram coletadas 10 espigas por parcela (Determinação do número de grãos espiga<sup>-1</sup>), e realizada a contagem do número de espigas em 2 m lineares (determinação do n° de espigas m<sup>-2</sup>), a medição da altura de plantas (média de quatro pontos ao acaso dentro de cada parcela). O

número de grãos  $\text{m}^{-2}$  foi obtido com a multiplicação do número de grãos espiga<sup>-1</sup> pelo n° de espigas  $\text{m}^{-2}$ . O peso de mil grãos foi realizado, após a colheita, na amostra colhida, classificada e secada a 65° C. O peso hectolítrico foi determinado sobre a amostra com a umidade do momento da colheita, corrigindo-se a umidade do grão para 13 %.

A colheita do trigo foi feita em uma área útil de 4,75  $\text{m}^2$  de cada sub-parcela (largura da plataforma = 1,25 m e comprimento de 3 m). Foi considerado uma bordadura de 1,5 m no início e no final de cada sub-parcela. As amostras colhidas foram acondicionadas em sacos de papel. Posteriormente à colheita, foi feita a classificação dos grãos colhidos, a determinação da umidade e a pesagem de cada amostra para determinação do rendimento de grãos. O rendimento foi expresso em g de grãos  $\text{m}^{-2}$ , corrigindo-se a umidade de cada amostra para 13 %.

Nas mesmas parcelas onde foi avaliado o teor de nutrientes nas plantas, foi determinado o teor de nitrogênio mineral e total do solo, em três momentos e nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm. As coletas das amostras nas diferentes profundidades não foram realizadas no mesmo dia, sendo a primeira camada (0 a 5 cm) coletada no dia 25/08/04 e a segunda (5 a 10 cm) no dia 17/09/04. A segunda coleta de amostras de solo foi realizada no dia 08/10/04 (0 a 5 cm) e no dia 15/10/04 (5 a 10 cm) e a terceira coleta nos dias 29/11/04 (0 a 5 cm) e 06/12/04 (5 a 10 cm). As amostras de solo, compostas por 5 sub-amostras, foram coletadas com amostrador do tipo calador.

Para a avaliação do N mineral, as amostras foram homogeneizadas no momento da coleta e, após, aproximadamente 30 a 40 g de solo úmido foram colocados em recipientes de vidro, com 500

mL de capacidade volumétrica, contendo 200 mL da solução KCl a 1 mol L<sup>-1</sup>. Todos os recipientes contendo a solução de KCl foram pesados antes e após receber as amostras, determinado-se o peso das mesmas pela diferença. Ato contínuo, outra pequena porção da mesma amostra foi acondicionada em recipiente metálico com tampa e mantida em caixas de isopor, para determinação da umidade (105° C) no momento da coleta. Uma vez na estufa, a amostra foi mantida a 105° C até alcançar peso constante, visando a apresentação dos resultados em base seca. Após a conclusão dos trabalhos de amostragem, os frascos foram levados ao laboratório e agitados em um agitador, por 30 minutos, a 150 rpm. Em seguida, foi realizada a filtragem da solução em papel filtro INLAB tipo 30 (7,5 µm). Após filtrar, uma alíquota de aproximadamente 90 mL foi acondicionada em frascos de plástico com tampa e mantidos sob refrigeração, para a posterior determinação do teor de N mineral no solo. A determinação do N mineral foi realizada com a destilação de uma alíquota de 20 mL do filtrado, ao qual foi adicionada 0,200 g de óxido de magnésio e 0,200 g de Liga Devarda, em destilador de arraste de vapores do tipo semimicro Kjeldhal. O destilado foi coletado em erlemeyer contendo 5 mL da solução indicador de ácido bórico para em seguida realizar a titulação com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0025 mol L<sup>-1</sup> (TEDESCO et al., 1995). Os resultados foram expressos em mg de N kg<sup>-1</sup> de solo.

Para a determinação do nitrogênio (N) total no solo, realizou-se a digestão de 0,500 g de solo das amostras coletadas, após serem secadas ao ar, moídas em almofariz e passadas em peneira de 0,300 mm, na presença de 1 mL de peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 2 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e 0,7 g de mistura de digestão. Após a digestão, procedeu-se a destilação em destilador de arraste de vapores



(semi-micro Kjeldhal) com adição de hidróxido de sódio (NaOH 10 mol L<sup>-1</sup>). Da mesma forma que para o N mineral, o destilado foi coletado em solução contendo indicador de ácido bórico e em seguida foi realizada a titulação com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,025 mol L<sup>-1</sup> (TEDESCO et al., 1995). Os resultados foram expressados em mg de N kg<sup>-1</sup> de solo.

Após a colheita do trigo, foi realizada a coleta de amostras de solo em todas as sub-parcelas, na camada de 0 a 5 cm, com uso do trado calador, sendo cada amostra composta de cinco sub-amostras. As amostras foram analisadas, quanto aos atributos químicos, no Laboratório de Solos da FAMV (análise de rotina), conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Os resultados obtidos passaram por análise de variância, análise de regressão, análise de correlação e testes de médias por contraste com o uso dos programas SAS, SIVAR e Minitab (análise de regressão para os fatores quantitativos).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Rendimento de grãos

O rendimento de grãos de trigo foi influenciado pelas doses ( $p = 0,0118$ ) e pela forma de aplicação dos dejetos de suínos ( $p = 0,0376$ ), não ocorrendo interação desses fatores ( $p = 0,6247$ ; Apêndice 1).

Na média das doses, o maior rendimento de grãos foi proporcionado pela aplicação dos dejetos na superfície do solo, sendo  $8,5 \text{ g m}^{-2}$  superior (4,7 %) ao rendimento proporcionado pela aplicação dos dejetos no sulco.

Na média das formas de aplicação, o maior rendimento de grãos foi de  $223,1 \text{ g m}^{-2}$ , sendo obtido com a aplicação do equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, verificando-se um decréscimo a partir desta dose (Figura 2). O incremento no rendimento de grãos obtido com essa dose foi de 47,4 %, ou seja,  $71,7 \text{ g m}^{-2}$  superior a testemunha (sem aplicação do dejetos). O rendimento de grãos obtido com a dose de  $22,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  superou em 37,91 % o obtido na testemunha, resultando num acréscimo de  $57,4 \text{ g m}^{-2}$  (Figura 2).

Embora tenha sido verificado incremento, em relação à testemunha, de 49,9 % ou  $75,6 \text{ g m}^{-2}$  no rendimento de grãos com a adubação mineral, não houve diferença entre esse tratamento e a aplicação das doses equivalentes a 22,8, 31,3 e  $51,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Tabela 5). Por outro lado, o rendimento obtido com a dose equivalente a  $68,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos de suínos foi  $60,4 \text{ g m}^{-2}$  menor do que o obtido com a adubação mineral (Tabela 5).

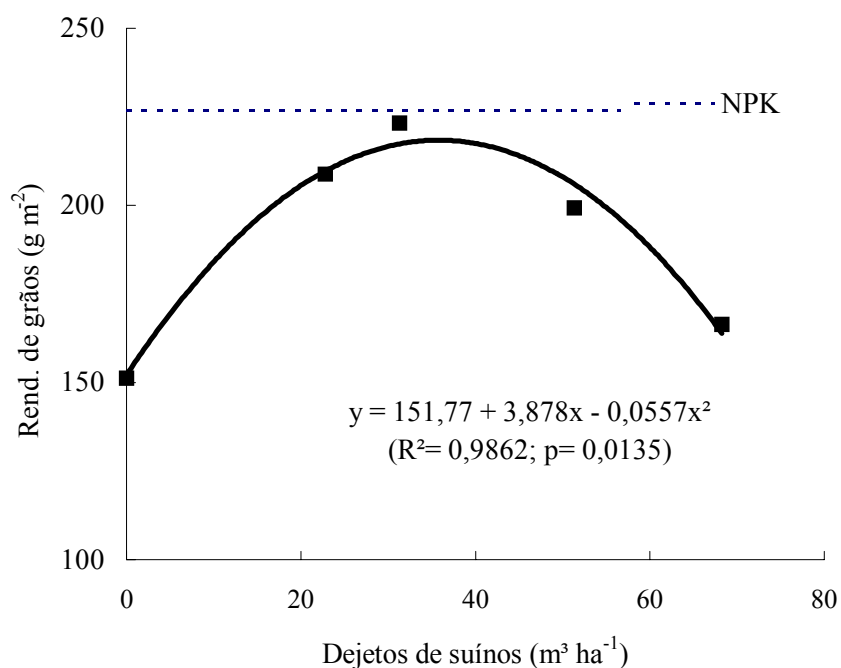


Figura 2. Rendimento de grãos de trigo obtido com doses de dejetos de suínos. Médias da aplicação na superfície do solo e no sulco.

Tabela 5. Comparação do rendimento de grãos obtidos com aplicação de dejetos de suínos e fertilizantes minerais (NPK + uréia). Média das formas de aplicação.

Contrastes	Rendimento (g m <sup>-2</sup> )	Incremento (g m <sup>-2</sup> )	<i>p</i>
0 X NPK	151,3 x 226,9	75,6	0,0024
22,8 X NPK	208,8 x 226,9	-	0,4138
31,3 X NPK	223,3 x 226,9	-	0,8594
51,3 X NPK	199,3 x 226,9	-	0,2477
68,8 X NPK	166,5 x 226,9	60,4	0,0034

O decréscimo do rendimento de grãos, obtido com a aplicação de doses maiores do que o equivalente à de 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 2), encontra similaridade com a curva de resposta teórica

preconizada para as culturas agrícolas. Nesse tipo de curva, observa-se um efeito depressivo do rendimento de grãos, quando a quantidade de nutrientes adicionadas com a adubação é excessiva (RAIJ, 1991; ALVAREZ, 1994). Considerando a dose de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de N indicada para a cultura do trigo, nas condições em que o experimento foi realizado (teor de matéria orgânica =  $30 \text{ g dm}^{-3}$  e milho como cultura precedente), pode-se inferir que as quantidades aplicadas desse nutriente extrapolaram em muito a indicação da Sociedade... (2004), especialmente, com as doses equivalentes a  $51,3$  e  $68,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Nas parcelas adubadas com essas doses, foram adicionados ao solo, respectivamente,  $267$  e  $355 \text{ kg}$  de N, levando-se em conta o índice de eficiência (80%) de liberação dos nutrientes totais preconizado em Sociedade... (2004), disponível para o primeiro cultivo.

Além da alta quantidade de N aplicado com as doses equivalentes a  $51,3$  e  $68,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , os resultados da análise do solo amostrado após a colheita do trigo indicaram que houve um acréscimo significativo de fósforo (P), potássio (K) (dejetos aplicados na superfície do solo) e Zn com as doses testadas (Apêndices 2, 4 e 5). Nas parcelas adubadas com o equivalente a  $51,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  obteve-se valores de  $50,6$ ;  $360,7$ ; e  $5,9 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente, de P, K e Zn, enquanto que naquelas adubadas com as doses equivalentes a  $68,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  esses valores corresponderam a  $60,5$ ;  $419,7$  e  $7,9 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente (Figuras 3, 4 e 5). A análise de variância realizada com os resultados dos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do solo, revelou efeito da forma de aplicação dos dejetos (Apêndice 8 e 9). Como mostram esses resultados, os maiores teores foram obtidos com a aplicação dos dejetos na superfície do solo. A interpretação dos resultados da análise de solo, conforme os critérios estabelecidos pela

Sociedade...(2004), indica que todos os teores dos atributos químicos analisados estavam em níveis considerados altos ou corrigidos.

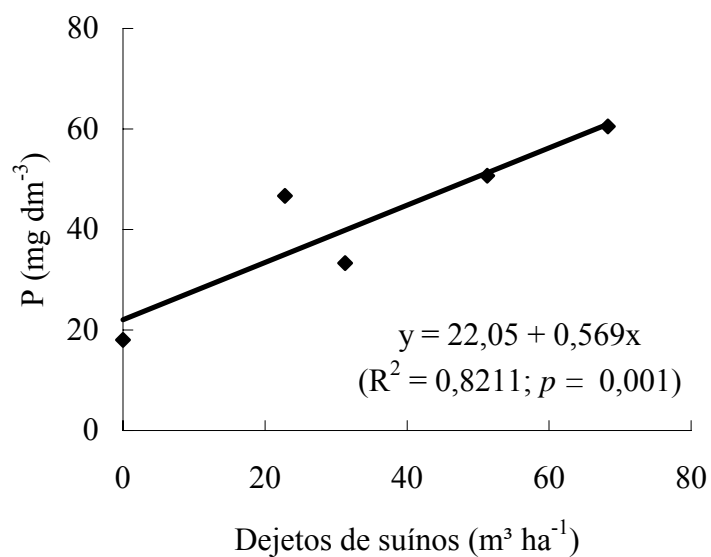


Figura 3. Teores de fósforo (P) no solo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

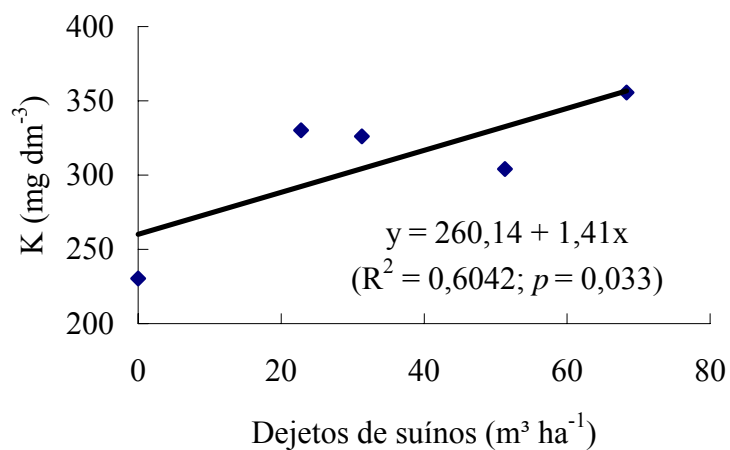


Figura 4. Teores de potássio (K) no solo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

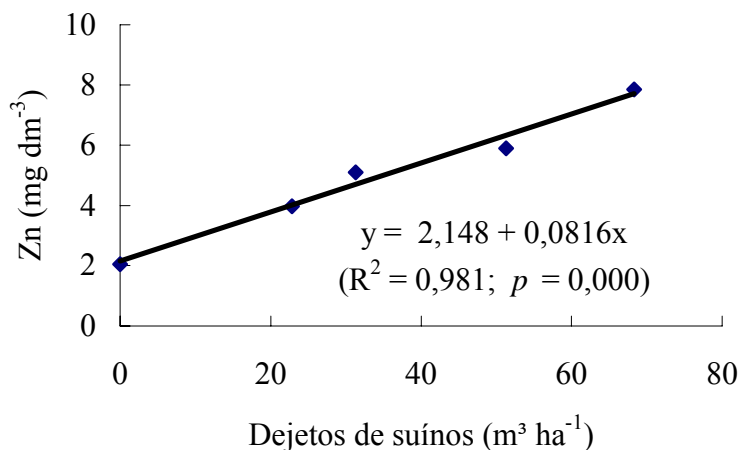


Figura 5. Teores de zinco (Zn) no solo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

O decréscimo no rendimento de grãos pode, também, estar relacionado com a ocorrência de doenças que atacam as espigas, em especial a giberela (*Gibberella zeae*, Schw). A análise da ocorrência da doença nos grãos de trigo, após a colheita, realizada pelo Laboratório de Fitopatologia da FAMV/UPF, apontou um aumento na incidência da mesma. Embora não tenham apresentado distribuição normal, a análise de variância desses resultados indicou efeito de doses ( $p = 0,00$ ) dos dejetos aplicados. Como se sabe, essa doença se caracteriza pela infecção floral, sendo que condições favoráveis para que ela ocorra, tais como períodos prolongados de chuva ( $> 48$  h) e temperaturas médias maiores que  $25^{\circ}$  C (CASA et al., 2004), ocorreram no período do florescimento da cultura. Também deve ser acrescentado que os resíduos culturais do milho, predominante na superfície do solo da área do experimento, são as fontes de inóculo primário mais importante para a giberela em cereais de inverno, além do fato de que esta é uma doença de difícil controle (CASA et al., 2004). Por outro lado, também foi observada a ocorrência do vírus do

mosaico do trigo (*Soil-borne wheat mosaic virus* - SBWMV), verificada durante o desenvolvimento da cultura, e que é transmitido pelo fungo de solo *Polymixa graminis* (DALBOSCO et al., 2002). Embora essa cultura tenha manifestado os sintomas típicos da ocorrência do vírus, como por exemplo, a ocorrência de manchas cloróticas internerval (DALBOSCO et al., 2002), não foi constatada a presença dos esporos do fungo transmissor do mesmo no sistema radicular dessas plantas, quando examinadas pelos pesquisadores do Laboratório de Virologia da FAMV/UPF.

A ocorrência das doenças fúngicas e da virose pode ter sido favorecida pelo suprimento excessivo de nitrogênio, decorrente das altas doses do dejetos aplicado. Segundo Marschner (1995), em regra, os fatores nutricionais que favorecem o crescimento das plantas também favorecem a multiplicação do vírus, assim como a germinação de esporos de fungos pode ser estimulada pela produção de exudatos por parte da planta. Os exudatos podem contribuir para o sucesso ou fracasso da infecção de muitas doenças fúngicas. Quando o suprimento de nitrogênio é excessivo pode ocorrer um incremento na produção de aminoácidos, favorecendo o processo de infecção, e uma redução na produção de compostos fenólicos, como as fitoalexinas e, portanto, do efeito fungistático que estas possuem. Segundo Camargo e Sá (2004), devido ao excesso de N pode ocorrer também um aumento da infecção por fungos em cereais, como consequência do aparecimento de falhas na camada externa protetora, com elevado teor de sílica, provocadas pelo acelerado crescimento do tecido vegetal.

A dose de máxima eficiência técnica do dejetos foi obtida calculando-se a primeira derivada de Y (rendimento de grãos de trigo) em relação a X (dose do dejetos). O ponto de máxima é aquele que

anula a derivada primeira, quando a segunda derivada for um valor negativo (ALVAREZ, 1994). Considerando a equação de regressão quadrática ( $y = 151,77 + 3,878x - 0,0557x^2$ , Figura 2), obtida com o ajuste dos resultados observados para o rendimento de grãos de trigo, tem-se:

$$\frac{dY}{dX} = 3,878 - 0,118 x$$

$$3,878 - 0,118 x = 0$$

$$x \cong 34,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

Assim, o máximo rendimento de grãos estimado com essa dose é dado por:

$$Y = 151,77 + 3,878 (34,6) - 0,0557 (34,6)^2$$

$$Y = 218,5 \text{ g m}^{-2}$$

Portanto, a dose de máxima eficiência técnica estimada neste trabalho foi de  $34,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, a qual proporcionou um rendimento máximo de  $218,5 \text{ g m}^{-2}$  de grãos de trigo.

Por outro lado, a dose de máxima eficiência econômica, calculada como sendo o ponto da curva da derivada primeira da função polinomial, obtida com o ajuste dos resultados observados, igual a razão entre custo do dejetos (estimado em R\$  $3,80 \text{ m}^{-3}$ ) e preço do trigo (estimado em R\$  $0,32 \text{ kg}^{-1}$ ), conforme proposto em Alvarez (1994), foi de  $22,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . O rendimento de grãos estimado com essa dose correspondeu a  $211,23 \text{ g m}^{-2}$ .



## 4.2 Componentes de rendimento e peso hectolétrico

Entre os componentes de rendimento, número de espigas  $m^{-2}$ , número de grãos  $m^{-2}$ , número de grãos espiga $^{-1}$  e peso de mil sementes (PMS), somente os resultados referentes a esses três últimos componentes apresentaram distribuição normal ( $p < W \geq 0,05$ ).

Não houve interação entre os fatores testados, quando analisados os resultados obtidos com o número de grãos  $m^{-2}$ , número de grãos espiga $^{-1}$  e PMS (Apêndices 10, 11 e 12). Entretanto, verificou-se efeito de doses sobre essas variáveis ( $p = 0,0164$ ;  $0,0412$  e  $0,0018$ , respectivamente; Apêndices 10, 11 e 12).

Os resultados do número de grãos  $m^{-2}$  e do número de grãos espiga $^{-1}$  correlacionaram-se de forma positiva com o rendimento de grãos de trigo (Tabela 6). Os resultados do PMS decresceram em função do acréscimo das doses aplicadas (Figura 6) e correlacionaram-se de forma positiva com os do peso hectolétrico (PH) ( $r = 0,65$ ;  $p > |t| 0,01$ ). Essa correlação entre o PMS e o PH indica que o decréscimo na qualidade industrial dos grãos foi altamente influenciada pelo PMS. Por outro lado, o acúmulo de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das plantas de trigo (sem os grãos), na época da colheita, teve correlação negativa com o PMS ( $r = -0,40$ ;  $p > |t| 0,05$ ; Tabela 10).

O decréscimo do PMS, observado em função do acréscimo das doses aplicadas, foi linear, sendo que a equação de regressão obtida com o ajuste dos resultados dessas duas variáveis explica 93,25 % dos valores obtidos, alcançando uma probabilidade de erro ( $p$ ) de 0,0064 (Figura 6).

Esses resultados sugerem que o suprimento excessivo do nitrogênio adicionado com as doses de dejetos, além de propiciar o

acréscimo desse nutriente na fitomassa da parte aérea (sem os grãos) propicia o decréscimo do PMS. Tais efeitos estão de acordo com o postulado por Camargo e Sá (2004), segundo o qual, o excesso de N pode ocasionar redução no rendimento dos cereais devido à pequena translocação de carboidratos para os grãos.

Tabela 6. Correlação entre rendimento de grãos e número de grãos  $m^{-2}$ , número de grãos espiga $^{-1}$  e peso de mil sementes, em trigo adubado com dejetos de suínos

Dose ( $m^3 ha^{-1}$ )	Rendimento de grãos ( $g m^{-2}$ )	Nº de grãos $m^{-2}$	Nº de grãos espiga $^{-1}$	PMS (g)
0	151,4	5037	15	306
22,8	208,8	9042	19	301
31,3	223,1	9706	22	293
51,3	199,2	8793	18	287
68,3	166,7	9820	21	272
Correlação (r)		0,56 **	0,54**	0,15 <sup>ns</sup>
t calc(GL= 28)		3,61	3,42	0,78
t tab (1%)		2,76	2,76	2,76

\*\* significativo ( $p = 0,01$ ).

Não houve interação entre os fatores testados quando analisado o efeito dos tratamentos sobre a variável peso hectolítrico (PH). No entanto, houve efeito isolado de doses e de formas de aplicação dos dejetos (Apêndice 13).

A análise de variância da regressão indicou que o modelo linear foi significativo, sendo que ocorreu decréscimo no valor do PH com as doses aplicadas e a equação de regressão ajustada pelo modelo explica 84,45 % dos resultados obtidos (Figura 7).

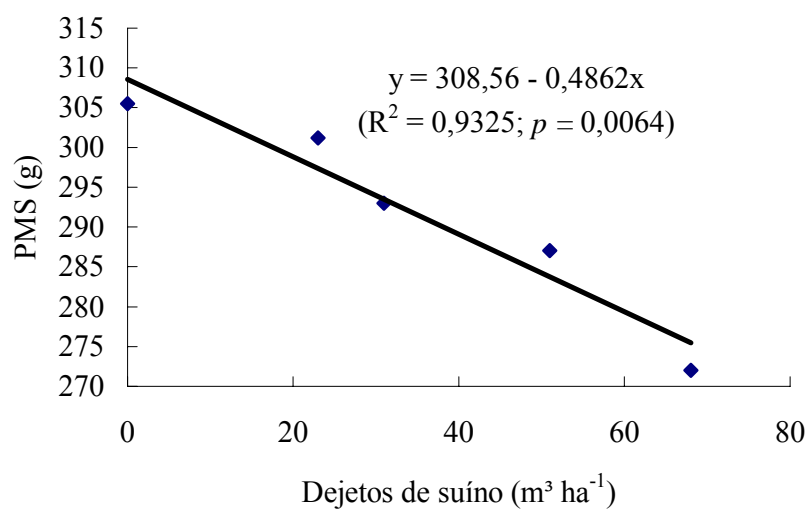


Figura 6. Peso de mil sementes (PMS) de trigo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação (seis repetições).

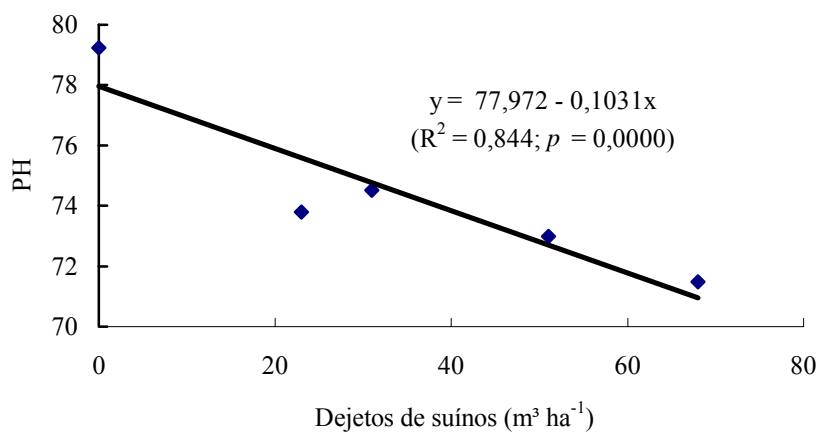


Figura 7. Peso hectolítrico (PH) de trigo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

Os resultados do PH obtidos neste trabalho coincidem com os obtidos por Dartora (2002) e Kolchinski e Schuch (2004), em trabalhos desenvolvidos com adubação nitrogenada na cultura da aveia branca. Segundo OHM *apud* Kolchinski e Schuch (2004), a redução no peso hectolítrico decorrente do maior suprimento de nitrogênio em cereais pode estar associada a maior produção de afilhos por planta ou de grãos por espiga. Isso resulta em grande quantidade de grãos  $m^{-2}$ , sendo esse aumento não acompanhado pelo aumento na produção de fitomassa. Dessa forma, as reservas acumuladas na fitomassa são repartidas com o maior número de grãos em formação. Assim, embora resulte em maior rendimento de grãos por área, forma-se grande quantidade de grãos, mas com menor PMS e, em conseqüência, com menor peso hectolítrico. Por outro lado, ainda pode ter contribuído para a redução no peso hectolítrico a ocorrência de doenças na espiga, conforme já relatado.

Os valores do PH obtidos, nos tratamentos com aplicação de dejetos líquidos de suínos e no tratamento com fertilizante mineral, são inferiores ao padrão tipo 1 de PH, estabelecido pela norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do trigo (Portaria nº 167 de 29/07/90, do Ministério da Agricultura e Abastecimento), cujo valor é 78. Por outro lado, nas parcelas em que não foram aplicados dejetos ou fertilizante mineral houve superação desse valor. Considerando que a remuneração do trigo está referenciada no PH, a perda de qualidade do grão implicará em menor preço pago ao produto. Desta forma, a excessiva adubação nitrogenada, decorrente das altas doses dos dejetos, poderá resultar em redução de receita.

### 4.3 Macronutrientes na parte aérea do trigo

Dentre os macronutrientes analisados nos grãos de trigo: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, somente os resultados de nitrogênio, cálcio e magnésio apresentaram distribuição normal. Os resultados dos macronutrientes analisados na fitomassa da parte aérea de trigo, no perfilhamento e no florescimento, apresentaram distribuição normal, sendo que, na época da colheita, isso não ocorreu com os resultados de potássio e magnésio.

#### 4.3.1 Macronutrientes nos grãos

A análise de variância da concentração (%) de nitrogênio nos grãos de trigo revelou que não houve interação ( $p = 0,1885$ ) entre os fatores testados (doses e formas de aplicação dos dejetos). Constatou-se efeito isolado de doses ( $p = 0,0000$ ) e formas de aplicação ( $p = 0,0350$ ), sendo que, independente das doses dos dejetos testadas, a aplicação no sulco proporcionou incremento na concentração (%) de nitrogênio nos grãos (Apêndice 15).

Quanto ao efeito das doses, a análise de variância da regressão (Apêndice 16), indicou que foram significativos os efeitos lineares ( $p = 0,0000$ ) e quadrático ( $p = 0,0030$ ). O modelo quadrático calculado explicou 99,76% dos resultados obtidos (Figura 8). Embora tenha sido ajustada a função quadrática, a curva obtida com os resultados da concentração de N nos grãos não ultrapassou o ponto de máxima concentração em função das doses aplicadas, sendo que até a dose de  $68,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  os incrementos foram decrescentes (Figura 8).

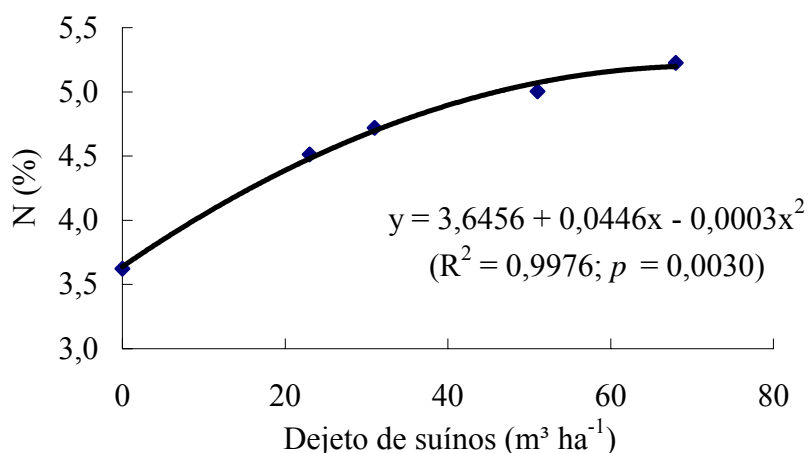


Figura 8. Concentração de nitrogênio (N) nos grãos de trigo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

Os incrementos da concentração de nitrogênio nos grãos, proporcionados pela aplicação de doses equivalentes a 22,8; 31,3; 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foram superiores a testemunha em 24,3; 29,8; 37,6 e 41,3%, respectivamente. Em relação ao tratamento com fertilizante mineral, os incrementos foram de 1,6 e 6,4 %, respectivamente, com as doses equivalentes a 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, enquanto que com as doses equivalentes a 22,8 e 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> os valores da concentração de N foram 6,9 e 2,1 % inferiores aos obtidos com a adubação mineral, respectivamente. Esse efeito está de acordo com o discutido sobre o peso de mil sementes (Item 4.2), onde essa variável foi relacionada à grande quantidade de N adicionada via adubação, concordando com Camargo e Sá (2004) que sugerem que pode ocorrer redução no PMS e no rendimento de grãos devido a pequena translocação de carboidratos para os grãos.

Da mesma forma que obtido com o rendimento de grãos e a concentração de N nos grãos, a análise de variância da exportação do nitrogênio pelos grãos de trigo (produto da concentração do N no grão pelo rendimento de grãos, em  $\text{g m}^{-2}$ ) mostrou que não houve interação dos fatores testados. Houve somente efeito isolado de doses dos dejetos ( $p = 0,0002$ ; Apêndice 18).

A análise de variância da regressão (Apêndice 19) indicou que a equação que melhor se ajustou ao modelo foi a quadrática ( $p = 0,0000$ ), com um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 98,71% (Figura 9). Assim, obteve-se o mesmo tipo de modelo ajustado com os resultados da concentração de N no grão, mas com respostas diferentes.

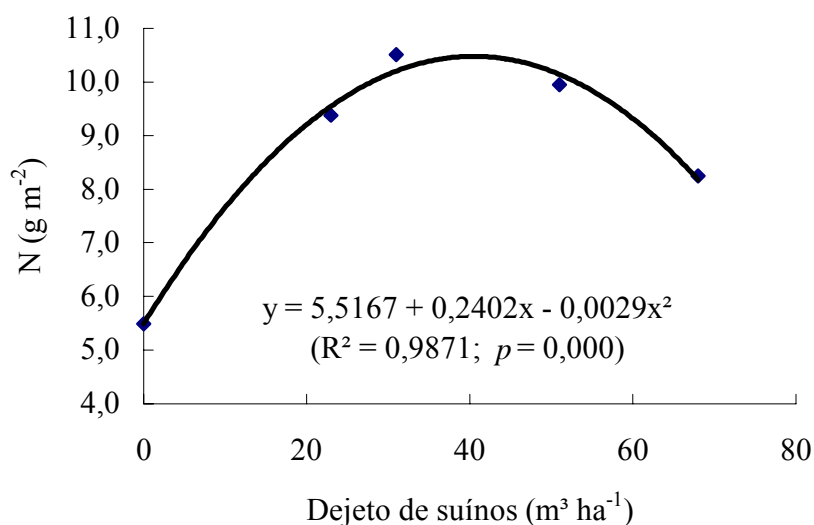


Figura 9. Exportação de nitrogênio (N) em grãos do trigo adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

A dose de dejetos que resultou na máxima exportação de N pelos grãos, obtida a partir da derivada primeira da equação, correspondeu ao equivalente a 41,4 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Figura 9). A quantidade de N exportada com esta dose foi equivalente a 10,49 g de N m<sup>-2</sup>. Esse aspecto coincide com o decréscimo do rendimento de grãos (discutido no item 4.1), embora a concentração de N nos grãos tenha aumentado com as doses aplicadas neste estudo (Figura 8).

As doses proporcionaram maior exportação de N pelos grãos de trigo (Tabela 7). Os incrementos variaram de 50,1% (dose equivalente a 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) a 91,44 % (dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) sendo que os mesmos foram decrescentes nas plantas adubadas com as doses maiores que o equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 7; Figura 9).

Tabela 7. Exportação e incremento na exportação de nitrogênio (N) nos grãos de trigo adubado com dejetos de suínos.

Dose (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N (g m <sup>-2</sup> )	Incremento de N	
		(g m <sup>-2</sup> )	(%)
0,0	5,49	-	-
22,8	9,38	3,89	70,86
31,3	10,51	5,02	91,44
51,3	9,94	4,45	81,06
68,3	8,24	2,75	50,10

A recuperação aparente do N adicionado com os dejetos, pelo trigo, pode ser estimada conforme a equação, adaptada de Mitchell & Teel (1977) apud Giacomini (2005):

$$RA(\%) = \frac{(N_{fit} + N_{grãos})_{dose} - (N_{fit} + N_{grãos})_{testemunha}}{(N_{adicionado})_{doses}} \times 100$$



onde,

$N_{fit}$  = extração de N pela parte aérea;

$N_{grãos}$  = exportação de N pelos grãos;

$N_{adicionado}$  = N adicionado com os dejetos de suínos.

Esta recuperação pode ser acompanhada na Tabela 8, onde se verifica que quanto maior a dose de dejetos aplicada e a correspondente quantidade de N disponível para o primeiro cultivo, menor foi a recuperação de N. Em relação ao tratamento com adubação mineral, a parte aérea e os grãos extraíram 14,91 g de N m<sup>-2</sup>, que deduzida a extração da parcela testemunha, resulta num saldo de 8,47 g m<sup>-2</sup>. Desta forma, como resultado da aplicação de 8 g de N m<sup>-2</sup> via uréia, a estimativa de recuperação do N neste tratamento foi de 105 %, o que indica a adequação da dose aplicada bem como da forma de aplicação (parcelada). Considerando que não há recuperação superior ao que foi aplicado, pode-se supor que o percentual excedente (5 %, equivalente a 0,47 g m<sup>-2</sup>) tenha sido fornecido pela matéria orgânica do solo, como resultado de uma maior mineralização, em relação a testemunha.

Tabela 8. Recuperação aparente de nitrogênio em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

Dose dejetos (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Parte aérea			Grãos		Total	Aplicado	Recuperado (%)
	(g m <sup>-2</sup> )			(g m <sup>-2</sup> )				
0,0	0,95	5,49	6,44	0,0	-			
22,8	3,15	9,38	12,53	11,8	51,6			
31,3	3,85	10,51	14,36	16,3	48,6			
51,3	4,73	9,94	14,67	26,7	30,8			
68,3	5,77	8,24	14,01	35,5	21,3			

A análise de variância dos resultados referentes à exportação de cálcio pelos grãos de trigo revelou que não houve interação entre os fatores testados. Entretanto, essa análise mostrou efeito isolado de doses (Apêndice 21).

O efeito desse fator foi analisado com a análise de variância da regressão ( $p = 0,009$ ; Apêndice 22), a qual indicou dependência entre doses de dejetos e exportação de cálcio nos grãos de trigo. A equação quadrática ajustada pelo modelo explica 96,4 % dos resultados obtidos. No entanto, quando observados no gráfico, os resultados se apresentam em uma faixa muito próxima (pouco dispersão), possivelmente devido às altas doses do dejetos adicionadas.

As doses equivalentes a 0; 22,8; 31,3; 51,3 e 68,8  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  proporcionaram a exportação de 0,045; 0,066; 0,067; 0,065 e 0,061  $\text{g m}^{-2}$  de Ca com os grãos. Os incrementos na exportação de cálcio foram de 0,021  $\text{g m}^{-2}$ , 0,022  $\text{g m}^{-2}$ , 0,020  $\text{g m}^{-2}$  e 0,016  $\text{g m}^{-2}$ , sendo superiores a testemunha (sem aplicação de dejetos) em 46,7; 48,8; 44,4 e 35,5 %, respectivamente.

Da mesma forma que observado com a quantidade de Ca exportado, a análise de variância dos resultados referentes a exportação de magnésio (Mg) em grãos de trigo revelou que não houve interação entre os fatores testados. Revelou somente efeito isolado de doses (Apêndice 24).

A análise de variância da regressão indicou dependência entre doses de dejetos e exportação de Mg nos grãos de trigo ( $p = 0,0226$ ; Apêndice 25). A equação quadrática ajustada pelo modelo explicou 97,8 % dos resultados obtidos (Figura 10). A dose de dejetos que possibilitou a máxima exportação de Mg nos grãos de trigo,

obtida pela derivada primeira da equação quadrática, foi de  $35,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e a exportação que essa dose proporcionou foi de  $0,28 \text{ g m}^{-2}$ .

Os incrementos na exportação de Mg nos grãos, em função das doses de dejetos, foram de 0,054; 0,074 e 0,056  $\text{g m}^{-2}$ , sendo superiores a testemunha (sem aplicação de dejetos) em 25,4; 34,7 e 26,3 %, respectivamente, nos grãos das plantas adubadas com as doses equivalentes a 22,8; 31,3 e 51,3  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , sendo que a dose equivalente a 68,3  $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$  não proporcionou incremento na exportação de Mg nos grãos, em relação a testemunha.

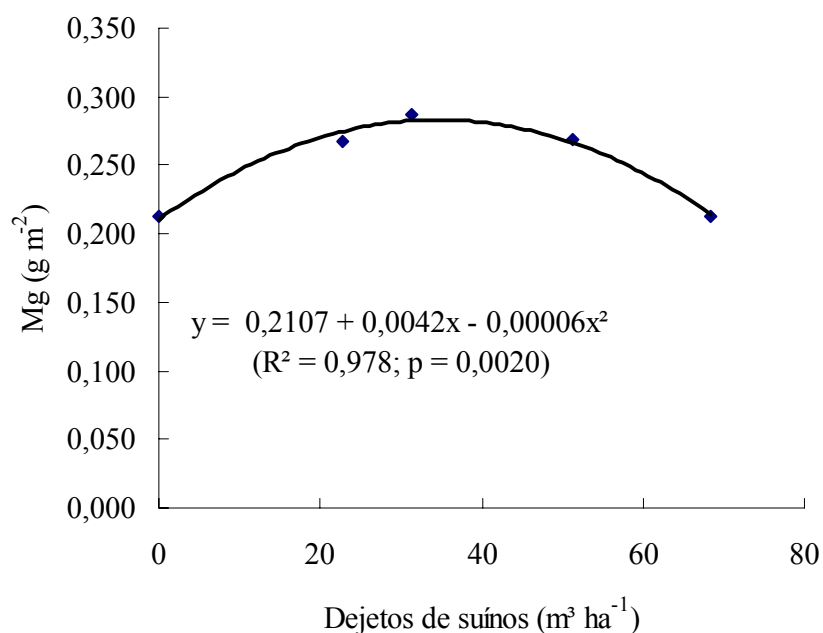


Figura 10. Exportação de magnésio (Mg) em grãos de trigo adubado com dejetos de suínos.

### 4.3.2 Macronutrientes na fitomassa da parte aérea

Os resultados da análise de variância calculada com os dados da concentração de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das plantas de trigo (Apêndice 27), avaliada na época do perfilhamento da cultura, revelaram que não houve interação entre os fatores testados (doses e formas de aplicação dos dejetos). Entretanto, ocorreu efeito isolado de doses ( $p = 0,0018$ ; Apêndice 27), resultando em aumento na concentração de nitrogênio na planta em função das quantidades crescentes dos dejetos aplicados.

No perfilhamento, com a dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ocorreu um incremento de 46,22 % da concentração de N na fitomassa em relação a testemunha ( $p = 0,0001$ ; Tabela 9). A concentração e o incremento de N proporcionada com a aplicação deste tratamento, que adicionou via dejetos  $163 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , não diferiu ( $p = 0,9967$ ) da concentração de N resultante do tratamento com adubação mineral (NPK), cujo aporte de nitrogênio à cultura totalizou  $80 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , sendo realizado através da distribuição do equivalente a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula 05.25.25, na semeadura, e de uréia em cobertura (duas aplicações). O tratamento em que foi aplicada a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , que adicionou via dejetos  $459 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , proporcionou um incremento de 72,01 % na concentração do N na parte aérea da planta, em relação a testemunha ( $p = 0,0001$ ). O teor de N nas plantas adubadas com esta dose foi maior do que o obtido com a aplicação da dose equivalente à  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  ( $p = 0,0022$ ) e com a adubação mineral ( $p = 0,0022$ ) (Tabela 9).

Na segunda época de avaliação do teor de N na parte aérea das plantas, realizada durante o florescimento da cultura, o resultado da análise de variância evidenciou efeito semelhante ao obtido na

primeira época de avaliação, ou seja, não houve interação entre os fatores testados, mas houve somente efeito isolado de doses ( $p = 0,0027$ ; Apêndice 28).

Tabela 9. Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos.

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N total	Incremento		<i>p</i>
		Perfilhamento		
		(%)		
0 x 31,3	5,43 X 7,94	2,51	46,2	0,0001
0 x 88,3	5,43 X 9,34	3,91	72,0	0,0001
31,3 x 88,3	7,94 X 9,34	1,40	17,6	0,0022
0 X NPK	5,43 X 7,93	2,50	46,0	0,0001
NPK X 31,3	7,93 X 7,94	0,01	-	0,9967
NPK X 88,3	7,93 X 9,34	1,41	17,6	0,0022
Florescimento				
	(mg afilho <sup>-1</sup> )	(mg afilho <sup>-1</sup> )		<i>p</i>
		(mg afilho <sup>-1</sup> )	(%)	
0 x 31,3	48,94 X 71,32	22,38	45,7	0,0002
0 x 88,3	48,94 X 86,03	37,09	75,8	0,0001
31,3 x 88,3	71,32 X 86,03	14,71	20,6	0,0002
0 X NPK	48,94 X 67,63	18,69	38,2	0,0002
NPK X 31,3	67,63 X 71,32	3,69	-	0,8952
NPK X 88,3	67,63 X 86,03	18,4	27,2	0,0002

Na média das duas formas de aplicação, a dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionou um incremento de 22,38 mg de N afilho<sup>-1</sup>, sendo esse valor 45,7 % maior do que o obtido no tratamento sem aplicação dos dejetos ( $p = 0,0002$ ; Tabela 9) e semelhante ao incremento percentual obtido na primeira época de avaliação (46,2 %;

Tabela 9). Da mesma forma que verificado no afilhamento, no florescimento o teor de N obtido com a dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  não diferiu ( $p = 0,8952$ ) do obtido no tratamento com adubação mineral (Tabela 9). Esses resultados indicam que uma aplicação de  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, antes da semeadura do trigo, tem a mesma eficiência no fornecimento de N às plantas de trigo que a aplicação parcelada de 80 kg de N na forma mineral. Considerando que a dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  adicionou ao solo  $204 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , pode-se inferir que a eficiência do dejetos utilizado, em suprir N para o trigo, comparativamente ao N mineral aplicado, foi de aproximadamente 40 %. Ainda, cada kg de N total aplicado via adubação mineral resultou em 28 kg de grãos, enquanto cada kg de N total adicionado via dejetos de suínos resultou em 10,9 kg de grãos.

Na época do florescimento, o incremento de N nos afilhos proporcionado pela dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  foi semelhante ao verificado no perfilhamento. No florescimento, houve esse incremento foi de  $86,03 \text{ mg de N afilho}^{-1}$  ( $p = 0,0001$ ), sendo este teor 75,8 % maior do que o obtido no tratamento sem aplicação dos dejetos (Tabela 9). Outra semelhança observada entre essas duas épocas de avaliação foi a diferença dos teores de N dos afilhos coletados nas parcelas adubadas com dejetos de suínos, sendo que a maior dose aplicada proporcionou maior ( $p = 0,0002$ ) acúmulo de N, nesta fase (Tabela 9). A dose equivalente a  $88 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  também proporcionou maior ( $p = 0,0002$ ) acúmulo de N nas plantas em relação ao tratamento com adubação mineral (Tabela 9).

Na época da colheita, foi realizada a avaliação da extração do nitrogênio pela parte aérea das plantas (excluindo os grãos). Nessa época, além da testemunha e da dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , foram

avaliados os tratamentos com a aplicação das doses equivalentes a 23,1; 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A dose de 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> não foi incluída nesta fase de avaliação, uma vez que foi excluída dos resultados utilizados na avaliação da resposta do rendimento de grãos em função das doses de dejetos aplicadas (discutido no item 4.1). Os resultados da análise de variância (Apêndice 29) mostram que não ocorreu interação ( $p = 0,8856$ ) entre os fatores testados (doses e formas de aplicação). Entretanto, houve efeito isolado de doses ( $p = 0,0022$ ) e não foi constatado efeito das formas de aplicação dos dejetos na média das doses aplicadas ( $p = 0,3808$ ; Apêndice 29).

Na época da colheita, a extração de nitrogênio foi linear e crescente em função do aumento da quantidade aplicada dos dejetos (Figura 11). A equação de regressão determinada em função das doses dos dejetos aplicadas, explica 96,8 % ( $R^2$ ) dos resultados obtidos.

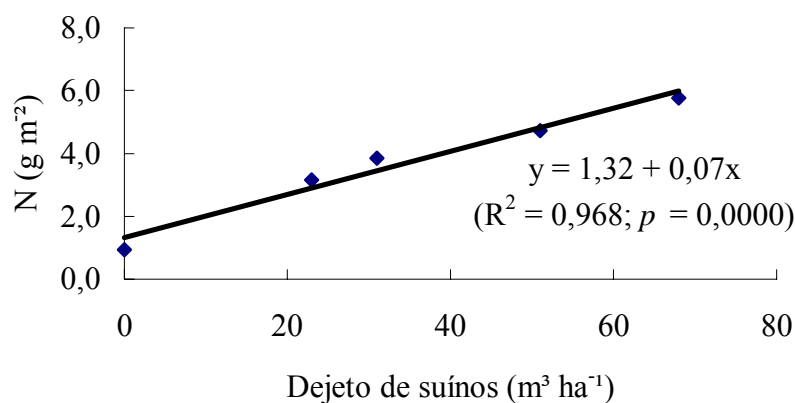


Figura 11. Extração de nitrogênio (N) pela parte aérea de trigo (excluindo os grãos) adubado com doses de dejetos de suínos. Médias das formas de aplicação.

O incremento na extração de N pela fitomassa da parte aérea da cultura do trigo, avaliado na época da colheita, foi de 2,20; 2,90;

3,78 e 4,82 g m<sup>-2</sup> (Tabela 10), em relação a testemunha, com a aplicação das doses equivalentes a 23,1, 31,3, 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Ressalta-se que a dose equivalente a 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionou um aumento de 507,4 % na quantidade de N obtida na parte aérea (excluindo os grãos), em relação ao tratamento sem aplicação dos dejetos (Tabela 10).

Tabela 10. Extração, incremento de nitrogênio na parte aérea de trigo adubado com dejetos de suínos, e correlação da extração com o peso de mil sementes (PMS).

Dose (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N (g m <sup>-2</sup> )	Incremento de N		PMS (g)
		(g m <sup>-2</sup> )	(%)	
0,0	0,95	-	-	306
22,8	3,15	2,2	231,6	301
31,3	3,85	2,9	305,3	293
51,3	4,73	3,8	397,9	287
68,3	5,77	4,8	507,4	272
Correlação (r)				-0,408
t calc(GL= 28)				-2,231
t tab (5%)				2,060

A quantidade de N acumulada na parte aérea (excluindo os grãos) correlacionou-se negativamente com o peso de mil sementes ( $r = -0,40$ ;  $p > |t| = 0,05$ ; Tabela 10), conforme discutido no item 3.2 (componentes do rendimento).

Da mesma forma que com o teor de N, a análise de variância da concentração de P na parte aérea, analisada na época do perfilhamento do trigo, não indicou interação entre doses e formas de aplicação dos dejetos. No entanto, houve efeito isolado de doses ( $p = 0,0237$ ; Apêndice 30).

A dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> possibilitou uma concentração de P na fitomassa do trigo 28,6 % (incremento de 0,10



%, Tabela 11) superior à testemunha, enquanto que com a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  a concentração de P foi 42,8 % superior (incremento de 0,15 %, Tabela 11) a testemunha. No tratamento com fertilizante mineral o incremento na concentração de P na fitomassa foi de 0,07% (Tabela 11), ou seja, 20% superior à testemunha, sem diferir da dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , mas, diferindo da dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  com uma porcentagem de 19 % em favor desta.

Na época do florescimento da cultura do trigo, a análise de variância do acúmulo de P na fitomassa da parte aérea (afilhos de trigo), revelou interação entre os fatores testados ( $p = 0,0345$ ; Apêndice 31).

Os contrastes calculados indicaram que a aplicação superficial da dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  proporcionou maior acúmulo de P nos afilhos, em relação a aplicação desta mesma dose no sulco ( $0,79 \text{ mg afilho}^{-1}$  superior; Tabela 11). Este resultado surpreendeu, uma vez que o esperado seria que a aplicação no sulco proporcionasse igual ou maior concentração do P nos afilhos, como verificado com a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (dados não apresentados), para a qual as concentrações de P na fitomassa não diferiram quanto a forma de aplicação dos dejetos. Quanto ao tratamento com fertilizante mineral, nessa época, observou-se maior concentração de P na fitomassa, em relação ao tratamento sem aplicação de dejetos e em relação ao tratamento com aplicação da dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  no sulco, e menor concentração de fósforo quando comparado ao tratamento com aplicação da dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aplicada no sulco (Tabela 11). Ainda, o tratamento com fertilizante mineral não diferiu dos tratamentos onde

as doses de dejetos foram aplicadas na superfície do solo (dados não apresentados).

Tabela 11. Contrastes calculados com os resultados dos teores de fósforo (P) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	P total	Incremento		p
		Perfilhamento		
		(%)		
0 X 31,3*	0,35 X 0,45	0,10	28,6	0,0054
0 x 88,3*	0,35 X 0,50	0,15	42,8	0,0001
0 X NPK*	0,35 X 0,42	0,07	20,0	0,0405
NPK X 88,3*	0,42 X 0,50	0,08	19,0	0,0112
		Floração		
		(mg afilho <sup>-1</sup> )	(%)	
0 X 31,3 (S)	3,62 X 4,48	0,86	23,7	0,0075
0 X 88,3 (S)	3,62 X 4,58	0,96	26,5	0,0036
0 X NPK	3,62 X 4,34	0,72	19,9	0,0203
0 X 88,3 (I)	3,62 X 5,10	1,48	40,9	0,0001
31,3 (I) X 88,3 (I)	3,69 X 5,10	1,41	38,2	0,0001
NPK X 31,3 (I)	4,34 X 3,69	-0,65	15,0	0,0333
NPK X 88,3 (I)	4,34 X 5,10	0,76	17,5	0,0159
31,3 (S) X 31,3 (I)	4,48 X 3,69	-0,79	17,6	0,0125

p – Probabilidade de erro; \* Média das formas de aplicação.

Para avaliar a extração de P na fitomassa da parte aérea do trigo, na época da colheita, foram analisados os tratamentos com as doses de dejetos líquidos de suínos equivalentes a 0; 22,8; 31,3; 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. A análise de variância dos resultados revelou que não houve interação entre os fatores testados. Entretanto, houve efeito isolado de doses e de formas de aplicação ( $p = 0,0051$ ;  $p = 0,0149$ ; Apêndice 32).

A análise de variância da regressão indicou que o efeito quadrático foi significativo ( $p = 0,014$ ; Apêndice 33) e que a equação calculada com o ajuste do modelo explicou 94,8 % dos resultados

obtidos. No entanto, verificou-se que, exceto no tratamento sem aplicação dos dejetos, os dados se encontram em mesma faixa. Esta condição (ausência de dispersão) pode estar relacionada às altas doses de dejetos aplicadas.

As doses dos dejetos equivalentes a 0; 22,8; 31,3; 51,3 e 68,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionaram extração de 0,11; 0,36; 0,37; 0,37 e 0,40 g m<sup>-2</sup> de P, respectivamente.

Outro fato a destacar foi que, na média das doses aplicadas, a forma de aplicação superficial possibilitou maior extração de P pela fitomassa da parte aérea da cultura, sendo que a diferença em favor desta forma de aplicação em relação à aplicação no sulco foi de 0,08 g m<sup>-2</sup>, ou 28,6 % superior. Este resultado também surpreendeu, uma vez que o P tem baixa mobilidade no solo. Além disso, no período inicial de desenvolvimento da cultura (34 dias), conforme já relatado, a precipitação pluvial acumulada foi de 45,2 mm (Apêndice 50), considerada baixa para o período, o que desfavorece o desenvolvimento superficial do sistema radicular.

A análise de variância da concentração de K na fitomassa da parte aérea do trigo, avaliada na época do perfilhamento da cultura, revelou que não houve interação entre os fatores testados, nem efeito de doses e de formas de aplicação dos dejetos.

Na época do florescimento do trigo, a análise de variância revelou efeito isolado de doses do dejetos ( $p = 0,0045$ ; Apêndice 35) sobre a acumulação de K em afilhos, não ocorrendo interação entre os fatores testados, nem efeito isolado de formas de aplicação. Nesta época, a aplicação das doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionaram incrementos de 3,47 e 6,80 mg de K afilho<sup>-1</sup> em relação ao tratamento sem aplicação de dejetos, respectivamente

(Tabela 12). O tratamento com fertilizante mineral proporcionou um incremento de 3,32 mg de K afilho<sup>-1</sup> em relação à testemunha, sendo, porém, 3,48 mg de K afilho<sup>-1</sup> inferior a dose de dejetos equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 12).

Tabela 12. Contrastes calculados com os resultados dos teores de potássio (K) obtidos na parte aérea de trigo, incremento de potássio e probabilidade de erro (*p*), na época do florescimento, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos.

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	K total (mg afilho <sup>-1</sup> )	Incremento		<i>p</i>
		(mg afilho <sup>-1</sup> )	(%)	
0 X 31,3	12,77 X 16,19	3,47	26,8	0,0002
0 X 88,3	12,77 X 19,57	6,80	53,2	0,0001
31,3 X 88,3	16,19 X 19,57	3,38	20,9	0,0002
0 X NPK	12,77 X 16,09	3,32	26,0	0,0002
NPK X 88,3	19,09 X 19,57	3,48	21,6	0,0002

Na época da colheita, os dados referentes à extração de K pela fitomassa da parte aérea do trigo não apresentaram distribuição normal.

A análise de variância do teor de Ca na fitomassa da parte aérea em trigo (Apêndice 36), na época do florescimento, revelou que ocorreu interação entre os fatores testados (*p* = 0,0255) e efeito isolado de doses do dejetos (*p* = 0,0419).

Nessa época, os contrastes calculados indicaram que, na aplicação dos dejetos na superfície do solo, apenas a aplicação do equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos resultou em incremento de Ca na parte aérea (afilhos), sendo este incremento de 0,77 mg afilho<sup>-1</sup>, ou 104,0 % (Tabela 13) superior ao tratamento sem aplicação dos dejetos. Essa dose proporcionou um maior acúmulo de Ca na fitomassa dos

afilhos de trigo, quando comparada com a dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e com as parcelas adubadas com a fertilizante mineral.

Tabela 13. Contrastes calculados com os resultados dos teores de cálcio (Ca) obtidos na parte aérea de trigo, na época do florescimento, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Ca total (mg afilho <sup>-1</sup> )	Incremento		P
		(mg afilho <sup>-1</sup> )	(%)	
0 X 88,3 (S)	0,74 X 1,51	0,77	104,0	0,0007
31,3 X 88,3 (S)	0,92 X 1,51	0,59	64,1	0,0059
NPK X 88,3 (S)	0,81 X 1,51	0,70	86,4	0,0017
0 X 31,3 (I)	0,74 X 1,30	0,56	75,7	0,0083
0 X 88,3 (I)	0,74 X 1,26	0,52	70,3	0,0129
NPK X 31,3 (I)	0,81 X 1,30	0,49	60,5	0,0193
NPK X 88,3 (I)	0,81 X 1,26	0,45	55,5	0,0298

(S) Dejeito aplicado na superfície do solo; (I) Dejeito aplicado no sulco; (p) Probabilidade de erro.

Quando a aplicação dos dejetos foi realizada no sulco, os contrastes calculados indicaram que com as doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ocorreram incrementos na acumulação de Ca em afilhos, tanto em relação aos afilhos do tratamento sem aplicação de dejetos, quanto em relação aos afilhos do tratamento com fertilizante mineral. No entanto, a acumulação de Ca em afilhos do trigo obtida com as doses testadas em aplicação no sulco, não diferiu da acumulação de cálcio em afilhos obtida com as mesmas doses aplicadas na superfície do solo.

A análise de variância da extração de Ca pela parte aérea pela cultura do trigo, na época da colheita, revelou que não houve interação entre os fatores testados. Entretanto, houve somente efeito isolado de doses ( $p = 0,0021$ ; Apêndice 37).

A análise de variância da regressão, calculada com os resultados de Ca na parte aérea em função das doses testadas, indicou que o efeito quadrático foi significativo ( $p = 0,009$ ; Apêndice 38) e a equação calculada com o ajuste do modelo explicou 95,7 % dos resultados obtidos. No entanto, da mesma forma que verificado com o P, os resultados obtidos com as doses equivalentes a 22,8; 31,3; 51,3 e 68,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ocorreram em uma faixa muito próxima (0,28; 0,32; 0,31 e 0,33 g m<sup>-2</sup>, respectivamente).

Quanto ao Mg, a análise de variância revelou que não ocorreu interação entre os fatores testados, na época do perfilhamento da cultura. Nesta época, ocorreu efeito isolado de doses ( $p = 0,0055$ ; Apêndice 40).

Os contrastes calculados com os resultados obtidos nessa época, indicaram que a aplicação das doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> resultaram em aumento na concentração de Mg na fitomassa da parte aérea em 0,53 e 0,043 %. Esses incrementos foram, respectivamente, 48,2 e 39,1 % (Tabela 14) superiores ao tratamento sem aplicação de dejetos.

Os incrementos proporcionados com as doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento com fertilizante mineral, foram superiores em 28,3 e 20,5 %, respectivamente, no perfilhamento (Tabela 14).

Por outro lado, na época da colheita, os resultados obtidos com a extração de Mg pela fitomassa da parte aérea da cultura não apresentaram distribuição normal.

Tabela 14. Contrastes calculados com os resultados dos teores de magnésio (Mg) obtidos na parte aérea de trigo, em duas épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Mg total		Incremento		<i>p</i>
	Perfilhamento				
			(%)		
0 X 31,3*	0,110 X 0,163	0,053	48,2	0,0001	
0 X 88,3*	0,110 X 0,153	0,043	39,1	0,0001	
NPK X 31,3*	0,127 X 0,163	0,036	28,3	0,0055	
NPK X 88,3*	0,127 X 0,153	0,026	20,5	0,0001	
		Florescimento			
		(mg afilho <sup>-1</sup> )	(%)		
0 X 88,3 (S)	0,53 X 1,11	0,58	109,4	0,0001	
31,3 X 88,3 (S)	0,67 X 1,11	0,44	65,7	0,0001	
NPK X 88,3 (S)	0,67 X 1,11	0,44	65,7	0,0001	
0 X 31,3 (I)	0,53 X 0,92	0,39	73,6	0,0004	
0 X 88,3 (I)	0,53 X 0,93	0,40	75,5	0,0004	
NPK X 31,3	0,67 X 0,92	0,25	37,3	0,0107	
NPK X 88,3	0,67 X 0,93	0,26	38,8	0,0091	
31,3 (S) X 31,3 (I)	0,67 X 0,92	0,25	37,3	0,0099	

(S) Dejeito aplicado na superfície do solo; (I) Dejeito aplicado no sulco;

\* Média das formas de aplicação; (*p*) probabilidade de erro.

#### 4.4 Nitrogênio total e mineral no solo

Os teores de N total e de N mineral, determinados nas amostras coletadas na camada de 0 a 5 cm, e de N mineral determinado na camada de 5 a 10 cm, apresentaram distribuição normal em todas as épocas de coleta. No entanto, isso não ocorreu com os teores de N total determinado nas amostras coletadas na camada de 5 a 10 cm.

#### 4.4.1 Nitrogênio total na camada de 0 a 5 cm

Na avaliação feita à época do início do perfilhamento do trigo (26/08/04), ou 34 dias após a aplicação dos dejetos, a análise de variância revelou que não houve interação ( $p = 0,074$ ; Apêndice 41) entre os fatores testados (Doses e formas de aplicação) sobre o teor de N total, na profundidade de 0 a 5 cm do solo. Entretanto, houve efeito isolado de doses ( $p = 0,0009$ ) e de formas de aplicação ( $p = 0,0198$ ; Apêndice 41).

A comparação das médias dos tratamentos avaliados, realizada por contraste, mostrou que as doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionaram um incremento de N total, em relação à testemunha, de 245 e 602 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente (Tabela 15). O incremento proporcionado pela dose equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em relação à dose de 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, correspondeu a 357 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo. Na média das doses, a aplicação no sulco possibilitou um incremento de 252 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo (15,0 % superior), quando comparada com a aplicação do dejetos na superfície do solo (Tabela 15). Esses dados podem estar relacionados com o efeito de concentração da aplicação dos dejetos no sulco e, conseqüentemente, do N total aplicado, cuja quantidade aplicada foi 2 a 3 vezes maior em relação à aplicação na superfície do solo. Para estimar esses valores, considerou-se a profundidade média de aplicação como sendo 5 cm, estimando-se o volume de sulco aberto pelo sulcador nesta profundidade e a partir da densidade do solo. No entanto, mesmo considerando o efeito da concentração, esses resultados também indicam que a aplicação dos dejetos na superfície resultou em perdas de nitrogênio, possivelmente relacionadas com a volatilização da



amônia. Vários estudos relatam a redução nas perdas por volatilização da amônia com a incorporação dos dejetos (BASSO et al., 2004; CHANTIGNY et al., 2004; GIACOMINI, 2005; HANSEN et al., 2003; PORT et al., 2003; ROCHETTE et al., 2001).

No início do florescimento do trigo (08/10/04), houve interação entre doses e formas de aplicação dos dejetos de suínos sobre os teores de N total do solo ( $p = 0,0435$ ; Apêndice 42). Nessa época, quando da aplicação dos dejetos na superfície do solo, a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  possibilitou um incremento de  $344 \text{ mg de N total kg}^{-1}$  de solo, em relação à aplicação do equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , não se verificando incremento do teor dessa variável em relação à testemunha (Tabela 15). Por outro lado, a aplicação do equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos no sulco possibilitou um incremento de  $443 \text{ mg de N total kg}^{-1}$  de solo, em relação à testemunha, e de  $370 \text{ mg de N kg}^{-1}$  de solo, em relação à dose equivalente a  $31 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Tabela 15).

Deve-se ressaltar o fato de que, na época do florescimento, a aplicação dos dejetos na superfície do solo não proporcionou incrementos no teor de N total, em relação ao teor obtido na parcela testemunha, enquanto que a aplicação no sulco possibilitou incrementos nessa variável. Considerando que a análise da variância dos resultados obtidos com a acumulação de N na parte aérea do trigo (em g de N afilho<sup>-1</sup>) revelou que não houve interação entre os fatores testados e, também, que não houve diferença entre formas de aplicação, pode-se inferir que esse compartimento (parte aérea do trigo) não foi responsável pelas diferenças encontradas no teor de N total no solo em função das formas de aplicação. Assim, é possível que essas diferenças possam estar relacionadas com a concentração dos dejetos no solo amostrado, quando da aplicação no sulco, e com as

perdas por volatilização quando da aplicação na superfície do solo (BASSO et al., 2004; CHANTIGNY et al., 2004; GIACOMINI, 2005; HANSEN et al., 2003; PORT et al., 2003; ROCHETTE et al., 2001).

Tabela 15. Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) total no solo (0 a 5 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N total (mg kg <sup>-1</sup> )	Incremento (mg kg <sup>-1</sup> ) (%)		<i>p</i>
<u>Perfilhamento</u>				
0 X 31,3 *	1.378 X 1.623	245	17,8	0,0074
0 X 88,3 *	1.378 X 1.980	602	43,7	0,0001
31,3 X 88,3 *	1.623 X 1.980	357	22,0	0,0004
NPK X 31,3 *	1.399 X 1.623	224	16,0	0,0127
NPK X 88,3 *	1.399 X 1.980	581	41,5	0,0001
Superfície X Sulco **	1.676 X 1.928	252	15,0	0,0198
<u>Florescimento</u>				
31,3 (S) X 88,3 (S)	1.528 X 1.872	344	22,5	0,0161
NPK X 88,3 (S)	1.631 X 1.872	241	14,8	0,0505
0 X 88,3 (I)	1.647 X 2.090	443	26,9	0,0014
31,3 (I) X 88,3 (I)	1.720 X 2.090	370	21,5	0,0052
NPK X 88,3 (I)	1.631 X 2.090	459	28,1	0,0010
<u>Colheita</u>				
0 X 31,3 (I)	1.435 X 1.838	403	28,1	0,0028
0 X 88,3 (I)	1.435 X 1.855	420	29,3	0,0021
88,3 (S) X 88,3 (I)	1.558 X 1.855	297	19,1	0,0306

(S) Dejeito aplicado na superfície; (I) Dejeito aplicado no sulco; \*Média das formas de aplicação; \*\* Média das doses; (*p*) Probabilidade de erro.

Na terceira época de avaliação dos teores de N total no solo (após a colheita da cultura), da mesma forma que ocorreu na época do florescimento, houve interação entre os fatores estudados (*p* = 0,0044; Apêndice 43).

Outra semelhança entre essas duas épocas foi o fato de que, na aplicação dos dejetos na superfície, o teor de N total proporcionado

pelas doses de 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> não diferiu do obtido no solo sem aplicação do dejetos (Tabela 15). Por outro lado, aplicando o equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos no sulco, constatou-se maiores teores de N total, em relação à testemunha. Ao contrário do verificado no florescimento, isso também ocorreu nas parcelas adubadas com a dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 15). Os resultados obtidos nas amostras coletadas nessas últimas parcelas surpreenderam, uma vez que se esperava que fossem menores do que o obtido nas amostras das parcelas adubadas com dose equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e semelhantes aos obtidos nas amostras da testemunha, como observado no florescimento da cultura.

#### **4.4.2 Nitrogênio mineral na camada de 0 a 5 cm**

A análise estatística dos teores de N mineral do solo (Apêndice 44) comprovou que houve interação entre os fatores estudados, na primeira época (perfilhamento) de amostragem do solo, coletado na profundidade de 0 a 5 cm.

Quando a aplicação dos dejetos de suínos foi realizada na superfície do solo, verificou-se um incremento de 50,3 mg de N mineral kg<sup>-1</sup> de solo ( $p = 0,0087$ ), nas amostras provenientes das parcelas onde foi aplicado o equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 16) e de 165,2 mg de N mineral kg<sup>-1</sup> de solo ( $p = 0,0001$ ), nas amostras das parcelas onde foi aplicado o equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 16). Quando a aplicação do dejetos foi efetuada no sulco, o incremento de N mineral foi de 144,4 e 517,8 mg kg<sup>-1</sup> de solo ( $p = 0,0001$ ), respectivamente, nas amostras provenientes das parcelas onde foi aplicado o equivalente a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 16).

Os teores de N mineral corresponderam a 39,7 e 56,7 % dos teores de N total obtidos nessa época (Tabela 15) com as doses equivalentes a 31,3 e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados indicam uma importante contribuição da fração mineral do nitrogênio (N-amoniaco) dos dejetos. Vários autores relatam que a forma mineral responde por mais de 50 % do nitrogênio total dos dejetos (PORT et al., 2003; SCHERER e BALDISSERA, 1995; SOCIEDADE..., 2004 e BASSO, 2003).

No perfilhamento, a mineralização do N orgânico deve ter sido limitada, pois após a aplicação dos dejetos não ocorreram chuvas expressivas (acumulou 45,2 mm de chuva nos primeiros 34 dias), contribuindo para a baixa umidade do solo, e também predominaram valores baixos de temperaturas (média de 14° C no mês de agosto; EMBRAPA, 2005; Apêndice 50). Essas condições devem ter reduzido a atividade microbiana e, portanto, o processo de mineralização. De acordo com Victoria et al. (1992), a transformação do N orgânico em nitrato (mineralização) é composta pelos processos de amonificação e nitrificação, onde a amonificação é a etapa limitante por ser relativamente lenta e não requerer a presença de microorganismos específicos. Giacomini (2005) constatou diferenças nas taxas de mineralização do carbono orgânico em solo adubado com dejetos líquidos de suínos, que foram atribuídas às diferentes condições climáticas, em especial as precipitações pluviométricas verificadas durante a realização do seu estudo, em comparação com outros estudos relatados por ele. Assim, considerando as condições de baixa precipitação pluvial do presente estudo, é possível que a mineralização tenha sido sensivelmente afetada e o teor de N mineral encontrado no

solo tenha se originado, principalmente, da fração mineral do dejetos aplicado.

Tabela 16. Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N total (mg kg <sup>-1</sup> )	Incremento (mg kg <sup>-1</sup> )	<i>p</i>
<u>Perfilhamento</u>			
0 X 31,3 (S)	8,15 X 58,41	50,3	0,0087
0 X 88,3 (S)	8,15 X 173,36	165,2	0,0001
31,3 (S) X 88,3 (S)	58,41 X 173,36	114,9	0,0091
NPK X 31,3 (S)	10,55 X 58,41	47,8	0,0367
NPK X 88,3 (S)	10,55 X 173,36	162,8	0,0001
0 X 31,3 (I)	8,15 X 152,56	144,4	0,0001
0 X 88,3 (I)	8,15 X 526,00	517,8	0,0001
31,3 (I) X 88,3 (I)	152,56 X 526,00	373,4	0,0001
NPK X 31,3 (I)	10,55 X 152,56	142,0	0,0003
NPK X 88,3 (I)	10,55 X 526,00	515,4	0,0001
31,3 (S) X 31,3 (I)	58,41 X 152,56	94,1	0,0388
88,3 (S) X 88,3 (I)	173,36 X 526,00	352,6	0,0001
<u>Florescimento</u>			
0 X 88,3*	5,52 X 22,63	17,11	0,0058
31,3 X 88,3*	11,25 X 22,63	11,38	0,0384
<u>Colheita</u>			
0 X 88,3*	13,25 X 29,41	16,16	0,0007
31,3 X 88,3*	20,43 X 29,41	8,98	0,0141
NPK X 88,3*	19,63 X 29,41	9,78	0,0322

(S) Dejetos aplicado na superfície; (I) Dejetos aplicado no sulco;  
\*Média das formas de aplicação; (*p*) Probabilidade de erro.

Nesta primeira época de avaliação, os altos teores de N mineral no solo, em especial aqueles verificados nos tratamentos com aplicações dos dejetos no sulco, também podem estar relacionados,

como já referido, a ocorrência de baixa precipitação pluvial neste período, associado à baixa quantidade de absorção de nutrientes por parte da planta, em função do estágio inicial de desenvolvimento. Assim, as perdas do N aplicado com os dejetos, seja por lixiviação, escoamento superficial, ou ainda pela absorção da cultura do trigo, podem ser consideradas como pouco expressivas, nesta época de avaliação. Basso (2003), em solo adubado com dejetos líquidos de suínos, encontrou maiores concentrações de nitrato na solução do solo nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura da aveia, em função da pequena demanda de N pela cultura. Entretanto, sabe-se que a lixiviação do nitrato no perfil do solo depende do volume de água drenado, sendo que em período de pouca precipitação são reduzidas as chances de ocorrer este tipo de perda do nitrogênio.

O contraste calculado com os resultados obtidos com a dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  aplicada na superfície e no sulco, mostrou que esta última forma de aplicação proporcionou um incremento de  $94,1 \text{ mg de N mineral kg}^{-1}$  de solo (Tabela 16). Da mesma forma, a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , quando aplicada no sulco, proporcionou um incremento de  $352,6 \text{ mg de N mineral kg}^{-1}$  de solo, em relação à aplicação na superfície do solo. Estes resultados indicam que, possivelmente, esta última forma de aplicação predispõe o N amoniacal presente nos dejetos a perdas, especialmente por volatilização, conforme já discutido no item referente ao N total. Por outro lado, esses resultados podem também estar relacionados com o efeito da concentração de N no solo que a aplicação dos dejetos no sulco proporciona, como discutido no item referente aos teores de N total.

Na segunda época de avaliação do solo, coletado na profundidade de 0 a 5 cm, não ocorreu interação entre os fatores testados, mas ocorreu efeito isolado de doses e de forma de aplicação (Apêndice 45).

A dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  não proporcionou incremento de N mineral no solo. Neste período, embora tenha ocorrido um maior acúmulo de precipitação pluvial (264,9 mm), a maior precipitação foi de 50,2 mm, no dia 13 de setembro, quando a cultura já apresentava bom desenvolvimento, sendo as demais precipitações de menor intensidade (inferiores a 27 mm), o que deve ter diminuído as perdas do N mineral por lixiviação. É possível que o N mineral tenha sido incorporado à biomassa microbiana, uma vez que o teor de N total obtido na primeira época de amostragem foi semelhante ao obtido nessa segunda época. Por outro lado, na média das formas de aplicação, o teor de N mineral obtido nas amostras coletadas nas parcelas onde foi aplicado o equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , diferiu ( $p = 0,0058$ ) em relação à testemunha, sendo  $17,11 \text{ mg de N kg}^{-1}$  de solo, ou 310 %, superior (Tabela 16). A magnitude desse acréscimo ( $17,11 \text{ mg de N kg}^{-1}$  de solo), observado em relação à testemunha, foi muito inferior à obtida na primeira época avaliada ( $165,21 \text{ mg de N kg}^{-1}$  de solo com a aplicação na superfície do solo e  $517,85 \text{ mg de N kg}^{-1}$  de solo com a aplicação no sulco). Isto sugere uma mudança de compartimento do N mineral, o qual pode ter sido imobilizado na biomassa microbiana, além de ter sido absorvido pela cultura.

Nessa época, na média das formas de aplicação, as doses de dejetos aplicadas, equivalentes a  $31,3$  e a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , proporcionaram diferenças no teor de N mineral do solo ( $p = 0,0384$ ), o qual foi 11,38

mg de N kg<sup>-1</sup> maior nas parcelas adubadas com a dose equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 16).

Da mesma forma que o constatado na segunda época de avaliação do N mineral do solo, na terceira época (após a colheita do trigo) não ocorreu interação entre os fatores estudados (Apêndice 46). Outra coincidência entre essas duas épocas de avaliação foi que o teor de N mineral no solo adubado com a dose equivalente a 31, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, não diferiu do teor obtido no solo não adubado. Na média das formas de aplicação, o teor de N mineral das amostras de solo coletadas na parcela adubada com a dose equivalente a 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi 16,16 mg kg<sup>-1</sup> maior ( $p = 0,0007$ ) do que o obtido no solo testemunha, sendo 8,98 mg kg<sup>-1</sup> superior ( $p = 0,0141$ ) em relação ao obtido nas parcelas adubadas com a dose equivalente a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Tabela 16). Nessa mesma época, considerando que os teores de N total obtido não diferiram ( $p = 0,0549$  e  $0,3519$ ) entre as amostras de solo coletadas nas parcelas adubadas com as doses equivalentes a 31,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e 88,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (aplicação na superfície), e que a magnitude das diferenças obtidas entre os teores do N mineral não foram expressivas, pode-se supor que houve mudança de compartimento do N, principalmente pela incorporação desse nutriente à biomassa da planta, além de ter ocorrido perdas de N por lixiviação e desnitrificação.

Os teores de N mineral nas parcelas sem aplicação de dejetos foram menores na primeira e segunda época, em relação à última época analisada (Tabela 16), o que se deve ao fato dos níveis de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> serem muito afetados pela temperatura e precipitação, determinados pelas estações do ano (MOREIRA E SIQUEIRA, 2002). Dessa forma, as quantidades desses íons nas camadas superficiais do solo, geralmente, são mais baixas no inverno,



devido à baixa mineralização, elevando-se na primavera (MOREIRA E SIQUEIRA, 2002). A ocorrência de níveis muito baixos de N mineral na segunda época analisada (início da primavera), quando as temperaturas foram mais altas, coincidiu com o estágio em que a cultura do trigo absorve maior quantidade de nutrientes, fazendo com ocorra uma redução nos teores de N mineral no solo, mesmo que ocorra uma maior mineralização da matéria orgânica. Por outro lado, na época em que o desenvolvimento da planta estabiliza, a partir do final de outubro, os teores de N mineral no solo foram maiores (Tabela 16).

Cabe salientar que os maiores teores de N mineral no solo, proporcionados pelas doses de dejetos aplicadas, resultaram em maior absorção de N na fitomassa da parte aérea do trigo (Tabela 9; Item 4.3.2). A dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  proporcionou um acúmulo de N na fitomassa nos afilhos 45,7 % superior ao acumulado nos afilhos da parcela testemunha, sendo esse, dentre os tratamentos testados, o que apresentou maior rendimento de grãos, conforme discutido no item 4.1 (Figura 2). Esse rendimento foi equivalente àquele obtido nas parcelas adubadas com fertilizante mineral mais uréia em cobertura.

#### **4.4.3 Nitrogênio mineral na camada de 5 a 10 cm**

A análise de variância dos teores de N mineral, determinados nas amostras coletadas na época do perfilhamento da cultura, mostrou que não houve interação entre os fatores testados, nem efeito isolado de formas de aplicação. Entretanto, houve efeito isolado de doses ( $p = 0,023$ ; Apêndice 47).

Como pode ser observado na Tabela 17, apenas a dose equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , na média das formas de aplicação,

proporcionou incrementos nos teores de N mineral no solo, sendo estes observados em relação a todos os tratamentos avaliados (sem aplicação de dejetos, aplicação do equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  e fertilizante mineral).

Entretanto, comparando os teores de N mineral obtidos nessa camada com aqueles obtidos na profundidade de 0 a 5 cm (Tabela 16), constata-se que, com exceção da testemunha, essa variável concentrou nos primeiros 5 cm de solo, após 47 dias da aplicação dos dejetos.

Na época do florescimento da cultura, a análise de variância revelou que houve interação entre os fatores testados ( $p = 0,0115$ ; Apêndice 48) e efeito isolado de formas de aplicação ( $p = 0,036$ ; Apêndice 48) sobre os teores de N mineral do solo.

Os contrastes calculados revelaram que as doses de dejetos aplicadas na superfície do solo não resultaram em incrementos de N mineral, em relação à testemunha (Tabela 17). Ressalta-se que no tratamento onde foi aplicada a dose equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos os teores de N mineral foram inferiores aos teores encontrados na amostra coletada no tratamento sem aplicação de dejetos (Tabela 17). Esta mesma situação ocorreu em relação ao tratamento com fertilizante mineral. Possivelmente, isso se deve ao fato do trigo ter absorvido maior quantidade de N, devido ao maior crescimento nos tratamentos adubados e, portanto, maior volume do sistema radicular, resultando em teores mais baixos do N mineral no solo destas parcelas.

Tabela 17. Contrastes calculados com os resultados dos teores de nitrogênio (N) mineral no solo (5 a 10 cm), em três épocas, após a aplicação de dejetos líquidos de suínos, em solo cultivado com trigo

Contraste (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	N total (mg kg <sup>-1</sup> )	Incremento		P
		(mg kg <sup>-1</sup> )	(%)	
<u>Perfilhamento</u>				
0 X 88,3*	15,46 X 35,00	19,54	126,4	0,0134
31,3 X 88,3*	20,54 X 35,00	14,46	70,4	0,0428
NPK X 88,3*	10,93 X 35,00	24,07	220,2	0,0053
<u>Florescimento</u>				
0 (S) X 31,3 (S)	21,11 X 12,28	8,83	71,9	0,0099
0 X NPK	21,11 X 13,99	7,12	50,9	0,0266
31,3 (S) X 88,3 (S)	12,28 X 19,22	6,94	56,5	0,0296
0 X 88,3 (I)	21,11 X 34,11	13,00	61,6	0,0011
31,3 (I) X 88,3 (I)	18,75 X 34,11	15,36	81,9	0,0004
NPK X 88,3 (I)	13,99 X 34,11	20,12	143,8	0,0001
31,3 (S) X 31,3 (I)	12,28 X 18,75	6,47	52,7	0,0391
88,3 (S) X 88,3 (I)	19,22 X 34,11	14,89	77,5	0,0005
<u>Colheita</u>				
0 X 88,3*	12,52 X 28,98	16,40	131,5	0,0056
NPK X 88,3*	17,67 X 28,98	11,31	64,0	0,0275
(S) X (I)**	19,15 X 20,78	1,63	8,5	0,0500

(S) Dejeito aplicado na superfície; (I) Dejeito aplicado no sulco; \*Média das formas de aplicação; \*\* Média das doses; (p) Probabilidade de erro.

Comparando os teores de N mineral obtidos nessa camada do solo com aqueles obtidos na camada de 0 a 5 cm (Tabela 16) nesta época (florescimento), na média das formas de aplicação, constatou-se que em todas as doses ocorreu incremento de N mineral com a profundidade.

A análise estatística dos teores de N mineral do solo, na época da colheita, revelou que não houve interação entre os fatores testados. No entanto, houve efeito isolado de doses ( $p = 0,0186$ ) e de formas ( $p = 0,0295$ ) de aplicação (Apêndice 49).

Como verificado na época do florescimento, no tratamento onde foi aplicado o equivalente a  $88,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , as amostras de solo apresentaram teores de N mineral superiores aos teores verificados nas amostras coletadas nas parcelas sem aplicação de dejetos e nas adubadas com fertilizante mineral (Tabela 17). Ressalta-se que, nessa época, o aumento na dose dos dejetos não resultou em diferença nos teores de N mineral (dados não apresentados). Já, ao comparar as formas de aplicação, verificou-se que a aplicação no sulco apresentou um incremento de 8,5 % (Tabela 17) em relação à aplicação na superfície do solo.

Quando comparados os teores de N mineral dessa camada (Tabela 17) com os teores da camada de 0 a 5 cm (Tabela 16), nessa época (colheita), constatou-se que as diferenças numéricas são muito pequenas, caracterizando uma uniformização desse nutriente no perfil analisado.

## 5 CONCLUSÕES

Os dejetos líquidos de suínos quando usados como fertilizante aumentam os teores de nitrogênio total e mineral, fósforo, potássio e zinco no solo e o rendimento de grãos em trigo. Entretanto, com a aplicação de doses maiores do que o equivalente a  $31,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  o rendimento dessa cultura é decrescente, independente se os dejetos são aplicados na superfície do solo ou no sulco e do acréscimo desses nutrientes no solo. Considerando a média das doses testadas, o rendimento de trigo é maior quando os dejetos são distribuídos na superfície do solo.

Os dejetos líquidos de suínos quando usados como fertilizante também aumentam a concentração de nitrogênio na parte aérea e nos grãos de trigo, mas reduzem o peso de mil sementes, acarretando em perda na qualidade do grão, caracterizada pela redução no peso do hectolitro. Considerando a média das doses testadas, essa redução é maior quando os dejetos são aplicados no sulco, embora essa forma de aplicação aumente a concentração de nitrogênio nos grãos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a aplicação dos dejetos líquidos na superfície do solo, na média das doses usadas, resulte em maior rendimento do trigo, essa forma de aplicação, tipicamente usada no sistema de plantio direto, pode resultar em maior contaminação ambiental, quando comparada com a aplicação dos dejetos no sulco. Como relatado na revisão de literatura, a contaminação do ambiente, principalmente, com o nitrogênio e fósforo é um dos aspectos preocupantes quando da aplicação dos dejetos no solo. Por outro lado, o que geralmente se recomenda para amenizar o impacto desses nutrientes e também aumentar a eficiência desses fertilizantes é a incorporação dos dejetos no solo com implementos de discos, sendo essa operação indesejada no sistema de plantio direto. Considerando esse contexto, os resultados obtidos neste trabalho com a aplicação dos dejetos no sulco, sem o revolvimento do solo com implementos de disco, indicam que essa forma de aplicação possa ser preferencial em relação à aplicação na superfície do solo. Além disso, considera-se necessário à realização de outros estudos que avaliem a redução de perdas (volatilização, escoamento superficial) que essa forma de aplicação pode proporcionar, principalmente, em situação de solos com maior declividade do que a existente na área deste estudo.

Salienta-se que a aplicação de dejetos líquidos de suínos no sulco, como fertilizante na cultura do trigo em sistema de semeadura direta, é uma alternativa viável do ponto de vista operacional. No entanto, o equipamento desenvolvido e utilizado para a realização

deste estudo necessita melhorias quanto ao controle das doses de dejetos líquidos a serem aplicadas, especialmente para uso experimental. Ainda, o número de sulcadores deve ser maior para possibilitar a redução do espaçamento entre os sulcos onde são aplicados os dejetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSURS. *Dados estatísticos sobre a suinocultura do RS*. Disponível em: <http://www.acsurs.com.br/dados.html> > Acessado em 04 fev. 2005.

ALMEIDA, A. C. R. de; AITA, C. A.; CHIAPINOTTO, I. C.; GIACOMINI, S. J.; VENDRUSCOLO, E. R.; HUBNER, A. e FRIES, M. R. Dinâmica do N no solo com a aplicação de esterco líquido de suínos sobre a palhada de aveia em pré-semeadura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: SBCS. 1999.1 CD-ROM.

ALVARENGA, R. C.; ANDRADE, C. L. T.; MENEZES, J. F. S. et al. Monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos como insumo na agricultura: 1 - perdas de terra e água por escoamento superficial. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Agromídia Software Ltda, 2002. 1 CD-ROM.

ALVAREZ V. V. H. *Superfície de resposta - modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta: Avaliação da fertilidade do solo*. Viçosa: UFLA, 1994.

ANDRASKI, T. W.; BUNDY, L. G.; BRYE, K. R. Crop management an corn nitrogen rate effects on nitrate leaching. *Journal of Environmental Quality*, v. 29, p. 1095-1103, abr./jun. 2000.

ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 927-938, out./dez. 2000.

ARNS, A. P. *Eficiência fertilizante da cama sobreposta de suíno*. 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2004.

BAKHSH, A.; KANWAR, R. S.; KARLEN, D. L. et al. N-management and crop rotation effects on yield and residual soil nitrate levels. *Soil Science*, v. 166, n. 8, p. 530-538, 2001.



BASSO, C. J. *Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos*. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização da amônia. *Ciência Rural*, v. 34, p. 1773-1778, nov./dez. 2004.

CAMARGO, F. A. O.; SÁ, E. L. S. D. Nitrogênio e adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A. et al. *Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas*: 1 ed. Porto Alegre: Genesis, 2004. p.93-116.

CARON, B. O.; SAMPAIO, F. A. R.; BASSO, C. J. et al. Esterco de suíno como fonte de N para a cultura do trigo em função da dose aplicada. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Agromídia Software Ltda, 2002. 1 CD-ROM.

CASA, R. T.; REIS, E. M.; BLUM, M. M. C. et al. Danos causado pela infecção de *Gibberella zeae* em trigo. *Fitopatologia Brasileira*, n. 29, v. 3, p. 289-293, 2004.

CASSOL, P. C. *Eficiência fertilizante de estrumes de bovinos de leite e frangos de corte como fonte de fósforo às plantas*. 1999. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CASTRO FILHO, C. de; COSTA, M. A. T. Alteração de características físicas do solo em função da aplicação de chorume suíno e simulação de chuva em área de plantio direto In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Agromídia Software Ltda, 2002. 1 CD-ROM.

CAZARRÉ, M. M. *Otimização de lagoas anaeróbias para o tratamento de dejetos de suínos*. 2001. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.

CHANTIGNY, M. H.; ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A. et al. Ammonia Volatilization and Selected Soil Characteristics Following Application of Anaerobically Digested Pig Slurry. *Soil Science Society of America Journal*, 68, p. 306-312, 2004.

CHIAPINOTTO, I. C.; AITA, C.; GUDOLLIN, E. et al. Esterco líquido de suínos como fertilizante na cultura do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2002, Santa Maria. *Resumos...* Santa Maria: UFSM, 2000.

COMISSÃO SUL-BRASILEIRA DE PESQUISA DO TRIGO. *Indicações técnicas da comissão sul-brasileira de pesquisa do trigo*. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2004.

CUNHA, G. R. *Meteorologia: fatos & mitos*. Passo Fundo: Embrapa - CNPT, 1997.

DALLA COSTA, O. A. et al. *Sistema intensivo de suínos criados ao ar livre*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS, n.14, 2002. Boletim Informativo de Pesquisa.

DALBOSCO, M.; SCHONS, J.; PRESTES, A. M. Incidência e índice de doença do mosaico do trigo em cereais de inverno e gramíneas de verão, associados ao *Polymixa graminis*. *Fitopatologia brasileira*, v. 27, n. 1, p.48-52, 2002.

DARTORA, K. S. *Produtividade e qualidade de grãos de aveia branca sob diferentes doses de nitrogênio em cobertura e densidades de plantas*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2002.

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. *Manejo de dejetos de suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS, n. 11, 1998. Boletim Informativo de Pesquisa.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. *Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS, n. 14, 2002. Boletim Informativo de Pesquisa .

DURIGON, R.; CERETTA C. A.; BARCELLOS, L. A. R.; FIORIN, T. T.; GOMES, J. V. da S. Efeito da aplicação de esterco líquido de suínos sobre algumas características químicas de solo em pastagem de campo nativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: SBCS, 1999. CD-ROM.

EGHBALL, B.; GILLEY, J. E. Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or compost application. Madison: *Journal Environmental Quality*, v. 28, n. 4, p.1201-1209, 1999.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: EMBRAPA/CNPS, 1999.

EMBRAPA. *Informações meteorológicas*. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/informacoes\\_meteorologicas](http://www.cnpt.embrapa.br/informacoes_meteorologicas) > Acessado em 05/04/2005.

FACCIN, M. *Sistema de produção*. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.], 2000. p. 17 – 24.

FIORINI, T. T.; DURIGON, R.; CERETTA C. A.; BARCELLOS, L. A. R.; GOMES, J. V. da S. Produção de massa seca e absorção de nutrientes em campo nativo submetido a aplicações periódicas de doses de esterco líquido de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1999, Brasília. *Anais...*Brasília:SBCS, 1999. CD-ROM.

GIACOMINI, S. J. *Avaliação e modelização da dinâmica do carbono e do nitrogênio no solo com o uso de dejetos de suínos*. 2005. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GUPTA, R. K.; RUDRA, R. P.; DICKINSON, W. T.; WALL, G. J. Surface water quality impacts of tillage practices under liquid swine manure application. *Journal of the American Water Resources Association*, n. 3, v. 33, p. 681-687, 1997.

HANSEN, M. N.; SOMMER, S. G.; MADSEN, N. P. Reduction of Ammonia Emission by Shallow Slurry Injection. Injection Efficiency and Additional Energy Demand. *Journal of Environmental Quality*, 32, p. 1099-1104, 2003.

HOODA, P. S.; TRUESDALE, V. W.; EDWARDS, A. C.; WITHERS, P. J. A.; AITKEN, M. N.; MILLER, A.; RENDELL, A. R. manuring and fertilization effects on phosphorus accumulation in soils and potencial enviromental implications. *Advances in Environmental Resarch* , n.5. p 13-21, 2001.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B. Relações entre a produção nitrogenada e a qualidade de grãos e de sementes em aveia branca. *Ciência Rural*, n.2, v.34, p.379-383, 2004.

KONZEN, E. A. Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO, 5, 2003, Videira. *Anais...* Videira: [s.n.], 2003.

KONZEN, E. A.; MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C. et al. Monitoramento ambiental do uso de dejetos líquidos de suínos como insumo na agricultura: 3 - Efeito de doses na produtividade de milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABMS, 2002.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. London: Academic Press, 1995.

MATSI, T.; LITHOURGIDIS, A. S.; GAGIANAS, A. A. Effects of Injected Liquid Cattle Manure on Growth and Yield of Winter Wheat and Soil Characteristics. *Agronomy Journal*, v. 95, p. 592-596, 2003.

MENEGAT, E. E.; BRAIDA, J. A.; LUPATINI, G. C.; GARCIA, G. G. Caracterização e utilização de esterco líquido de suínos em culturas e pastagens anuais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: SBSCS, 1999. CD-ROOM.

MOREIRA, I. C. L.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. E.; POCOGESKI, E. Perdas de potássio, cálcio e magnésio por escoamento superficial com o uso de dejetos líquidos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO,

29, 2003, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Agromídia, 2003. CD-ROM.

MOREIRA, F. M.; SIQUEIRA, J. O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: UFLA, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. D.; HIGARASHI, M. M.; NUNES, M. L. A. *Emissão de gases, na suinocultura, que provocam o efeito estufa*. <http://www.cnpsa.embrapa.br/cgi-bin/notiprn.pl?/home/httpd1/docs/artigos/2003/artigo-2003-n026.h...> 29 de junho, 2003

OLIVEIRA, P. A. V. Produção de suínos em sistemas “deep bedding”: experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.], 2000.

OLIVEIRA, P. A. V. *Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos*. Concórdia: CNPSA/Embrapa, n.27, 1993. Documento.

PALHARES, J. C. P.; JÚNIOR, W. B.; JACOB, A. D. et al. *Impacto Ambiental da Concentração de Suínos na Microbacia Hidrográfica do Rio Fragosos*. Concórdia: CNPSA/Embrapa. n. 307, 2002. Comunicado Técnico.

PAVINATO, P. S.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R. et al. Eficiência da utilização de esterco líquido de suínos em pastagem natural em função da estação do ano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2000, Santa Maria. *Anais....* Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM

PELLEGRINI, A.; REICHERT, J. M.; PELLEGRINI, J. B.; RANNO, S. K.; WOHLBERG, E. V. Erosão entressulcos de um vertisolo sob chuva simulada e a influência do gesso agrícola, policriamida e dejetos suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Resumos...* Cuiabá: SBCS, 2002. CD-ROM.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. D. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: *Suinocultura: produção, manejo e saúde do rebanho*. Concórdia: CNPSA/EMBRAPA, 1998. p. 223-234

PERDOMO, C. C. et al. Dimensionamento de sistema de tratamento (decantador de lagoas) e utilização de dejetos de suínos. Concórdia: EMBRAPA/CNPISA, n. 234, 1999. Comunicado Técnico.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M. D.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001, Gramado. *Anais...* Gramado: [s.n.], 2001. 17 p.

PORT, O. *Uso de dejetos de suínos em sistema de plantio direto: Volatilização da amônia, N mineral no solo, fornecimento de nutrientes e produtividade de plantas de cobertura e de milho.* 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38 n. 7, p. 857-865, jul. 2003.

RAIJ, B. V. *Fertilidade do solo e adubação.* Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991.

ROCHETTE, P.; CHANTAGNY, M. H.; ANGERS, D. A. et al. Ammonia volatilization soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on canola crop residues. *Canadian Journal of Soil Science*, 81, p.515-523, 2001.

SAS PROGRAM. *User guide for personal computer.* Cary: North Caroline, 1997.

SCHERER, E. E. Avaliação da eficiência do nitrogênio do esterco líquido de suínos na cultura do milho. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO: MANEJO SUSTENTÁVEL DO SOLO, 2, 1998, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1998. p. 121-122

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; DIAS, L. F. X. Método rápido para determinação da qualidade do esterco líquido de suínos a campo. *Agropecuária Catarinense*, Concórdia: EMPASC, v. 8, n. 2, p. 40-43, 1995.

SEGANFREDO, M. A. *Equação de dejetos*. disponível em: <http://www.bichoonline.com.br/artigos/embrapave0008.htm>. acessado em 02/03/2005. 2005

SEGANFREDO, M. A.; GIROTTO, A. F. *Viabilidade econômica do tratamento dos dejetos, em unidades terminadoras de suínos*. Concórdia: Embrapa-Cnpa, n. 301, 2002. Comunicado Técnico.

SEGANFREDO, M. A. *Os dejetos de animais podem causar poluição também nos solos de baixa fertilidade e nos solos profundos, como aqueles da região dos cerrados*. Concórdia: Embrapa-Cnpa, n.292, 2001. Comunicado Técnico.

SEGRANFREDO, M. A. Efeito de dejetos de suínos sobre o nitrogênio total, amônio e nitratos na superfície e sub-superfície do solo. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2, 1998, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1998. p. 125-126

SEGANFREDO, M. A. Acúmulo de macro e micronutrientes num solo adubado com dejetos de suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1999, Brasília. *Anais...* Brasília: SBCS, 1999. 1 CD-ROOM

SEIFFERT, N. F.; PERDOMO, C. C. *Aptidão de solos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe para aporte de fertilizantes orgânicos*. Concórdia: Embrapa Cnpa, n. 230, 1998. Comunicado Técnico.

SILVEIRA, M. J. S.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; PAVINATO, P. S.; MOREIRA, I. L.; GIROTTO, E.; TRENTIN, E. Perdas de nitrogênio e fósforo na água do escoamento superficial em área de plantio direto com aplicação de esterco líquido de suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14, 2002, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: Agromídia Software Ltda, 2002. 1 CD-ROM.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2 ed. revisada e ampliada. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995.

THOMSEN, I. K. Crop N utilization and leaching losses as affected by time and method of application of farmyard manure. *European Journal Agronomy*, n. 22, p. 1-9, 2005.

TISOTT, A. R.; CERETTA, C. A.; BARCELLOS, L. A. R.; MEDEIROS, C.; BASSO, C. J.; GOMES, J. V. da S. Melhoramento de Campo nativo com aplicação de esterco líquido de suínos na Região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1997, Rio de Janeiro. *Anais....* Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

TRAMONTINI, P. Consumo da carne suína: a experiência brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5, 2000, São Paulo. *Anais...* São Paulo: [s.n.], 2000.

UGWUEGBU, B. U.; PRASHER, S. O.; AHMAD, D. Bioremediation of residual fertilizer nitrate. *Journal of Environmental Quality*, v. 30, p.1-10, 2001.

VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, Elke. J. B. N. (Coord.). *Microbiologia do solo*. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 105-120.

VIEIRA, F. C. B.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R. et al. Sucessivas aplicações de esterco líquido de suíno e seu efeito sobre algumas características químicas de um solo sob pastagem natural. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24, 2000, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBCS, 2000. CD-ROM.



## APÊNDICES

Apêndice 1. Análise da variância para o rendimento de grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	1.756,47	878,23	1,94	0,1937
Dose	4	21.563,33	5.390,83	6,62	0,0118
erro 1	8	6.514,87	814,36		
Faplic	1	2.594,70	2.594,70	5,74	0,0376
Dose*Faplic	4	1.219,47	304,87	0,67	0,6247
erro 2	10	4.519,33	451,93		
TOTAL	29				
CV 1 (%) = 15,04					
CV 2 (%) = 11,18					

Apêndice 2. Análise da variância dos teores de fósforo no solo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
Bloco	2	338,47	169,23	0,70	0,5231
Dose	4	6.540,67	1.635,17	6,80	0,0109
erro 1	8	1.924,53	240,57		
Faplic	1	3.182,70	3.182,70	34,36	0,0002
Dose*Faplic	4	1.299,47	324,87	3,51	0,0489
erro 2	10	926,33	92,63		
Total corrigido	29	14212,17			
CV 1 (%) = 37,08					
CV 2 (%) = 23,01					

Apêndice 3. Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de fósforo no solo.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Regressão linear	1	5.370,28	5.370,28	22,32	0,001
Regressão quadrática	1	73,11	73,11	0,30	0,597
Desvio	2	1.097,27	548,64	2,28	0,165
Resíduo	8	1.924,53	240,57		

Apêndice 4. Análise da variância dos teores de potássio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	2.703,20	1.351,60	0,27	0,7709
Dose	4	54.675,13	13.668,78	2,72	0,1067
erro 1	8	40.229,47	5.028,68		
Faplic	1	10.982,53	10.982,53	3,96	0,0746
Dose*Faplic	4	39.032,47	9.758,12	3,52	0,0485
erro 2	10	27.732,00	2.773,20		
Total corrigido	29	175.354,80			
CV 1 (%) =	22,93				
CV 2 (%) =	17,03				

Apêndice 5. Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de potássio no solo.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Regressão linear	1	33.034,00	33.034,01	6,57	0,033
Regressão quadrática	1	7.192,88	7.192,88	1,43	0,266
Desvio	2	14.448,25	7.224,13	1,44	0,293
Resíduo	8	40.229,47	5.028,68		

Apêndice 6. Análise da variância dos teores de zinco no solo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	1,23	0,62	0,25	0,7837
Dose	4	112,43	28,11	11,46	0,0021
erro 1	8	19,62	2,45		
Faplic	1	32,24	32,24	13,46	0,0043
Dose*Faplic	4	12,75	3,19	1,33	0,3238
erro 2	10	23,94	2,39		
Total corrigido	29	202,22			
CV 1 (%) =	31,43				
CV 2 (%) =	31,05				

Apêndice 7. Análise de variância da regressão linear obtida com os resultados dos teores de zinco no solo.

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
Regressão linear	1	110,35	110,35	44,99	0,000
Regressão quadrática	1	0,03	0,03	0,01	0,911
Desvio	2	2,04	1,02	0,42	0,673
Resíduo	8	19,62	2,45		

Apêndice 8. Análise da variância dos teores de cálcio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	1,95	0,97	1,23	0,3433
Dose	4	3,36	0,84	1,06	0,4357
erro 1	8	6,35	0,79		
Faplic	1	1,59	1,59	11,70	0,0065
Dose*Faplic	4	0,56	0,14	1,03	0,4362
erro 2	10	1,36	0,14		
Total corrigido	29	15,17			
CV 1 (%) = 17,50					
CV 2 (%) = 7,24					

Apêndice 9. Análise da variância dos teores de magnésio no solo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	0,52	0,26	0,64	0,5539
Dose	4	0,63	0,16	0,39	0,8112
erro 1	8	3,24	0,40		
Faplic	1	0,34	0,34	5,25	0,0449
Dose*Faplic	4	0,27	0,07	1,03	0,4366
erro 2	10	0,65	0,06		
Total corrigido	29	5,65			
CV 1 (%) = 20,25					
CV 2 (%) = 8,10					

Apêndice 10. Análise da variância para o número de grãos  $m^{-2}$  em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	823.343,70	411.671,90	6,70	0,0143
Dose	4	2.680.334,27	670.084,00	5,89	0,0164
erro 1	8	909.488,85	113.686,00		
Faplic	1	182.036,70	182.036,70	2,96	0,1160
Dose*Faplic	4	324.812,90	81.203,22	1,32	0,3272
erro 2	10	614.746,70	61.474,67		
TOTAL	29				
CV 1 (%) = 23,68					
CV 2 (%) = 17,42					

Apêndice 11. Análise da variância para o número de grãos por espiga em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	121,78	60,89	5,08	0,0300
Dose	4	195,86	48,96	4,16	0,0412
erro 1	8	94,15	11,77		
Faplic	1	27,07	27,07	2,26	0,1637
Dose*Faplic	4	69,43	17,35	1,45	0,2883
erro 2	10	251,60	25,16		
TOTAL	29				
CV 1 (%) = 17,95					
CV 2 (%) = 26,24					

Apêndice 12. Análise da variância para o peso (massa seca) de mil sementes de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	220,37	110,18	0,47	0,6384
Dose	4	3.999,30	999,82	12,07	0,0018
erro 1	8	662,59	82,82		
Faplic	1	73,08	73,08	0,31	0,5890
Dose*Faplic	4	456,87	114,21	0,49	0,7456
erro 2	10	2.346,38	234,63		
TOTAL	29				
CV 1 (%) = 3,23					
CV 2 (%) = 5,25					

Apêndice 13. Análise da variância para a variável peso hectolítrico (PH) em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,146	0,07	0,05	0,9547
Dose	4	206,30	51,57	38,40	0,0001
erro 1	8	10,74	1,34		
Faplic	1	9,83	9,83	6,25	0,0315
Dose*Faplic	4	2,85	0,71	0,45	0,7687
erro 2	10	15,75	1,57		
TOTAL	29				
CV 1 (%) = 1,56					
CV 2 (%) = 1269					

Apêndice 14. Análise da variância da regressão para a variável peso hectolétrico (PH) em trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Prob.<F
b1	1	173,59	173,59	129,23	0,0000
b2	1	17,47	17,47	13,01	0,0070
Desvio	2	15,25	7,62	5,68	0,0290
Resíduo	8	10,75	1,34		
$R^2 = 84,45 \%$					

Apêndice 15. Análise da variância para a concentração de nitrogênio nos grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	4	0,05	0,025	0,48	0,6333
Dose	2	8,40	2,099	40,63	0,0000
erro 1	8	0,41	0,052		
Faplic	1	0,19	0,192	5,94	0,0350
Dose*Faplic	4	0,24	0,061	1,89	0,1885
erro 2	10	0,32	0,032		
Total corrigido	29	9,62			
CV 1 (%) = 4,94					
CV 2 (%) = 3,91					

Apêndice 16. Análise de variância da regressão para concentração de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
linear	1	7,49	7,49	144,88	0,0000
quadrática	1	0,89	0,89	17,25	0,0030
Desvio	2	0,02	0,01	0,20	0,8270
Resíduo	8	0,41	0,05		
$R^2$	99,76%				

Apêndice 17. Estimativas dos parâmetros da regressão para a concentração de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0:Par=0	Pr> t
b0	3,6456	0,0905	40,28	0,0000
b1	0,0446	0,0059	7,57	0,0001
b2	-0,0003	0,0001	-4,15	0,0032

Apêndice 18. Análise da variância para a exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	4	2,52	1,26	1,20	0,3503
Dose	2	93,51	23,38	22,22	0,0002
erro 1	8	8,42	1,05		
Faplic	1	1,59	1,59	1,94	0,1941
Dose*Faplic	4	8,10	2,02	2,46	0,1129
erro 2	10	8,22	0,82		
Total corrigido	29	122,35			
CV 1 (%) =	11,70				
CV 2 (%) =	10,33				

Apêndice 19. Análise de variância da regressão para exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
linear	1	27,24	27,24	25,89	0,0010
quadrática	1	65,06	65,06	61,83	0,0000
Desvio	2	1,21	0,61	0,58	0,5840
Resíduo	8	8,42	1,05		
R <sup>2</sup>	98,71%				

Apêndice 20. Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação de nitrogênio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0:Par=0	Pr> t
b0	5,5167	0,4084	13,51	0,0000
b1	0,2402	0,0266	9,03	0,0000
b2	-0,0029	0,0004	-7,86	0,0000

Apêndice 21. Análise da variância para a exportação de cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	0,0025	0,0013	0,08	0,9258
Dose	4	0,3218	0,0804	4,96	0,0262
erro 1	8	0,1297	0,0162		
Faplic	1	0,0382	0,0382	4,63	0,0569
Dose*Faplic	4	0,0196	0,0049	0,60	0,6745
erro 2	10	0,0825	0,0082		
Total corrigido	29	0,5943			
CV 1 (%)=	21,36				
CV 2 (%)=	15,23				

Apêndice 22. Análise de variância da regressão para exportação de cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
linear	1	0,120	0,120	7,39	0,026
quadrática	1	0,190	0,190	11,74	0,009
Desvio	2	0,012	0,006	0,36	0,709
Resíduo	8	0,130	0,016		
R <sup>2</sup>	96,38%				



Apêndice 23. Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação cálcio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0:Par=0	Pr> t
b0	0,40285	0,050761	7,94	0,0000
b1	0,01353	0,003313	4,08	0,0035
b2	-0,00016	0,000046	-3,43	0,0090

Apêndice 24. Análise da variância para a exportação de magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	0,51	0,26	1,85	0,2192
Dose	4	2,90	0,73	5,25	0,0226
erro 1	8	1,11	0,14		
Faplic	1	0,22	0,22	1,87	0,2016
Dose*Faplic	4	0,63	0,16	1,35	0,3165
erro 2	10	1,16	0,12		
Total corrigido	29	6,53			
CV 1 (%)= 14,89					
CV 2 (%)= 13,64					

Apêndice 25. Análise de variância da regressão para exportação de magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Prob.<F
linear	1	0,001	0,001	0,005	0,947
quadrática	1	2,839	2,839	20,53	0,002
Desvio	2	0,064	0,032	0,23	0,799
Resíduo	8	1,106	0,138		
R <sup>2</sup>	97,81%				

Apêndice 26. Estimativas dos parâmetros da regressão para a exportação magnésio em grãos de trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0:Par=0	Pr> t
b0	2,104885	0,1482	14,20	0,00
b1	0,042004	0,0097	4,34	0,00
b2	-0,000608	0,0001	-4,53	0,00

Apêndice 27. Análise da variância para o teor de nitrogênio (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	1,66	0,83	1,22	0,3856
Dose	3	24,97	8,32	19,21	0,0018
erro 1	6	2,60	0,43		
Faplic	1	0,31	0,31	0,45	0,5381
Dose*Faplic	1	0,12	0,12	0,18	0,6911
erro 2	4	2,72	0,68		
TOTAL	17				
CV 1 (%) =	8,22				
CV 2 (%) =	10,33				

Apêndice 28. Análise da variância para o teor de nitrogênio em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	111,00	55,50	2,01	0,2493
Dose	3	2.303,72	767,91	16,28	0,0027
erro 1	6	282,95	47,16		
Faplic	1	11,31	11,31	0,41	0,5574
Dose*Faplic	1	58,65	58,65	2,12	0,2191
erro 2	4	110,68	27,67		
TOTAL	17				
CV 1 (%) =	9,55				
CV 2 (%) =	7,32				

Apêndice 29. Análise da variância para o teor de nitrogênio em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dose	4	79,57	19,89	11,39	0,0022
Bloco	2	0,83	0,41	0,24	0,7946
erro 1	8	13,97	1,75		
Faplic	1	0,73	0,73	0,84	0,3808
Dose*Faplic	4	0,97	0,24	0,28	0,8856
erro 2	10	8,72	0,87		
Total corrigido	29	104,78			
CV 1 (%) = 35,82					
CV 2 (%) = 25,32					

Apêndice 30. Análise da variância para o teor de fósforo (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,0118	0,0059	1,77	0,2809
Dose	3	0,0453	0,0151	6,76	0,0237
erro 1	6	0,0134	0,0022		
Faplic	1	0,0008	0,0008	0,25	0,6433
Dose*Faplic	1	0,0021	0,0021	0,64	0,4685
erro 2	4	0,0133	0,0033		
TOTAL	17				
CV 1 (%) = 10,66					
CV 2 (%) = 13,05					

Apêndice 31. Análise da variância para o teor de fósforo em filhinhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,28	0,14	1,07	0,4241
Dose	3	3,41	1,14	10,74	0,0080
erro 1	6	0,64	0,11		
Faplic	1	0,05	0,05	0,41	0,5589
Dose*Faplic	1	1,31	1,31	9,93	0,0345
erro 2	4	0,53	0,13		
TOTAL	17				
CV 1 (%) = 7,71					
CV 2 (%) = 8,38					

Apêndice 32. Análise da variância para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	2	0,047486	0,023743	2,397	0,1529
Dose	4	0,346735	0,086684	8,749	0,0051
erro 1	8	0,079259	0,009907		
Faplic	1	0,051253	0,051253	8,613	0,0149
Dose*Faplic	4	0,023854	0,005964	1,002	0,4506
erro 2	10	0,059509	0,005951		
Total corrigido	29	0,608097			
CV 1 (%) = 30,96					
CV 2 (%) = 23,99					

Apêndice 33. Análise de variância da regressão linear obtida para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
linear	1	0,231518	0,23152	23,37	0,001
quadrático	1	0,097191	0,09719	9,81	0,014
Desvio	2	0,018026	0,00901	0,91	0,441
Resíduo	8	0,079259	0,00991		
$R^2 = 0,948$					

Apêndice 34. Estimativas dos parâmetros da regressão linear para o teor de fósforo em plantas de trigo (maturação).

Variável	estimativa dos parâmetros	EP	t para H0: parâmetro = 0	Pr >  t
b0	0,120043	0,039675	3,026	0,0164
b1	0,011495	0,002589	4,440	0,0022
b2	-0,000110	0,000036	-3,132	0,0140

Apêndice 35. Análise da variância para o teor de potássio em afilhos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	1,09	0,55	0,27	0,7751
Dose	3	100,85	33,62	13,45	0,0045
erro 1	6	15,00	2,50		
Faplic	1	4,76	4,76	2,37	0,1988
Dose*Faplic	1	0,61	0,61	0,30	0,6119
erro 2	4	8,05	2,01		
TOTAL	17				
CV 1 (%) = 9,45					
CV 2 (%) = 8,47					

Apêndice 36. Análise da variância para o teor de cálcio em filhotos de trigo (florescimento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,204	0,102	4,14	0,1061
Dose	3	0,825	0,275	5,19	0,0419
erro 1	6	0,318	0,053		
Faplic	1	0,010	0,010	0,41	0,5550
Dose*Faplic	1	0,298	0,298	12,07	0,0255
erro 2	4	0,099	0,025		
TOTAL	17				
CV 1 (%) = 21,12					
CV 2 (%) = 14,50					

Apêndice 37. Análise da variância para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Dose	4	0,157	0,039	11,532	0,0021
Bloco	2	0,059	0,030	8,676	0,0099
erro 1	8	0,027	0,003		
Faplic	1	0,004	0,004	1,857	0,2029
Dose*Faplic	4	0,020	0,005	2,358	0,1236
erro 2	10	0,021	0,002		
Total corrigido	29	0,288			
CV 1 (%) = 21,24					
CV 2 (%) = 16,73					

Apêndice 38. Análise de variância da regressão linear obtida para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação).

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > Fc
linear	1	0,1108	0,1108	32,58	0,0000
quadrático	1	0,0393	0,0393	11,56	0,0090
Desvio	2	0,0068	0,0034	1,00	0,4110
Resíduo	8	0,0272	0,0034		
$R^2 = 0,957$					

Apêndice 39. Estimativas dos parâmetros da regressão linear para o teor de cálcio em plantas de trigo (maturação).

Variável	estimativa dos parâmetros	EP	t para H0: parâmetro = 0	Pr >  t
b0	0,139400	0,02324800	5,988	0,0003
b1	0,007500	0,00151717	4,957	0,0011
b2	-0,000072	0,00002106	-3,400	0,0094

Apêndice 40. Análise da variância para o teor de magnésio (%) em trigo (perfilhamento) adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,0007	0,00035	1,25	0,3798
Dose	3	0,0057	0,00192	12,47	0,0055
erro 1	6	0,0009	0,00015		
Faplic	1	0,00003	0,00003	0,12	0,7489
Dose*Faplic	1	0,0008	0,00083	2,94	0,1615
erro 2	4	0,0011	0,00028		
TOTAL	17	0,0120			
CV 1 (%) = 8,38					
CV 2 (%) = 11,45					

Apêndice 41. Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	148.230,33	74.115,17	6,57	0,0205
Dose	3	1.408.008,79	469.336,26	24,74	0,0009
erro 1	6	113.810,33	18.968,39		
Faplic	1	95.130,04	95.130,04	8,43	0,0198
Dose*Faplic	3	115.056,79	38.352,26	3,40	0,0740
erro 2	8	90.310,67	11.288,83		
TOTAL	23				
CV 1 (%) = 8,63					
CV 2 (%) = 6,66					

Apêndice 42. Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do florescimento do trigo adubado com dejetos líquidos de suínos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	62.990,27	31.495,13	5,7	0,0337
Dose	3	554.529,69	184.843,23	5,7	0,0342
erro 1	6	194.029,74	32.338,29		
Faplic	1	76.533,57	76.533,57	13,9	0,0074
Dose*Faplic	3	76.587,87	25.529,29	4,6	0,0435
erro 2	7*	38.564,58	5.509,23		
TOTAL	22				
CV 1 (%) = 10,40					
CV 2 (%) = 4,29					

(\*) parcela perdida.

Apêndice 43. Análise da variância para o teor de nitrogênio total no solo (0 a 5 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	28.690,45	14.345,23	6,85	0,0282
Dose	3	312.027,22	104.009,07	3,60	0,0851
erro 1	6	173.210,94	28.868,49		
Faplic	1	66.976,88	66.976,88	32,00	0,0013
Dose*Faplic	3	85.505,00	28.501,67	13,62	0,0044
erro 2	6*	12.556,25	2.092,71		
TOTAL	21				
CV 1 (%) = 10,38					
CV 2 (%) = 2,79					

(\*) parcela perdida.



Apêndice 44. Análise da variância para o teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	3,00	1,50	0,28	0,7634
Dose	3	900,11	300,04	62,76	0,0001
erro 1	6	28,68	4,78		
Faplic	1	71,72	71,72	13,33	0,0065
Dose*Faplic	3	93,03	31,01	5,76	0,0213
erro 2	8	43,03	5,38		
TOTAL	23				
CV 1 (%) = 25,96					
CV 2 (%) = 27,54					

Apêndice 45. Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), no florescimento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	0,94	0,47	1,32	0,3192
Dose	3	16,73	5,57	8,02	0,0160
erro 1	6	4,17	0,69		
Faplic	1	4,07	4,07	11,47	0,0095
Dose*Faplic	3	4,07	1,36	3,83	0,0571
erro 2	8	2,84	0,35		
TOTAL	23				
CV 1 (%) = 23,86					
CV 2 (%) = 17,00					

Apêndice 46. Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (0 a 5 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	2,36	1,18	4,19	0,0569
Dose	3	9,65	3,22	10,95	0,0076
erro 1	6	1,76	0,29		
Faplic	1	0,12	0,12	0,44	0,5268
Dose*Faplic	3	0,13	0,04	0,15	0,9269
erro 2	8	2,25	0,28		
TOTAL	23				
CV 1 (%) = 12,02					
CV 2 (%) = 11,81					

Apêndice 47. Análise da variância para o teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), na época do perfilhamento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

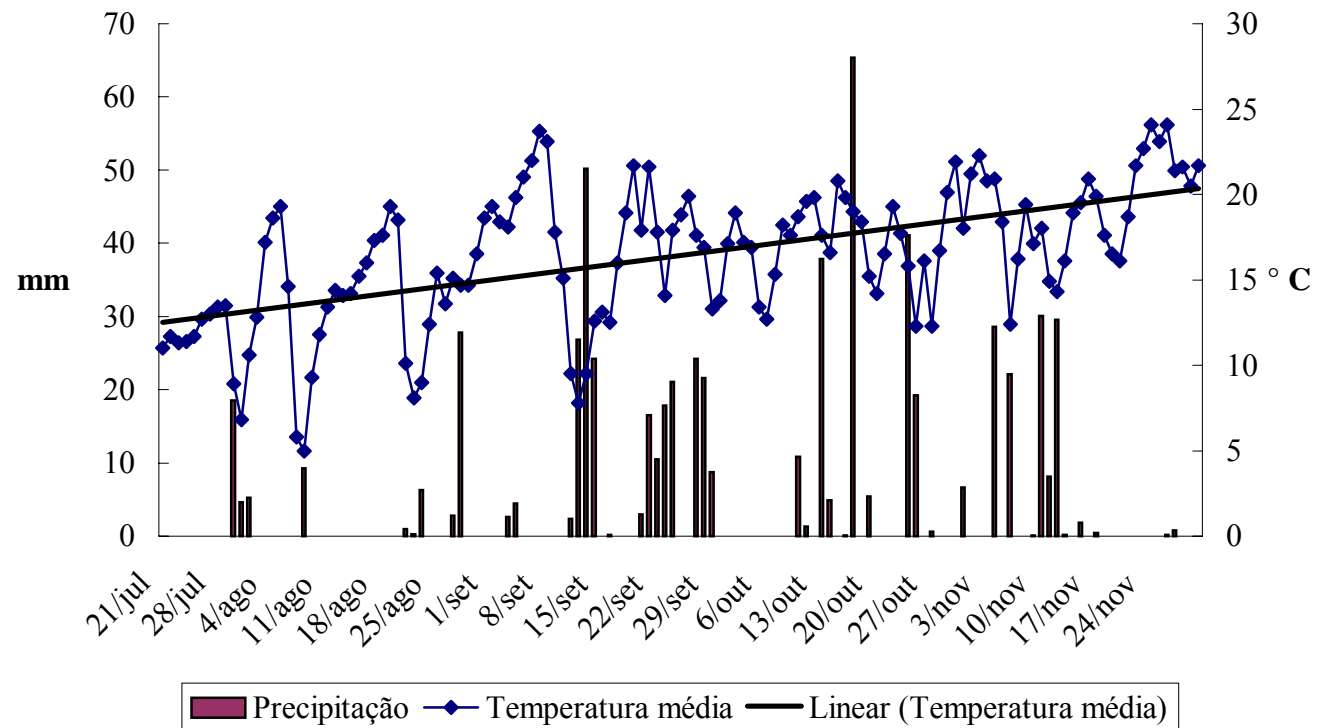
FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	1988,55	994,27	10,41	0,0112
Dose	3	1963,72	654,57	6,85	0,0230
erro 1	6	573,03	95,51		
Faplic	1	231,88	231,88	2,00	0,1949
Dose*Faplic	3	1282,07	427,36	3,69	0,0621
erro 2	8	927,04	115,88		
TOTAL	23	6966,29			
CV 1 (%) = 47,40					
CV 2 (%) = 52,54					

Apêndice 48. Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), no florescimento do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	192,83	96,42	1,44	0,3090
Dose	3	600,39	200,13	2,98	0,1180
erro 1	6	402,46	67,08		
Faplic	1	171,15	171,15	16,52	0,0036
Dose*Faplic	3	224,28	74,76	7,22	0,0115
erro 2	8	82,89	10,36		
TOTAL	23	1674,00			
CV 1 (%) = 28,70					
CV 2 (%) = 23,62					

Apêndice 49. Análise da variância do teor de nitrogênio mineral no solo (5 a 10 cm de profundidade), após a colheita da cultura do trigo, adubado com dejetos líquidos de suínos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr > F
Bloco	2	10,52	5,26	10,60	0,0101
Dose	3	10,91	3,64	7,51	0,0186
erro 1	6	2,90	0,48		
Faplic	1	0,15	0,15	6,99	0,0295
Dose*Faplic	3	0,24	0,08	3,71	0,0612
erro 2	8	0,17	0,02		
TOTAL	23	24,91			
CV 1 (%) = 15,99					
CV 2 (%) = 3,40					



Apêndice 50. Precipitação pluvial (mm) e temperatura média diária (° C) ocorrida durante a realização do experimento.

Fonte: EMBRAPA (2005).