

LUIZA FERNANDA ERDMANN

**EFICIÊNCIA DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO NA
FERTILIZAÇÃO DO MILHO EM APLICAÇÃO
SUPERFICIAL E INJETADO NO SOLO**

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

Orientador: Dr. Paulo Cezar Cassol

Co-orientador: Dr. Luciano Colpo Gatiboni

LAGES, SC

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo(a) autor(a), com
auxílio do programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CAV/UDESC

Erdmann, Luiza Fernanda
Eficiência do Dejeto Líquido Suino na Fertilização
do Milho em Aplicação Superficial e Injetado no Solo
/ Luiza Fernanda Erdmann. Lages - 2016.
98 p.

Orientador: Paulo Cezar Cassol
Co-orientador: Luciano Colpo Gatiboni
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo, Lages, 2016.

1. Esterco. 2. Adubação Orgânica. 3.
Dicianodiamida. 4. Inibidor de Nitrificação. 5. Zea
mays. I. Cassol, Paulo Cezar. II. Gatiboni, Luciano
Colpo. III. Universidade do Estado de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciência Do
Solo. IV. Título.

LUIZA FERNANDA ERDMANN

**EFICIÊNCIA DO DEJETO LÍQUIDO SUÍNO NA
FERTILIZAÇÃO DO MILHO EM APLICAÇÃO
SUPERFICIAL E INJETADO NO SOLO**

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Santa Catarina no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Banca Examinadora

Orientador: _____

Professor Dr. Paulo Cezar Cassol

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: _____

Professor Dra. Letícia Sequinato

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Membro: _____

Professora Dra. Analu Mantovani

Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC

Lages/SC, 4 de Fevereiro de 2016

Dedico este trabalho com muito carinho aos meus pais e toda família pelo amor que sempre esteve entre nós.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Débora e Arno Erdmann que sempre priorizaram a minha educação e formação profissional, pelo amor incondicional, pelos mais valiosos ensinamentos e me guiarem sempre pelo caminho do bem, com os mais belos exemplos.

A minha irmã Júlia, que é a melhor companhia para todos os momentos, pela confiança, amizade, carinho e por ter pensado em mim muitas vezes, esquecendo-se de si.

A meus avôs e a todos os outros familiares que souberam entender a importância dos meus estudos e trabalho, que por tantas vezes justificou a minha ausência.

Ao professor Dr. Paulo Cezar Cassol, agradeço pelo ensinamento tanto como professor e como orientador e pela paciência, tenho certeza que esse passo foi fundamental para firmar o meu conhecimento e dedicação pela Ciência do Solo. E aos demais professores que tive.

A equipe do Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, pela oportunidade de trabalho, me ajudando a conhecer e a gostar mais do caminho da pesquisa. São, principalmente, estes: Jaqueline Muniz Gerber, Daniel João Dall'Orsolletta, Djalma Eugênio Schmitt, Sulian Dal Molin e Wagner Sacamori.

Ao grupo de pesquisa DEJSUI: universidades, pesquisadores, alunos, bolsistas e voluntários, que compartilham o mesmo objetivo: contribuir para avanços tecnológicos rápidos e seguros para sustentabilidade da suinocultura.

Faço também um agradecimento especial a CAPES, pelo importante auxílio financeiro prestado através da concessão da bolsa de estudos.

Ao meu namorado Diego, por me incentivar aos estudos e trabalho, dando muito amor e apoio para continuar a sonhar mesmo em momentos difíceis e também pelos momentos felizes.

E a todos os meus amigos que contribuíram para que eu pudesse estar aqui hoje, seja acreditando que seria possível, auxiliando nos trabalhos, apoiando nas dificuldades ou sendo pacientes quando a ausência era a parte que podiam ter de mim.

Obrigada a todos!

“Lute com determinação, abrace a vida com paixão, perca com classe e vença com ousadia, porque o mundo pertence a quem se atreve e a vida é muito para ser insignificante.”

Augusto Branco

RESUMO

ERDMANN, Luiza Fernanda. Eficiência do Dejeto Líquido Suíno na Fertilização do Milho em Aplicação Superficial e Injetado no Solo. 2016. 98 p. Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2016.

A suinocultura no Brasil tem crescido expressivamente, principalmente em Santa Catarina, onde a atividade concentra-se nas regiões oeste, centro e sul do estado, causando alto risco de poluição pelos dejetos gerados. Todavia, quando utilizado racionalmente, esse resíduo pode ser uma alternativa para adubação, pois além de nitrogênio (N), o dejeto líquido suíno (DLS) contém todos os demais nutrientes, especialmente fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). O objetivo desse trabalho foi avaliar em condição de campo a incorporação ao solo do DLS e do fertilizante mineral (NPK) adicionados do inibidor da nitrificação dicianodiamida (DCD), como forma de aumentar a eficiência como fontes de N para a cultura do milho em Cambissolo Húmico Alumínico de Lages/SC. Foram aplicados os tratamentos testemunha, NPK, NPK+DCD, DLS e DLS+DCD nos modos de aplicação incorporada e superficial, organizados em blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Foram determinados os teores de N-amonical e N-nítrico no solo, aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação dos tratamentos, e nessa última época, o pH em água e os teores de P e K extraíveis, e de Ca, Mg e alumínio (Al) trocáveis. Também foram determinados os teores foliares desses macronutrientes e os rendimentos de fitomassa da parte aérea e de grãos. A DCD diminuiu a velocidade da nitrificação e conservou por mais

tempo os teores de N-amoniacial e N-nítrico no solo. Os tratamentos com DLS promoveram maiores teores de P no solo, entretanto, os fertilizantes não diferiram quanto aos teores de K, Ca e Mg. A incorporação aumentou o N-nítrico e o P extraível do solo em relação à aplicação superficial. O NPK+DCD promoveu maior teor de N nas folhas e o DLS maiores teores os de P e K. Os fertilizantes adicionados de DCD promoveram maior rendimento de grãos, indicando que o uso desse inibidor de nitrificação junto com a aplicação incorporada pode ser vantajoso.

Palavras-chaves: adubo orgânico, esterco, *Zea mays*.

ABSTRACT

ERDMANN, Luiza Fernanda. **Liquid Swine Manure Efficiency of the Fertilization of Corn in Superficial Application and Injected in Soil.** 2016. 98 p. Master's thesis in Soil Science. Area: Soil fertility and chemistry. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2016.

The pig breeding on Brazil has grown expressively, mainly on Santa Catarina state, where the activity is concentrated in certain regions, causing high risk of pollution from swine manure. Nevertheless, when used correctly, such residues can be an alternative to fertilizing, because in addition to nitrogen (N), the liquid swine manure (DLS) contains phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg). The aim of this work was evaluate the DLS and mineral fertilizer (NPK) incorporation to soil on field condition supplemented by nitrification inhibitor (DCD) as an way of increasing its efficiency as N sources for maize crop. The treatments were control, NPK, NPK+DCD, DLS, and DLS+DCD applied on soil surface and incorporated. The experimental design was random blocks, with split plot and four replicates. The soil contents of ammonium-N and nitric-N were determined at 30, 60 and 90 days after fertilization, and in that late time also the soil pH and contents of available P and K, and exchangeable Ca, Mg and Al. Were also determined the macronutrients contents on leaf tissue, and the yields of biomass and grain. The DCD decreased the velocity of nitrification and kept longer the contents of ammoniacal-N and nitric-N on soil. The treatments with DLS caused higher P content in the soil, but fertilizer did not differ in the contents of K, Ca and Mg. The incorporation increased the soil nitric-N and available P

contents relative to the surface application. The highest nitrogen content in the leaves was observed with NPK+DCD, while P and K were with DLS. The yield was greater when the DCD were added to fertilizers, indicating that the use of nitrification inhibitor can be a good practice.

Keywords: pig, organic fertilizer, *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características químicas e físicas da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Cambissolo Húmico em Lages, onde o experimento foi conduzido.....	41
Tabela 2 - Características do Dejeto Líquido Suíno utilizado no experimento.....	42
Tabela 3 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 30 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	50
Tabela 4 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 60 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	51
Tabela 5 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 30 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	52
Tabela 6 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 30 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	55
Tabela 7 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 60 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	56

Tabela 8 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 90 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	57
Tabela 9 – Teor de fósforo disponível (P) em mg kg^{-1} em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	59
Tabela 10 – Teor de potássio disponível (K^+) em mg kg^{-1} em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	62
Tabela 11 – Teor de cálcio (Ca^{2+}) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	64
Tabela 12 – Teor de magnésio (Mg^{2+}) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	65
Tabela 13 – Teor de alumínio trocável (Al^{3+}) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral	

(NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	68
Tabela 14 – Valor do pH em água em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	69
Tabela 15 – Teor de nitrogênio na folha de milho em g kg ⁻¹ , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	71
Tabela 16 – Teor de fósforo na folha de milho em g kg ⁻¹ , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	73
Tabela 17 – Teor de potássio na folha de milho em g kg ⁻¹ , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	75
Tabela 18 – Teor de cálcio na folha de milho em g kg ⁻¹ , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	76
Tabela 19 – Teor de magnésio na folha de milho em g kg ⁻¹ , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas	

(INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	77
Tabela 20 – Fitomassa da parte aérea do milho ($Mg\ ha^{-1}$) em Cambissolo Húmico submetido a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	79
Tabela 21 – Rendimento de grãos do milho em Cambissolo Húmico submetido a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).....	81

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação média mensal (mm), ocorrida durante a condução do experimento (safra 2014/2015).....40

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	23
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
2.1	Produção de dejeto suíno em Santa Catarina e sua utilização como adubo.....	26
2.2	Aplicação de fertilizantes orgânicos no plantio direto ..	29
2.3	Dinâmica do nitrogênio	32
2.4	Inibidor de nitrificação	34
3.	OBJETIVOS.....	37
3.1	Objetivo geral	37
3.2	Objetivos específicos.....	37
4.	HIPÓTESES.....	38
5.	MATERIAL E MÉTODOS	39
5.1	Localização, características e histórico da área experimental	39
5.2	Tratamentos avaliados, delineamento experimental e caracterização do solo.	40
5.3	Caracterização do Dejeto Líquido de Suíno, equipamento de injeção e aplicação dos fertilizantes.....	42
5.4	Cultivar de milho utilizado.....	43
5.5	Épocas, análises realizadas e análise estatística dos dados.....	44
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1	Teores de nutrientes no solo.....	46
6.1.1	Nitrogênio mineral	46
6.1.2	Fósforo disponível.....	58
6.1.3	Potássio disponível.....	60
6.1.4	Cálcio e Magnésio	63
6.1.5	Alumínio trocável e pH em água.....	66
6.2	Teores de nutrientes na folha	70
6.2.1	Nitrogênio.....	70
6.2.2	Fósforo	73

6.2.3	Potássio	74
6.2.4	Cálcio e Magnésio	75
6.3	Rendimento de grãos e fitomassa da parte aérea	77
7.	CONCLUSÃO	83
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

1. INTRODUÇÃO

A atividade suinícola brasileira tem se expandido de forma significativa, pois foi notado aumento de aproximadamente 9 % do rebanho entre 2009 e 2014 (ABIPECS, 2015). Isso se reflete em um mercado em ampliação com impacto socioeconômico importante ao país.

Mas sendo a produção de suínos realizada em sistema de confinamento, esta é considerada uma atividade poluidora (ASSMANN et al., 2007), devido à elevada geração de resíduos orgânicos, conhecidos como dejetos líquido de suíno (DLS), que é caracterizado pela mistura de fezes, urina, água proveniente dos bebedouros e da higienização das baias, resíduos de ração, poeiras e outros materiais decorrentes do processo de criação (KONZEN, 1983).

O desenvolvimento da produção de suínos implica na necessidade de desenvolver novos processos, práticas e tecnologias relacionadas ao destino do DLS. Conforme descrito no manual de adubação e calagem dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004), o DLS contém os nutrientes essenciais às plantas, possibilitando o seu uso como fertilizante. Esse tem sido o principal método para a disposição final desse resíduo, o que, além de reduzir o custo da aquisição de adubos comerciais, dão uma possibilidade de destinação ao DLS gerado nas propriedades agrícolas.

O uso de DLS como fonte de nutrientes pode também contribuir para diminuir a pressão sobre as reservas minerais de nutrientes que são finitas. Vale lembrar que, em visão pessimista, estimam-se que as reservas sejam capazes de suprir a demanda para os atuais patamares produtivos por 93 e 235 anos respectivamente para o fósforo (P) e potássio (K) produzidos mundialmente (FIXEN, 2009).

O DLS é considerado como uma fonte de nutrientes, com destaque o nitrogênio (N), por ser um dos nutrientes exigido em maior quantidade pelas plantas, por estar em maior concentração no dejetos e apresenta uma dinâmica complexa no solo. Entretanto, o DLS também constitui fonte significativa de P e de K (ASSMANN et al., 2007) e, quando manejado corretamente, pode suprir parcial ou totalmente os fertilizantes minerais (MENEZES et al., 2003), podendo também melhorar as características químicas, físicas e microbiológicas do solo (MEDEIROS et al., 2007).

No entanto, quando o DLS é aplicado superficialmente no solo como fertilizante há alta probabilidade de ocorrer perdas e contaminação das águas por nutrientes transportados por enxurradas e por lixiviação, além da volatilização do N-amoniacial. Pode-se supor que esses problemas, decorrentes do uso do DLS, sejam potencializados em condições de plantio direto, onde os dejetos são distribuídos sobre os resíduos culturais, sem incorporação no solo.

Assim, aplicações superficiais de DLS podem favorecer as perdas de N, pois é um nutriente que no solo fica sujeito a diversas alterações microbianas. Segundo Scherer, Baldissera e Nessi (2007), aproximadamente 80 % do N contido no dejetos se encontram na forma amoniacial, que é imediatamente disponível para as plantas. Apesar disso, as quantidades aplicadas em muitas áreas são maiores àquelas demandadas pela cultura, ficando desta forma o N mais sujeito às perdas.

Entre as estratégias em estudo para atenuar essas perdas de N destacam-se a incorporação dos DLS no solo e o uso de inibidores de nitrificação. A incorporação do dejetos pode reduzir em até 90 % as perdas de N por volatilização (WEBB, 2010). Já uso de inibidores de nitrificação, como a dicianodiamida (DCD), a qual retarda o processo de nitrificação, pode reduzir em até 78 % a lixiviação de nitrato

(NO₃⁻) no solo (VALLEJO et al, 2005). Portanto, os métodos que colaboram para a permanência do N e favorecem a absorção durante um maior período pela cultura podem melhorar a eficiência do dejeto como fertilizante nitrogenado.

Outro problema decorrente da aplicação superficial do DLS é o excessivo enriquecimento de nutrientes no solo, sobretudo na camada até 5 cm de profundidade (CASSOL et al., 2012). Isso ocorre de forma mais acentuada com o P, que se acumula principalmente em formas inorgânicas e com intensidade proporcional à dose de aplicação (GATIBONI et al., 2008), o que favorece seu transporte por enxurradas para os mananciais de águas, onde pode causar a eutrofização (CERETTA et al., 2005). A injeção do dejeto ao solo visa também minimizar as perdas de P por erosão hídrica, e aumentar sua disponibilidade para as culturas.

Assim considera-se necessário intensificar os trabalhos de pesquisa no sentido de melhorar o aproveitamento dos nutrientes contidos no DLS pelas culturas e de reduzir o impacto ambiental dos mesmos. Então, foi desenvolvido este trabalho com objetivo de comparar em condição de campo para a cultura do milho (*Zea mays*) os desempenhos da aplicação incorporada ou superficial ao solo do dejeto líquido suíno e do fertilizante mineral, adicionados ou não de inibidor da nitrificação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de dejeto suíno em Santa Catarina e sua utilização como adubo

A suinocultura no Brasil tem apresentado um significativo crescimento nas últimas décadas. O Brasil é o 4º maior produtor de suínos do mundo e Santa Catarina é o estado brasileiro que mais produz e exporta carne suína (ABIPECS, 2015). O estado de Santa Catarina é responsável por 26,7 % da produção brasileira de suínos, embora contem apenas 1,1 % do território nacional produtivo (IBGE, 2015). Esta produção se concentra principalmente em algumas regiões, como é o caso do Alto Uruguai Catarinense, no oeste de Santa Catarina.

O aumento nas exportações da carne suína, aliada aos interesses logísticos das empresas integradoras, favoreceu a concentração na produção de suínos em grandes unidades (KONZEN; ALVARENGA, 2005). A quantidade expressiva de animais criados em manejo intensivo que é praticado pela maior parte dos produtores catarinenses visando maximizar a produção em pequenas áreas, normalmente próximas das unidades processadoras, ocasiona um grande impacto ao meio ambiente devido ao grande volume de dejeto gerado (EDWARDS; ZANELLA, 1996).

No Brasil e, principalmente, em Santa Catarina, a destinação do dejeto de suínos é feita quase que exclusivamente pela sua acumulação em esterqueira e posterior descarte no solo, utilizando-o como fertilizante em áreas de lavoura. No entanto, a disposição do dejeto no solo deve obedecer alguns critérios, como: preceder uma análise do solo, seguir recomendações de segurança sanitária; não ultrapassar a capacidade de absorção do sistema solo planta, utilizar técnicas adequadas de conservação do solo e procurar utilizar o plantio

de espécies exigentes em nitrogênio (N) e fósforo (P). Pois, o dejeto suíno deve ser considerado como resíduo poluente e que, ao serem dispostos na natureza, sem os cuidados necessários, causam impactos ambientais negativos (KONZEN; ALVARENGA, 2005).

O dejeto suíno que, geralmente, se apresenta na forma líquida, possui grande potencialidade poluente do solo e das águas de superfície e subsuperfície, devido a alta demanda biológica de oxigênio (SOUZA et al., 2006), presença de elementos como P, N, cobre (Cu) e zinco (Zn) (SEGANFREDO, 2007) e outros contaminantes, como antibióticos e coliformes fecais (OLIVEIRA, 1993). Quando disseminados no ambiente, em quantidades a cima da legislação, sem adequado tratamento, o dejeto líquido suíno (DLS) pode trazer sérios prejuízos ambientais e econômicos.

A Instrução Normativa nº 11 da FATMA (IN nº 11-FATMA, de 13/12/2004) foi reformulada, abrangendo novas propostas publicadas no Boletim Técnico elaborado por Gatiboni et al. (2014). A nova legislação prevê que as adubações orgânicas sejam baseadas na carga máxima de DLS que o determinado solo pode reter. Para ter maior segurança, estipula que a aplicação seja restringida quando o limite crítico ambiental de P do solo for atingido. Esse teor limite de P indica que quando os teores de P no solo atingem níveis muito elevados o solo perde a capacidade de reter mais P. A partir deste ponto, maiores quantidades de P do solo são perdidos para as águas (GATIBONI et al., 2014).

Como encontrado por Andrade et al. (2008) no Mato Grosso, que após aplicações de altas doses de fertilizantes orgânicos em pastagem e floresta manejada, foi observado um aumento nas concentrações de N e P em águas superficiais próximas e no lençol freático.

Segundo Oliveira (1993), estima-se que cada suíno em fase de terminação produz cerca de 7 litros de dejetos por dia. Ponderando que o rebanho de Santa Catarina é de 9,1 milhões de cabeças suínas (ABIPECS, 2015), isso representa 23,25 milhões de m^3 de dejetos produzidos por dia. Estimativas indicam que, o DLS gerado no Brasil pode contribuir com até 10 % do total dos fertilizantes consumidos anualmente no país (NICOLELLA; DRAGONE; BACHA, 2005; ANDA, 2014). Assim, a geração expressiva de DLS e a falta de destinação adequada representam gargalos produtivos e um passivo ambiental que motiva a busca de manejos mais eficientes.

Todavia, se utilizados racionalmente, podem se tornar uma boa alternativa para adubação. Além de ótima fonte de N (ASSMANN et al., 2007; SCHIRMMANN et al., 2013), o DLS contém nutrientes como P, K, cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), Cu, Zn, e manganês (Mn) (SEIDEL, 2010; CASSOL et al, 2012). Vários autores constataram efeitos favoráveis do DLS no rendimento de grão e na matéria seca do milho quando discutido o fornecimento de nutrientes para a mesma cultura (GIACOMINI; AITA, 2008; LÉIS et al., 2009; CASSOL et al., 2012).

Conforme dados interpretados por Ceretta et al. (2003), o uso ordenado de DLS apresentou a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, principalmente os teores de P, Ca e Mg em áreas de Santa Maria/RS em solo Alissolo Crômico Órtico com pastagem nativa, e também proporciona uma diminuição na saturação por alumínio, melhorando o ambiente para o crescimento das plantas. Outro efeito benéfico do DLS, encontrado por Bertol et al. (2010) em um Latossolo Vermelho Eutroférrego, foi que a aplicação de fertilizante mineral causou maior lixiviação de P do que aplicação de DLS nas doses de até $80\ m^3\ ha^{-1}$, sugerindo que o fertilizante mineral tem maior potencial poluidor das águas subterrâneas.

No entanto, ainda são necessários estudos sobre a eficiência e consequências da aplicação de fertilizantes orgânicos como o dejeto líquido suíno. Pois, ao contrário dos fertilizantes minerais, o DLS apresenta proporções muito variáveis de nutrientes que estão diluídos, sendo considerado um fertilizante não balanceado (OLIVEIRA, 1993). Quando lançado ao solo em abundância, sem o manejo adequado, causam desequilíbrio quantitativo na oferta de nutrientes às plantas (KIRCHMANN, 1994; HOUNTIN et al., 2000; CERETTA et al., 2003). Se as quantidades adicionadas forem maiores do que aquelas absorvidas pelas plantas, haverá acúmulo de nutrientes no solo, resultando uma cadeia de problemas ambientais e econômicos (BURTON, 1996), por exemplo, o excesso de K e Ca pode causar deficiência de Mg para as plantas.

2.2 Aplicação de fertilizantes orgânicos no plantio direto

O plantio direto (PD) é considerado uma prática conservacionista. Segundo Hoff et al. (2010), o plantio direto se consolidou como inovação tecnológica e atualmente é o sistema de manejo mais utilizado no sul do Brasil (IBGE, 2015). Os efeitos do plantio direto resultam em menor quebra mecânica dos agregados do solo, pela eliminação das operações de preparo, e a manutenção da cobertura vegetal, protegendo o solo do impacto direto das gotas de chuva, condições estas bem diferentes daquelas encontradas no plantio convencional (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

Os elementos encontrados no DLS estão diluídos, assim, o risco poluente do DLS aumenta quando é aplicado em condições inadequadas. Segundo Bertol et al. (2004), as maiores perdas de nutrientes ocorrem nas aplicações superficiais de DLS em PD. A aplicação de DLS na superfície

do solo e a avaliação da transferência de seus nutrientes via escoamento superficial para espelhos de água superficial tem sido tema de inúmeros trabalhos, inclusive na região Sul do Brasil (CERETTA et al., 2003; BASSO et al., 2005; CERETTA et al., 2005; BERWANGER, 2005)

O impedimento mecânico da infiltração do DLS provocado pela manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo no PD favorece as perdas de N por volatilização, pois a maior parte do N presente no DLS encontra-se na forma NH_4^+ que combinado ao pH neutro a alcalino das camadas superficiais do solo resulta na formação da amônia (NH_3) que volatiliza. Nicoloso et al. (2013) observaram em um Nitossolo Vermelho Distroférico de Concórdia/SC, que as perdas de N por volatilização em plantio direto foram acentuadas nos tratamentos onde o DLS foi aplicado superficialmente. Porém, a incorporação ao solo do dejeto pode reduzir em até 90 % as perdas de N por volatilização (WEBB, 2010).

No PD, em geral, também aumentam nas camadas mais superficiais as concentrações de determinados nutrientes (CASSOL, et al., 2012), como o P que tem grande atração pelas partículas do solo e elevada energia de ligação. Com isso o nutriente fica sujeito ao transporte por escoamento superficial, que pode causar a eutrofização das águas superficiais (BERTOL et al., 2004; CERETTA et al., 2005). A acumulação de P na camada superficial do solo, atingindo concentrações muito altas, principalmente nos primeiros 5 cm, tem se evidenciado em diversos estudos que incluíram aplicações de doses altas e repetidas de DLS na superfície de solos cultivados sem aração (BARILLI, 2005; OLIVEIRA, 2007; SCHERER; BALDISSERA; NESSI, 2007; BERWANGER; CERETTA; RHEINHEIMER, 2008; GATIBONI et al., 2008; CERETTA et al., 2010; SCHERER;

NESI; MASSOTTI, 2010; COSTA, 2011; CASSOL et al., 2012).

Nesse sentido, devido ao fato de que os fertilizantes orgânicos, ricos em fosfatos, são aplicados na superfície do solo sob PD, os sítios de adsorção com maior afinidade pelo fosfato são rapidamente saturados por causa do pequeno volume de solo em contato. Assim, os riscos de transferência de P por escoamento superficial são potencializados tanto na forma solúvel quanto particulado. Apesar de o fosfato ser considerado pouco móvel no solo, reaplicações constantes, em doses superiores às de saída, podem proporcionar a transferência de P solúvel por percolação (KAO; BLANCHARD, 1973; BEAUCHEMIN; SIMARD; CLUIS, 1996; STAMM et al., 1998; HOODA; KARAM; SYBODA, 1999).

Altos teores de nutrientes foram encontrados por Maggi et al. (2011) no percolado em áreas de adubação com DLS, com teores acima de $1,0 \text{ mg L}^{-1}$ de P em Latossolo Vermelho Distroférrico de Cascavel/PR. Além das transferências de P, N e K, as transferências de Cu e Zn do solo são significativas e ocorrem predominantemente por escoamento superficial. Contudo, as aplicações sucessivas de altas doses de DLS ($80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), também podem ocasionar aumentos nas quantidades transferidas de Cu e Zn por percolação no solo (GIROTTTO, 2007).

Assim, práticas de manejo que possibilitam incorporar os nutrientes do DLS ao solo e manter a cobertura vegetal no solo, podem ser agronomicamente mais eficientes. Segundo Giacomini et al. (2009), isso advém tanto sob o ponto de vista de ciclagem de nutrientes pelas plantas, quanto por serem ecologicamente mais apropriadas, uma vez que diminuem perdas de nutrientes para o meio ambiente.

A incorporação do DLS em linha pode ser mais vantajosa, pois além de evitar perdas de nutrientes, forma-se no

solo uma faixa de nutrientes em maior concentração. Segundo uma revisão de Ernani (2008), pequenos sítios de saturação de nutrientes que podem realizar trocas mais facilmente com a solução do solo, podendo com isso aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Outro aspecto positivo da incorporação é que devido a um maior contato do DLS com as partículas do solo (DELL; MEISINGER; BEEGLE, 2011), existe a associação de maior quantidade possível de nutrientes, como o N e o P, com as partículas de solo em maiores profundidades, fazendo com que os nutrientes fiquem disponíveis por mais tempo para as culturas.

Para a incorporação do DLS ao solo, foi desenvolvido um equipamento que incorpora o dejeto suíno na profundidade em torno de 7 cm. Apesar de que a incorporação do DLS vem sendo utilizada com sucesso em outros países (VALLEJO et al., 2005), no Brasil, a prática é ainda pouco analisada (DAMASCENO, 2010).

2.3 Dinâmica do nitrogênio

O N é um dos macronutrientes mais limitantes na produção de matéria seca das gramíneas, e mais extraído do solo por participar de grandes quantidades de compostos como clorofila, aminoácido e ácidos nucleicos, e por estar presente nas principais reações bioquímicas e fisiológicas que ocorrem nas plantas (CANTARELLA, 2007).

Estima-se que o aporte do N provocado por ação antrópica possibilita cerca de 40 % do total da produção mundial de alimentos (CANTARELLA, 2007). Segundo este autor, aproximadamente 95 % do total de N no solo encontra-se em formas orgânicas, sendo a fração inorgânica composta

principalmente por amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) e pequenas concentrações de nitrito (NO_2^-).

O principal processo biológico no solo para disponibilizar o N orgânico do solo para as plantas é conhecido como mineralização, ou seja, é a transformação do N orgânico para o inorgânico. Em solos saturados de água, ou seja, com menor quantidade de oxigênio, a decomposição da matéria orgânica é incompleta, resultando em taxas menores de mineralização do que em condições aeróbias normais (CANTARELLA, 2007).

Diversos autores têm observado que parte do N aplicado na forma orgânica, após a mineralização, pode ser perdido para atmosfera por volatilização (DONOVAN; LOGAN, 1983) e por desnitrificação (AMARAL SOBRINHO et al., 1983) e para águas de subsuperfície por lixiviação (SUTTON et al., 1984). Isso compromete a eficiência do DLS como fertilizante, o lucro econômico do produtor e a produtividade das culturas, especialmente das gramíneas cuja demanda por N é elevada.

A volatilização ocorre quando, a grande parte do N na forma de NH_4^+ do DLS, encontra nas camadas mais superficiais, o pH e a temperatura do solo mais elevados, formando em NH_3 que volatiliza por ser um gás.

Também, o NH_4^+ nas condições dos solos brasileiros drenados, sofre transformações rápidas de oxidação pelas bactérias *Nitrossomonas* *sp*, transformando-se em NO_2^- e posteriormente em NO_3^- pelas *Nitrobacter* *sp* (PAYET et al., 2009). O NO_3^- é um íon aniônico, com baixa interação com os minerais do solo e sem capacidade de fazer adsorção química. Por isso, na solução do solo prevalece a forma de NO_3^- e é absorvido em maiores quantidades pelas plantas, mas igualmente é lixiviado em maior quantidade. A lixiviação de NO_3^- também representa um importante meio de perda de N do

ecossistema, que pode resultar na contaminação de lençóis subterrâneos (ANAMI et al. 2008).

No processo de transformação no solo de NH_4^+ para NO_2^- , ocorre a desnitrificação por dismutação do nitroxil ou por ação da redutase de nitrito que ocorrem em condições aeróbias, onde há a produção de óxidos de N (NOx), nas formas de N_2O , NO e NO_2^- , que são gases e também volatilizam. Dentre os óxidos de N se destaca o N_2O , que apesar de constituir pequena porção da atmosfera, tem significativa contribuição ao efeito estufa de origem antropogênica, pois tem potencial de aquecimento cerca de 300 vezes superior ao do CO_2 (CANTARELLA, 2007).

Perdas mais significativas por volatização são associadas ao manejo do DLS aplicado superficialmente ao solo, que podem chegar a até 90 % do total do N aplicado (DAMASCENO, 2010). Portanto, a incorporação ao solo pode ser um manejo mais eficiente em relação à aplicação superficial para reduzir perdas de N por volatização de NH_3 e óxidos de N, e deve ser realizada a uma profundidade que pode variar entre 5 e 10 cm, dependendo das características do solo (CANTARELLA, 2007). Outro manejo para a manutenção do NH_4^+ por mais tempo no solo pela adição de inibidores de nitrificação.

2.4 Inibidor de nitrificação

Outra tecnologia para evitar perdas de N, é o uso de inibidores de nitrificação. Estes produtos se apresentam como estabilizadores de fertilizante que visam promover a permanência do NH_4^+ por mais tempo no solo, que é menos sujeito a perdas por lixiviação (CANTARELLA, 2007).

Diversos produtos químicos tem sido relatados com efeito de inibidor da nitrificação, porém a dicianodiamida

(DCD) [H₂NC(NH)₂CN], também denominada de cianoguanidina, e a nitrapirina ou N-serve [2-cloro-6-(triclorometil) piridina], têm sido difundidos e aceitos para uso prático, em escala de campo (SINGH et al., 2008).

No entanto, somente em 2000 a DCD foi instituída como um inibidor de nitrificação oficial pela Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO, publicação Oficial, Nº 54/2001) (FRYE, 2005). Conforme Zaman et al. (2009), na Nova Zelândia, o composto químico DCD, tem menor custo de mercado, é menos volátil e relativamente solúvel em água, sendo o principal inibidor de nitrificação usado.

A DCD atua inibindo a citocromo oxidase das bactérias envolvidas na oxidação da hidroxilamina de NH₄⁺ para NO₂⁻ durante a primeira etapa da nitrificação, afetando especialmente as *Nitrosomonas europea*, diminuindo a lixiviação do NO₃⁻ (ZACHREL; AMBERGER, 1990). O uso de DCD reduz a emissão de N₂O após a aplicação de ureia (DELGADO; MOSIER, 1996; KUMAR et al., 2000) e de resíduos orgânicos como urina de vacas em lactação (DI; CAMERON, 2008; ZAMAN et al., 2009; ZAMAN; BLENNERHASSETT, 2010), dejetos líquidos de bovinos (MACADAM et al., 2003; MERINO, 2002) e dejetos líquidos de suínos (MEIJIDE et al., 2007; VALLEJO et al., 2006).

Marcelino (2009) observou em laboratório redução de 76% na oxidação do amônio a nitrato, em ureia tratada com DCD, 15 dias após a incubação do fertilizante ao solo. No trabalho de Dendooven et al. (1998), a adição de DCD reduziu em quase 20% as emissões de NH₃ após aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo. Já Mkhabela et al. (2006) não encontraram efeito da DCD sobre a emissão de gases de dejetos de suínos em uma incubação de laboratório.

A diversidade dos resultados publicados reforça a necessidade de ampliar o conhecimento sobre a ação dos inibidores de nitrificação, principalmente da DCD, especialmente quanto ao desempenho geral e ao aumento do tempo disponível no solo do N na forma de NH_4^+ .

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência do dejeto líquido suíno (DLS) e do fertilizante mineral (NPK) incorporados ao solo, adicionados ou não de inibidor de nitrificação, em condição de campo para a cultura do milho na safra 2014/2015.

3.2 Objetivos específicos

Quantificar, em um Cambissolo Húmico de Lages, os teores de nutrientes no solo após fertilização com DLS e de fertilizante mineral (NPK) em aplicação superficial e incorporada no solo para a cultura do milho.

Avaliar o rendimento de grãos, massa seca aérea e o acúmulo de nutrientes na cultura do milho após fertilização com DLS e NPK aplicados em superfície ou incorporados no solo.

Avaliar o desempenho do inibidor de nitrificação (DCD) no aumento da eficiência do DLS e do NPK como fertilizantes nitrogenados aplicados em superfície ou incorporados no solo.

4. HIPÓTESES

A incorporação do dejeto líquido suíno (DLS) e do fertilizante mineral (NPK) no solo aumentam os teores de nutrientes no solo, em relação à aplicação superficial.

A incorporação do DLS e do NPK no solo aumenta os teores dos nutrientes contidos nas folhas de milho em relação à aplicação superficial.

A adição da DCD aumenta a eficiência do DLS e do NPK como fertilizantes nitrogenados, refletindo em aumento da fitomassa da parte aérea e no rendimento de grãos da cultura do milho.

O fertilizante orgânico DLS é tão eficiente quanto ao NPK no fornecimento de nutrientes para a cultura do milho.

5. MATERIAL E MÉTODOS

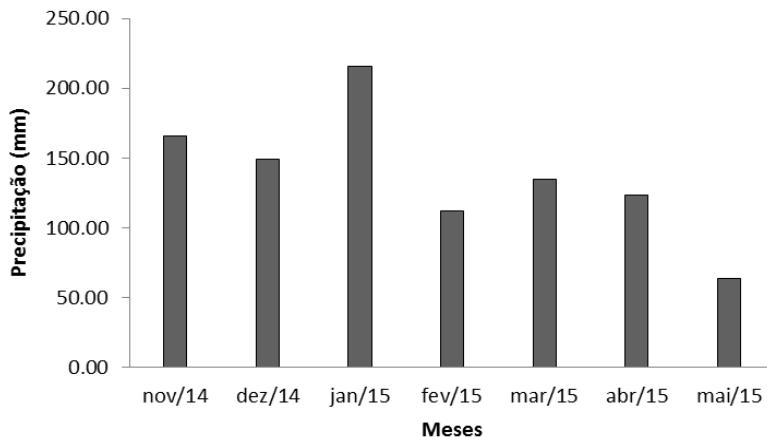
5.1 Localização, características e histórico da área experimental

O trabalho foi conduzido em condições de campo com a cultura do milho (*Zea mays*) no ano agrícola 2014/2015, em Lages/SC, no campus do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV – UDESC), a 27°49'00" de Latitude Sul e 50°35'50" de Longitude Oeste com altitude média de 892m. A área possui declividade de 8% e o solo é classificado como Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2013).

O clima é mesotérmico úmido, com verão ameno (tipo Cfb, de acordo com Köppen). As chuvas são bem distribuídas durante o ano e as médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.550 mm e 15,6 °C, respectivamente.

O período em que foi conduzido o experimento na safra de 2014/2015 compreendeu a semeadura em 21/11/2014 até a colheita da área útil em 22/05/2015. A precipitação média mensal durante a realização do experimento encontra-se registrada na Figura 1. O Laboratório de Uso e Conservação do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina registrou a distribuição das chuvas com um pluviograma (modelo IH-01-01), com amplitude de registro de 10 mm de precipitação e incremento de 0,2 mm, com tempo de registro de 24 horas e unidade de 10 minutos, acionado por um pluviógrafo mecânico instalado a 700 m da área experimental.

Figura 1 - Precipitação média mensal (mm), ocorrida durante a condução do experimento (safra 2014/2015).



Fonte: Laboratório de Uso e Conservação do Solo (2015). Produção do próprio autor (2016).

Em maio de 2012, a área experimental recebeu dose equivalente de $8,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico, que foi incorporado ao solo por aração e gradagem. A partir de 2012 até a implantação do experimento, nos verões a área foi cultivada com milho e com aveia (*Avena strigosa*) nos invernos, em plantio direto.

5.2 Tratamentos avaliados, delineamento experimental e caracterização do solo.

O experimento compreendeu o esquema fatorial 2×5 , com dois modos de aplicação dos fertilizantes: superficial e injetado e cinco tipos de fertilização: testemunha, sem fertilização (TEST), fertilizante mineral (NPK); NPK+ dicianodiamida (DCD); dejeto líquido de suíno (DLS) e

DLS+DCD nas subparcelas. O delineamento experimental foi blocos completos casualizados com parcelas subdivididas, sendo o modo alocado na parcela principal e os fertilizantes nas subparcelas. O tamanho das parcelas foi de 168 m² (8x21 m) e das subparcelas foi de 33,6 m² (8 x 4,2 m), e a área útil de 22,4 m².

Antes da implantação do experimento e fertilização da área foram realizadas coletas e análise do solo para caracterização da área, conforme Tedesco et al. (1995), sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas e físicas da camada de 0 a 20 cm de profundidade do Cambissolo Húmico em Lages, onde o experimento foi conduzido.

pH	SMP	V%	Al ³⁺	Ca	Mg	P	K	Argila	MO
			- cmol _c kg ⁻¹ -			dm ³ kg ⁻¹	-- g kg ⁻¹ --		
5,9	6,1	60	0,2	8,1	4,6	3,9	89,7	450	46

Fonte: produção do próprio autor (2016). Legenda - pH: pH do solo em água; SMP: pH do solo em solução tamponada; Al³⁺: acidez trocável; Ca: cálcio trocável; Mg: magnésio trocável; P: fósforo extraível; K potássio trocável; MO: matéria orgânica.

A aplicação dos fertilizantes foi realizada em 19/11/2014. A dose de DLS baseou-se na recomendação de N para milho pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004), para produtividade de 10 Mg ha⁻¹ que é de de 160 kg m⁻³ de N. Considerando o teor de N no DLS, a dose foi definida em 43 m³ ha⁻¹. As doses de NPK mineral utilizadas foram semelhantes ao fornecido pelo DLS, sendo 160 kg ha⁻¹ de N pela ureia, 135 kg ha⁻¹ de P₂O₅ pelo SFT e 90 kg ha⁻¹ de K₂O pelo KCl.

A DCD, em pó, foi misturada aos adubos no momento da sua aplicação no campo, na dose de 10 kg ha⁻¹. O produto

utilizado tem propriedade inibidora de nitrificação e é formulado juntamente com um inibidor da enzima urease (NBPT), com denominação comercial da Agrotain Plus® e contém 81 % de dicianodiamida.

5.3 Caracterização do Dejeto Líquido de Suíno, equipamento de injeção e aplicação dos fertilizantes

O DLS foi obtido a partir da esterqueira de uma criação suína em fase de recria. A concentração de nutrientes do DLS foi determinada conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) e encontra-se demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2 - Características do Dejeto Líquido Suíno utilizado no experimento.

Massa Seca	Ntotal	NH_4^+	NO_3^-	P	K
-- g kg^{-1} --	-----	----- kg m^{-3} -----			
87	3,38	2,91	0,47	3,4	1,3

Fonte: produção do próprio autor (2016). Legenda – Ntotal: nitrogênio total; NH_4^+ : amônio; NO_3^- : nitrato, P: fósforo; K: potássio.

A incorporação do DLS ao solo foi realizada com equipamento que foi desenvolvido em uma parceria entre professores da Universidade de Passo Fundo – RS (UPF/RS) e a empresa MEPEL Ltda., composto de um tanque metálico com capacidade para 4.000 L, contendo linhas de injeção na parte traseira. O conjunto de linhas de injeção é fixado ao chassi do equipamento e compreende disco de corte frontal e facão sulcador em cuja face posterior é vertida o jato de DLS, distanciados em 35 cm. O conjunto é acionado por meio de pistão hidráulico central conectado por mangas de alta pressão ao sistema hidráulico do trator. Na tubulação de saída do

tanque para as linhas de injeção, há um registro de esfera, que permite regulagem da vazão. Este está posicionado antes da câmara de equalização da vazão, a qual tem a função de distribuir o fluxo dos dejetos uniformemente nas mangueiras que conduzem às linhas de injeção. Os discos sulcadores apresentam diâmetro de 45 cm.

A injeção do DLS foi realizada com 6 linhas de injeção inseridas no solo, a uma profundidade de aproximadamente 7 cm e mobilização média na superfície do sulco foi de 10 cm.

Para aplicação incorporada do fertilizante mineral, usou-se o mesmo equipamento de incorporação, abrindo um sulco e aplicando os fertilizantes minerais manualmente. Posteriormente, estes sulcos foram fechados com uso de enxada. Nos tratamentos com injeção dos fertilizantes, a semeadura do milho foi realizada nas entre linhas de injeção.

Os tratamentos em superfície, a aplicação do DLS foi feita com o equipamento de injeção suspenso e para o fertilizante mineral a distribuição foi manual a lanço.

5.4 Cultivar de milho utilizado

O experimento foi cultivado com milho, cultivar 30F53 da empresa Pioneer®, que é híbrido simples, precoce, de elevado potencial, estabilidade produtiva e adaptabilidade em vários ambientes. A cultivar necessita de soma térmica de 3112 graus dia (GD) até a maturação fisiológica, que segundo Ritchie (2003), classifica o híbrido como tardio (> 890 GD).

Conforme a empresa que a desenvolveu, a cultivar pode produzir 19.885 kg de matéria seca por ha com 7,5 % de proteína bruta, suportando estande de até 80.000 plantas por hectare quando o plantio adensado é realizado. Porém para o desenvolvimento máximo do seu potencial produtivo exige alta utilização de insumos.

O experimento foi conduzido em plantio direto com espaçamento entre linhas de plantas de 0,7 m. A população de plantas foi estimada na área das parcelas do experimento, em aproximadamente 63.000 plantas ha⁻¹.

A competição interespecífica, provocada por plantas espontâneas, foi controlada com aplicação de herbicidas realizadas em pré-emergência juntamente com a dessecação e pós-emergentes, não ocasionando maiores problemas. O controle de espontâneas foi realizado, conforme recomendado, ou seja, nos primeiros 15 a 30 dias após a emergência.

5.5 Épocas, análises realizadas e análise estatística dos dados

Amostras do solo foram coletadas com trado holandês em três camadas: 0-5 cm; 5-10 cm; e 10-20 cm, aos 30, 60 e 90 dias após aplicação dos tratamentos para determinação do N-mineral e aos 90 dias após aplicação dos tratamentos para determinação de fósforo e potássio disponíveis, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis e pH do solo em água. Foram retiradas oito subamostras de solo por subparcelas. As determinações foram conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), sendo o P quantificado conforme metodologia de Murphy e Riley (1962).

A determinação dos teores foliares de nutrientes na cultura do milho compreendeu o período de plena floração, que corresponde a mais de 50% das plantas com inflorescência totalmente expandida, amostrou-se o terço médio da folha oposta a espiga, de 12 plantas na área útil das subparcelas conforme recomendado para verificação da suficiência nutricional das plantas (CQFS-RS/SC, 2004). Após foram secas em estufa a 65°C até peso constante e posteriormente a moagem, foram determinados acúmulos de nitrogênio,

potássio, cálcio e magnésio conforme metodologia descrita por Tedesco (1995) e fósforo conforme metodologia de Murphy e Riley (1962).

A produtividade foi determinada mediante colheita mecânica das espigas da área útil e estimado o rendimento de grãos com umidade corrigida para o padrão de 13%. A determinação do rendimento da matéria seca foi realizada coletando-se a fitomassa da parte aérea de doze plantas por subparcelas na área útil. Estas plantas inteiras, exceto raízes, foram separadas dos grãos e posteriormente secas em estufa a 65°C até peso constante em seguida foi determinado à massa seca.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação das médias dos tratamentos foi através do teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro utilizando-se o programa SISVAR.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teores de nutrientes no solo

6.1.1 Nitrogênio mineral

A incorporação do dejeto líquido suíno (DLS) e do adubo mineral (NPK) ao solo não aumentaram os teores de amônio (NH_4^+) em relação ao modo de aplicação superficial (Tabela 3). Os teores de NH_4^+ no solo determinados apresentaram diferença somente no efeito simples para o tipo de fertilizante nos tempos de 30 e 60 dias após aplicação dos fertilizantes (Tabela 3 e 4). O NH_4^+ encontrado nas coletas situou-se entre o valor $1,5 \text{ mg kg}^{-1}$ observado na testemunha aos 90 dias após aplicação dos fertilizantes e $69,4 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento NPK+DCD incorporado aos 30 dias após aplicação dos fertilizantes na camada 0 a 5 cm.

Além do manejo, outros fatores também interferem diretamente nas perdas de NH_4^+ através da volatilização, tais como a composição físico-química do DLS (SOMMER; HUTCHINGS, 2001), os fatores climáticos: temperatura e umidade, e o tipo de solo: textura e teor de matéria orgânica, interferindo diretamente no aumento ou na diminuição da volatilização (OKUMURA; MARIANO 2012).

No teor de NH_4^+ , o modo de aplicação incorporado não teve diferença da aplicação superficial. Este fato pode ser devido ao motivo de que a declividade da área experimental é pequena, o solo é argiloso e com alto teor de matéria orgânica, podendo adsorver em maior quantidade o cátion NH_4^+ , e a temperatura média encontrada em Lages é amena, não causando grandes efeitos nas perdas de NH_4^+ por volatilização, mesmo quando os fertilizantes foram aplicados superficialmente.

Considerou-se que as perdas de NH_4^+ por volatilização no experimento foram pequenas devidas também ao teor baixo de matéria seca dos DLS (Tabela 2) que, aliada ao baixo conteúdo de umidade gravimétrica do solo (em torno de 20% na camada 0 a 10 cm) no dia da aplicação dos fertilizantes, pode ter favorecido a rápida infiltração dos dejetos no solo. Em um trabalho dirigido em laboratório, Sommer, Hansen e Sogaard (2004), verificaram que, dobrando a taxa de infiltração de DLS e dejetos bovinos aplicados na superfície do solo, foi possível reduzir pela metade as emissões totais acumuladas de amônia.

Entretanto, em um Argissolo Vermelho Alumínico em Santa Maria/RS, Gonzatto (2012) avaliou o efeito da incorporação do DLS ao solo em plantio direto e verificou que as perdas por volatilização de NH_4^+ com aplicação do dejetos na superfície superou a incorporação em 41,2 vezes nas primeiras seis horas, relacionando com a maior área de exposição dos DLS ao ar e aos efeitos da temperatura. Dasmasceno (2010) também observou que a incorporação do DLS em plantio direto demonstrou ser uma estratégia eficaz na redução das perdas de N por volatilização de NH_4^+ em um Argissolo Vermelho Distrófico de Santa Maria/RS.

Outro motivo pela indiferença do modo de aplicação dos fertilizantes pode estar relacionado, também, à profundidade de injeção dos mesmos no solo. Esses efeitos confirmam aqueles interpretados por Huijsmans, Hol e Vermeulen (2003) onde houve uma redução de 34 vezes da emissão de amônia (NH_3) pela injeção profunda (> 10 cm) dos DLS em solos da Holanda. No entanto, Nyord et al. (2008), não encontraram diferenças entre a aplicação dos dejetos em superfície e sua injeção no solo. Avaliando diferentes profundidades de injeção dos DLS em solo do Canadá (5, 10, 15, 20, 25 e 30 cm) Smith et al. (2009), averiguaram que a

eficiência da injeção na redução da emissão de NH_3 variou de 36 % a 5 cm a 58 % a 30 cm.

Observa-se na Tabela 3 e 4 que o uso da dicianodiamida (DCD) junto com o fertilizante mineral (NPK) proporcionou nas camadas 0 a 5 cm, 5 a 10 cm e 10 a 20 cm os maiores teores de NH_4^+ em relação aos outros tratamentos nos tempos de 30 e 60 dias após a aplicação dos fertilizantes. Possivelmente, o fertilizante mineral apresentou maiores teores de NH_4^+ porque a ureia possui maior quantidade de nitrogênio (N) na forma inorgânica que é prontamente disponível, diferentemente do DLS, que possui uma parte do N na forma orgânica e este precisa ser mineralizado.

Após 30 dias da adubação, na camada superficial todos os fertilizantes diferiram da testemunha. A aplicação do NPK adicionado da DCD apresentou maiores teores de NH_4^+ em relação à aplicação somente do NPK e a aplicação do DLS+DCD também apresentou maiores teores de NH_4^+ , comparado ao tratamento DLS. Isso foi atribuído ao efeito da DCD que por atuar na redução da velocidade do processo de nitrificação, pode ter conservado por mais tempo os teores de N na forma de NH_4^+ , e estes podem ser adsorvidos nas cargas do solo ou absorvidos pelas plantas.

NPK+DCD, NPK e DLS+DCD foram os tratamentos que diferiram da testemunha nas camadas 5 a 10 e 10 a 20 cm aos 30 dias após a aplicação dos fertilizantes. Entretanto, não se detectou o efeito do DCD em todos os tratamentos, mas, no entanto, o fertilizante DLS+DCD diferiu da testemunha, comparando com a aplicação somente do DLS, demonstrando que a DCD ainda teve um efeito benéfico em camadas mais profundas para o DLS, melhorando a eficiência deste como fertilizante nitrogenado (Tabela 3). Gonzatto (2012) também observou que a adição do DCD ao DLS aplicados no solo inibiu a nitrificação do NH_4^+ .

Aos 60 dias após a adubação, os dois fertilizantes não diferiram entre si, porém o efeito da DCD foi observado em todas as camadas (Tabela 4). Nota-se que os tratamentos com DCD diferiram da testemunha nos teores de NH_4^+ comparada aos tratamentos sem adição da DCD, que não apresentaram diferença da testemunha sem fertilização. Assim, a DCD conservou por mais tempo os teores de NH_4^+ , e como um cátion, adere naturalmente aos sítios de troca do solo e da matéria orgânica, forma que é disponível as plantas.

Conforme Subbarão et al. (2012), o aumento do tempo em que o NH_4^+ permanece no solo proporciona maior oportunidade para a sua absorção pelas plantas, que podem melhorar a recuperação do N e a eficiência de seu uso em sistemas agrícolas. Após 90 dias da aplicação dos fertilizantes, não houve mais diferença no teor de NH_4^+ , tanto para o modo de aplicação, quanto para o tipo de fertilizante (Tabela 5). Entretanto, a testemunha apresentou valores bem menores de NH_4^+ no solo comparativamente ao fertilizante orgânico e ao mineral para todos os tempos em todas as camadas.

Tabela 3 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 30 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg ⁻¹ -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	69,4	64,7	67,0 a
NPK	46,5	45,5	46,0 b
DLS+DCD	54,2	49,7	51,9 a
DLS	33,6	34,8	34,2 b
TEST	17,7	12,8	15,2 c
Média	44,3	41,5	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	60,9	50,4	55,6 a
NPK	38,2	36,4	37,3 ab
DLS+DCD	52,6	45,0	48,8 ab
DLS	29,5	30,0	29,7 bc
TEST	13,8	8,3	11,0 c
Média	39,0	34,0	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	62,3	47,9	55,1 a
NPK	38,7	39,5	39,1 a
DLS+DCD	45,6	38,9	42,3 a
DLS	31,6	33,3	32,4 ab
TEST	13,5	10,7	12,1 b
Média	38,3	34,1	
Média Geral	40,5	36,5	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 4 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 60 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	24,7	28,3	26,5 a
NPK	16,2	18,2	17,2 ab
DLS+DCD	24,2	24,1	24,1 a
DLS	15,0	25,4	20,2 ab
TEST	4,9	7,5	6,2 b
Média	17,0	20,7	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	24,2	25,9	25,0 a
NPK	13,8	16,8	15,3 ab
DLS+DCD	24,0	22,9	23,4 a
DLS	12,9	20,4	16,7 ab
TEST	3,2	4,5	3,9 b
Média	15,6	18,1	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	18,2	20,4	19,5 a
NPK	10,9	13,5	12,2 ab
DLS+DCD	21,6	17,2	19,4 a
DLS	15,3	17,6	16,4 ab
TEST	3,8	3,4	3,6 b
Média	14,0	14,4	
Média Geral	15,5	17,7	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 5 – Teor de amônio (NH_4^+) em mg kg^{-1} no solo, após 90 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP mg kg^{-1}	Média
0 a 5 cm			
NPK+DCD	13,6	13,8	13,7
NPK	7,39	11,2	9,27
DLS+DCD	14,6	11,1	12,8
DLS	11,8	14,1	12,9
TEST	1,8	6,8	4,34
Média	9,84	11,4	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	10,4	9,31	9,85
NPK	6,7	9,9	8,3
DLS+DCD	12,1	9,70	10,9
DLS	10,3	9,16	9,7
TEST	1,2	4,4	2,8
Média	8,1	8,5	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	9,0	7,8	8,4
NPK	5,7	9,0	7,4
DLS+DCD	10,4	9,0	9,7
DLS	7,3	7,9	7,6
TEST	1,5	4,2	2,9
Média	6,8	7,6	
Média Geral	8,3	9,2	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

Os teores de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) no solo foram diferentes entre os modos de aplicação incorporado e superficial somente aos 60 dias após aplicação dos fertilizantes (Tabela 7). Entretanto, houve efeito simples do tipo de fertilizante, os teores de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ determinados aos 30 dias após adubação (Tabela 6). Os teores de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ encontrados nas coletas variaram de valor $3,6 \text{ mg kg}^{-1}$ na testemunha aos 90 dias após aplicação dos fertilizantes a $73,6 \text{ mg kg}^{-1}$ no tratamento NPK+DCD superficial aos 30 dias após aplicação dos fertilizantes na camada 10 a 20 cm.

Conforme a Tabela 7, aos 60 dias após a aplicação dos fertilizantes, a incorporação das fontes de N no solo aumentou o teor de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ em relação ao modo de aplicação superficial. Entretanto, esse aumento pode ter ocorrido por efeito do revolvimento do solo na formação do sulco de aplicação dos fertilizantes que pode ter estimulado a mineralização de matéria orgânica do solo, com consequente aumento na liberação de N mineral.

A ampliação do tempo que o amônio permanece no solo devido ao retardo da nitrificação pela DCD faz com que as perdas de NO_3^- por lixiviação também fossem menores. Assim, pode-se observar na Tabela 6 e 7 maiores teores de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ aos 30 e 60 dias após aplicação da DCD junto com o NPK em relação aos outros tratamentos.

Observa-se na Tabela 6, nas três camadas, que as fontes de nitrogênio adicionadas de DCD demonstraram efeito positivo comparativamente a testemunha no teor de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ aos 30 dias após aplicação dos fertilizantes, enfatizando a eficiência da DCD no retardo da nitrificação, conservando os teores de NH_4^+ e posteriormente os de $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$.

Dados relatados por Kim et al. (2012) também demonstraram efeito positivo da DCD semelhante ao observado nesse atual trabalho. Damasceno (2010) observou

que a mistura da DCD, contido no produto Agrotain Plus ao DLS aplicado ao solo reduziu significativamente a emissão de N₂O independente do modo de aplicação.

Após 60 dias da aplicação dos fertilizantes, não houve efeito do tipo de fertilizante e da DCD nos teores de NO₂⁻ + NO₃⁻ do solo, pois todos os tratamentos não tiveram mais diferença da testemunha (Tabela 7 e 8). Diversos fatores interferem na intensidade bem como na duração do efeito inibitório da nitrificação pela DCD (KELLIHER et al., 2008).

De acordo com Jadoski et al. (2010), os íons de NO₃⁻ por não serem retidos no solo, ficam dissolvidos em sua solução, e ao longo do tempo podem ser lixiviados em menor ou maior grau, em função da percolação da água no perfil do solo. Considerando que as chuvas ocorridas no período forma suficientes para haver percolação de água no solo, certamente promoveram lixiviação dessa formas de N e, assim, depois de 60 dias, os teores de NO₂⁻ + NO₃⁻ não diferem independente do fertilizante aplicado.

Aos 30 e 90 dias após aplicação dos fertilizantes, em todas as camadas, os teores de NH₄⁺ e NO₂⁻ + NO₃⁻ dos tratamentos com DLS não diferiram dos tratamentos com NPK, demonstrando que o DLS tem efeito semelhante ao fertilizante mineral como fonte de N mineral, salientando-se que além de ter custo menor, o DLS pode proporcionar melhorias nas características físicas e microbiológicas do solo (MEDEIROS et al., 2007).

Tabela 6 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 30 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	47,3	69,2	58,3 a
NPK	41,4	23,2	32,3 ab
DLS+DCD	53,1	49,6	51,3 a
DLS	39,5	29,5	34,5 ab
TEST	10,4	12,9	11,7 b
Média	38,3	36,9	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	44,5	69,4	56,9 a
NPK	45,5	23,6	34,5 ab
DLS+DCD	55,2	47,6	51,4 a
DLS	40,1	26,8	33,5 ab
TEST	9,3	10,5	9,9 b
Média	38,9	35,6	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	43,6	73,6	58,6 a
NPK	53,2	22,6	37,2 a
DLS+DCD	57,1	44,9	51,0 a
DLS	38,0	24,3	31,1 ab
TEST	10,3	8,2	9,2 b
Média	40,4	34,7	
Média Geral	39,2	35,7	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 7 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 60 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	19,9	20,0	20,0
NPK	15,2	14,0	14,6
DLS+DCD	21,1	14,3	17,7
DLS	16,8	14,4	15,6
TEST	7,0	6,7	6,9
Média	16,0	13,9	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	16,7	18,9	17,8
NPK	13,4	13,8	13,6
DLS+DCD	19,1	12,9	16,0
DLS	17,0	14,6	15,8
TEST	6,0	6,7	6,3
Média	14,5	13,3	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	16,4	16,1	16,2
NPK	12,8	11,9	12,4
DLS+DCD	19,1	12,2	15,6
DLS	14,9	16,5	15,7
TEST	5,1	5,6	5,3
Média	13,7	12,4	
Média Geral	14,7 A	13,2 B	

Letras maiúsculas diferem modo de aplicação. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 8 – Teor de nitrito e nitrato ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) em mg kg^{-1} no solo, após 90 dias de fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	14,2	10,4	12,3
NPK	12,6	10,4	11,5
DLS+DCD	13,7	11,6	12,7
DLS	13,0	10,5	11,8
TEST	3,6	6,6	5,1
Média	11,4	9,9	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	13,8	12,0	12,9
NPK	13,1	11,0	12,1
DLS+DCD	14,1	11,1	12,6
DLS	14,0	10,4	12,2
TEST	3,9	7,0	5,5
Média	11,8	10,31	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	11,7	13,4	12,5
NPK	14,2	12,9	12,6
DLS+DCD	15,4	13,6	14,0
DLS	13,0	11,3	14,5
TEST	4,8	6,9	5,8
Média	11,8	11,6	
Média Geral	11,7	10,6	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

6.1.2 Fósforo disponível

O efeito simples do modo de aplicação evidenciou que a incorporação do DLS e do NPK ao solo aumentou o teor de fósforo disponível (P) no solo em relação à aplicação superficial (Tabela 9). Os teores de P determinados apresentaram diferença significativa no efeito simples para o tipo de fertilizante. Os teores de P localizados nas coletas variaram de 6,4 mg kg⁻¹ na testemunha a 106,9 mg kg⁻¹ no tratamento DLS incorporado.

Considerando que a incorporação dos fertilizantes ao solo aumentou o teor de P em relação à aplicação superficial. Pode-se inferir que a incorporação dos fertilizantes evitou o acúmulo concentrado de P nos primeiros centímetros do solo, reduzindo o risco da perda deste nutriente juntamente com perdas de solo e água por escoamento superficial. Outro aspecto positivo dessa distribuição do P em maiores profundidades é a ligação do P com uma maior quantidade de coloides do solo, saturando menos os sítios de ligação e podendo restringir as perdas por lixiviação. Assim a incorporação aumentou a eficiência dos fertilizantes como fonte de P e que pode ter mitigado as perdas do P por enxurradas e por lixiviação, aumentando sua disponibilidade para as plantas e reduzindo os riscos de contaminação das águas de superfície e sub superfície, que causa a eutrofização e outros problemas ambientais.

O tratamento com aplicação do DLS apresentou os maiores teores de P em todas as camadas. Na camada de 0 a 5 cm, o DLS não apresentou diferença do NPK, porém diferiu da testemunha. Já o NPK não apresentou diferença da testemunha sem fertilização. Isso pode indicar que na disponibilidade de P do solo para as plantas, o DLS pode ser tão eficiente quanto o NPK.

Tabela 9 – Teor de fósforo disponível (P) em mg kg^{-1} em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	76,6	58,5	67,5 ab
NPK	62,8	56,5	59,7 ab
DLS+DCD	73,5	68,8	71,5 a
DLS	106,9	67,6	87,3 a
TEST	13,0	11,1	12,1 b
Média	66,6	52,5	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	50,6	46,1	48,3
NPK	44,5	51,1	47,8
DLS+DCD	54,2	32,9	43,6
DLS	73,1	34,3	53,7
TEST	8,4	7,5	8,0
Média	46,2	34,4	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	16,6	29,7	23,2
NPK	14,6	16,5	15,5
DLS+DCD	17,1	18,8	18,0
DLS	28,9	20,7	24,8
TEST	9,1	6,4	7,7
Média	17,2	18,4	
Média Geral	43,3 A	35,0 B	

Letras minúsculas diferem fertilizantes e letras maiúsculas diferem modo de aplicação. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Resultados semelhantes são encontrados na literatura, como dados discutidos por Cassol et al. (2012), onde mostraram que doses de 100 e 200 m³ ha⁻¹ de DLS em plantio direto aumentaram expressivamente os teores de P comparado ao adubo mineral em um Latossolo Vermelho Distroférrico em Campos Novos/SC. Outro estudo de Ceretta et al. (2003) em um Alissolo Crômico Órtico de Santa Maria/RS, o uso de DLS em aplicações com dose de 20 e 40 m³ ha⁻¹ proporcionou maior disponibilidade de P no solo. A expressiva acumulação de P, também foi evidenciada por Scherer, Baldissera e Nesi (2007) em estudo realizado em dois locais com Latossolo Vermelho Distroférrico cultivado com milho sob plantio direto, onde foram aplicadas doses anuais de até 115 m³ ha⁻¹ de DLS em períodos de três e quatro anos.

6.1.3 Potássio disponível

Não houve diferença na concentração de potássio disponível (K⁺), tanto para o modo de aplicação e quanto para o tipo de fertilizante (Tabela 10). Os teores de K⁺ variaram de 77,8 mg kg⁻¹ no tratamento DLS+DCD superficial na camada de 10 a 20 cm a 155,5 mg kg⁻¹ no tratamento DLS superficial na camada de 0 a 5 cm. Mas de forma geral, foi o NPK que disponibilizou maiores teores de K⁺ para todas as camadas.

O K⁺ no solo é adsorvido por ligação do tipo eletrostática de baixa energia com os coloides do solo. Isso permite uma rápida reposição de K⁺ da fase sólida do solo para a fase líquida do solo (ERNANI, 2008), ficando livres para a absorção pelas raízes das plantas ou para lixiviação. Na Tabela 10, observa-se que não houve efeito do modo de aplicação e do tipo de fertilizante na concentração de K⁺. Isso se explica porque antes da adubação com DLS e com NPK, a área experimental já possuía altos teores de K⁺, e as quantidades

adicionadas causaram impacto proporcionalmente baixo no teor do solo. Além disso, este K^+ adicionado pode ter ficado em grande concentração na fase líquida do solo e pode ser perdido por lixiviação. Destaca-se que a maior lixiviação de K^+ é coerente com o fato de que a área experimental se encontra em região onde a evapotranspiração geralmente é menor que a precipitação pluviométrica (Figura 1), resultando em lixiviação dos íons livres na solução do solo.

Ceretta et al, (2003), por exemplo, observaram diminuição do teor de K^+ disponível no solo até 20 cm de profundidade de um Alissolo Crômico, mesmo com 28 aplicações de até $40\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de DLS, atribuindo essa diminuição à quantidade exportada pela fitomassa da pastagem e à lixiviação desse nutriente. Outro trabalho, em área de integração lavoura pecuária, com intensa carga animal, também constatou a liberação de grandes quantidades de K^+ pelas excretas dos animais, principalmente pela urina, levando à lixiviação de K^+ no solo (FERREIRA et al., 2009).

No entanto, no estudo de Cassol et al. (2012) em um Latossolo Vermelho Distroférrico de Campos Novos/SC, as doses superiores a $50\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de DLS apresentaram incremento na disponibilidade de K^+ no solo, e os acréscimos mais expressivos deste nutriente ocorreram com a dose de $200\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ de DLS.

Tabela 10 – Teor de potássio disponível (K^+) em $mg\ kg^{-1}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquidos suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- mg kg^{-1} -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	121,0	145,1	133,0
NPK	148,9	140,7	144,8
DLS+DCD	111,3	113,6	112,4
DLS	114,7	155,5	135,1
TEST	106,0	85,9	95,9
Média	120,3	128,2	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	109,6	101,9	105,8
NPK	133,6	113,4	123,5
DLS+DCD	101,6	92,7	97,2
DLS	96,8	104,7	100,7
TEST	84,1	94,2	89,1
Média	105,2	101,4	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	91,0	94,8	92,9
NPK	122,4	89,4	105,9
DLS+DCD	91,3	77,8	84,6
DLS	83,8	91,8	87,8
TEST	79,7	80,1	79,9
Média	93,6	86,8	
Média Geral	106,4	105,4	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

6.1.4 Cálcio e Magnésio

Os teores de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) trocáveis não foram diferentes nos dois modos de aplicação e nem nos tipos de fertilizante. Os teores de Ca^{2+} variaram de 9,4 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ na testemunha a 16,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ no tratamento DLS+DCD incorporado na camada de 0 a 5 cm. Já os teores de Mg^{2+} foram de 7,5 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ na testemunha a 13,0 $\text{cmol}_{\text{c}} \text{kg}^{-1}$ no DLS+DCD superficial na camada 0 a 5 cm.

A ausência de diferenças nos teores de Ca^{2+} e do Mg^{2+} trocáveis entre os tratamentos pode indicar que parte desses nutrientes adicionados podem ter migrado para camadas inferiores do perfil, por meio do processo de lixiviação, já que as precipitações do período foram maiores do que a evapotranspiração e o solo é bem drenado, sendo propenso à percolação de água e consequente lixiviação.

Salienta-se que o incremento de K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} adicionados pelos fertilizantes DLS e NPK, certamente não foi acompanhado de aumento equivalente nas cargas negativas do solo, já que não houve aumento no pH (Tabela 14) que teria esse efeito. Assim, a insuficiência de cargas para reter o incremento dos três cátions significou que em sua maior parte restassem dissolvidos na solução do solo, ficando assim altamente suscetíveis à lixiviação.

A lixiviação desses cátions provavelmente também foi favorecida pelo aumento nos teores de ânions dissolvidos na solução do solo, que favorecem o deslocamento vertical de cátions polivalentes. Nesse sentido, destaca-se o Cl^- proveniente do KCl (ERNANI et al., 2007), empregado como fonte de K, o NO_3^- , derivado da adubação nitrogenada (CRUSCIOL et al., 2011) e, no caso do DLS, provavelmente pelos ânions orgânicos provenientes desse fertilizante (CASSOL et al., 2012).

Tabela 11 – Teor de cálcio (Ca^{2+}) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	13,8	13,5	13,6
NPK	12,4	14,2	13,3
DLS+DCD	16,0	14,5	15,3
DLS	13,5	14,5	14,0
TEST	12,1	12,0	12,0
Média	13,5	13,8	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	12,5	12,7	12,6
NPK	11,8	13,2	12,5
DLS+DCD	14,8	13,1	14,0
DLS	13,0	13,2	13,1
TEST	11,4	11,4	11,4
Média	12,7	12,7	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	10,4	9,56	9,98
NPK	10,3	10,5	10,4
DLS+DCD	12,0	11,7	11,9
DLS	9,4	11,9	10,6
TEST	10,9	9,4	10,2
Média	10,6	10,6	
Média Geral	12,3	12,4	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 12 – Teor de magnésio (Mg^{2+}) em $cmol_c\ dm^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- $cmol_c\ dm^{-3}$ -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	12,0	10,6	11,3
NPK	10,0	12,3	11,1
DLS+DCD	12,8	13,0	12,9
DLS	11,5	12,8	12,1
TEST	8,9	10,5	9,7
Média	11,0	11,8	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	10,7	10,6	10,6
NPK	10,4	11,4	10,9
DLS+DCD	12,3	11,6	12,0
DLS	10,7	11,5	11,1
TEST	8,5	9,8	9,1
Média	10,5	11,0	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	9,1	9,2	9,1
NPK	9,2	9,2	9,2
DLS+DCD	9,0	10,7	9,9
DLS	8,9	10,2	9,5
TEST	7,5	9,2	8,3
Média	8,7	9,7	
Média Geral	10,1	10,8	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo estavam altos no início do experimento, segundo parâmetros de CQFS-RS/SC (2004). Isso provavelmente também contribuiu para que as mudanças provocadas pelos tratamentos fossem proporcionalmente pequenas, tornando menos provável sua expressão como estatisticamente significativas.

6.1.5 Alumínio trocável e pH em água

As aplicações de DLS e de NPK não causaram efeito no teor de alumínio trocável (Al^{3+}) e nem no pH em água do solo, para os diferentes modos de aplicação e tipo de fertilizantes. Os teores de Al^{3+} foram de $0,02 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ do DLS incorporado na camada mais superficial a $2,32 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ do NPK incorporado na camada 10 a 20 cm. Os valores de pH variaram de 5,17 do NPK incorporado na terceira camada até 6,71 do DLS+DCD superficial na primeira camada.

Na Tabela 13, verifica-se que não houve diferença dos fertilizantes nos teores de Al^{3+} , o que já era esperado, já que em pH acima do valor 5,5 os íons Al^{3+} e H^+ reagem com as hidroxilas formando hidróxido de alumínio insolúvel e água, liberando as cargas antes ocupadas por esses elementos. Tais cargas são, então, ocupadas pelos íons Ca^{2+} e Mg^{2+} (MALAVOLTA, 1984). Ou seja, a partir do pH 5,5 não ocorre alumínio tóxico devido à sua precipitação na forma de óxido de alumínio e as cargas negativas dos sítios de adsorção são ocupadas por outros cátions.

O solo experimental possui alto conteúdo de matéria orgânica. A matéria orgânica confere alto poder tampão ao solo e diminui as variações no pH causados por uma adubação eventual. Esta afirmação pode explicar a falta de consequência das aplicações do DLS e NPK nos valores de pH em água do solo (Tabela 14).

A falta de efeito do DLS e do NPK no pH também se deve a ausência de compostos de reação alcalinizante, como carbonatos ou ânions orgânicos, ou compostos de reação acidificante, como o NH_4^+ em quantidade suficiente para provocar impacto significativo na acidez do solo, principalmente quando o poder-tampão é alto, como o solo deste estudo.

Esses resultados concordam com avaliações de outros trabalhos, que também não observaram efeito do DLS e do NPK no pH do solo (CERETTA et al., 2003; SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010; CASSOL et al., 2012). Destaca-se que o pH em água do solo do atual trabalho, três anos após a calagem ainda se situa acima de 5,5, o que pode ser explicado pelo alto poder tampão do solo combinado com a ausência de processo acidificante.

Tabela 13 – Teor de alumínio trocável (Al^{3+}) em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquidos suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----		
0 a 5 cm			
NPK+DCD	0,14	0,18	0,16
NPK	0,08	0,06	0,07
DLS+DCD	0,06	0,14	0,10
DLS	0,02	0,07	0,04
TEST	0,05	0,09	0,07
Média	0,07	0,10	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	0,73	0,84	0,78
NPK	0,56	0,40	0,48
DLS+DCD	0,19	0,23	0,21
DLS	0,44	0,41	0,42
TEST	0,37	0,26	0,31
Média	0,45	0,42	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	1,48	2,32	1,90
NPK	1,91	1,70	1,81
DLS+DCD	1,80	1,51	1,66
DLS	1,03	1,55	1,59
TEST	0,69	1,85	1,27
Média	1,38	1,78	
Média Geral	0,63	0,76	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

Tabela 14 – Valor do pH em água em três camadas do solo, aos 90 dias após fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
0 a 5 cm			
NPK+DCD	6,38	6,30	6,34
NPK	6,22	6,60	6,41
DLS+DCD	6,69	6,71	6,70
DLS	6,55	6,50	6,52
TEST	6,57	6,50	6,54
Média	6,48	6,52	
5 a 10 cm			
NPK+DCD	6,01	5,97	5,99
NPK	5,70	6,26	5,98
DLS+DCD	6,25	6,02	6,13
DLS	5,88	6,19	6,03
TEST	6,32	6,06	6,19
Média	6,03	6,10	
10 a 20 cm			
NPK+DCD	5,39	5,46	5,43
NPK	5,17	5,47	5,32
DLS+DCD	5,40	5,47	5,44
DLS	5,56	5,60	5,44
TEST	5,64	5,24	5,58
Média	5,43	5,45	
Média Geral	5,98	6,02	

Fonte: produção do próprio autor (2016).

6.2 Teores de nutrientes na folha

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

6.2.1 Nitrogênio

Para as concentrações de N na folha, o modo de aplicação e o tipo de fertilizante apresentaram diferença significativa. Os teores encontrados de N foliar foram entre 20,7 g kg⁻¹ da testemunha a 30,1 g kg⁻¹ do DLS+DCD e NPK+DCD incorporados (Tabela 15). Segundo o manual de adubação e calagem, as faixas de suficiência de N foliar para o milho encontram-se entre 27 - 35 g kg⁻¹ (CQFS-RS/SC, 2004). Assim, pode-se considerar que a testemunha e a aplicação somente do NPK estão abaixo do nível considerado ótimo para a cultura.

O tratamento NPK+DCD resultou em maior concentração de N na folha, indicando que encontrou maior disponibilidade de N mineral no solo proporcionado pelo retardo da nitrificação. A testemunha ficou com o menor teor de N na folha, sugerindo menos disponibilidade do nutriente no solo durante o período de maior absorção pela planta. Isso também foi verificado visualmente no campo, em que as folhas basais desse tratamento apresentaram clorose e acabavam senescendo, a partir da extremidade para a base.

A incorporação proporcionou teor médio de N foliar mais alto que a aplicação superficial (Tabela 15). Este fato é relacionado à maior disponibilidade de N no solo, o que também evidenciou pelo maior teor de NO₃⁻ observado no solo

no modo incorporado aos 60 dias após a aplicação dos fertilizantes (Tabela 8). Outro aspecto da incorporação pode ser atribuído também a maior proximidade do fertilizante com as raízes e em ambiente de maior umidade, favorecendo assim, a absorção do NH_4^+ pelas plantas. A partir dessa afirmação, podemos inferir que a incorporação aumentou a eficiência dos fertilizantes nitrogenados e isso refletiu numa maior absorção pela cultura do milho. Dados semelhantes foram encontrados por Nicoloso et al. (2013) em um Nitossolo Vermelho Distroférico de Concórdia/SC, observaram que a incorporação do DLS promoveu maior acúmulo de N na folha do milho comparado a aplicação superficial.

Tabela 15 – Teor de nitrogênio na folha de milho em g kg^{-1} , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média ----- g kg^{-1} -----
NPK+DCD	30,1	28,9	29,5 a
NPK	25,9	24,7	25,3 bc
DLS+DCD	28,7	28,5	28,6 ab
DLS	30,1	27,9	29,0 ab
TEST	22,8	20,7	21,7 c
Média	27,5 A	26,1 B	

Letras minúsculas diferem fertilizantes e letras maiúsculas diferem modo de aplicação. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Para o fertilizante NPK, o efeito da DCD foi positivo em conservar os teores de NH_4^+ dos fertilizantes por mais tempo no solo reduzindo a nitrificação e em consequência, as perdas por lixiviação de NO_3^- . Com isso, fazendo com que a concentração de N nas folhas também fosse maior no tratamento com DCD do que no sem DCD. A aplicação somente do NPK não diferiu da testemunha, o que reflete a menor disponibilidade de N no solo, decorrente de perdas ocorridas naquele tratamento. Pode-se dizer que a presença de DCD aumentou a disponibilidade de N fornecido pelos fertilizantes minerais.

Para o fertilizante orgânico, apesar de que o DLS+DCD conservou teores de N mineral no solo por mais tempo (Tabela 3 e 4) comparado ao DLS sem adição de DCD, na folha esta diferença não foi observada, indicando que houve semelhante capacidade média de absorção de N pela cultura do milho. Assim, podemos constatar que para o DLS a presença da DCD teve menor importância para manter a disponibilidade alta de N no solo e para sua absorção de N. Resultado semelhante foi verificado no trabalho de Schirmann et al. (2013), em um Latossolo Vermelho Alumínico em Santa Maria/RS, que conduziram experimento com aplicações parceladas de DLS manejado com DCD e contataram que o uso da DCD não aumentou o acúmulo de N nas folhas de trigo e milho.

Consoante ao encontrado nos teores de N mineral no solo, os tratamentos com aplicação de DLS não diferiram do tratamento NPK na concentração de N na folha, reforçando a afirmativa de que o DLS pode ser tão eficiente quanto o NPK como fonte de N mineral e na capacidade de absorção deste pelas plantas.

6.2.2 Fósforo

Para o efeito simples do modo de aplicação, a incorporação do DLS e do NPK ao solo não teve diferença da aplicação superficial nos teores de fósforo (P) na folha (Tabela 16). Os teores de P foliar determinados apresentaram diferença significativa no efeito simples para o tipo de fertilizante. Os teores de P nas coletas das folhas variaram de $2,10 \text{ g kg}^{-1}$ na testemunha a $3,22 \text{ g kg}^{-1}$ no tratamento DLS incorporado. As faixas de suficiência de P foliar para o milho encontram-se entre $2 - 4 \text{ g kg}^{-1}$ (CQFS-RS/SC, 2004), podemos assim observar na Tabela 16, que nenhum dos tratamentos houve teor desse nutriente abaixo do nível considerado ótimo para a cultura. Desta forma, considera-se que a fertilização realizada foi capaz de fornecer P em níveis aceitáveis, considerados dentro do nível de suficiência nutricional.

Tabela 16 – Teor de fósforo na folha de milho em g kg^{-1} , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- g kg^{-1} -----		
NPK+DCD	2,51	2,66	2,59 ab
NPK	2,48	2,48	2,48 ab
DLS+DCD	3,57	2,65	3,06 a
DLS	3,22	2,77	3,03 a
TEST	2,10	2,21	2,16 b
Média	2,61	2,51	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Não houve efeito da incorporação comparada à aplicação superficial para o acumulo de P na folha do milho. A adição de inibidor de nitrificação também não influenciou o teor de P absorvido pela cultura do milho no estádio de floração da cultura, o que já era esperado, em razão do produto não ter ação sobre as reações desse nutriente no solo.

Os tratamentos que diferiram significativamente da testemunha foram os com aplicação de DLS. Pode-se interpretar que esta maior acumulação de P na folha pelo DLS está relacionado com a maior disponibilidade de P no solo que este fertilizante proporcionou. Os tratamentos com NPK não obtiveram diferença significativa da testemunha.

6.2.3 Potássio

Não houve diferença significativa na concentração de potássio (K) na folha para o modo de aplicação. No entanto, para o tipo de fertilizante houve diferença. Os teores de K variaram de 21,1 g kg⁻¹ para o tratamento testemunha a 32,8 g kg⁻¹ para o tratamento DLS incorporado (Tabela 17). Estes teores estão dentro da faixa ótima para a cultura do milho, que se situa entre 17 e 35 g kg⁻¹ segundo a CQFS RS/SC (2004). Apesar de não fazer parte de nenhum composto orgânico estável, o K é um dos elementos acumulado em maiores quantidades (RITCHIE et al., 2003).

Os tratamentos que receberam fertilização não diferiram entre si, demonstrando que os solos apresentaram capacidade em fornecer K para a cultura do milho mesmo quando a dose de fertilizante aplicado é calibrada para N. Dentro dos tratamentos, o único que demonstrou resultado significativo comparado à testemunha para a quantidade de K acumulado foi DLS. Apesar de que no solo não houve diferença dos fertilizantes para os teores de K⁺ por causa da lixiviação, pode-

se explicar que o DLS acumulou mais K foliar devido que este fertilizante orgânico também adequa melhorias da física e biologia do solo, fazendo com que as raízes da cultura do milho se desenvolvam em profundidades maiores, podendo assim absorver quantidades maiores de K.

Tabela 17 – Teor de potássio na folha de milho em g kg^{-1} , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- g kg^{-1} -----		
NPK+DCD	25,1	26,7	25,9 ab
NPK	24,8	24,9	24,9 ab
DLS+DCD	26,8	24,5	25,7 ab
DLS	32,8	27,8	30,3 a
TEST	21,1	22,1	21,6 b
Média	26,1	25,2	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

6.2.4 Cálcio e Magnésio

Os teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) nas folhas de milho, não diferiram entre os modos de aplicação e nem entre os tipos de fertilizante. Os teores de Ca situaram-se entre 4,61 g kg^{-1} da testemunha a 7,31 g kg^{-1} do NPK incorporados, que estão dentro da faixa ótima de 2 a 8 g kg^{-1} para o milho. Os teores de Mg variaram de 3,85 g kg^{-1} da testemunha até 5,38 g kg^{-1} do DLS+DCD incorporado, valores que também estão

dentro da faixa 2 a 5 recomendada para o milho. Ou seja, o fornecimento de Ca e pelo solo foi alto em todos os tratamentos, o que se explica pelo fato desses nutrientes já se encontrarem em teores elevados no solo, o que em maior parte se deve à calagem prévia realizada na área experimental.

Assim, também não houve efeito da incorporação comparada à aplicação superficial no acumulo de Ca e Mg na folha do milho. A adição de inibidor de nitrificação também não influenciou, como esperado.

Tabela 18 – Teor de cálcio na folha de milho em g kg^{-1} , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP ----- g kg^{-1} -----	Média
NPK+DCD	6,00	7,46	6,73 a
NPK	7,31	6,72	7,02 a
DLS+DCD	6,41	6,81	6,61 a
DLS	6,85	5,90	6,38 a
TEST	4,86	4,61	4,74 b
Média	6,28	6,30	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

O Ca e o Mg em geral têm origem diferente dos demais nutrientes, pois é fornecido em sua maior parte por ocasião da calagem do solo. Assim, o acumulo de Ca e de Mg na folha não distinguiram entre os tratamentos com fertilização. A diferença observada foi dos fertilizantes aplicados comparado com a testemunha, devido que a cultura do milho melhor

cresceu nas áreas com fertilização, com raízes mais desenvolvidas e assim, com maior capacidade de absorção dos nutrientes Ca e Mg.

Tabela 19 – Teor de magnésio na folha de milho em g kg^{-1} , nas plantas em floração, submetidas a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeto líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
	----- g kg^{-1} -----		
NPK+DCD	4,61	5,23	4,92 a
NPK	4,96	4,82	4,89 a
DLS+DCD	5,38	4,35	4,86 a
DLS	5,23	4,38	4,80 a
TEST	4,08	3,85	3,97 b
Média	4,85	4,52	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

6.3 Rendimento de grãos e fitomassa da parte aérea

O rendimento de fitomassa da parte aérea do milho variou de $8,73 \text{ Mg ha}^{-1}$ na testemunha a $21,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ no tratamento NPK incorporado (Tabela 20). A incorporação do DLS e do NPK ao solo não afetou a fitomassa do milho em relação ao modo de aplicação superficial. Entretanto, houve diferença no efeito simples da fertilização.

Conforme a empresa que desenvolveu a cultivar 30F53®, esta pode produzir até $19,9 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa. Todos os tratamentos fertilizados apresentaram valores de

fitomassa semelhantes, sendo que no NPK a fitomassa superou este valor aferido pela empresa responsável pela cultivar.

A cultura milho é uma espécie de rápido crescimento, isso faz com que para o desempenho de todo seu potencial da fitomassa, não podendo ocorrer restrições, principalmente nutricional e hídrica. Não houve deficiência hídrica e a disponibilidade de nutrientes no experimento tanto para o DLS quanto para o fertilizante mineral foi mantido em nível semelhante, sem evidencia de qualquer sintoma de deficiência nutricional a campo. Assim, não existiu diferença no rendimento da fitomassa entre os tratamentos com fertilização, com ou sem a adição de DCD. Com isso, considera-se que o DLS é semelhante ao NPK no fornecimento de nutrientes necessário para o acúmulo de fitomassa da parte aérea pela cultura do milho.

Os resultados do trabalho atual para o rendimento da fitomassa concordam com dados publicados por Mondardo et al. (2009), que ao estudarem seis doses de DLS (0, 10, 20, 30, 40 e 50 $m^3 ha^{-1}$) em Latossolo Vermelho Distroférrico, aplicadas em cobertura sobre aveia preta, não encontraram diferença no rendimento da fitomassa da cultura. Já nos resultados relatados por Assis (2007) em Latossolo Vermelho Distrófico foi observado que o DLS promoveu incrementos no rendimento da fitomassa e matéria verde da *B. decumbens* ao estudar a adubação mineral e doses de dejeto líquido suíno (60, 121, 181 e 241 $m^3 ha^{-1}$) em cobertura sobre a pastagem.

No entanto, a fertilização aumentou a fitomassa da parte aérea em relação à testemunha não fertilizada, independentemente de a fonte ter sido orgânica (DLS) ou mineral. Esse resultado se justifica pela adição de nutrientes dos fertilizantes em contraste com a falta fonte de nutrientes no tratamento testemunha, onde a disponibilidade limitou-se à pré-existente e à ciclagem de nutrientes que das plantas de

cobertura que existiam na área no momento da implantação do experimento.

Tabela 20 – Fitomassa da parte aérea do milho ($Mg\ ha^{-1}$) em Cambissolo Húmico submetido a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejetos líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP	Média
		$Mg\ ha^{-1}$	
NPK+DCD	19,9	19,3	19,2 a
NPK	21,2	18,8	20,0 a
DLS+DCD	20,6	18,9	19,8 a
DLS	19,5	20,2	19,9 a
TEST	11,7	8,7	10,2 b
Média	18,4	17,2	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

O rendimento de grãos obtidos na colheita variou de $3,48\ Mg\ ha^{-1}$ na testemunha a $7,81\ Mg\ ha^{-1}$ no tratamento DLS incorporado (Tabela 21). Não houve efeito simples do modo de aplicação, pois a incorporação do DLS e do NPK ao solo não diferiu da aplicação superficial no rendimento e grãos da cultura do milho. Entretanto, o rendimento de grãos teve diferença no efeito simples.

Conforme Conab (2015), o rendimento médio de grãos da cultura do milho em Santa Catarina na safra 2014/2015 foi de $5,01\ Mg\ ha^{-1}$. Assim, todos os tratamentos fertilizados apresentaram rendimento superior que a média do estado, enquanto a testemunha teve rendimento inferior. Todos os

tratamentos com fertilização apresentaram rendimento maior do que a testemunha.

Segundo França et al. (1986) o N e o P são os nutrientes, que mais limitam o rendimento de grãos de milho no Brasil, especialmente o das gramíneas. Resultados de experimentos conduzidos sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, em Minas Gerais (FRANÇA et al., 1986) e em São Paulo (CANTARELLA; RAIJ, 1986) demonstraram que, em geral, 80% dos ensaios com a cultura do milho responderam à aplicação de N. O rendimento de grãos dos tratamento com fertilizante mineral do presente experimento apresentou resposta a adubação nitrogenada, pois obteve-se diferença entre os tratamentos com e sem adição do DCD, ou seja, o NPK+DCD apresentou rendimento de grão superior a aplicação somente do NPK. Este fato demonstra que o efeito da DCD foi positivo em conservar os teores de N dos fertilizantes por mais tempo no solo, reduzindo as perdas por lixiviação de NO_3^- .

Entretanto, observa-se que para o fertilizante orgânico DLS a presença da DCD não promove aumento de rendimento de grãos, conforme evidenciado pela ausência de diferença dos tratamentos DLS+DCD e somente o DLS. Este fato pode ser devido que os tratamentos com DLS não responderam somente a adubação nitrogenada, pois a de P para ambos os tratamentos também foi alta. Outro motivo, provavelmente foi que o DLS resultou em um maior crescimento das raízes em profundidade, aumentando o volume de solo explorado pela cultura do milho, como visto que o DLS demonstrou maior acúmulo de P e K nas folhas. Dados do trabalho de Schirmann et al. (2013), que avaliou a fertilização com DLS manejado com aplicações superficiais e DCD também não verificaram diferença no rendimento de grãos de milho.

Conforme a Tabela 21, o tratamento DLS resultou em rendimento de grãos superior ao NPK. Isso evidencia a eficiência do DLS como fertilizante para o cultivo de milho em Cambissolo Humico de Lages/SC. Uma justificativa para o menor rendimento de grãos no tratamento NPK pode estar relacionada com a maior disponibilidade de nutrientes, principalmente do P, adicionado com DLS. Outro motivo, é que o fertilizante orgânico também pode promover melhorias nas características físicas e biológicas do solo, fazendo com que as raízes da cultura do milho se desenvolvam em profundidades maiores, absorvendo com isso mais água e nutrientes.

Tabela 21 – Rendimento de grãos do milho em Cambissolo Húmico submetido a fertilizações incorporadas (INC) ou aplicadas superficialmente ao solo (SUP) com dejeito líquido suíno (DLS) e adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida e testemunha (TEST).

Fertilizantes	INC	SUP ----- Mg ha ⁻¹ -----	Média
NPK+DCD	7,35	6,80	7,07 a
NPK	6,17	6,35	6,26 b
DLS+DCD	7,76	6,89	7,33 a
DLS	7,81	5,84	6,83 a
TEST	3,48	3,84	3,66 c
Média	6,51	5,94	

Letras minúsculas diferem fertilizantes. Fonte: produção do próprio autor (2016).

Resultados semelhantes foram encontrados por Léis et al. (2009) em um Argissolo Vermelho em Braço do Norte/SC, em que aplicações de doses de DLS obtiveram maior

rendimento de grãos do milho comparado a adubação mineral. Estudos realizados por Ceretta et al. (2005) e Scherer (2011) também constataram incrementos de rendimento do milho em função de doses diferentes de DLS, comprovando o valor desse resíduo como adubo.

Em um Latossolo Vermelho Distroférrico, Seidel et al. (2010), notaram que a aplicação de DLS como adubação de base foi igual no rendimento de grãos de milho, quando comparada com a adubação NPK. Konzen e Alvarenga (2005), utilizando DLS e adubação de N em cobertura na cultura do milho, em Latossolo Vermelho Amarelo, também observaram igualmente eficiência do DLS na produtividade do milho até a produção de 7.000 a 8.000 kg ha⁻¹. Ainda, diversos estudos evidenciam que a combinação das fontes mineral e orgânica pode ser uma alternativa mais vantajosa de adubação, pois reduzem em cerca de 60 % os custos de compra de adubos comerciais e evita os riscos de poluição associados às doses altas do DLS (SEGANFREDO, 2007; CASSOL et al., 2012).

Outros aspectos importantes a serem avaliados em pesquisas futuras se referem ao gasto de combustível e quantificar as emissões de poluentes atmosféricos pelo trator que traciona a máquina injetora do DLS. É preciso também definir a profundidade adequada de incorporação para garantir a redução das perdas de nutrientes e, ao mesmo tempo, atenuar o gasto de combustível para tracionar a máquina injetora. Não obstante, os estudos futuros devem estabelecer qual o custo benefício necessário da DCD para uma maior eficiência deste produto.

7. CONCLUSÃO

A aplicação incorporada em sulco no solo de dejeto líquido suíno e do fertilizante NPK mineral proporciona maior disponibilidade de nitrato e fósforo e maior teor de nitrogênio na folha da cultura do milho do que a aplicação superficial desses adubos.

A adição do inibidor de nitrificação dicianodiamida em dose de 10 kg ha⁻¹ aos fertilizantes NPK mineral e dejeto líquido de suínos aumentou os seus desempenhos como fontes de nitrogênio para o milho.

O fertilizante dejeto líquido suíno possui eficiência semelhante ao NPK mineral na disponibilidade de nutrientes no solo e na nutrição do milho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. et al. Desnitrificação e imobilização de nitrogênio em solos tratados com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 07, p. 263-268, 1983.

ANAMI, M. H. et al. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 01, p. 75-80, 2008.

ANDRADE, N. L. R. et al. Macro nutrientes no lençol freático em Floresta Intacta, Floresta de Manejo e Pastagem no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 04, p. 667-671, 2008.

ASSIS, D. F. **Produtividade e composição bromatológica da Brachiaria decumbens após segundo ano de aplicação de dejetos de aves e suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

ASSMANN, T. S. et al. Desempenho da mistura forrageira de aveia-preta mais azevém e atributos químicos do solo em função da aplicação de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 06, p. 1515-1523, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E ACUMULADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS, 2015. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em 10 de janeiro de 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA, disponível em:
<<http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por>>. Acesso em 15 de janeiro de 2016.

BARILLI, J. Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

BASSO, C. J. et al. Dejeto líquido de suínos: II - perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 06, p. 1.296-1.304, 2005.

BEAUCHEMIN, S.; SIMARD, R. R.; CLUIS, D. Phosphorus sorption-desorption kinetics of soil under contrasting land uses. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, n. 06, p. 1317-1325, 1996.

BERTOL, I. et al. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 03, p. 485-494, 2004.

BERTOL, O. J. et al. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 06, p. 1841-1850, 2010.

BERWANGER, A. L. **Alterações e transferências de fósforo do solo para o meio aquático com aplicação de dejeto líquido de suínos.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C.A; RHEINHEIMER, D. S. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 06, p. 2525-2532, 2008.

BURTON, C. H. Processing strategies for farm livestock slurries: an EU collaboration. **Ingénieries**, Cachan, no. sp., p. 5-10, 1996.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap VII, p. 375-470, 2007.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M. B. M. **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 47-49. 1986.

CASSOL, P. C. et al. Disponibilidade de Macronutrientes e Rendimentos de Milho em Latossolo Fertilizado com Dejeto Suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 06, p. 1911-1923, 2012.

CERETTA C. A. et al. Dejeto líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 06, p. 1296-1304, 2005.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 06, p. 729-735, 2003.

CERETTA, C. A. et al. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, s.l., v. 139, n. 04, p. 689–699, 2010.

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

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira de grãos**, v. 02 - Safra 2014/15, n. 09 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-104, 2015.

COSTA, A. C. **Rendimento de milho, atributos químicos e formas de fósforo no solo após nove aplicações anuais de dejeto suíno**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Nitrate role in basic cation leaching under no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 06, p. 1975-1984, 2011.

DAMASCENO, F. **Injeção de dejetos líquidos de suínos no solo e inibidor de nitrificação como estratégias para reduzir as emissões de amônia e óxido nitroso**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

DELGADO, J. A.; MOSIER, A. R. Mitigation alternatives to decrease nitrous oxide emissions and urea-nitrogen loss and

their effect on methane flux. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 25, n. 06, p. 1105-1111, 1996.

DELL, J. C.; MEISINGER, J. J.; BEEGLE, D. B. Subsurface Application of Manures Slurries for Conservation Tillage and Pasture Soils and Their Impact on the Nitrogen Balance. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 40, n. 02, p. 352-361, 2011.

DENDOOVEN, L. et al. Injection of pig slurry and its effects on dynamics of nitrogen and carbon in a loamy soil under laboratory conditions. **Biology and Fertility of Soils**, Firenze, v. 27, n. 01, p. 5-8, 1998.

DI, H. J; CAMERON, K. C. Sources of nitrous oxide from ^{15}N -labelled animal urine and urea fertilizer with and without a nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD). **Australian Journal of Soil Research**, Canterbury, v. 46, n.01, p. 76-82, 2008.

DONAVAN, W. C.; LOGAN, T.V. Factor affecting ammonia volatization from sewage sludge applied to soil in laboratory study. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 12, n. 04, p. 584-590, 1983.

EDWARDS, S.; ZANELLA, A. J. Produção de suínos ao ar livre na Europa: produtividade, bem-estar e considerações ambientais. **A Hora Veterinária**, Porto Alegre, v. 16, n. 93, p. 86-93, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema**

brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 306 p.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 02, p. 393-401, 2007.

ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC, 2008. 230 p.

FERREIRA, E. V. D. O. et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 04, p. 1675–1684, 2009.

FIXEN, P. E. Mejores Prácticas de Manejo para una Mayor Eficiencia en la Nutrición de Cultivos. **Informações Agronômicas**, Rosário, 126, 2009.

FRANÇA, G. E. et al. Adubação no Estado de Minas Gerais. In: SANTANA, M. B. M. (Coord.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1986, p. 107-124.

FRYE, W. **Nitrification inhibition for nitrogen efficiency and environment protection**, IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizers Frankfurt, Germany, 2005.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA - FATMA. Instrução normativa para licenciamento ambiental. FATMA: Instrução normativa nº

11, de 13/12/2004. Disponível em:
<<http://www.fatma.sc.gov.br>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2016.

GATIBONI, L. C. et al. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejeto de suíno em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 04, p. 1753-1761, 2008.

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

GIACOMINI, S. J. et al. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacial de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 07, p. 761-768, 2009.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejeto líquido de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 01, p. 195-205, 2008.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejeto líquido de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GONZATTO, R. **Injeção de dejetos de suínos no solo em plantio direto associada a um inibidor de nitrificação: efeito nas emissões de óxido nitroso e amônia**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

HOFF, D. N. et al. Percurso da difusão da inovação tecnológica no agronegócio: o caso o plantio direto no Rio Grande do Sul. **Ensaios FEE**, Porto Alegre, v. 31, n. 02, p. 77-502, 2010.

HOODA, P. S.; MOYNAGH, M.; SYBODA, I. F. Phosphorus loss in drain flow from intensively managed grassland soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 28, n. 04, p. 1235-1242, 1999.

HOUNTIN, J. A. et al. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, s. l., v. 78, p. 77-84, 2000.

HUIJSMANS, J. F. M.; HOL, J. M. G.; VERMEULEN, G. D. Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. **Atmospheric Environment**, Oxford, v. 37, n. 01, p. 3669-3680, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censo agro/default.shtm>>, acessado dia 05 de Janeiro de 2016.

JADOSKI, S. O. et al. Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 03, n. 01, p. 193-200, 2010.

KAO, C.W.; BLANCHARD, R.W. Distribution and chemistry of phosphorus in an Albaqualf soil after 82 years of phosphate

fertilization. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 02, p. 237-240, 1973.

KELLIHER, F. M. et al. The temperature dependence of dicyandiamide (DCD) degradation in soils: A data synthesis. **Soil Biology and Biochemistry**, Leicestershire, v. 40, n. 07, p. 1878-1882, 2008.

KIM, D. et al. The effect of nitrification inhibitors on soil ammonia emissions in nitrogen managed soils: a metaanalysis. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, s. l., v. 93, p. 51-64, 2012.

KIRCHMANN, H. Animal and municipal organic wastes and water quality. In: LAL, R. & STEWART, A.B. **Soil processes and water quality**. Madison: American Society of Agronomy, p. 163-232, 1994.

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

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R.C. **Manejo e utilização de dejetos animais: Aspectos agronômicos e ambientais**. Sete Lagoas, Embrapa, 2005. (Circular Técnica, 63).

KUMAR, U. et al. Role of nitrification inhibitors on nitrous oxide emissions in a fertilized alluvial Clay loam under different moisture regimes. **Current Science**, New Delhi, v. 79, p. 224-228, 2000.

LÉIS, C. M. DE et al. Rendimento de milho adubado com dejetos de suínos em sistema de plantio direto sem o uso de

agrotóxicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Viçosa, v. 04, n. 02, p. 3814–3817, 2009.

MACADAM, X. M. B. et al. Dicyandiamide and 3,4 dimethyl pyrazole phosphate decrease N₂O emissions from grassland but dicyandiamide produces deleterious effects in clover. **Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 160, p. 1517-1523, 2003.

MAGGI, C. F. et al. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15 n. 02, p. 170–177, 2011.

MALAVOLTA, E. **A prática da calagem**. 3 ed. Sorocaba: Indústria Mineradora Pagliato Ltda, 1984. (Boletim Técnico, 2).

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. **Instituto Agronômico de Campinas**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

MEDEIROS, L. T. et al. Produção e qualidade da forragem de capim-marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 36, n. 02, p. 309-318, 2007.

MEIJIDE, A. et al. Nitrogen oxide emissions from an irrigated maize crop amended with treated pig slurries and composts in a Mediterranean climate. **Agriculture Ecosystems and Environment**, s. l., v. 121, p. 383-394, 2007.

MENEZES, J. F. S. et al. Aproveitamento de resíduos orgânicos para a produção de grãos em sistema de plantio direto e avaliação do impacto ambiental. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 12, n. 73, p. 30-35, 2003.

MERINO, P. Mitigation of N₂O emissions from grassland by nitrification inhibitor and Actilith F2 applied with fertilizer and cattle slurry. **Soil Use and Management**, s. l., v. 18, p. 135-141, 2002.

MKHABELA, M. S. et al. The impact of management practices and meteorological conditions on ammonia and nitrous oxide emissions following application of hog slurry to forage Grass in Nova Scotia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, s. l., v. 130, n. 01, p. 41-49, 2009.

MURPHY, J.; RILEY, J. P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Analytical Chemistry Acta**, Oxford, v. 27, n. 01, p. 31- 36, 1962.

MONDARDO, D. et al. Produção e composição químico-bromatológica da aveia preta fertilizada com doses crescentes de dejeto líquido suíno. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 02, p. 509-517, 2011

NICOLELLA, A. C.; DRAGONE, D. S.; BACHA, C. J. C. Determinantes da demanda de fertilizantes no Brasil no período de 1970 a 2002. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 01, 2005.

NICOLOSO, R.S., et al. **Acúmulo de nitrogênio e produtividade do milho adubado com dejetos líquidos de suíno aplicados em superfície ou injetado no solo com ou**

sem inibidor de nitrificação. In III Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais, 3: São Pedro, SP, 2013. Anais: Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. 24p.

OKUMURA, R. S.; MARIANO D. C. Aspectos Agronômicos da ureia tratada com inibidor de uréase. **Revista Ambiência**, Guarapuava. V. 08, n. 02, p. 403-414, 2012.

OLIVEIRA, D. L. A. **Atributos químicos de Latossolo Vermelho férreico após aplicação intensiva de dejeto suíno.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

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

PAYET, N. et al. Modeling the fate of nitrogen following pig slurry application on a tropical cropped acid soil on the Island of Réunion (France). **Agriculture, Ecosystems and Environmental**, s. l., v. 134, p. 218–233, 2009.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BRENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve.** Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa 60 de potassa e do fosfato – POTAPOS, 2003.20p. (Arquivo do agrônomo – nº 15).

SCHERER, E. E. Efeito de fontes orgânicas e mineral de nitrogênio sobre produção de milho e propriedades químicas do solo sob sistema plantio direto. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 24, n. 01, p. 71-76, 2011.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 01, p.123-131, 2007.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; MASSOTTI, Z. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas da Região Oeste Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 04, p. 1375-1383, 2010.

SCHIRMANN, J. et al. Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.37, n. 04, p. 271- 280, 2013.

SEGANFREDO, M. A. **Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais**. Gestão ambiental na suinocultura. Brasília, Embrapa, 2007. 302 p.

SEIDEL, E. P. et al. Aplicação de dejetos suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 02, p. 113-117, 2010.

SINGH, J. et al. The role of inhibitors in the bioavailability and mitigation of nitrogen losses in grassland ecosystems. **Developments in Soil Science**, Oxford, v. 32, p. 329-362, 2008.

SMITH, E. et al. Simulated management effects on ammonia emissions from field applied manure. **Journal of**

Environmental Management, New York, v. 90, v. 08, p. 2531-2536, 2009.

SOMMER, S. G.; HANSEN, M. N.; SOGAARD, H. T. Infiltration of slurry and ammonia volatilization. **Biosystems Engineering**, Bedford, v. 88, p. 359-367, 2004.

SOMMER, S. G.; HUTCHINGS, N. J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction - invited paper. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 15, p. 1-15, 2001.

SOUZA, C. G. et al. Medidas produtivas de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. submetidos a adubação nitrogenada. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 04, p. 339-344, 2006.

STAMM, C. et al. Preferential transport of phosphorus in drained grassland soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 03, p. 525-522, 1998.

SUBBARÃO G. V. et al. Biological nitrification inhibition (BNI) – a novel strategy to regulate nitrification in agricultural systems. **Advances in Agronomy**, s. l., v. 114, p. 249–302, 2012.

SUTTON, A. L. et al. Effects of varying salts levels in liquid swine manure on soil composition and corn yield. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 13, n. 03, p. 49-59, 1984.

VALLEJO, A. et al. Comparison of N losses (NO_3^- , N_2O , NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate. **Plant Soil**, Switzerland, v. 272, p. 313-325, 2005.

VALLEJO, A. et al. Nitrogen oxides emission from soils bearing a potato crop as influenced by fertilization with treated pig slurries and composts. **Soil Biology and Biochemistry**, Leicestershire ,v. 38, n. 07, p. 2782-2793, 2006.

ZACHREL, B.; AMBERGER, A. M. Effect of the nitrification inhibitors icyandiamide, nitrappyrin and thiourea on *Nitrosomonas europea*. **Fertility Research**, Dordrecht v. 22, p. 37- 44, 1990.

ZAMAM M.; BLENNERHASSETT, J. D. Effect of the different rates of urease and nitrification inhibitors on gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, nitrate leaching and pasture production from urine patches in an intensive grazed pasture system. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, s. l., v. 136, p. 236-246, 2010.

ZAMAN, M., et al. Effect of urease and nitrification inhibitors on N transformation, gaseous emissions of ammonia and nitrous oxide, pasture yield and N uptake in grazed pasture system. **Soil Biology and Biochemistry**, Leicestershire, v. 41, n. 07, p. 1270-1280, 2009.

WEBB, J. et al. The impacts of manure application methods on emissions of ammonia, nitrous oxide and on crop response – A review. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, s. l., v. 137, p. 39-46, 2010.