

CARMEM THAYSE DE FREITAS ALVES

**PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES POR
MILHO FERTILIZADO COM DEJETO SUÍNO APLICADO EM
SUPERFÍCIE OU INCORPORADO NO SOLO**

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

Orientador: Dr. Paulo Cezar Cassol

Co-orientadores:

Dr. Juliano Corulli Corrêa

Dr. Paulo Roberto Ernani

Dr. Luciano Colpo Gatiboni

**LAGES, SC
2014**

A474p

Alves, Carmem Thayse de Freitas

Produtividade e acúmulo de nutrientes por milho fertilizado com dejetos suíno aplicados em superfície ou incorporados no solo / Carmem Thayse de Freitas Alves. – Lages, 2014.

93 p.: il.; 21 cm

Orientador: Paulo Cezar Cassol

Coorientador: Juliano Corulli Corrêa

Coorientador: Paulo Roberto Ernani

Coorientador: Luciano Colpo Gatiboni

Bibliografia: p. 85-91

Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

1. Esterco. 2. Adubo orgânico. 3. Dicianodiamida. 4. Zea mays. I. Alves, Carmem Thayse de Freitas. II. Cassol, Paulo Cezar. III. Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do Solo. IV. Título

CDD: 631.83 – 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do CAV/ UDESC

CARMEM THAYSE DE FREITAS ALVES

**PRODUTIVIDADE E ACÚMULO DE NUTRIENTES POR
MILHO FERTILIZADO COM DEJETO SUÍNO APLICADO EM
SUPERFÍCIE OU INCORPORADO NO SOLO**

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

Banca Examinadora:

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

Co-orientador: _____
Pesquisador Dr. Juliano Corulli Corrêa
EMBRAPA Suínos e Aves

Membro: _____
Professor Dr. ÁlvaroLuiz Mafra
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, SC, 27 de fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Em um mundo cada vez mais competitivo, quem você quer ser. Era o merchandising da UDESC junto com a imagem de um leão e sua presa, há algum tempo atrás. E este foi o primeiro passo. A capacidade de descobrir que podemos fazer de tantos lugares nosso lar e de tantas pessoas nossa família foi o grande aprendizado.

Por isso essas são poucas palavras em vista da grande caminhada e de tantos lares e famílias encontrados. Por isto alguns agradecimentos se fazem necessários. Primeiramente, gostaria de agradecer a Universidade do Estado de Santa Catarina, que tornou possível a realização do sonho, pela oportunidade concedida e qualidade de ensino de sempre.

O objetivo de fazer deste um mundo melhor sempre guiou meus passos, gestos e palavras. A melhor arma de todas: o conhecimento. Por isso agradeço a todas as pessoas que generosamente partilham essa dádiva, que permitiu reunir meu pequeno acervo. E ainda humildemente faço minhas as palavras de Isaac Newton que disse: “Se vi mais longe, foi por estar em pé sobre ombros de gigantes”.

Com isso agradeço ao Professor Paulo Cezar Cassol pelo conhecimento compartilhado, pela fé despendida a minha pessoa, pela amizade e claro, pela orientação paciente.

Agradeço também a todos os demais professores que tive, inclusive aos meus pais que foram os primeiros. Agradeço minha avó Carmem, que partiu do nosso convívio, mas que me deixou de herança o nome e o amor pela terra.

E a todos os meus amigos novos e antigos e aos colegas 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. Obrigado. Amigos

sem vocês não posso ser ninguém, vocês são uma das minhas famílias mais importantes.

Às vezes um pequeno raio de sol num dia nublado é o necessário para que a esperança renasça em nossos corações. Para mim esse pequeno raio de sol surgiu no primeiro dia de trabalho no laboratório frente a minha inexperiência, na figura de Giselle Nuernberg que com toda a paciência me mostrou a simplicidade de elaborar uma solução. Esse pequeno gesto me fez crer que seria possível estar aqui hoje, por isso obrigada.

Agradeço aos visionários agricultores que apoiam e contribuem com a pesquisa especialmente ao Gilson Manfroi, que concedeu a área utilizada no primeiro ano de experimento. Vocês nos inspiram e fazem gratificante nosso trabalho.

Aos demais gigantes integrantes da rede DEJSUI, universidades, pesquisadores, alunos, bolsistas e voluntários, que partilham o grande objetivo da rede: contribuir para avanços rápidos e seguros para sustentabilidade da suinocultura. Obrigada.

Não podemos também deixar de enaltecer a admiração e respeito à Embrapa Suínos e Aves, o maior centro de pesquisa no ramo da América Latina e que há tanto tempo vem contribuindo para esse mesmo objetivo.

Agradeço também ao Pesquisador Juliano Corulli Corrêa pelo apoio, disponibilidade e contribuições durante o trabalho de pesquisa realizado.

Agradeço ao meu melhor amigo, companheiro de jornada, parceiro nas horas boas e ruins, meu irmão Paulo Phellipp de Freitas Alves e a minha mãe, por ter me adotado novamente e acolhido em nossa casa.

Por fim agradeço a todas as pessoas que tornaram isso tudo possível, os contribuintes, cujos impostos são em parte convertidos à ciência, os funcionários e alunos do programa de pós graduação em ciências agrárias, aos colegas de laboratório, companheiros de campo e de cerveja no final do trabalho ou da aula. A companheira mais fiel que me apoia sempre com os

olhinhos brilhando, Julia minha cachorra conhecida popularmente como nega Juju, apesar de ser um São Bernardo cabe bem direitinho no meu coração.

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

E de todos os agradecimentos, o mais importante faço agora, no final. Agradeço a Deus, por todos os meus dias, pela minha vida, por ter guiado todos os passos da minha caminhada. Por ter sustentado minha fé quando o medo me fez duvidar do meu propósito, por ter me seguido por esta estrada nova sem medo e por ter me ajudado quando tudo me atormentava. Obrigada.

*"... Para ser grande, ser inteiro:
nada teu exagera ou exclui.
Se todo em cada coisa. Põe quanto
és no mínimo que fazes. Assim em
cada lago a lua toda brilha, porque
alta vive."
(Fernando Pessoa, 1888-1935)*

RESUMO

ALVES, Carmem Thayse de Freitas. **Produtividade e acúmulo de nutrientes por milho fertilizado com dejetos suíno aplicado em superfície ou incorporado no solo.** 2014. 93f. Dissertação de Mestrado em Manejo do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2014.

A suinocultura é uma das mais representativas atividades econômicas de Santa Catarina e impressiona tanto pelo número de animais produzidos quanto pelo volume de resíduo gerado. Esse resíduo tem alto valor fertilizante, porém quando utilizado de maneira inadequada pode poluir as águas superficiais e subterrâneas além de contribuir na emissão de gases do efeito estufa. Esses problemas agravam-se pela falta de incorporação no solo devido à prevalência do plantio direto nas lavouras. Com objetivo de avaliar a incorporação ao solo do dejetos líquido de suíno (DLS) e do fertilizante mineral adicionados de inibidor da nitrificação (dicianodiamida) como forma de aumentar a eficiência como fonte de nitrogênio (N) e de outros nutrientes à cultura do milho foram conduzidos experimentos em Nitossolo e Cambissolo na Serra Catarinense. Os tratamentos compreenderam as formas de aplicação, superficial (Sup) e incorporada (Inc); dois tipos de fertilizantes, o dejetos líquido de suíno (DLS) e o mineral (NPK); a presença e ausência do inibidor da nitrificação, dicianodiamida (DCD); além da testemunha, sem fertilizante. Utilizou-se o delineamento experimental blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Determinou-se o rendimento

de grãos, o estado nutricional da cultura na plena floração (estágio R1) e o acúmulo de nutrientes na fitomassa na fase de maturação fisiológica. A incorporação dos fertilizantes em geral aumentou o teor de N nas folhas de milho, a produção de fitomassa da parte aérea, o rendimento de grãos e o acúmulo de N e K na fitomassa da parte aérea e de P nos grãos de milho. A adição do DCD em geral não afetou o rendimento de milho, exceto na aplicação superficial do DLS onde a sua presença aumentou o rendimento comparado à sua ausência. Os fertilizantes não diferiram entre si, indicando que o DLS pode ser tão eficiente quanto o adubo mineral.

Palavras-chave: Esterco. Adubo Orgânico. Dicianodiamida. *Zea mays*.

ABSTRACT

ALVES, Carmem Thayse de Freitas. **Yield and nutrient accumulation by corn fertilized with swine slurry applied on the surface or incorporated in the soil.** 2014. 93f. Dissertação de Mestrado em Manejo do Solo. Área: Fertilidade e Química do solo. Universidade do Estado de Santa Catarina – Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2014.

Swine production in the state of Santa Catarina is remarkable by both the large number of animals as the high amount of waste generated. This residue has high fertilizer value but when used improperly can pollute the surface water and groundwater as well as contribute to the emission of greenhouse gases. These problems are aggravated by the lack of incorporation in soil due to the prevalence of no-tillage on Brazilian crops productions. Thus, the aims of this study was to evaluate the incorporation of swine slurry (DLS) and mineral fertilizer in the soil, plus the addition of nitrification inhibitor (DCD) in order to increase its efficiency as a source of nitrogen (N) and other nutrients for growing maize. Experiments were conducted in Nitosol and Inceptisol in the Santa Catarina highlands. The treatments were forms of application, surface (Sup) and incorporated (Inc); two types of fertilizers, swine slurry (DLS) and mineral (NPK); the presence or absence of the nitrification inhibitor, dicyandiamide (DCD); and the control without fertilizer. The experimental design was randomized block with split plots and four reps. It were measured the yield, nutritional status and the amount of nutrients accumulated in the shoots of maize. The incorporation of fertilizers increased the content of N in corn

leaves and also allowed higher biomass production, grain yield, accumulation of N and K in the biomass and P in the maize grain. The nitrification inhibitor in generally did not affect the yield of maize, except in superficial application of DLS where the presence of DCD increased yield compared to its absence. The fertilizers effect was similar, indicating that the DLS can be as efficient as mineral fertilizer.

Key-words: Manure. Organic Fertilizer. Dicyandiamide. *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 -Característica química e físicas da camada de 0-20 cm de profundidade do nitossolo háplico e cambissolo húmico, onde o experimento foi conduzido.....56
- Tabela 2 - Características dos dejetos suínos oriundos de granja de leitões (safra 2011/12) e fase de recria (safra 2012/13).....57
- Tabela 3 - Teor de nitrogênio (n) em g kg, nas plantas na floração, com fertilizações incorporadas (inc) ou aplicadas superficialmente ao solo (sup), de dejetos líquido de suíno (dls), adubo mineral (nph), acrescidos (+dcd) ou não de dicianodiamida, e testemunha (test), não fertilizada.....61
- Tabela 4 -Teor de fósforo (p) e potássio (k) em g kg, no milho em floração com fertilizações incorporadas (inc) ou aplicadas superficialmente ao solo (sup), de dejetos líquido de suíno (dls), adubo mineral (nph), acrescidos (+dcd) ou não de dicianodiamida, em testemunha (test), não fertilizada.....65
- Tabela 5 -Acúmulo de nitrogênio (n) pelos grãos e pela fitomassa da parte aérea do milho fertilizados com adubo mineral (nph) ou dejetos de suíno (dls) incorporado (inc) ou aplicado superficialmente (sup) ao solo e acrescido (+dcd) ou não de dicianodiamida, e ainda tatemunha (test), não fertilizada.....77
- Tabela 6 -Acúmulo de fósforo (p) e potássio (k) pelos grãos e pela fitomassa da parte aérea do milho fertilizados com adubo mineral (nph) ou dejetos de suíno (dls)

incorporado (inc) ou aplicado superficialmente (sup) ao solo e acrescido (+dcd) ou não de dicianodiamida, e ainda tatemunha (test), não fertilizada.....83

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação média mensal (mm), ocorrida durante a condução do experimento, por safra, 2011/12 (precipitação safra 2011/12) e 2012/13 (precipitação safra 2012/13), e precipitação média para a região dos últimos 80 anos de 1925 e 2005 (precipitação média últimos 80 anos).....40
- Figura 2 - Rendimento de grãos de milho (Mg ha^{-1}), fertilizado com dejetos líquidos de suíno (dls), e fertilizante mineral (nPK), acrescidos, ou não de dicianodiamida (dcd), incorporado ao solo (incorporado) ou aplicado em superfície (superficial), em relação a testemunha (test), não fertilizada.....69
- Figura 3 - Fitomassa da parte aérea do milho (kg ha^{-1}) em maturação fisiológica, fertilizado com dejetos líquidos de suíno (dls), e fertilizante mineral (nPK), acrescidos (+dcd), ou não de dicianodiamida, incorporado ao solo (incorporado) ou aplicado em superfície (superficial), em relação a testemunha (test), não fertilizada.....74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.	31
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	35
2.1	PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SEUS RESÍDUOS EM SANTA CATARINA.	35
2.2	APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO.	37
2.3	INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO.	40
2.4	DINÂMICA DO NITROGÊNIO.	42
2.5	DINÂMICA DO P E K.	47
3	OBJETIVOS E HPÓTESES.	51
3.1	OBJETIVO GERAL.	51
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	51
3.3	HIPÓTESES.	51
4	MATERIAIS E MÉTODOS.	53
4.1	LOCALIZAÇÃO, CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.	53
4.2	HISTÓRICOS DA ÁREA E MANEJO DA COBERTURA DO SOLO.	55
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS AVALIADOS E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.	55
4.4	ORIGEM, CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNO E EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO.	57
4.5	CULTIVAR DE MILHO UTILIZADA.	58
4.6	ÉPOCAS, AVALIAÇÕES REALIZADAS E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	61

5.1	TEOR DE NUTRIENTES.....	61
5.2	RENDIMENTO DE GRÃOS E FITOMASSA DA PARTE AÉREA.....	67
5.3	ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS.....	77
6	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
	APÊNDICES.....	92

1 INTRODUÇÃO GERAL

O aumento da população mundial e da demanda por alimentos exige domínio dos processos produtivos com máxima eficiência. Essas questões estão presentes em todas as cadeias produtivas e resulta em consequências, como a concentração da produção especializada em algumas áreas territoriais restritas. Isso ocorreu na expansão da suinocultura no estado de Santa Catarina que contendo apenas 1,1% do território nacional (IBGE, 2010) é responsável por cerca de 24 % da produção brasileira de suínos. O rebanho estadual compreende cerca de 9,1 milhões de cabeças (ABIPECS,2012) e se concentra principalmente no oeste catarinense.

Considerando o aumento de 6% do rebanho observado entre 2009 e 2012 (ABIPECS, 2012), observa-se uma tendência de crescimento que indica um mercado em expansão, economicamente importante e representativo.

O dejetos líquido de suíno (DLS) é o resíduo gerado em larga escala pela atividade suinícola que se caracteriza pela mistura de fezes, urina e água proveniente dos bebedouros e da higienização das baias, além dos restos de alimentos. Estima-se que cada suíno em fase de terminação produz cerca de 7 litros de dejetos diariamente (OLIVEIRA, 1993). Considerando o rebanho de 9,1 milhões de cabeças, isso representa 23,25 milhões de m³ de dejetos produzidos anualmente em Santa Catarina. Embora atualmente existam manejos mais eficientes que podem reduzir esses valores, a expressiva quantidade produzida, representa um grande passivo ambiental para o estado.

O uso do dejetos como fonte de nutrientes pode contribuir para diminuir a pressão sobre as reservas minerais de nutrientes que são finitas e altamente influenciadas por fatores que determinam as oscilações de preços no mercado. Estima-

se, numa visão pessimista, que as essas reservas sejam capazes de suprir os patamares produtivos por 55, 93 e 235 anos respectivamente para o N, P e K produzidos mundialmente (FIXEN, 2009). Ou seja, em um futuro imediato as reservas são adequadas, não haverá restrições produtivas em função da disponibilidade destes nutrientes, porém, os custos irão aumentar à medida que os materiais mais facilmente extraídos forem sendo consumidos.

Portanto, o uso de boas práticas como modo ideal de aplicação, época correta, a utilização de subprodutos e resíduos manejados adequadamente para a ciclagem de nutrientes são de extrema importância e contribuem em curto prazo, na melhoria da qualidade ambiental e redução de custos e em longo prazo na manutenção dos patamares produtivos alcançados hoje para grãos, forragens e fibras.

Os nutrientes contidos no DLS se encontram diluídos, o que inviabiliza seu transporte a longas distâncias. Com isso, o manejo empregado pela maioria dos produtores são aplicações sucessivas, normalmente em áreas próximas das unidades produtoras. As aplicações são ainda afetadas pelas condições climatológicas e de disponibilidade de tempo. O risco de poluição pelo DLS aumenta quando aplicado em condições inadequadas, como a iminência de chuvas que pode acarretar o transporte e deposição do resíduo em águas superficiais, especialmente quando a aplicação é realizada com solo saturado. Nessas condições as perdas de nutrientes podem ser acentuadas, em especial do N contido no DLS, prejudicando sua eficiência agrônômica.

O plantio direto que é considerado um sistema conservacionista que é praticado pela maioria dos produtores. Quando bem conduzido preconiza a manutenção de cobertura

vegetal constantemente no solo, não há revolvimento e as práticas culturais são em geral feitas na superfície, inclusive a fertilização. Nos sistemas conservacionistas em geral aumentam as concentrações de alguns nutrientes, como o P, nas camadas mais superficiais possibilitando que sejam transportados por escoamento superficial e venham a causar eutrofização das águas superficiais (BERTOLET al., 2004; CERETTA et al., 2005b). Segundo esses autores as maiores perdas de nutrientes por escoamento superficial ocorrem nas aplicações superficiais de DLS em sistema de plantio direto.

A aplicação superficial do DLS favorece as perdas de nitrogênio (N), elemento que no solo fica sujeito a diversas transformações microbianas. Aproximadamente 80% do N presente nos dejetos se encontra na forma amoniacal (SCHERER et al., 2007; SCHIRMANN et al., 2013), que é prontamente disponíveis para as plantas. Porém as quantidades aplicadas em muitas áreas são superiores àquelas requeridas pela cultura, ficando desta forma o N sujeito a perdas por escoamento superficial, volatilização e lixiviação. Assim, as práticas que contribuem com a permanência do N e favorecem a absorção durante um maior período pela cultura podem melhorar sua eficiência agrônômica, principalmente para gramíneas.

As perdas de N e outros nutrientes observadas por Nicoloso et al. (2013) e Schirmann et al. (2013) foram acentuadas nos tratamentos onde o DLS foi aplicado superficialmente. Entretanto, a incorporação do dejetos ao solo pode reduzir em até 90% as perdas de N por volatilização (DAMASCENO, 2010; SCHIRMANN et al., 2013). A incorporação pode ainda favorecer a absorção dos demais nutrientes, principalmente de fósforo.

Outra tecnologia que vem de encontro com a necessidade de evitar perdas de N, é o uso de inibidores de nitrificação, como a dicianodiamida (DCD), que retarda o processo de nitrificação. Esse produto pode reduzir em até 78% a lixiviação de NO_3^- no perfil do solo (VALLEJO et al, 2005), podendo aumentar o teor de N na fitomassa das plantas (NICOLOSO et al., 2013) e ainda, reduzir as emissões de N_2O e N_2 , para atmosfera em até 80% (SCHIRMANN et al, 2013).

O DCD é um produto comercial que vem sendo amplamente utilizada em outros países, porém no Brasil a possibilidade da sua comercialização ainda encontra-se em fase de teste, mas com perspectivas otimistas. Considera-se que o DCD pode melhorar a eficiência do DLS, quando este é aplicado ao solo e aumentar em cerca de 39% o acúmulo pela cultura do milho (SCHIRMANN et al.,2013)

Nesse contexto foi desenvolvido esse trabalho com o objetivo de avaliar o uso de dejetos de suíno e fertilizante NPK na cultura do milho e sua incorporação no solo em sistema de plantio direto, somado ao uso de um produto inibidor de nitrificação, visando o aumento da eficiência desses fertilizantes na produtividade de grãos e no acúmulo dos principais macronutrientes pela cultura do milho (*Zea mays*) e seus reflexos no aumento de rendimento dessa cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PRODUÇÃO DE SUÍNOS E SEUS RESÍDUOS EM SANTA CATARINA

O Brasil é o 4º maior produtor e acumulador de suínos do mundo (ABIPECS, 2012) e Santa Catarina, com apenas 1,1% do total do território nacional (IBGE, 2010), é o estado brasileiro que mais produz e exporta carne suína (ABIPECS, 2012). A produção de suínos representa cerca de 20% do total da criação animal nesse estado (IBGE, 2010), sendo concentrada em algumas regiões do estado, como é o caso da região do Alto Uruguai Catarinense (AUC), no oeste de Santa Catarina. Apesar de possuir área de apenas 0,03% do território, essa região é responsável por 6% do total de suínos produzidos no Brasil (ABIPECS, 2012; IBGE, 2010).

A quantidade expressiva de animais criados em manejos intensivo, praticado pela maior parte dos produtores. Manejo que visa maximizar a produção em pequenas áreas, normalmente próximas das unidades processadoras. Acarreta uma forte pressão ao meio ambiente devido ao grande volume de dejetos gerado (EDWARDS & ZANELLA, 1996). Entretanto, a água presente nas dejeções, somada à higienização constante das baias e a utilização de grandes volumes de água no controle da temperatura dos animais, tem como consequência, quantidades diferentes de dejetos gerados e também grande variação de nutrientes contido no dejetos, devido a diluição sofrida (OLIVEIRA, 1993).

O volume de dejetos produzido, também varia conforme o ciclo de produção, podendo atingir valores de até 200L/matriz/dia em criações com ciclo completo com elevado nível de diluição até a quantidade de 7,5 L/animal/dia em

manejos com baixa diluição em unidades de terminação (OLIVEIRA, 1993).

A geração expressiva e a falta de destinação adequada ao DLS representam gargalos produtivos e um passivo ambiental que motiva a busca de manejos mais eficientes, que necessitem de menores quantidades de água e com isso concentrem mais os nutrientes contidos no dejetos. Atualmente em unidades produtoras mais modernas é possível alcançar volumes quase 50% menores do que os valores supra citados.

O dejetos gerado pela produção de suínos, contém nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, e Mn que possibilita seu uso como fertilizante (CERETTA et al., 2005a; LÉIS et al., 2009, SEIDEL, 2010, CASSOL et al, 2012, SCHIRMAN, 2013). A quantidade de nutrientes contidos nos 301,30 milhões de m³ de dejetos que se estima sejam gerados ao ano no Brasil, pode contribuir com até 10% do total dos fertilizantes consumidos anualmente no país (NICOLELLA et al., 2005; ANDA, 2014; ABIPECS, 2012).

A utilização do DLS como fertilizante é tradicionalmente feita em pastagens e lavouras, principalmente de milho, criando um elo entre a agricultura e a criação animal de suínos. O Brasil é o terceiro maior produtor de milho, segundo dados do ministério da agricultura pecuária e abastecimento (MAPA, 2014), sendo que o país produziu cerca de 53,2 milhões de toneladas na safra de 2009/10, com perspectivas de aumento para 70,12 milhões de toneladas até 2020.

No estado de Santa Catarina, o milho é a principal cultura em termos de área cultivada (EPAGRI, 2013b), sendo que aproximadamente 82% da produção esta na região oeste e meio oeste do estado. Essas regiões também são as mais

representativas na produção de aves e suínos, fato que determina que o principal destino do cereal seja a produção de rações animais.

O milho é considerada uma cultura marginal de margem estreita, ou seja, os custos de produção são próximos a receita gerada pelo produto, por isso são necessárias áreas maiores, para garantir lucratividade. Nas regiões produtoras de milho em Santa Catarina, normalmente as propriedades são pequenas e o cultivo de milho é em parte feito para subsistência.

Essas regiões são as mesmas que concentram a produção de suínos e aves, não é por acaso que isso acontece. A comercialização de milho em pequenas quantidades não é vantajosa para o produtor, porém, quando a produção associa-se a redução dos custos na produção de animais, ela se justifica. Uma forma de completar esse ciclo de interação criação de suíno-produção de milho é através da utilização do dejetos gerado pelos animais como fertilizante, uma vez que parte da porção dos nutrientes que é consumida pelas culturas, é ingerida sob a forma de grãos e retorna ao solo como excremento ou dejetos. Assim, a criação de animal que produz o dejetos que pode fertilizar a lavoura e assim sucessivamente, reduzindo custos, perdas e aumentando o aproveitamento dos nutrientes tornando a atividade mais sustentável e maximizando os esforços de transferência de energia pelas duas cadeias produtivas.

2.2 APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES NO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Segundo Hoff et al. (2010), o sistema de plantio direto (SPD) se consolidou como inovação tecnológica e atualmente é

o sistema de manejo mais utilizado no sul do Brasil (IBGE, 2010), embora se encontra em fase de consolidação na maior parte das propriedades (BERTOL et al, 2004). Em curto prazo os benefícios do SPD são notórios, em médio prazo, existem alguns obstáculos produtivos até a consolidação, como por exemplo, a compactação do solo, que pode reduzir a produção antes que o manejo se torne consolidado, isso faz com que muitos produtores não alcancem a consolidação do SPD, e transitem entre o SPD e preparo convencional (BERTOL et al, 2004).

A aplicação dos fertilizantes em superfície do solo, como comumente praticada em SPD, favorece as perdas de nutrientes, especialmente de N por volatilização, principalmente quando a fonte de nutrientes utilizada é o DLS, uma vez que a maior parte do N presente nos dejetos encontra-se na forma $N-NH_4^+$ que pode formar amônia (NH_3) e volatilizar. Aliados a instabilidade desse nutriente, está a manutenção de umidade e o impedimento mecânico a infiltração do dejetos líquido provocado pela manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo no SPD, o que deixa o DLS exposto ao solo, ventos e as variações de temperatura, favorecendo emissões de NH_3 e óxido nitroso (N_2O).

O escoamento superficial é outra fonte de perdas especialmente problemática em SPD, uma vez que os nutrientes tendem a se acumular nos primeiros centímetros do solo (CASSOL, et al., 2012). Somado à erosão hídrica, o escoamento superficial transporta além da água contendo íons, partículas de solo carregadas de nutrientes. Esse transporte de nutrientes do sistema é importante especialmente para o P que tem grande atração pelas partículas de solo e elevada energia de ligação além de um grande potencial para causar

eutrofização das águas superficiais, por proliferação excessiva de algas, causando redução expressiva da demanda biológica de oxigênio(CERETTA et al. 2005b; FEDER & FINDELING, 2007).

Práticas de manejo que permitam incorporar os nutrientes ao solo, apesar de serem mais onerosas, em relação à aplicação superficial, notadamente quando existe uma grande quantidade de palha recobrindo o solo são agronomicamente mais eficientes. Isso ocorre tanto sob o ponto de vista de ciclagem de nutrientes pelas plantas, quanto por ser ecologicamente mais corretas, pois reduzem perdas de nutrientes para o meio (BERTOL et al, 2004; GIACOMINI et al., 2009), principalmente quando a fonte de nutrientes utilizada é o DLS.

Porém, a manutenção constante de cobertura vegetal e mínima movimentação de solo nas áreas cultivadas sob SPD inviabilizam a incorporação dos fertilizantes ao solo com os equipamentos existentes. Procurando permitir a incorporação do DLS ao solo foi desenvolvido um equipamento que injeta o dejetos com um revolvimento mínimo, em profundidade que varia de 6 a 8 cm. Essa operação pode ser realizada até mesmo em sistemas conservacionistas como o plantio direto. Destaca-se que a incorporação como estratégia de manejo do dejetos vem sendo utilizada com grande sucesso em outros países (VALLEJO et al., 2005), alternativa esta ainda pouco estudada no Brasil (DAMASCENO, 2010).

A injeção do dejetos ao solo surge com alternativa promissora, inclusive resgata uma recomendação técnica anteriormente disseminada, quando a maioria das lavouras era conduzida sob sistema de plantio convencional, que é a incorporação do dejetos ao solo logo após a sua distribuição na lavoura. Como adaptação, a injeção em linha pode ser mais

vantajosa, pois além de proteger os nutrientes das perdas provocadas pelas condições ambientais da superfície do solo (escoamento superficial, volatilização, entre outros), ela forma uma faixa de solo onde os nutrientes estão presentes em maior concentração, ou seja, pequenos sítios de saturação de vários nutrientes essenciais que estão presentes no DLS e podem realizar trocas mais facilmente com a solução do solo, podendo com isso ficar mais disponível para as culturas.

2.3 INIBIDOR DE NITRIFICAÇÃO

Outra estratégia que vem de encontro à necessidade da utilização sustentável do DLS como fonte de nutrientes é sua associação com fertilizantes estabilizados, do qual fazem parte os inibidores de nitrificação, que visam à manutenção do N na forma amoniacal por mais tempo no solo, que é menos sujeito a perdas por lixiviação (CANTARELLA, 2007).

Apesar da grande variedade de produtos descritos como tendo propriedades inibidoras, poucos confirmam ser agrônômica e economicamente eficientes, viabilizando sua comercialização. Nesse grupo de produtos, destaca-se o inibidor dicianodiamida (DCD) ou cinoguanidina [$\text{H}_2\text{CN}(\text{NH})_2\text{CN}$], que devido ao baixo custo, relativa solubilidade em água e pouca volatilidade, é descrito por ZAMAN et al, (2009) como o mais utilizado.

Mesmo sendo comumente empregado há mais tempo, o DCD foi oficialmente aceito como inibidor de nitrificação pela American Plant Food Control Officials (AAPFCO, publicação Oficial, Nº 54/2001) apenas no ano de 2000 (FRYE, 2005). Entretanto, no Brasil esse produto ainda não é comercializado e ainda são poucas as iniciativas de avaliar a eficiência do DCD na redução das perdas de N por lixiviação e volatilização em dejetos suínos (DAMASCENO, 2010). Apesar disso, o produto tem se mostrado eficiente em diversos trabalhos (VALLEJO et al., 2005; DAMASCENO, 2010).

O DCD é considerado não tóxico, e apresenta apenas efeito bacteriostático específico sobre *Nitrossomonas sp* e não tem efeito significativo para a microbiota do solo. O DCD atua no nível do citocromo oxidase das bactérias envolvidas na oxidação da hidroxilamina para NO_2^- durante a primeira etapa da nitrificação, afetando especialmente *N. europea* (ZACHREL e AMBERGER, 1990).

Ensaio com DCD e DLS, realizados por Vallejo et al. (2005) e Damasceno (2010) observaram a redução de emissão de N_2O para atmosfera, porém, nesses mesmos ensaios, foi observada tendência de aumento na emissão de NH_3 . Isso se deve ao retardo de seis a oito semanas no processo de nitrificação (CANTARELLA, 2007), desta forma o N permanece no solo por mais tempo na forma N-NH_4^+ , e com isso fica mais sujeito a perdas na forma de NH_3 . Entretanto, existem outros produtos para elaboração de fertilizantes estabilizados, como o NBPT, ou N-n-butiltriamida, que faz parte de um segundo grupo de aditivos, os inibidores da urease, enzima responsável pela hidrólise da ureia. O NBPT tem se mostrado mais promissor sob o ponto de vista de redução na emissão de NH_3^+ , e segundo Cantarella (2007), o uso de NBPT em adição à ureia ou uran, incrementou em média de 7 a 12% o rendimento de grãos de milho. Assim, espera-se que a associação dos dois tipos de fertilizantes estabilizados, contendo inibidores da nitrificação e da urease, seja mais eficiente do que o uso isolado de cada um. Essa junção dos dois produtos é atualmente representada pelo produto comercial Agrotain plus®, nos Estados Unidos.

Entretanto, é preciso observar que quando aplicado juntamente com dejetos armazenados, o uso de inibidores de urease não se justifica, pois praticamente toda a ureia presente

já se encontra hidrolisada. Porém pode melhorar a eficiência de outras fontes de N, como a ureia.

Relatos de avaliações de eficiência desses inibidores como aditivo do dejetos suíno são escassos, e no Brasil ainda está sendo testada a sua utilização como produto comercial. Porém, apesar de pouco estudado é um produto promissor e por isso espera-se que a adição do inibidor de nitrificação presente no Agrotain plus®, aumente a disponibilidade de N para a cultura do milho, aumentando a eficiência do dejetos como fertilizante nitrogenado e que para a fonte mineral de N utilizada, que neste estudo foi a ureia, atue como inibidor de urease, que em SPD tem atividade aumentada cerca de 10 vezes e ainda como inibidor de nitrificação.

2.4 DINÂMICA DO NITROGÊNIO

O N é um dos elementos exigidos em maiores quantidades pelas culturas, é constituinte de grande quantidade de compostos como clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos e está presente nas principais reações bioquímicas que ocorrem nas plantas (CANTARELLA, 2007).

Devido à complexidade das reações que envolvem o elemento nas relações solo-planta, o N que é aplicado em grandes quantidades e também pode ser perdido nas mesmas proporções. Desta forma sendo transferido para locais e ecossistemas onde se torna poluente de águas subterrâneas, superficiais e da atmosfera (CERETTA et al., 2005b; DAMASCENO, 2010). A magnitude das perdas é tamanha que em média cerca de 53% de todo o N aplicado, pode ser perdido para o ambiente.

O ciclo do N no solo, que é mais importante do ponto de vista agrícola tem processos de adição e perdas do elemento no sistema solo-planta-atmosfera. O N pode ser adicionado ao solo por deposições atmosféricas, fixação biológica simbiote e não simbiote, por ação antrópica e adição de matéria orgânica ao solo. As contribuições provenientes de deposição atmosférica constituem-se de mecanismos que proporcionam a quebra da tripla ligação do N_2 , que é bastante estável, provocados por descargas elétricas ou reações fotoquímicas. A fixação biológica de N é muito importante e representativa, simbiote no cultivo de leguminosas, como a soja e não simbiotes em ecossistemas nativos.

Já a ação antrópica se dá pelo manejo dos sistemas produtivos adotados e pela adição de fertilizantes orgânicos ou minerais no solo. Essa pratica, além de aumentar a quantidade disponível de N para as culturas, pelo efeito “priming” pode ainda estimular a mineralização do N contido na MOS e promover o crescimento de raízes aumentando desta forma o volume de solo explorado pela planta.

Do total do N consumido no planeta como fertilizantes, 59% é de origem sintética, 26% de origem orgânica, 12% de origem de associações simbióticas e 4% é proveniente da poluição, segundo o pesquisador Westdo Instituto do Meio Ambiente, da Universidade de Minnesota. Ainda, estima-se que o aporte do N provocado por ação antrópica possibilita cerca de 40% do total da produção mundial de alimentos (CANTARELLA, 2007).

O N presente nos DLS, encontra-se em maior parte na forma amoniacal (SCHERER, et al., 2007), o NH_4^+ que é imediatamente disponível para as culturas. Porém a nitrificação é um processo rápido, conforme observado por Ceretta et al.

(2005a) que nos primeiros dias após a aplicação de DLS ao solo constatou a predominância do N-NO_3^- em relação ao N-NH_4^+ , na solução percolada devido, evidenciando as transformações sofridas.

Devido ao predomínio de carga líquida negativa nos solos a atração entre N-NH_4^+ e os argilominerais permite que o cátion seja retido, permanecendo desta forma como passível de trocas com a solução do solo e prolongando sua disponibilidade para as culturas (ERNANI, 2008). Porém o N-NH_4^+ , presente nos DLS sofre rápidas transformações no solo, quando existe fonte de energia suficiente, e normalmente é rapidamente absorvido pelos microrganismos e incorporado à biomassa microbiana. Porém, quando prevalecem condições de aeração o N-NH_4^+ é consumido pelos microrganismos nitrificadores, sendo rapidamente oxidado a NO_2^- e posteriormente a NO_3^- , conforme evidenciado pelo trabalho de Schirmann (2013).

O produto final da nitrificação, N-NO_3^- é um ânion com baixa interação química com os minerais do solo, que sem capacidade de fazer adsorção química, permanece na solução do solo tornando-se passível de lixiviação por drenagem da solução no perfil do solo. No processo de nitrificação, o N-NH_4^+ é convertido primeiramente em NO_2^- , por bactérias quimiolitotróficas de vários grupos, dentre os quais destaca-se *Nitrossomonas. sp.* Nesta etapa, atuam os inibidores de nitrificação, como o DCD que age retardando esse processo, diminuindo a atividade deste grupo de bactérias. Na segunda etapa do processo, o gênero de bactérias atuantes são os *Nitrobacter sp.*, que são responsáveis pela oxidação do NO_2^- a NO_3^- , transformação que acontece rapidamente, devido ao

baixo ganho energético da reação. A reação libera dois moles de H^+ para a solução do solo reduzindo o pH do meio.

O N pode ser absorvido pelas culturas tanto na forma de NH_4^+ , como de NO_3^- , porém, o NH_4^+ é instável nas condições ácidas dos solos brasileiros e sofre transformações rápidas, por isso na solução do solo prevalece a forma de NO_3^- , que pela sua maior concentração na solução do solo é absorvido em maiores quantidades pelas plantas.

Nos processos de transformação no solo ocorrem processos de perdas, sendo uma pequena parte durante a oxidação de NH_4^+ a NO_2^- com produção de gás N_2O por dismutação do nitroxil ou por ação da redutase de nitrito que ocorrem em condições aeróbias. Porém, perdas por denitrificação que podem ser associadas a manutenção da umidade do solo e favorecimento de condições anaeróbicas em alguns sítios específicos do solo, geralmente são mais significativas nos solos conduzidos sob plantio direto.

A saída de N do sistema pode acontecer, por meio de processos biológicos e originar NH_3 ou óxidos de N (NO_x), nas formas de N_2O , NO e NO_2 , dentre os quais se destaca N_2O , que apesar de constituir pequena porção da atmosfera, faz significativa contribuição ao efeito estufa de origem antropogênica, pois tem potencial de aquecimento cerca de 296 vezes superior ao do CO_2 (CANTARELLA, 2007).

As perdas por volatilização de NH_3 são regidas por fatores ambientais e microbiológicos e são favorecidas pelo aumento de temperatura, umidade do solo, presença de ventos, capacidade de infiltração do solo, CTC, MOS, pH, quando os fertilizantes são aplicados superficialmente. A lixiviação de NO_3^- também representa um importante meio de perdas de N do sistema, que pode resultar na contaminação de lençóis subterrâneos (ANAMI et al. 2008) a contaminação pode atingir níveis maiores que 50 mg L^{-1} , considerados críticos para a saúde humana. O problema se agrava, em épocas com baixa

demanda de N pela planta, como quando é realizada adubação sem parcelamento. Nessa situação a disputa pelo N proveniente dos fertilizantes é vencida pelos organismos nitrificadores resultando no final do processo em maiores quantidade de NO_3^- na solução do solo, sujeito a perdas. A quantidade de NO_3^- , perdida por lixiviação pode ser potencializada quando as doses de N aplicada são superiores a requerida pelo sistema produtivo.

Perdas mais significativas são notadas associadas ao manejo do dejetos aplicado superficialmente ao solo, que podem chegar a até 90% do total do N aplicado (DAMASCENO, 2010). Portanto, a incorporação ao solo pode ser uma maneira mais eficiente de reduzir ou eliminar perdas de N por volatilização de amônia, e deve ser realizada a uma profundidade que pode variar entre 5 e 10 cm, dependendo das características do solo (Cantarella, 2007).

A fertilização quando realizada superficialmente em solo conduzido sob SPD é bastante sujeita a perdas, pois a palhada dificulta a infiltração do dejetos e nutrientes no solo. Em condições de restrições hídricas quando a sorção do solo é aumentada, normalmente existe aumento de temperaturas que favorecem a atividade microbiológica e com isso a volatilização. A baixa umidade reduz a atividade microbiana, porém em SPD não ocorre em níveis tão críticos, devido impedimento mecânico da evaporação provocado pela cobertura do solo (SCHIRMANN et al., 2013) Ou seja, em todas as situações de aplicações superficiais em SPD existe algum fator que favorece a perda de N do sistema.

Deste ponto de vista, apesar de ser uma prática mais onerosa em relação a aplicação superficial, a incorporação ao solo protege o dejetos de varias situações que favorecem perdas, além disso, a associação da maior quantidade possível de N com as partículas de solo, faz com que o nutriente fique disponível por mais tempo para as culturas, essa interação pode ser melhorada pela proximidade com as partículas, quando o

dejeito é injetado no solo, ou com a manutenção do N-NH_4^+ por mais tempo no solo, que é esperada pela adição de inibidores.

2.5 DINÂMICA DO P E K

Quando aplicado superficialmente o P tende a se acumular nas camadas mais superficiais do solo (CASSOL et al., 2012), isso ocorre devido a sua forte atração pelas partículas sólidas do solo e o tipo de ligações que forma (complexo de superfície de esfera interna ou adsorção específica), as quais são necessária uma energia elevada para romper (ERNANI, 2008).

O acúmulo de P nas camadas superficiais favorece as perdas de P através da erosão hídrica, conforme observado em trabalho de Bertol et al. (2004). O transporte e deposição das partículas carregadas torna o P um poluidor das águas superficiais. O excesso de P é considerado ainda mais problemático do que o de N, pois as algas podem sintetizar N o que não ocorre com o P. Nesse sentido podemos dizer que a indisponibilidade de P é que limita a proliferação de algas mesmo quando há N disponível no meio.

A injeção do dejeito ao solo visa minimizar as perdas de P por erosão hídrica, e aumentar sua disponibilidade para as culturas. Todos os nutrientes absorvidos pelas plantas são provenientes da solução do solo, inclusive o P, entretanto sua disponibilidade na solução está relacionada com o número sítios de adsorção e com a capacidade de adsorção desses sítios, o tempo de reação também é importante uma vez que com o passar do tempo os fertilizantes difundem para o interior dos componentes sólidos aos quais se ligam.

A elevada capacidade de adsorção de P pelo solo impede que o elemento seja perdido por lixiviação, porém devido sua alta energia de ligação, é possível que o P aplicado seja indisponível para as plantas, por isso é necessário a aplicação de doses elevadas para garantir uma concentração razoável de P na solução do solo. As consequências desse manejo se refletem em um alto poder tampão do solo e grande efeito residual do P (ERNANI, 2008).

A saturação dos sítios de adsorção decorrente de altas doses de P aumenta a disponibilidade desse nutriente na solução do solo, portanto é benéfica para as culturas. Porém essa saturação é impraticável, devido às elevadas quantidades de nutrientes exigidas para que ela ocorra, tornando-a inviável do ponto de vista prático e econômico. Alternativamente, aplicações localizadas de P podem saturar alguns sítios de adsorção do solo, preenchendo inicialmente os sítios que retêm o elemento com mais força, diminuindo a sua energia de ligação com o solo, facilitando seu deslocamento para a solução. Além disso a proximidade da adubação fosfatada com as sementes e posteriormente raízes, favorece a absorção do P, uma vez que o fluxo de P ocorre principalmente por difusão.

Podemos salientar também os benefícios do sistema de plantio direto que garante maior efeito residual de adubações fosfatadas, quando comparado as sistemas com revolvimento do solo, já que o preparo convencional distribui pelo revolvimento sítios com alta concentração de P. Conforme observado por Cassol et al. (2012), aplicações sucessivas e doses maiores de DLS, aumentam substancialmente os teores de P nas camadas até 5 cm de profundidade proporcionando a saturação e manutenção de microsítios de adsorção de P.

Entre as formas do potássio (K) no solo destacam-se a forma estrutural dos argilominerais, que somente se torna disponível as culturas após processos de intemperismo e a trocável, onde o elemento se encontra ligado às cargas nas superfícies das frações orgânicas e inorgânicas e é responsável pela rápida reposição do elemento na solução do solo. Além dessas, também ocorre a forma não trocável, representada pela fração estrutural mais facilmente intemperizável; K fixado, que é responsável por neutralizar as cargas negativa de alguns argilominerais 2:1, pouco encontrado no Brasil; K precipitado que é pouco representativo; bem como o K na matéria orgânica, que é restrito a fração orgânica viva, pois o K não faz parte de compostos orgânicos estáveis e o K na solução do solo que é aquele que se encontra imediatamente disponível para as culturas.

A maioria dos solos brasileiros tem balanço de carga líquida negativa e sendo o K^+ um cátion, quando aumenta a sua concentração na solução do solo compete pelas cargas negativas da superfície dos coloides, pois também fica sujeito à atração eletrostática. Por ser móvel no solo, a absorção do K^+ pelas culturas passa principalmente por fluxo de massa e difusão, enquanto a interceptação radicular é pouco representativa, devido, ao pequeno volume de solo diretamente em contato com as raízes (ERNANI, 2008). Tanto o fluxo de massa, quanto a difusão são processos facilitados pela manutenção da umidade do solo que em geral é favorecida pelo SPD.

A disponibilidade de K para as plantas é regida pelo equilíbrio químico entre as fases sólida e a solução do solo. Quando a concentração é alterada em qualquer uma das fases, o equilíbrio é afetado. A absorção dos nutrientes pelas culturas reduz a concentração na solução do solo que por sua vez é

reposta, embora com taxa progressivamente menor, até que a quantidade seja insuficiente para suprir a demanda vegetal. Nesse caso a única forma de garantir a nutrição das plantas é a adição do nutriente no sistema. A capacidade de reposição está intimamente relacionada com a capacidade de troca de cátions, coeficiente de seletividade e representa o poder tampão do solo para cada elemento (ERNANI, 2008).

Os fertilizantes orgânicos, são em geral completos em termos de diversidade em nutrientes em minerais, e quase todos mostram presença de K. Assim, o DLS além de fonte de N e P também fornece o K (CASSOL et al., 2012), apesar da concentração ser variável com o tipo de fertilizante orgânico e do manejo empregado a eles. Todo o K^+ presente nos fertilizantes orgânicos encontra-se na forma mineral e por isso tem o mesmo comportamento dos adubos solúveis.

Diversos estudos demonstraram que, mesmo sendo aplicado em superfície, o DLS possui poder fertilizante e pode substituir até a totalidade dos adubos minerais para cultivos de milho (CERETTA, et al., 2005a; LÉIS et al., 2009; SEIDEL, 2010; CASSOL et al., 2012; SCHIRMANN et al., 2013). Entretanto, os maiores rendimentos obtidos com esse manejo são atingidos somente em doses elevadas do resíduo, normalmente maiores do que $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (COSTA, 2011; CASSOL, 2012).

Visto a importância da sustentabilidade da produção de suínos para os estados do sul do Brasil, estudos que demonstrem a eficiência do dejetos como fertilizante com segurança ambiental, são necessários e devem ser ampliados.

3 OBJETIVOS E HPÓTESES

3.1 OBJETIVO GERAL

Determina a eficiência do dejetto líquido de suínos (DLS) como fertilizante das culturas quando incorporado no solo em relação à sua aplicação superficial, com e sem a adição de inibidor de nitrificação para cultura do milho nas safras de 2011 e 2012.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mensurar a eficiência do DLS como fertilizante, comparativamente ao fertilizante mineral contendo N, P e K em aplicações na superfície e incorporados no solo na cultura do milho em sistema de produção plantio direto.

Quantificar os rendimentos de grãos e massa seca, estado nutricional e acúmulo de nutrientes na cultura de milho em Nitossolo e Cambissolo da região de Lages sob fertilização com DLS e fertilizante mineral aplicados em superfície ou incorporados no solo.

Avaliar o desempenho do inibidor de nitrificação DCD no aumento da eficiência dos fertilizantes DLS e mineral aplicados em superfície ou incorporado no solo, em resposta a variáveis rendimento, estado nutricional e acúmulo de nutrientes do cultivo de milho.

3.3 HIPÓTESES

A incorporação de DLS no solo aumenta o aproveitamento dos nutrientes contidos nos fertilizantes pelas plantas cultivadas em relação à aplicação superficial, principalmente do N.

A adição do inibidor de nitrificação DCD aumenta a eficiência do DLS como adubo nitrogenado e isso se reflete na produtividade das culturas avaliadas.

O fertilizante DLS pode ser tão eficiente quanto ao mineral no fornecimento de nutrientes a cultura do milho.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO, CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS EXPERIMENTAIS E PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

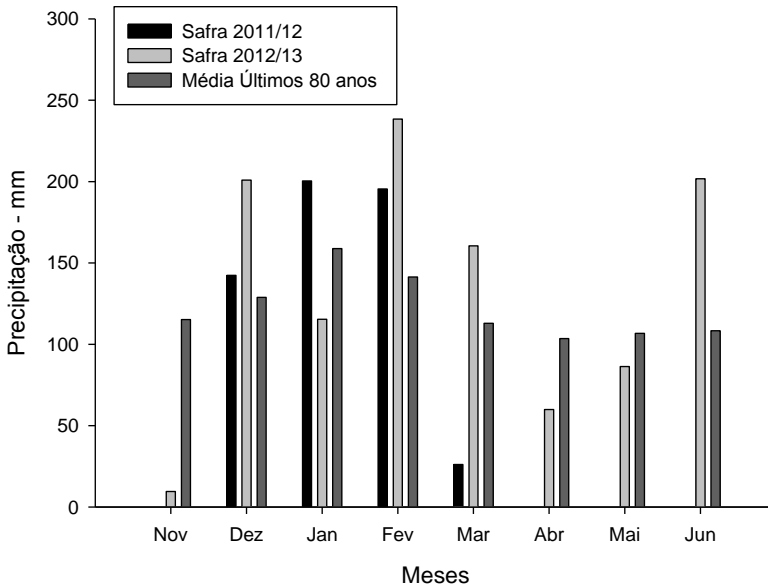
O trabalho foi conduzido a campo nas safras de 2011/12 e 2012/13 em áreas de Nitossolo Háplico e Cambissolo Húmico (EMBRAPA, 2006), respectivamente. As duas áreas se encontravam no município de Lages-SC, respectivamente, na localidade de Santa Terezinha do Salto a 27°49'09'' de Latitude Sul e 50°18'10'' de Longitude Oeste e nas dependências do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, a 27°49'00'' de Latitude Sul e 50°35'50'' de Longitude Oeste e a altitude média é de 884m.

O climade ambas localidades é caracterizado como mesotérmico úmido, com verãoameno (Cfb segundo a classificação de Koppen). As chuvas são bem distribuídas durante o ano e as médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.550mm e 15,6 °C, respectivamente.

O período em que foi conduzido o experimento na safra de 2011/12 compreendeu a semeadura em 11/11/2011 até a colheita em 11/05/2012. Na safra 2012/13 compreendeu dia 27/11/2012, quando foi realizada a fertilização, sendo que por ocasião da seca no período de semeadura, a semeadura foi realizada no dia 06/12 e última parte da colheita no dia 07/06/2013, já as áreas úteis das parcelas foram colhida e trilhadas no dia 05/06/2013.

A precipitação média mensaldurante a realização do experimento encontra-se registrada na Figura 1.

Figura 1 - Precipitação média mensal (mm), ocorrida durante a condução do experimento, por safra, 2011/12 (Precipitação Safra 2011/12) e 2012/13 (Precipitação Safra 2012/13), e precipitação média para a região dos últimos 80 anos de 1925 e 2005 (Precipitação Média últimos 80 anos).



Fonte: EPAGRI, 2013a

4.2 HISTÓRICOS DA ÁREA E MANEJO DA COBERTURA DO SOLO

Anteriormente a implantação do experimento da área de Santa Terezinha do Salto era utilizada como lavoura com cultivo de milho no verão e pastagens no inverno que recebiam pastoreio direto. A área era regularmente fertilizada e conduzida sob plantio direto há vários anos (mais de 8 anos), considerada desta forma, plantio direto consolidado e fertilidade do solo construída, conforme demonstrado pela Tabela 1.

Contudo, nas dependências da UDESC, safra de 2012/13, anteriormente a implantação do experimento a área havia recebido dose equivalente de 8 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico, que foi incorporado ao solo por aração e gradagem. A correção do solo foi feita seis meses antes da implantação do experimento e posteriormente foi semeada a lanço aveia (*Avena strigosa*), que foi incorporada ao solo com gradagem leve, a aveia foi dessecada com glifosato e manejada em outubro de 2012 com rolo faca. A palhada foi mantida no solo para que fosse posteriormente implantada a cultura de verão.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, TRATAMENTOS AVALIADOS E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O experimento teve delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais foram testados dois modos de aplicação dos fertilizantes, superficial e incorporado ao solo. Nas subparcelas foram aplicados tipos de fertilização: testemunha, sem fertilizantes (TEST); fertilizante mineral (NPK); NPK + dicianodiamida (DCD); dejetos líquidos de suíno (DLS) e DLS + DCD.

Antes da implantação do experimento e fertilização da área, foram realizadas coletas e análise do solo nos dois

locais, a coleta de amostras foi feita posteriormente à calagem. As características dos dois solos são demonstradas pela Tabela 1.

Tabela 1 - Características químicas e físicas da camada de 0-20 cm de profundidade do Nitossolo háplico e Cambissolo húmico, onde o experimento foi conduzido.

Solo	pH	SMP	V%	H+Al	Ca	Mg	P	K	Argila	M.O
				--cmol _c kg ⁻¹ --			-mgdm ⁻³ -		-----%	-----
Nitossolo Háplico	4,9	5,3	50	5,5	5,9	3,2	17,9	206	65	3,4
Cambissolo Húmico	5,2	5,9	61	5,1	5,6	1,9	3,1	92	30	4,1

Fonte: produção do próprio autor.

As doses de fertilizantes foram ajustadas visando ao rendimento de grãos de milho de 8,0 Mg ha⁻¹ conforme recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC, (2004) para as características e fertilidade encontrada nos solos onde o experimento foi conduzido, demonstrado na Tabela 1, que compreendeu, para safra de 2011/12, a dose de adubo mineral de 130, 185 e 70 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente a dose de 40 m³ ha⁻¹ de DLS, fixada para fornecer 130 Kg ha⁻¹ de N total, com eficiência de 0,8 e para a safra 2012/13, a dose de adubo mineral de 130, 185 e 70 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente e o DLS a dose 40 m³ ha⁻¹, fixada para fornecer 130 Kg ha⁻¹ de N total, com eficiência de 0,8.

Na safra de 2011/12, as parcelas principais possuíam área total de 175m² (7x25m) e as subparcelas, que receberam os tratamentos, de 35 m² (7 x 5 m), com área útil de 24 m². Já na safra de 2012/13 a área útil das parcelas principais era de 168 m² (8x21m) e as subparcelas de 33,6 m² (8 x 4,2 m), com área útil de 22,4 m².

O DCD, em pó, foi misturado aos adubos no momento da sua aplicação no campo, na dose de 10 kg ha⁻¹. O produto tem propriedade inibidora de nitrificação e é formulado juntamente com um inibidor da enzima urease (NBPT), com denominação comercial de Agrotain Plus® e contém 81% de dicianodiamida.

4.4 ORIGEM, CARACTERIZAÇÃO DOS DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNO E EQUIPAMENTO DE INJEÇÃO

Na safra 2011/12, o DLS foi obtido a partir de uma granja de produção de leitões, sendo misturado, 50% dos dejetos oriundos de um biodigestor e 50% de um alagôa que recebe o efluente proveniente do mesmo biodigestor, enquanto na safra de 2012/13 foi obtido da esterqueira de uma criação suína na fase de recria. A concentração de nutrientes do DLS, determinada conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995) encontra-se demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2 - Características dos Dejetos Suínos oriundos de granja de leitões (Safra 2011/12) e fase de recria (Safra 2012/13)

Safra	Massa seca %	N total	N-NH ₄ ⁺ -----kg.m ³ -----	P	K
2011/12	5,5	3,0	1,8	3,5	1,4
2012/13	3,8	3,9	2,5	2,9	1,3

Fonte: produção do próprio autor.

A injeção do DLS no solo foi realizada com um equipamento desenvolvido pela empresa MEPEL, composto de um tanque metálico com capacidade para 4.000L, com bomba para pressurização e aplicação do DLS, acionada pela tomada de potência do trator. Na parte traseira, o equipamento contém um conjunto de linhas de injeção distanciadas em 35 cm, as quais são fixadas ao chassi do equipamento. O conjunto

é acionado por meio de pistão hidráulico central conectado por mangas de alta pressão ao sistema hidráulico do trator.

A profundidade de injeção dos dejetos é de aproximadamente 8 cm e a faixa de solo mobilizado na superfície do sulco varia de 10 a 12 cm. Nos tratamentos com aplicação dos dejetos na superfície do solo, no primeiro ano foi feita manualmente, com auxílio de regadores, com capacidade de 10 L. Já no segundo ano de experimento a aplicação foi feita com o equipamento de injeção suspenso. Os tratamentos com NPK foram aplicados manualmente nas duas safras, sendo a lâmina quando em superfície e em quando injetado foi distribuído dentro do sulco aberto pelo equipamento utilizado na injeção do DLS.

4.5 CULTIVAR DE MILHO UTILIZADA.

Foi cultivado milho (*Zea mays*), cultivar 30F53 da empresa Pioneer®, híbrido simples, precoce, de elevado potencial, estabilidade produtiva e adaptabilidade em vários ambientes. Essa cultivar é recomendada para o período normal de plantio, que é de setembro a maio. É necessária de soma térmica de 3112 graus dia (GD) até a maturação fisiológica, que segundo Ritchie (2003), classifica o híbrido como tardio (>890 GD).

Segundo a empresa que desenvolveu a cultivar, pode produzir 19.883 kg de massa seca (MS) por ha e 7,5% de proteína bruta (PB), suportando estande de até 80.000 plantas por hectare quando o plantio adensado é realizado (espaçamento de 70 – 80 cm entre linhas), porém para o desenvolvimento máximo do seu potencial produtivo exige alta utilização de insumos.

O experimento foi conduzido em sistema plantio direto com espaçamento entre plantas de 0,7 m e 5 sementes por metro. A população de plantas foi estimada na área total do

experimento, no primeiro ano de experimento foi de 76.000 plantas, e no segundo de 86.000 plantas em média.

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

4.6 ÉPOCAS, AVALIAÇÕES REALIZADAS E TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

As avaliações absorção de nutrientes pela cultura do milho, compreendeu o período de plena floração, que corresponde a mais de 50% das plantas com inflorescência totalmente expandido no segundo ano, amostrou-se as folhas coletando-se o terço médio da folha oposta a espiga, de 12 plantas na área útil das parcelas no estágio de plena floração conforme recomendado para verificação da suficiência nutricional das plantas (CQFS-RS/SC, 2004), a metodologia de análise e os nutrientes determinados foram os mesmos do primeiro ano de experimento.

Na maturação fisiológica da cultura foi feita a colheita manual das espigas, que foram trilhadas mecanicamente no mesmo dia na safra 2012/13, já na safra 2011/12, foram colhidas 50 plantas da área útil, sendo 10 plantas x 5 linhas, após a colheita, foi realizada uma pré-secagem em casa de vegetação, e assim que a umidade dos grãos permitiu, foi feita a trilha mecânica das espigas e estimado o rendimento de grãos com umidade corrigida para o padrão de 13%.

A produção de fitomassa foi avaliada mediante a colheita de 5 e 8 plantas colhidas dentro da área útil da parcela, no primeiro e segundo ano de experimento respectivamente. Estas plantas inteiras, exceto raízes, foram separadas dos grãos e posteriormente secas em estufa a 65°C até peso constante em

seguida foi determinado a massa seca e posteriormente a moagem, foram determinados o acúmulo de N, K, Ca e Mg conforme metodologia descrita por Tedesco (1995) e P conforme metodologia de Murphy e Riley (1962).

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F e de comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 TEOR DE NUTRIENTES

Os teores de nutrientes determinados no florescimento do milho não apresentaram efeito significativo da interação entre safra e tratamentos e, com isso foram registradas e comparados os valores das média das duas safras. No primeiro ano de condução do experimento, a parte amostrada na floração correspondeu a fitomassa da parte aérea, somando, folhas, colmos e inflorescências. Segundo manual de adubação e calagem, as faixas de suficiência de N encontram-se entre 27-35 g kg⁻¹ (CQFS-RS/SC, 2004), podemos observar na tabela 3, que os teores encontrados entre 17 e 23 g kg⁻¹ estão abaixo do nível considerado ótimo para a cultura, o que pode indicar que esse baixo nível teria contribuído para rendimentos relativamente baixos da cultura.

Tabela 3 - Teor de Nitrogênio (N) em g kg, nas plantas na floração, com fertilizações incorporadas (Inc) ou aplicadas superficialmente ao solo (Sup), de dejetos líquido de suíno (DLS), adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida, e testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					Média
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	
	-----N g kg-----					
Inc	22,5Aa	23,3a	22,1a	23,3a	17,7a	21,8A
Sup	20,8Aa	19,3a	18,6a	21,3a	17,6a	19,5B

Fonte: Produção do próprio autor

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas no horizontal e maiúsculas na vertical) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Um fator que pode ter influenciado a redução dos teores de N médios das safras que foram apresentados, foi o fato da amostra da primeira safra ser composta por toda a fitomassa da parte aérea e não somente pelas folhas, conforme recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). A presença de colmos e inflorescência resultou em diluição dos teores apresentados, pois o teor médio de N da safra 2011/12 foi 45% menor do que o encontrado na safra 2012/13.

Entretanto, Seidel et al., (2010) encontraram em média $16,11 \text{ g kg}^{-1}$ de N no milho fertilizado com DLS, com e sem adição de ureia, aplicados em superfície, teores estes semelhantes aos encontrados no experimento (tabela 3). Como os tratamentos não diferiram entre si e nem da testemunha, Seidel et al. (2010), atribuiu a falta de diferenças à capacidade do solo em fornecer N para o milho. Podemos observar que o teor médio encontrado é semelhante ao teor encontrado na parcela não fertilizada do experimento (tabela 3), indicando que houve semelhante capacidade média de fornecimento de N nos diversos tratamentos pelos solos Nitossolo e Cambissolo, assim como observado em Latossolo Vermelho Distroférico. Ressalta-se que visualmente na testemunha, parcela não fertilizada do experimento, houve retardo no crescimento e aparecimento de sintomas de deficiência de N que não foram visualizados nas parcelas fertilizadas.

Conforme demonstrado pela tabela 3, a incorporação ao solo dos fertilizantes foi mais eficiente em média no

suprimento de N para a cultura do milho, pois a média dos teores encontrados quando os fertilizantes foram aplicados superficialmente foi inferior (tabela 1) ao incorporado. 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, que pode ter ocorrido devido ao controle mecânico propiciada pela solo e cobertura morta das perdas por volatilização de NH_3^+ , conforme constatado por de Damasceno (2010). Pode ser atribuído também a maior proximidade do fertilizante com as raízes ou ainda pela adsorção imediata do NH_4^+ pelas partículas do solo, retendo o N do dejetos por mais tempo no solo reduzindo a nitrificação e posteriormente as perdas por lixiviação de nitrato.

Não houve diferença significativa no teor de N dentro dos tratamentos, quando os fertilizantes foram aplicados em superfície ou incorporados ao solo. Os resultados indicam que o milho pode ter absorvido mais N nos tratamentos que foram fertilizados, em relação à testemunha, não fertilizada, porém essa diferença numérica não foi significativa estatisticamente. Entretanto, conforme relatado, as parcelas fertilizadas não apresentaram sintomas visuais de deficiência de N que foram visualizados nas parcelas não fertilizadas.

Não houve diferença entre os tratamentos em relação à utilização ou não de DCD. Porém, segundo o método de atuação do DCD e a dinâmica de absorção de nutrientes relacionada com a quantidade disponível no solo, pode-se dizer que a presença de DCD não aumentou a disponibilidade de N fornecido pelos dos fertilizantes.

Os demais nutrientes P e K cujos teores são demonstrados na tabela 4, e Ca e Mg foram determinados a fim de verificar possíveis restrições desses elementos, embora não

sejam parte do objetivo principal desse estudo de fertilização ao solo. Assim, os teores de Ca e Mg são demonstrados no apêndice A.

Os teores de P, no estágio avaliado, são considerados dentro das faixas de suficiência, valores entre 2 e 4 g kg (CQFS-SC/RS, 2004), podendo-se observar na tabela 4, que em todos os tratamentos, exceto na testemunha os teores encontrados situaram-se dentro desses valores. Desta forma, considera-se que a fertilização realizada foi capaz de fornecer P em níveis aceitáveis, considerados dentro do nível de suficiência nutricional.

Os teores encontrados na testemunha, porém, estão um pouco abaixo do que seria ideal dentro da faixa de suficiência nutricional de P para a cultura do milho, o que indica que o fornecimento de P pelo solo foi insuficiente para suprir a necessidade de P do milho em florescimento. Ou seja, a fertilização aumentou os teores de P absorvidos pela cultura do milho.

Entretanto, Coelho e França (1995) consideraram que os teores de P em folhas diagnose para milho, para níveis considerados ótimos situam-se na faixa de 1,9 e 3,5 g kg⁻¹. Com isso, mesmo os teores encontrados na testemunha desse atual estudo, ficaram próximos aos níveis de suficiência nutricional. Seidel et al, (2010), avaliou os teores de P no milho e os valores encontrados foram muito abaixo do que se considera suficiente para a nutrição da cultura, cerca de 10x abaixo do nível ótimo, evidenciando que o DLS aplicado em superfície, não foi eficiente no fornecimento de P para milho.

Tabela 4 -Teor de fósforo (P) e potássio (K) em g kg, no milho em floração com fertilizações incorporadas (Inc) ou aplicadas superficialmente ao solo (Sup), de dejetos líquido de suíno (DLS), adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida, em testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					Média
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	
-----P g kg-----						
Inc	2,45a	2,66a	2,35a	2,46a	1,79b	2,34A
Sup	2,11a	2,36a	2,40a	2,91a	1,96b	2,35A
-----K g kg-----						
Inc	43,8a	43,0a	45,6a	48,3a	42,2a	44,6A
Sup	42,6a	45,1a	42,9a	41,2a	39,2a	42,2A

Fonte: Produção do próprio autor

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas no horizontal emaiúsculas na vertical) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Não houve efeito da incorporação e a adição de inibidor de nitrificação também não influenciou o teor de P absorvido pela cultura do milho no estágio de floração da cultura, o que já era esperado, em razão do produto não ter ação sobre as reações desse nutriente no solo.

O K no estágio avaliado (R1) já deveria estar quase completamente absorvido, já que a sua absorção se completa na fase R2 (RITCHIE et al., 2003). Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC, (2004), os níveis de suficiência situam-se entre 17 e 35 g kg. Apesar de não fazer parte de nenhum composto orgânico estável, o K (CANTARELA, 2007) é o elemento acumulado em maiores quantidades (RITCHIE et al., 2003).

Na tabela 4 se constata que em todos os tratamentos, os teores de K foram superiores aos citados na faixa de suficiência, inclusive na Testemunha, o que se atribui à diferença no estágio de desenvolvimento da cultura na amostragem. Ocorre que o acúmulo de K durante a fase do florescimento é muito rápido e a recomendação da coleta é que seja feita com pelo menos 50% (entre 50 e 75%) das plantas pendoadas. Entretanto, houve um atraso do ciclo de desenvolvimento na testemunha, e por isso a coleta foi retardada em uma semana. Por isso, em média na lavoura mais que 50% das plantas estavam pendoadas, como está fase em condições climáticas favoráveis é bastante rápida (10-14 dias após florescimento), e o acúmulo de K seguindo a tendência de rápido crescimento, pode ter acontecido a coleta de plantas em estágio R2, que já absorveram todo o K necessário para o desenvolvimento do milho, justificando desta forma os valores apresentados serem um pouco superiores aos níveis de suficiência.

Podemos atribuir os teores da tabela 4 também ao fato de que na primeira safra foram coletadas planta inteiras, e não somente o terço médio da folha oposta a espiga, conforme recomendação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC (CQFS-SC/RS, 2004) que pode ter contribuído para elevação dos teores de K. Entretanto, Seidel et al, (2010) observaram teores de K foram bastante baixos, aproximadamente 25% dos encontrados no atual estudo, evidenciando que o manejo e a dose adequados são as premissas básicas da utilização do DLS como fertilizante para a cultura do milho.

Com relação aos teores de Ca e Mg apresentados no apêndice A, constatou-se que não foram limitantes para o

desenvolvimento da cultura, pois tendo como referência as faixas de 2 a 8 g kg para Ca e 2 a 5 g kg para Mg, observa-se que todos os tratamentos estão dentro do nível de suficiência, ou seja o fornecimento de Ca e Mg não deve ter restringido o desenvolvimento da cultura do milho.

5.2 RENDIMENTO DE GRÃOS E FITOMASSA DA PARTE AÉREA

O rendimento de grãos na cultura do milho variou de 4,4 até 8,3 Mg ha⁻¹ (Figura 2). Em experimentos conduzidos a campo o rendimento de grãos é determinado por um conjunto de fatores que convergem para um resultado final e são grandemente influenciados pela combinação dos fatores ambientais, e não somente pela fertilização. Na mesma região do estudo, em experimento a campo contendo irrigação, desenvolvidos afim de estudar o potencial do rendimento de grãos do milho, foram obtidas produtividades de até 15,9 Mg ha⁻¹ (ARGENTA et al, 2003).

O milho é uma espécie de rápido crescimento, isso faz com que para o desempenho de todo seu potencial genético produtivo, não podem ocorrer situações de restrição, principalmente nutricional e hídrica. Entretanto a competição intra ou interespecífica e a pressão por patógenos, também podem ser críticas em alguns estádios de desenvolvimento. Porém, nas duas safras que o experimento foi conduzido, a disponibilidade hídrica foi determinada pela capacidade de armazenamento de água do solo e ocorrência de precipitações (figura 1), já que em nenhuma das duas áreas tinha disponibilidade de irrigação. Rendimentos superiores que variaram de 8,1 até 10 Mg ha⁻¹ em campos irrigados e fertilizados com DLS aplicado em superfície foram encontrados por Schirmann et al., 2013.

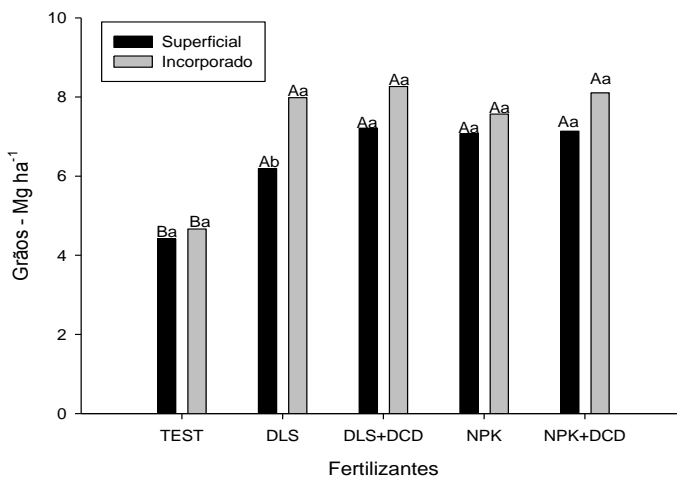
A disponibilidade de nutrientes, para o nível de produtividade alcançado no experimento, evidencia que tanto o

DLS quanto o fertilizante mineral forneceram nutrientes em quantidade semelhante, tanto na ausência como na presença do inibidor DCD (figura 2), pois a fertilização aumentou o rendimento em relação a testemunha não fertilizada, independentemente da fonte ter sido orgânica (DLS) ou mineral (NPK) ou da presença do inibidor de nitrificação (DCD).

Devido aos processos metabólicos dinâmicos, qualquer deficiência pode prejudicar o desempenho do híbrido cultivado, as fases que definem número de fileiras de grãos, tamanho de espiga e número de grãos por fileira interferem diretamente nos parâmetros produtivos da cultura. Entretanto, a partir de 30 dias após a emergência o crescimento e alongação das folhas são maximizados, com aumento da absorção de nutrientes do solo e acúmulo acentuado de massa seca. A partir dessa fase a diferenciação celular de tecidos não ocorre mais, mas ocorre a multiplicação e crescimento das células da planta, e a ocorrência de estresse hídrico, ou nutricional acarreta colmos mais finos, menores número e tamanho de folhas e conseqüente menor capacidade de acúmulo de reserva que também afetará a produção final do milho.

A semeadura foi feita entre as linhas de injeção dos fertilizantes, ou seja, em ocorrência de temperaturas amenas no solo poderia ter havido crescimento mais lento das plântulas, porém na região, para as datas de semeadura 11/11/2011 e 06/12/2012, normalmente essas temperaturas não ocorrem e as temperaturas entre 21 a 30°C normais da época foram consideradas ótimas para o milho.

Figura 2 -Rendimento de grãos de milho (Mg ha^{-1}), fertilizado com dejetos líquidos de suíno (DLS), e fertilizante mineral (NPK), acrescidos, ou não de dicianodiamida (DCD), incorporado ao solo (Incorporado) ou aplicado em superfície (Superficial), em relação a testemunha (TEST), não fertilizada.



Fonte: Produção do próprio autor.

Obs.: letras distintas Maiúsculas entre os fertilizantes e minúsculas entre superficial e incorporado diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Visualmente, observou-se alguma diferença no estado de emergência de plântulas entre as parcelas fertilizadas e não fertilizadas, na safra 2012/13, uma vez que ainda existe variabilidade na fertilidade do solo na área. Já na safra 2011/12 essa diferença foi menos notada provavelmente devido o efeito residual dos fertilizantes anteriormente aplicados na lavoura.

Da emergência até aproximadamente a sexta semana, a planta, ainda jovem, pode ter o desempenho comprometido por competição intra e interespecífica. Por isso são recomendados a correção do estande para um valor recomendado para o resultado esperado, que para o híbrido em questão e o espaçamento adensado é de até 80.000 plantas/ha⁻¹, na primeira safra, foi estimado estande em 75.000 plantas/ha⁻¹, já na segunda, o número máximo de plantas, recomendado pela empresa que desenvolveu a cultivar foi extrapolado em 7%, que pode ter ocasionado alguma competição intraespecífica nesta fase.

Posteriormente, apesar do aumento da taxa de incremento de massa seca, o estágio que interfere diretamente no número potencial de sementes e o tamanho das espigas colhidas, ocorre logo após a formação do pendão, quando o número de óvulos, o tamanho de cada espiga e o número de fileiras de grãos é estabelecido. Assim, a definição do número de grãos por fileira se completa até uma semana antes do florescimento. Nesse estágio, a deficiência hídrica ou nutricional pode comprometer seriamente o número potencial de sementes e o tamanho das espigas colhidas. Os híbridos de maturação precoce, tem esse tempo encurtado, e normalmente terão espigas menores que os de maturação tardia, deficiência que pode ser compensada com o aumento na densidade de plantas.

Os híbridos não prolíferos tem menor capacidade compensatória frente ao estresse hídrico, em relação aos prolíferos que mantém a produtividade relativamente estável sob condições de estresses não extremo. Mas tendem a produzir mais que os prolíferos em condições normais.

O estágio considerado o mais crítico de desenvolvimento em termos de determinação da produção de grãos ocorre aproximadamente uma semana antes e uma semana depois do florescimento para híbridos precoces. Estresse hídrico nessa fase provocará maior redução de

produção de grãos, do que em qualquer outra fase de desenvolvimento da cultura. O florescimento pleno da cultura, fase em que foi realizada amostragem de plantas inteira e folhas, na safra 2011/12 e 2012/13, respectivamente, se deu aos 09 e 27 dias do mês de fevereiro em 2012 e 2013. Nesse período, como registrado na figura 1, a disponibilidade hídrica foi de 200 e 250 mm aproximadamente, acima dos 150 mm médios dos últimos 80 anos, considerando que nesta fase de demanda máxima evaporativa, a cultura consome diariamente 6,5 mm aproximadamente de lâmina d'água, aparentemente não houve, no intervalo observado, restrição na disponibilidade hídrica, entretanto pode ter havido momentos de escassez mascarados dentro desse intervalo.

Nos estádios reprodutivos da cultura, a falta de umidade pode prejudicar a polinização devido à secagem do tubo polínico, e mais tarde quando as divisões celulares dentro do endosperma estão completas, o tamanho e peso final dos grãos, pois nessa fase ocorre a expansão celular e enchimento de grãos. Portanto, as maiores produtividades somente são conseguidas com condições hídricas favoráveis em todos os estádios de desenvolvimento da cultura.

A taxa de crescimento das cultivares de milho híbrido é estreitamente relacionada com a temperatura, ou acúmulo térmico necessário para que haja o desenvolvimento da cultura. Desta forma o tempo de duração de cada estágio fenológico varia devido a temperatura, dentro de uma safra, ou entre safras. A deficiência nutricional ou hídrica pode aumentar o tempo entre os estádios vegetativos e encurtar os estádios reprodutivos. A diferença entre a temperatura média diária e o valor base que para a cultura do milho é 10°C fornece o valor diário de graus dia (GD). Abaixo do valor base o crescimento do milho é cessado, por isso temperaturas abaixo desse valor não são contabilizados no acúmulo térmico para a cultura do milho.

Para a safra de 2012/13, a disponibilidade das temperaturas médias diárias permitiu a estimativa de acúmulo térmico possível para o período de cultivo, que foi de 1467 GD, bem abaixo do requerido pelo híbrido, segundo a empresa pionner®, que desenvolveu a cultivar, que é de 3112 GD. Entretanto, nas condições do experimento, observou-se que a cultivar não teve acúmulo térmico suficiente para desenvolver todo seu potencial produtivo, ou ainda que o período de cultivo deveria ter sido mais amplo, ou que a cultivar escolhida não foi a mais adequada para a região e período de cultivo na safra de 2012/13. Na safra 2011/12, esse valor não foi calculado devido indisponibilidade de dados.

Enfatizado as condições ambientais dos locais e período de realização do experimento, é interessante observar que, embora conduzido em tipos de solo e safras diferentes, o que se manifestou no efeito significativo desse fator, não houve interação entre safra e tratamentos. Dessa forma, os resultados apresentados são rendimentos médios das duas safras, 2011/12 e 2012/13 (Figura 2), as médias de tratamentos das duas seguiram as mesmas tendências.

Apesar das interferências que podem ter ocorrido frente aos fatores ambientais, ainda houve variações nos resultados, provocados pelo modo de aplicação. Também se observou que em média, os tratamentos que tiveram incorporação dos fertilizantes ao solo, foram mais produtivos que os que receberam fertilização em superfície. Desta forma podemos afirmar que a incorporação favoreceu o rendimento de grãos do milho, que, teve incremento médio de 13% quando os fertilizantes foram incorporados em relação a aplicação superficial. Isso nos indica que a incorporação pode ser economicamente vantajosa, ou no mínimo justificável sob o ponto de vista do custo dessa incorporação dos fertilizantes ao solo. A incorporação também aumentou a eficiência agrônômica do DLS e como reflexo a produtividade do milho

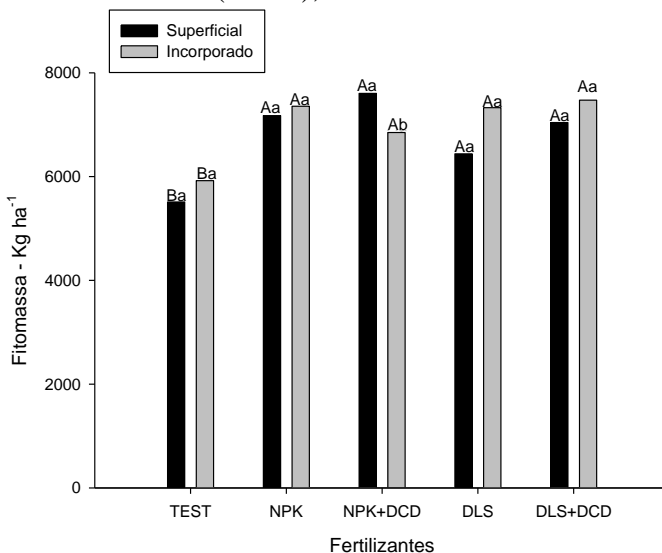
em trabalho semelhante desenvolvido por Nicoloso et al. (2013).

As fontes de fertilizantes orgânico e mineral, não diferiram entre si no rendimento de grãos, o que demonstra que o DLS supriu as exigências nutricionais para a cultura do milho tanto quanto o fertilizante mineral. Entretanto, dentro dos tratamentos a incorporação, apesar de se mostrar numericamente superior em todos os casos (Figura 2), inclusive na testemunha que não recebeu fertilização e somente mobilização do solo, essa diferença foi maior que a mínima significativa somente no tratamento onde a fonte de nutrientes foi o DLS, sem adição de inibidor de nitrificação. Esse resultado se justifica uma vez que quando aplicado superficialmente, os nutrientes do DLS ficam mais expostos e com isso sujeito a perdas diversas, especialmente a perda de N por volatilização de amônia. Em se tratando do N particularmente, temos os processos de volatilização de NH_3^+ , que pode resultar na perda da maior parte do N aplicado (DAMASCENO, 2010), somado ainda ao processo de nitrificação, que transforma o N-NH_4^+ dos DLS em N-NO_3^- , que, conforme evidenciado anteriormente no texto, pode ser perdido por lixiviação e levado para fora do alcance do sistema radicular.

Nos tratamentos em que o DLS foi aplicado juntamente com o inibidor de nitrificação, DCD, não houve diferença significativa entre incorporação ou aplicação superficial ao solo, evidenciando desta forma que o DCD pode ter contribuído na manutenção do rendimento de grãos do milho em reflexo do fornecimento de N pelo DLS aplicado em superfície e adicionado do produto. Esse efeito se deve basicamente a capacidade de retardar o processo de nitrificação e com isso aumentar a quantidade de N armazenado no solo, aumentando o período de seu fornecimento. O indício de que o processo de nitrificação é retardado, foi verificado em

trabalhos onde a adição de DCD aumentou a volatilização de NH_3 (ZAMAN et al. 2008; DAMASCENO, 2010).

Figura 3 - Fitomassa da parte aérea do milho (kg ha^{-1}) em maturação fisiológica, fertilizado com dejetos líquidos de suíno (DLS), e fertilizante mineral (NPK), acrescidos (+DCD), ou não de dicianodiamida, incorporado ao solo (Incorporado) ou aplicado em superfície (Superficial), em relação à testemunha (TEST), não fertilizada.



Fonte: Produção do próprio autor.

Médias Seguidas por letras distintas (Maiúsculas comparam os tratamentos com a testemunha e minúsculas dentro do tratamento se houve efeito da incorporação) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Entretanto, quando comparados os tratamentos mesmo a diferença aparente foi menos acentuada, evidenciando que nas condições do experimento não houve benefício deste aditivo no rendimento de grãos, ou seja, o DCD não afetou o rendimento de grãos nos tratamentos onde ele foi utilizado em relação aos que não esteve presente.

O acúmulo de fitomassa pela parte aérea do milho também é regido pelo mesmo conjunto de fatores ambientais, eles determinam o tempo específico de cada estágio de desenvolvimento, o número total de folhas desenvolvidas, diâmetro de colmos, tamanho de folhas e absorção de nutrientes, conforme relatado com maior riqueza de detalhes anteriormente. O comportamento do híbrido avaliado, para a quantidade de fitomassa da parte aérea produzida, é demonstrado pela figura 3. E como nos grãos, teve disponibilidade hídrica determinada pela capacidade de armazenamento de água do solo e ocorrência de precipitações (figura 1).

A disponibilidade de nutrientes, para a produção de fitomassa da parte aérea alcançada no experimento, evidenciou que tanto o DLS quanto o fertilizante mineral forneceram nutrientes em quantidade semelhante, tanto na ausência como na presença do inibidor DCD (figura 3), pois a fertilização aumentou o rendimento em relação à testemunha, independentemente da fonte ter sido orgânica (DLS) ou mineral (NPK) ou da presença do inibidor de nitrificação (DCD). Com isso podemos inferir que o DLS é tão eficiente quanto o adubo mineral para o acúmulo de fitomassa da parte aérea pelo milho. A fitomassa da parte aérea do milho variou de 5.500 até 7.600 kg ha⁻¹ (figura 3). Resultados com acúmulo aproximadamente 40% maiores, foram encontrados por Schirmann et al. (2013) em campos irrigados e fertilizados com DLS aplicado em superfície. Que demonstra o potencial de acúmulo de massa seca do milho fertilizado com DLS e resposta da cultura à irrigação.

Durante a condução do experimento, períodos de restrições hídricas podem ter sido mascarados pelo intervalo de dados apresentados (figura 1), sugerindo que a alguma restrição podem ter ocorrido, frente aos valores encontrados por Schirmann et al. (2013) em área irrigada, edesta forma interferido para o máximo desempenho do híbrido avaliado.

Os testes de desempenho elaborados pela empresa que desenvolveu a cultivar apontam acúmulo de massa seca casa de 19.8Mg ha^{-1} , no entanto o valor apresentado deve ser a soma da parte aérea e grãos. Supondo que a parte aérea esteja agrupada aos grãos, e que tenha o rendimento médioencontrado a campo em Lagoa Vermelha/RS de $10,0\text{ Mg ha}^{-1}$,temos a produção média de $9,80\text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca. Que são próximos aos $11,1\text{ Mg ha}^{-1}$ encontrados por Seidel et al (2010), embora esse foi obtido com outro híbrido e em outra região.

Deve-se ressaltar que existe uma grande influência da época de plantio, o híbrido utilizado (mais precoces, produzem menos, mais tardios produzem mais) e também a região de cultivo na quantidade de fitomassa produzida.Com relação o acúmulo térmico, a diferença entre o recomendado para o melhor desempenho da cultivar certamente também interferiu na produção de fitomassa da parte aérea.

A incorporação dos fertilizantes ao solo proporcionou em média maior produção de fitomassa da parte aérea, do que quando os fertilizantes foram aplicados superficialmente, em média o incremento foi de 7%, confirmando o resultado positivo da incorporação e a sua contribuição para incrementos na produção de fitomassa da parte aérea da cultura do milho.

Segundo demonstrado pela figura 3, a adição de inibidor de nitrificação também aumentou a produção de fitomassa da parte aérea do milho quando foi feita aplicação superficial de NPK+DCD, em relação à sua incorporação ao solo. Que demonstra o aumento da eficiência do fertilizante no acúmulo de fitomassa da parteaérea do milho, quando o inibidor de nitrificação foi utilizado junto ao adubo mineral.

Isso pode estar associado ao aumento da disponibilidade de nutrientes, principalmente de N, e por maior período de tempo para a cultura. Entretanto, em geral não houve diferença significativa da adição de DCD entre os tratamentos que receberam o inibidor e aqueles onde ele não foi utilizado.

5.3 ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES PELAS PLANTAS

O acúmulo de nutrientes pelo milho varia com a produção de massa seca e o teor de nutrientes nela contida. Rendimentos diferentes proporcionaram diferentes quantidades de nutrientes acumulados. A fitomassa da parte aérea pode exportar nutrientes quando ela é removida do sistema produtivo, por ocasião da produção de silagem, por exemplo, ou quando a palhada é mantida sob o solo, como no sistema de manejo plantio direto, ocorre a ciclagem desses nutrientes. O mesmo não acontece com os grãos que normalmente são removidos da área cultivada levando com eles os nutrientes acumulados para fora do sistema.

Para diferentes culturas a velocidade de decomposição a taxa de ciclagem e imobilização de N é diferente, e está intimamente relacionada com a relação entre carbono e N de cada cultura. O N é um dos elementos requeridos em maiores quantidades, por isso a quantidade fornecida pela mineralização da MOS nem sempre é suficiente, fato esse comprovado pela resposta frente a fertilização realizada. O N acumulado pela cultura do milho, pela fitomassa e grãos foi maior, nos tratamentos com fertilização em relação àqueles que não receberam fertilização (tabela 4). Tal comportamento também foi observado por (BERENQUER et al., 2008), isso se deve ao rápido crescimento da cultura, que por isso respondeu favoravelmente as fertilizações realizadas.

Tabela 5 - Acúmulo de nitrogênio (N) pelos Grãos e pela fitomassa da parte aérea do milho fertilizados com

adubo mineral (NPK) ou dejetos de suíno (DLS) incorporado (Inc) ou aplicado superficialmente (Sup) ao solo e acrescido (+DCD) ou não de dicianodiamida, e ainda testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					Média
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	
————— Fitomassa – kg ha ⁻¹ —————						
Inc	63,0a	62,4a	64,3a	63,0a	34,5b	57,5A
Sup	55,8a	59,0a	50,3a	53,0a	32,7b	50,2B
————— Grãos – kg ha ⁻¹ —————						
Inc	92,2a	111a	108 ^a	100a	53,2b	93,0A
Sup	79,7a	80,6a	67,4a	74,7a	55,8b	71,6B

Fonte: Produção do próprio autor

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas no horizontal e maiúsculas na vertical) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A quantidade de N acumulada variou entre 32 até 64 kg ha⁻¹ na fitomassa da parte aérea e nos grãos de 53 até 111 kg ha⁻¹, valores equivalentes com o observado no trabalho de Schirmann et al. (2013), que também determinaram a quantidade de N acumulado pela fitomassa da parte aérea da cultura do milho, encontrando quantidades médias de N acumulado de 59,2 kg ha⁻¹, próximos a quantidade encontrado no atual experimento (tabela 5) que foram 55 kg ha⁻¹ na fitomassa produzida.

Porém, para o rendimento de grãos alcançado no experimento, as quantidades acumuladas foram menores que as encontradas por Coelho e França (1995) que para a rendimento médio de 7,87 Mg ha⁻¹, um pouco superior ao rendimento médio do atual experimento que foi de 6,88 Mg ha⁻¹, estimou a acúmulo de 167 kg ha⁻¹ de N nos grãos produzidos pela cultura do milho enquanto que no experimento os valores médios de N

acumulado pelos grãos foram de 82 kg ha⁻¹(tabela 5).Ou seja, 49% da quantidade de N acumulada no experimento de Coelho e França (1995). Já, no experimento de Schirmann et al. (2013), a quantidade médias de N acumulado pelos grãos foi de 133 kg ha⁻¹. Os resultados do acúmulo de nutrientes confirmam as tendências encontradas na floração, quando já haviam indícios de baixos níveis de absorção de N pelas plantas de milho.

A quantidade de N acumulado pelo milho foi maior nos grãos, do que na fitomassa da parte aérea, comportamento este que também foi observado por Coelho e França (1995) e por Schirmann (2013), por ocasião da maturação fisiológica, época em que a verificação foi realizada. Demonstrando dessa forma que é uma tendência das variedades comercializadas como milho grão, acumular maior quantidade de proteínas nos grãos que na fitomassa vegetativa.

Houve uma tendência de maior acúmulo e acúmulo de N quando os fertilizantes foram incorporados ao solo, que pode ser observado na tabela 4, que demonstra que em média, a incorporação foi mais eficiente que a aplicação superficial.

A incorporação, aumentou a quantidade de N absorvido dentro de cada tratamento, embora a diferença não tenha sido maior que a mínima significativa. O mesmo comportamento não pode ser verificado na testemunha, onde N acumulado foi numericamente menor porém com valores bastante próximos que também não alcançou o valor mínimo para ser estatisticamente diferente. Entretanto esse resultado denota-se interessante, pois confirma a importância da MOS, que pode ser responsável por até 95% do N disponibilizado as culturas (CANTARELLA, 2007), uma vez inexistente as contribuições externas ao sistema, pode-se atribuir o N fornecido a MOS. Entretanto ressalta-se que a quantidade disponibilizada foi insuficiente para a cultura de milho atingindo seu potencial produtivo, permanecendo estatisticamente inferior aos resultados de N acumulado observado tanto para os grãos,

quanto no acúmulo de massa seca, quando as fertilizações foram realizadas. Evidenciando dessa forma a importância da fertilização para o acúmulo de nutrientes na cultura do milho. A ausência de resultados significativos entre os fertilizantes orgânicos e minerais, também demonstra que o DLS é tão eficiente quanto o fertilizante mineral para o fornecimento de N necessários ao acúmulo na fitomassa da parte aérea e nos grãos para a cultura do milho. O DCD também não influenciou o acúmulo de N no milho, na fitomassa da parte aérea e grãos, resultado este que pode também ser verificado no trabalho de Schirmann, (2013) que fez experimentos com DLS manejado com fertilizações superficiais e DCD.

O acúmulo de P na fitomassa da parte aérea (tabela 6), não apresentou na média dos tratamentos, diferença significativa quando os fertilizantes foram aplicados superficialmente em relação a sua incorporação ao solo. Porém a quantidade de P acumulada pelos grãos foi superior na média dos tratamentos quando os fertilizantes foram incorporados ao solo. A incorporação foi mais eficiente que a aplicação superficial para as quantidades de P acumulada nos grãos de milho.

Dentro dos tratamentos, o único que demonstrou resultado significativo para a quantidade de P acumulada foi DLS, quando este foi incorporado ao solo em relação a sua aplicação superficial nos grãos. Evidenciando a importância da incorporação em evitar perdas de P e aumentar a quantidade do elemento que pode ser fornecida pelo solo frente a proximidade com as raízes, manutenção de umidade do solo e proteção física pela incorporação da erosão e transporte de partículas carregadas com o nutriente. Não houve diferença entre os teores de P acumulados na fitomassa da parte aérea e nos grãos entre os tratamentos, e nem quando foi aplicado inibidor de nitrificação em relação aos tratamentos onde ele não foi utilizado.

Apesar do K, não fazer parte de nenhum composto orgânico estável também e normalmente ser lavado dos tecidos após a maturação fisiológica da culturas, esse nutriente foi o elemento acumulado em maiores quantidades pelo milho. As quantidades acumuladas pelos grãos e fitomassa da parte aérea foram próximas. Nos grãos variaram de 44 a 120 kg ha⁻¹, e na fitomassa da parte aérea os valores se encontram entre 57 a 128 kg ha⁻¹. Seguindo as tendências de aumento de eficiência quando incorporado, a injeção do fertilizante ao solo proporcionou maiores acúmulos em média, do que quando os fertilizantes foram aplicados superficialmente (tabela 4).

Os resultados evidenciaram aumento do acúmulo como provável consequência da maior absorção pela planta, quando os fertilizantes foram adicionados ao solo. Ou seja a fertilização aumentou a disponibilidade dos nutrientes para a cultura do milho em plantio direto. Um resultado que se deve ressaltar é que nos grãos, a fertilização com DLS e DCD, não foi mais eficiente no acúmulo de K pelo milho do nos tratamentos onde ela não foi realizada, evidenciando que o inibidor não tem efeito sobre a disponibilidade de K, conforme já era esperado.

A incorporação ao solo proporcionou ao tratamento NPK+DCD diferenças significativas, tanto no acúmulo de nutrientes pelos grãos, quanto pela fitomassa da parte aérea. Entretanto, nos demais tratamentos, incluindo a testemunha, apesar de todos se apresentarem numericamente superiores, tal superioridade não foi suficientemente grande de modo a ser significativa estatisticamente.

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 pelo N, e ainda que a adição de DCD não também não influenciou a absorção e acúmulo deste nutriente.

O cálcio em geral tem origem diferente dos demais nutrientes, embora, pois é fornecido em sua maior parte por ocasião da calagem do solo. O acúmulo de Ca foi em média superior nos tratamentos onde as fertilizações foram incorporadas ao solo, do que quando foram aplicadas superficialmente para os grãos e não diferiram significativamente na fitomassa da parte aérea (apêndiceB). Nos grãos, não houve diferença entre os tratamentos e a testemunha, não fertilizada. Para a fitomassa da parte aérea, houve diferença entre os tratamentos e a testemunha, quando os fertilizantes foram incorporados ao solo, porém, nas aplicações superficiais somente o tratamento com DLS+DCD mostrou-se superior aos demais. Também não houve diferença dentre os tratamentos nem quanto a fonte nutriente utilizada e na adição do DCD em relação aos tratamentos onde ele não foi utilizado.

O magnésio que é outro nutriente fornecido principalmente pela calagem do solo, apresentou nos grãos acúmulo que variou de 17,5 até 9,8 kg ha⁻¹ (apêndiceB). Os tratamentos incorporados demonstraram maior acúmulo de Mg, que os tratamentos onde as fertilizações foram aplicadas superficialmente apenas. Ainda nos grãos, pode ser observado maior acúmulo nos tratamentos fertilizados em relação a testemunha, evidenciando desta forma que o aumento dos rendimentos de grãos do milho resultou em maior quantidade de Mg acumulada pela cultura. Porém, na fitomassa da parte aérea, a acumulação de Mg não foi influenciado pela incorporação dos fertilizantes ao solo ou sua aplicação superficial, embora respondeu favoravelmente àqueles tratamentos onde foram feitas fertilizações em relação a testemunha, não fertilizada.

Tabela 6 -Acúmulo de fósforo (P) e potássio (K) pelos Grãos e pela fitomassa da parte aérea do milho fertilizados com adubo mineral (NPK) ou dejetos de suíno (DLS) incorporado (Inc) ou aplicado superficialmente (Sup) ao solo e acrescido (+DCD) ou não de dicianodiamida, e ainda testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	Média
Fitomassa						
-----P kg ha ⁻¹ -----						
Inc	8,95a	8,77ab	7,47ab	8,89a	6,44b	8,10A
Sup	7,85a	7,35ab	8,63ab	8,79a	6,31b	7,78A
-----K kg ha ⁻¹ -----						
Inc	135a	133a	115a	108ab	100b	118A
Sup	117a	100a	117a	110ab	75,1b	104B
Grãos						
-----P kg ha ⁻¹ -----						
Inc	23,5a	24,4a	26,4a	26,3a	14,6b	23,0A
Sup	21,4a	21,7a	19,6a	24,0a	14,7b	20,3B
-----K kg ha ⁻¹ -----						
Inc	113a	120a	117a	122a	63,2b	107A
Sup	90,5a	81,0a	73,3a	89,3a	45,7b	76,0B

Fonte: Produção do próprio autor

Médias seguidas por letras distintas (minúsculas no horizontal e maiúsculas na vertical) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

6 CONCLUSÕES

A incorporação ao solo aumenta a eficiência dos fertilizantes tanto o mineral quanto o orgânico, melhorando o desempenho produtivo de milho em quantidade de fitomassa da parte aérea e rendimento de grãos.

O teor de N nas folhas da cultura do milho na floração é maior quando os fertilizantes são incorporados em sulco no solo em relação à aplicação superficial.

A incorporação dos fertilizantes possibilita um maior teor e conseqüente maior acúmulo de N e K na fitomassa da parte aérea e grãos e de P nos grãos.

O fertilizante dejetado líquido de suínopode ser tão eficientes quanto as fontes minerais na nutrição do milho.

A adição de inibidor de nitrificação em geral não influencia no teor de nutrientes e nas quantidades desses acumuladas pelo milho e também não afeta o rendimento de grãos e fitomassa de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M. L.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. **Potencial de rendimento do milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção.** Scientia Agraria, v - 4, nº1-2 p. 27 -34, 2003.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DA INDUSTRIA PRODUTORA E ACUMULADORA DE CARNE SUINA – ABIPECS, 2012. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em 22 de Abril de 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA, disponível em: <http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por>>. Acesso em 20 de janeiro de 2014.

ANAMI, M.H.; SAMPAIO, S.C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.75-80, 2008.

BERENGUER, P.; SANTIVERI, F.; BOIXADERA; J. LLOVERAS, J. Fertilization of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. Eur. J. Agron., 28:635-645, 2008.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; CASSOL, P.C.; AMARAL, A.J.; BARBOSA, F.T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um Inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira**

de Ciência do Solo, VIÇOSA, MG, v. 28, n.3, p. 485-494, 2004.

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

CASSOL, PC, COSTA, A. C.; CIPRANDI, O. ; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de Macronutrientes e Rendimentos de Milho em Latossolo Fertilizado com Dejeito Suíno. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.36, p.1911-1923, 2012.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; PAVINATO, P.S.; TRENTIN, E.F.; GIROTTO, E. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejeito líquido de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 287-1295, 2005a.

CERETTA C. A.; BASSO, C. J.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1296-1304, 2005b.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja doutor no seu milho**. Associação brasileira para pesquisa de potassa e do fosfato – POTAFOS. Piracicaba, 1995. 24p. (Arquivo do agrônomo – nº 02).

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE 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. 10ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 400p., 2004.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA –, CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HODROMETEOROLOGIA - EPAGRI/CIRAM(a):

Monitoramento dos fenômenos climáticos e seus impactos: climatologia de chuvas. Florianópolis, 2013. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/index.jsp?url=monitoramento/climatchuvas.jsp>. Acesso em 15 de Janeiro de 2014.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA –, CENTRO DE PESQUISA EM SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA - EPAGRI/CEPA(b): **Síntese anual da agricultura catarinense 2011-2012.** Florianópolis, 2013. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2013/sintese-2013.pdf. Acesso em 15 de Janeiro de 2014.

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. 121 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Ciências em Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

EDWARDS, S.; ZANELLA, A.J. Produção de suínos ao ar livre na Europa: produtividade, bem-estar e considerações ambientais. A Hora Veterinária, 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. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA, CENTRO DE PESQUISA EM SOCIOECONOMIA E PLANEJAMENTO AGRÍCOLA - EPAGRI/CEPA: **Síntese anual da agricultura catarinense 2011-2012**. Florianópolis, 2013. Disponível em: http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/Sintese_2013/sintese-2013.pdf. Acesso em 15 de Janeiro de 2014.

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

FEDER, F.; FINDELING, A. Retention and leaching of nitrate and chloride in an andic soil after pig manure amendment. **European Journal of Soil Science**, v. 58, p. 393-404, 2007.

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

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

GIACOMINI S. J.; AITA C.; JANTALIA, C. P. e URQUIAGA, S. Aproveitamento pelo milho do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em plantio direto e preparo reduzido do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.7, p.761-768, 2009.

HOFF, D. N.; PEDROZO, E. A.; FREITAS, A. S.; PAVINATO, A. 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. 2, p. 77-502, dez. 2010

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>>, acessado dia 05 de Janeiro de 2014, às 17:00.

LÉIS, C.M.; COUTO, R.R; DORTZBACH, D.; COMIN, J.J.; SARTOR, L.R. Rendimento de milho adubado com dejetos de suínos em sistema de plantio direto sem o uso de agrotóxicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 3814-3817, 2009.

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

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

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**, v.43 n.1, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032005000100005>, Acesso em 10 de Janeiro de 2014.

NICOLOSO, R.S. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema de plantio**

direto. 2005. 150p. Dissertação(Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria. 150p., 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.

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

PIONEER SEMENTES. **Cultivares de milho híbrido para o sul do Brasil**. disponível em:
http://www.pioneersementes.com.br/Milho/Central-de-produtos/Pages/Fichadoproduto.aspx?p=16&gclid=CMuqi6_ZgLwCFYQ7Ogo diSwAB. Acessado dia 07 de janeiro de 2014.

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

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

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

SCHIRMANN, J.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, D. A.; GONZATTO, R.; OLIVO, J. **Inibidor de nitrificação e aplicação parcelada de dejetos de suínos nas culturas do milho e trigo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p. 271-280, 2013.

SEIDEL, E. P.; GONÇALVES JUNIOR, A. C.; VANIN, J. P.; STREY, L.; SCHWANTES, D.; NACKE, H. **Aplicação de dejetos suínos na cultura do milho cultivado em sistema de plantio direto**. Acta Scientiarum Technology. Maringá, v 32, n 2, p 113-117, 2010.

VALLEJO, A.; GARCÍA-TORRES, L.; DÍEZ, J.A. & LÓPEZFERNÁNDEZ, A.S. **Comparison of N losses (NO₃-, N₂O,NO) from surface applied, injected or amended (DCD) pig slurry of an irrigated soil in a Mediterranean climate**. Plant Soil, v. 272:313-325, 2005

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

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, v. 41, p. 1270-1280, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICEA -Teor de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) em g kg, no milho em floração com fertilizações incorporadas (Inc) ou aplicadas superficialmente ao solo (Sup), de dejetos líquido de suíno (DLS), adubo mineral (NPK), acrescidos (+DCD) ou não de dicianodiamida, em testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	Média
----- Ca (g kg) -----						
Inc	4,71	5,27	5,04	4,82	5,06	4,98
Sup	5,03	4,55	4,58	4,75	4,78	4,74
----- Mg (g kg) -----						
Inc	3,95	3,75	3,59	3,66	3,72	3,73
Sup	3,64	3,53	3,46	3,63	3,44	3,54

Fonte: Produção do próprio autor

APÊNDICE B - Acúmulo de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg) pelos Grãos e pela fitomassa da parte aérea do milho fertilizados com adubo mineral (NPK) ou dejetos de suíno (DLS) incorporado (Inc) ou aplicado superficialmente (Sup) ao solo e acrescido (+DCD) ou não de dicianodiamida, e ainda testemunha (TEST), não fertilizada.

Modo	Fertilizantes					
	NPK	NPK+DCD	DLS	DLS+DCD	TEST	Média
	Fitomassa					
	-----Ca (kg ha ⁻¹)-----					
Inc	28,5a	31,8a	32,0a	28,5a	25,9a	29,3A
Sup	31,3a	27,6a	23,0a	27,7a	20,7a	26,1A
	-----Mg (kg ha ⁻¹)-----					
	-					
Inc	20,6a	21,0ab	21,2ab	20,8ab	16,9b	20,1A
Sup	21,3a	18,8ab	17,5ab	19,0ab	15,9b	18,5A
	Grãos					
	-----Ca (kg ha ⁻¹)-----					
Inc	17,3a	17,2ab	19,2a	18,7a	9,8b	16,4A
Sup	15,8a	12,5ab	12,3a	18,0	9,1b	13,5B
	-----Mg (kg ha ⁻¹)-----					
	-					
Inc	17,0a	17,3a	17,5a	16,6a	9,8b	15,6A
Sup	13,8a	13,7a	12,6a	15,6a	9,8b	13,1B

Fonte: Produção do próprio autor