

Guilherme Wilbert Ferreira

**ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DE AGREGADOS E DA  
TERRA FINA SECA AO AR EM SOLO SOB CULTIVO DE  
AVEIA/MILHO ADUBADO COM DEJETOS SUÍNOS E  
FERTILIZANTES QUÍMICOS**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-graduação em Agroecossistemas  
da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Agroecossistemas  
Orientador: Prof. Dr. Jucinei José  
Comin  
Coorientador: Prof. Dr. Arcângelo  
Loss

Florianópolis  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Perreira, Guilherme Wilbert

Atributos físicos e químicos de agregados e da terra fina seca ao ar em solo sob cultivo de aveia/milho adubado com dejetos suínos e fertilizantes químicos / Guilherme Wilbert Perreira ; orientador, Jucinei José Comin, coorientador, Arcângelo Loss, 2018.

111 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Dejetos suínos. 3. Estabilidade de agregados. 4. Fertilidade de agregados. 5. Sistema de Plantio Direto. I. Comin, Jucinei José. II. Loss, Arcângelo. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

**"Atributos Físicos e Químicos de  
Agregados e da Terra Fina Seca ao Ar  
em Solo Sob Cultivo de Aveia/Milho  
Adubado com Dejetos Suínos e  
Fertilizantes Químicos"**

*Por*

**GUILHERME WILBERT FERREIRA**

Dissertação julgada adequada, em 26/02/2018, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas. Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.



Prof. Dr. Arcangelo Loss (Coordenador do Programa)

Banca Examinadora:

  
József José Comin (Presidente /Orientador)  
Milton da Veiga (Titular/UNOESC)  
Sandro Luis Schlimm (Titular Externo/PGA/UFSC)

Candidato ao título:

  
GUILHERME WILBERT FERREIRA

Florianópolis, 26 de fevereiro de 2018



Dedico este trabalho aos meus pais  
Ubiratan Ferreira e Idalete Wilbert  
Ferreira, e a minha namorada, Maria  
Luiza Barbosa Floriani



## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ubiratan Ferreira e Idalete Wilbert Ferreira, por todo o apoio e carinho que recebi ao longo desta e de outras jornadas. Dedico todas as minhas vitórias a vocês.

A minha namorada Maria Luiza Barbosa Floriani por todo o apoio ao longo desta jornada. Agradeço muito pela força que me destes para continuar, assim como pela sua paciência e carinho nos momentos mais difíceis desta etapa. Esta vitória também é dedicada a você.

A minha madrinha Evelina Wilbert por todo o apoio e carinho nesta jornada. Meu muito obrigado.

Aos amigos de longa data que sempre me apoiaram: Gustavo Soares Cunha, Daniel da Luz Paludo, Guilherme Horn Vieira Carvalho e Bruno Filipo Fernandes de Assis Roque. Meu muito obrigado.

Aos grandes mestres Jucinei José Comin e Arcangelo Loss por todos os ensinamentos, orientação ao longo deste trabalho e principalmente pela confiança depositada em meu trabalho: devo muito a vocês!

Ao Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA-SC) e aos amigos e mestres que este espaço me proporcionou: Bruno Salvador Oliveira e Vitor Gabriel Ambrosini (pelos primeiros ensinamentos no núcleo); Vilmar, Lucas, Cleiton, Matheus, Andria, Barbara, dentre tantos outros amigos que contribuíram para a construção de um espaço rico em saberes e, acima de tudo leve e descontraído.

Ao professor Cledimar Rogério Lourenzi, por todo apoio, conversas e principalmente pela confiança depositada em mim ao longo desses anos que faço parte do grupo.

Ao professor Paulo Emílio Lovato, por todas as conversas e ensinamentos ao longo destes anos em que faço parte do NEPEA-SC.

Ao Seu Valdir e sua família por ceder o espaço de sua terra para a condução do experimento e por todo o carinho e atenção ao longo das saídas de campo. Muito obrigado!

A Chamada N° 05/2015 da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de Mestrado

A todos o meu muito obrigado!





“Todos os seus sonhos podem se tornar realidade,  
se você tiver a coragem para persegui-los”.  
(Walt Disney)



## RESUMO

A produção de suínos destaca-se na região Sul do Brasil, com ênfase para o estado de Santa Catarina. Dentro do estado, o município de Braço do Norte detém a maior concentração de suínos do país. Como os animais são produzidos em sistema intensivo de confinamento, um grande volume de dejetos é gerado diariamente. Na busca por dar destino adequado ao volume de dejetos produzidos pela atividade suinícola, o meio técnico tem recomendado o seu uso como adubo nas lavouras. Os dejetos suínos podem ser utilizados tanto na via sólida como líquida, visto que possuem em sua composição os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas. Entretanto, devido à sua composição desbalanceada, fica difícil realizar uma recomendação técnica com doses padronizadas. Para que a utilização de dejetos suínos como fonte de nutrientes possa se tornar uma prática ambientalmente correta, devem ser obedecidos critérios técnicos para a definição de doses e a sua aplicação no solo. O trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da adubação das culturas com adubos orgânicos e mineral, associada ao uso de resíduos de plantas de cobertura em sistema plantio direto (SPD), nos atributos físicos e químicos de agregados e da terra fina seca ao ar (TFSA) de um Argissolo com histórico de aplicações continuadas de dejetos suínos. Foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, nos tratamentos Testemunha, sem adubação (Test); adubação mineral (AM); composto de dejetos suínos + adubação mineral (CDSLim); dejetos líquidos de suínos + adubação mineral (DLLim); e dejetos líquidos de suínos de acordo com a recomendação para suprir a dose de N para as culturas milho e da aveia (DL100). Coletaram-se amostras de solo das quais obteve-se os agregados do solo e a TFSA. Posteriormente, foram realizadas as seguintes análises: estabilidade de agregados em água, densidade do solo, grau de floculação, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT) e caracterização do complexo sortivo dos agregados e da TFSA. De maneira geral, a aplicação contínua de dejetos suínos não melhora os atributos físicos do solo, diminuindo os índices de agregação, principalmente na camada de 5-10 cm. Nesta camada, pode-se observar um aumento da proporção de microagregados em detrimento daquela de macroagregados. Entretanto, o uso dos dejetos suínos como fonte de nutrientes, em associação ou não com fertilizantes minerais, aumenta os teores de COT e NT, tanto para agregados do solo como para a TFSA, além de proporcionar melhoria das condições químicas do solo. Essa melhora pode ser observada pelo aumento dos teores de P, K, Ca e Mg, tanto nos agregados do solo como na TFSA, mas de forma mais pronunciada nos agregados. Verifica-se que

os agregados do solo funcionam como estoque de nutrientes no solo. A comparação da caracterização inicial dos atributos químicos do solo com aquela ao final do período de experimentação explicita que o uso de dejetos suínos proporciona aumento, principalmente do COT, NT e P disponível no solo em comparação aos tratamentos Testemunha e AM.

**Palavras-chave:** Dejetos líquidos de suínos. Composto de dejetos suínos. Estabilidade de Agregados. Fertilidade de agregados. Sistema Plantio Direto.

## ABSTRACT

The production of pigs stands out in the southern region of Brazil, with an emphasis on the state of Santa Catarina. Within the state, the municipality of Braço do Norte stands out, with the largest concentration of pigs in the country. As the animals are produced in an intensive confinement system, a large volume of waste is generated daily. In the search for adequate destination to the quantity of waste produced by the swine activity, the specialists have recommended its use as fertilizer in the crops. Swine manure can be used both in the solid and liquid ways, since they have the necessary nutrients for the development of the plants. However, due to its unbalanced composition, it's difficult to make a technical recommendation with standardized doses. In order for the use of swine manure as a source of nutrients to become an environmentally correct practice, technical criteria should be followed for the definition of doses and their application to the soil must be obeyed. The aim of this study was to evaluate the effect of fertilization of crops with organic and mineral fertilizers, associated to the use of cover crops residues in no-tillage system, on the physical and chemical attributes of aggregates and fine dry land in the air on an Argisol with a history of continuous applications of swine manure. Undisturbed soil samples were collected at depths of 0-5, 5-10 and 10-20 cm in the treatments Control, without fertilization; chemical fertilization (CF); organic compound + CF (OC+DL); liquid swine manure (LSM) + CF (LSM+CF); and LSM in accordance with the recommendation to supply the dose of N for corn (LSM100). From this material, the soil aggregates and the air-dried fine soil were obtained. Afterwards, the following analyzes were performed: Aggregate stability in water, soil density, flocculation degree, TOC, TN and characterization of the sorption complex of the aggregates and the fine air-dried soil. In general, the continuous application of swine manure didn't improve soil physical attributes, reducing aggregation indexes, especially in the 5-10 cm depth layer. In this layer, one can observe an increase of the proportion of microaggregates in detriment of that of macroaggregates. However, the use of swine manure as a source of fertilization, in association or not with mineral fertilizers, increased TOC and TN levels, both for soil aggregates and for the fine air-dried soil, as well as improving soil chemical conditions. This improvement can be observed by increasing P, K, Ca and Mg contents, both the soil aggregates and the fine air-dried soil, but more pronounced in the aggregates. The results show that soil aggregates may actually function as a stock of nutrients in the soil. The comparison of the initial characterization of the

soil of the chemical attributes with that at the end of the experiment period showed that the use of swine manure provided a greater increase, mainly, of the TOC, NT and P available in the soil compared to the treatments Control and CF.

**Keywords:** Pig slurry. Compost of swine waste. Aggregates stability. Aggregate fertility. No-tillage System.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa com a localização do município de Braço do Norte, SC. .....	43
Figura 2 – Dados de Temperatura média, em °C, e precipitação média, em mm, da estação metereológica da Epagri/Ciram, localizada no município de Urussanga, SC. ....	54
Figura 3 - Distribuição dos macroagregados estáveis em água: (a) macroagregados na camada de 0-5 cm; (b) macroagregados na camada de 5-10 cm; (c) macroagregados na camada de 10-20 cm em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.....	58
Figura 4 - Distribuição dos mesoagregados estáveis em água: (a) mesoagregados na camada de 0-5 cm; (b) mesoagregados na camada de 5-10 cm; (c) macroagregados na camada de 10-20 cm, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.....	59
Figura 5 - Distribuição dos microagregados estáveis em água: (a) microagregados na camada de 0-5 cm de profundidade; (b) microagregados na camada de 510 cm; (c) microagregados na camada de 1020 cm, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.....	60
Figura 6 - Grau de floculação: (a) na camada de 0-5 cm; (b) na camada de 5-10 cm; (c) na camada de 10-20 cm, em %, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	64
Figura 7 - Carbono orgânico total: (a) agregados e (b) TFSA (0-5 cm); (c) agregados e (d) TFSA (5-10 cm); (e) agregados e (f) TFSA (10-20 cm), em g kg <sup>-1</sup> , submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.....	67
Figura 8 - Teores de Nitrogênio total, sendo (a) agregados e (b) TFSA (0-5 cm); (c) agregados e (d) TFSA (5-10 cm); (e) agregados e (f) TFSA (10-20 cm), em g kg <sup>-1</sup> , em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC .....	72





## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização inicial da área experimental. ....	44
Tabela 2 - Teores de massa seca (MS), teor de carbono (C), quantidade de adubos aplicada (QA) e teores de N, P, K, Ca, Mg e Na dos adubos aplicados nos cultivos de milho e aveia, em Braço do Norte, SC, no período de 2013 a 2016. ....	46
Tabela 3 - Matéria seca (MS) da aveia preta, em Mg ha <sup>-1</sup> , submetida a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, ao longo do período de avaliação (2014 a 2016). ....	53
Tabela 4 - Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, em mm, no perfil de solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, na avaliação realizada em 2015 e 2016. ....	55
Tabela 5 - Densidade do solo, em g cm <sup>-3</sup> , no perfil de solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, ao longo do período de avaliação (2015 e 2016). ....	65
Tabela 6 - Carbono orgânico total dos agregados do solo (Agreg) e da terra fina seca ao ar (TFSA); nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	69
Tabela 7 - Nitrogênio total dos agregados do solo (Agreg) e da terra fina seca ao ar (TFSA); nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	73
Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros de acidez, dos agregados do solo, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	76
Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros de acidez, da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	78
Tabela 10 - Valores médios dos parâmetros de acidez, dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	80
Tabela 11 - Valores médios dos atributos químicos, dos agregados do solo, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	83

Tabela 12 - Valores médios dos atributos químicos, da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	86
Tabela 13 - Valores médios dos atributos químicos, dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC. ....	88

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM – Adubação mineral  
CDSLim – Composto de dejetos suíno limitante  
COS – Composto orgânico de suínos  
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CNPQA – Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves  
Cfa – Clima Subtropical mesotérmico úmido -Classificação climática de Köppen-Geiger  
CQFS – Comissão Química de Fertilidade do Solo  
DL100 – Dejetos líquidos de suínos de acordo com a recomendação para suprir a dose de 100 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N para a cultura do milho e da aveia  
DLLim – Dejetos líquidos de suínos limitante  
DLS – Dejetos líquidos de suínos  
DMG - Diâmetro médio geométrico  
DMP – Diâmetro médio ponderado  
Dp – Densidade da partícula do solo  
DS – Dejetos Suínos  
Ds – Densidade do solo  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
FATMA – Fundação do Meio Ambiente  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
LCA – P – Limite crítico ambiental para o elemento fósforo  
Map – Macroporosidade  
Map/Mip – Razão macroporosidade/ microporosidade  
MF – Massa fresca  
Mip - Microporosidade  
MOS – Matéria orgânica do solo  
MS – Matéria Seca  
NEPEA - SC – Núcleo de estudo, Pesquisa e Extensão em Agroecologia  
PR – Paraná  
Pt – Porosidade total  
RS – Rio Grande do Sul  
Rp – Resistência a penetração  
RTA – Resina trocadora de ânions  
SC – Santa Catarina  
SPC – Sistema de preparo convencional do solo  
SPD – Sistema Plantio Direto

Test – Testemunha

TFSA – Terra fina seca ao ar

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

## LISTA DE SÍMBOLOS

Ø - Diâmetro  
% – percentagem(s)  
°C – Grau(s) Celsius  
Al – Alumínio  
C – Carbono  
Ca – Cálcio  
CaCl<sub>2</sub> – Cloreto de cálcio  
C/N – Relação carbono e nitrogênio  
Cm – Centímetro(s)  
Cm<sup>3</sup> – Centímetros cúbicos  
Cmolc dm<sup>-3</sup> – Centimol de carga por decímetro cúbico  
Cmolc kg<sup>-1</sup> – Centimol de carga por quilograma de solo  
COT – Carbono orgânico total  
Cu - Cobre  
CV – Coeficiente de variação  
g – grama(s)  
g kg<sup>-1</sup> – grama por quilograma  
ha – Hectare(s)  
K – Potássio  
KCl – Cloreto de potássio  
kg – Quilograma(s)  
kg ha<sup>-1</sup> – Quilograma(s) por hectare  
M - Molar  
m – Metro(s)  
m<sup>2</sup> – Metro quadrado  
m<sup>3</sup> – Metro cúbico  
m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> – Metro cúbico por hectare  
m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> – Metro cúbico por hectare por ano  
Mg – Magnésio  
mg kg<sup>-1</sup> – miligrama(s) por quilograma  
Mg ha<sup>-1</sup> – Megagrama(s) por hectare  
Mg dm<sup>-3</sup> – Megagrama(s) por decímetro cúbico  
mL – Mililitro (s)  
mm – Milímetro(s)  
Mn – Manganês  
mol L<sup>-1</sup> – mol por litro  
N – Nitrogênio  
Na - Sódio  
P – Fósforo

PCZ – Ponto de carga zero

pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> – Potencial hidrogeniônico em água

pH<sub>KCl</sub> – Potencial hidrogeniônico em Cloreto de Potássio

Zn - Zinco

## SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO ....	25
2	INTRODUÇÃO.....	27
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
	3.1 DEJETOS SUÍNOS E AGRICULTURA.....	29
	3.2 AGREGAÇÃO DO SOLO.....	31
	3.3 DEJETOS SUÍNOS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	33
	3.4 DEJETOS SUÍNOS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	36
4	OBJETIVOS.....	39
	4.1 OBJETIVO GERAL.....	39
	4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
5	OBJETIVO DE ESTUDO E HIPÓTESES.....	41
	5.1 HIPÓTESES.....	41
6	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
	6.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO E DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS.....	43
	6.2 PRODUÇÃO DE MS DA AVEIA PRETA.....	48
	6.3 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO PARA OBTENÇÃO DOS AGREGADOS DO SOLO.....	48
	6.4 AVALIAÇÕES FÍSICAS.....	48
	6.4.1 Estabilidade dos agregados em água.....	48
	6.4.2 Grau de floculação das argilas.....	49
	6.4.3 Densidade do solo.....	49
	6.5 AVALIAÇÕES QUÍMICAS.....	49
	6.5.1 Determinação do teor de carbono nos agregados e na TFSA 50	
	6.5.2 Determinação do teor de nitrogênio total (NT) nos agregados e na TFSA.....	50
	6.5.3 Caracterização do complexo sortivo dos agregados do solo e da TFSA50	

6.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	50
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
7.1	MATÉRIA SECA DA AVEIA.....	53
7.2	ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO, GRAU DE FLOCULAÇÃO DAS ARGILAS E DENSIDADE DO SOLO .....	54
7.3	TEORES DE COT E NT NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA	66
7.4	PARÂMETROS DE ACIDEZ NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA .....	75
7.5	VALORES MÉDIOS DE P, K, Ca, Mg E Na NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA.....	81
8	CONCLUSÃO .....	93
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
	REFERÊNCIAS.....	97



## 1 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

O presente trabalho, intitulado “Atributos físicos e químicos de agregados e da terra fina seca ao ar em solo cultivado com aveia/milho adubado com dejetos suínos e fertilizantes minerais” foi desenvolvido em experimento instalado no ano de 2013 em uma propriedade suinícola situada no município de Braço do Norte, região Sul do estado de Santa Catarina (SC).

O trabalho está vinculado ao Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA-SC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que desenvolve trabalhos com o uso de dejetos suínos como fonte de nutrientes para as culturas e sua influência nos atributos edáficos para as culturas desde 2002. No mesmo experimento do referido trabalho já foram desenvolvidos dois trabalhos de conclusão de curso e estão em andamento uma dissertação de mestrado e uma tese de doutorado. Os títulos e autores dos trabalhos realizados no mesmo experimento estão listados abaixo em ordem cronológica.

Trabalhos concluídos:

1) 2015 - Agregação e atributos químicos de agregados em solo sob cultivo de aveia/milho com o uso de dejetos suínos e adubação química. Guilherme Wilbert Ferreira;

2) 2017 - Influência do manejo da aplicação de dejetos suínos e adubação mineral sobre os teores totais de nitrogênio e carbono orgânico em agregados do solo. Talita Trapp

Trabalhos em andamento:

1) 2017 – Atual: Impacto do uso continuado de dejetos de animais na emissão de gases de efeito estufa, nos teores e estoques de carbono e nitrogênio no solo e na produtividade de culturas, conduzido pelo doutorando Vilmar Muller Junior;

O trabalho de dissertação foi conduzido com auxílio financeiro dos projetos “Indicadores de contaminação e resposta de culturas em solos submetidos à aplicação de dejetos de suínos”, Edital Universal CNPq, 2011”; “Tecnologias Sociais para a Gestão das Águas II”, Petrobras Ambiental: UFSC, EMBRAPA CNPSA e EPAGRI (2012-2014)”.



## 2 INTRODUÇÃO

A produção de suínos destaca-se na região Sul do Brasil, com ênfase para o estado de Santa Catarina (SC), que no ano de 2016 foi o maior produtor, com cerca de 10,73 milhões de cabeças de suínos, seguido pelos estados do estado do Paraná (PR) (8,8 milhões de cabeças de suínos), e do estado do Rio Grande do Sul (RS) (8,36 milhões de cabeças de suínos) (EPAGRI, 2017). A atividade é uma das principais fontes de renda nas pequenas propriedades agrícolas, administradas predominantemente por mão de obra familiar (CERETTA et al., 2010a), e está concentrada principalmente nas regiões Oeste e Sul do estado, as quais são tradicionais regiões produtoras (EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2003). Em SC, destaca-se o município de Braço do Norte, situado no Sul do estado, o qual possui uma das maiores concentrações de suínos por área do país, e uma das maiores do mundo, com um rebanho de 314.810 suínos, o que gera uma densidade de 1.485 animais por km<sup>2</sup> e 10,85 animais por habitante (EPAGRI, 2017). Como esses animais são produzidos em sistema intensivo de confinamento, um grande volume de dejetos é gerado diariamente (COUTO et al., 2010), que pode chegar a uma média de 8,6 litros por animal por dia em uma granja de ciclo completo de produção (DIESEL, MIRANDA & PERDOMO, 2002). Na busca por um destino adequado ao grande volume de dejetos produzidos pela atividade suinícola, o meio técnico tem recomendado o uso de dejetos como adubo em lavouras e pastagens.

Os dejetos suínos (DS) podem ser utilizados tanto na via sólida como líquida e, por conterem os macro e micronutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas, podem servir de alternativa na substituição parcial ou total de adubos minerais, além de promover a manutenção da produtividade e diminuição do uso de insumos externos nas áreas agrícolas (CASSOL et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012). Entretanto, o grande problema do uso dos dejetos é sua composição desbalanceada, decorrente de fatores como a ração dos animais, idade, tipo da dieta e eventuais tratamentos dos animais (Corrêa et al., 2011), o que torna difícil realizar uma recomendação técnica de doses padronizadas de dejetos (KIRCHMANN et al., 1994). Desse modo, muitos produtores têm aplicado dejetos conforme a capacidade de armazenamento de suas esterqueiras, utilizando lavouras e pastagens para descarte.

Assim como a suinocultura tem tido uma grande evolução nos últimos anos, especialmente no Sul do Brasil, o uso do sistema plantio direto (SPD) também tem aumentado. O SPD se constitui em um sistema de manejo já consolidado, cuja premissa principal consiste na

implantação das culturas com o preparo do solo restrito à linha de plantio ou berço de semeadura, com produção de adequada quantidade de matéria seca (MS) por plantas de cobertura a ser depositada na superfície do solo, além do uso de rotação de culturas (ALVARENGA et al., 2001). Com a rápida adoção e expansão das áreas cultivadas sob SPD na Região Sul do Brasil, tornou-se cada vez mais comum a aplicação superficial dos dejetos de animais diretamente sobre os resíduos culturais das plantas de cobertura no outono/inverno, com destaque para a aveia-preta, antecedendo a semeadura do milho (AITA e GIACOMINI, 2008; GUARDINI et al., 2012; AITA, GIACOMINI e HUBNER, 2016; BENEDET et al., 2016).

Desse modo, para que a utilização de dejetos suínos como adubos orgânicos associada a adoção do SPD possam se tornar uma prática ambientalmente correta dentro do agroecossistema, deve-se partir de recomendação técnica definindo as quantidades a serem aplicadas, para melhorar as características físicas (TAVARES FILHO et al., 2010; COMIN et al, 2013), químicas (BRUNETTO et al., 2012; GUARDINI et al., 2012; LOURENZI et al., 2013) e biológicas do solo (LALANDE et al., 2000; PLAZA et al., 2004; GUERRERO et al., 2007; PLAZA, et al., 2007), além de diminuir a dependência do agricultor por insumos externos à propriedade, com diminuição dos custos de produção.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DEJETOS SUÍNOS E AGRICULTURA

O Brasil ocupa a quarta posição na produção e exportação da carne suína, tendo um dos maiores rebanhos mundiais de suínos, ficando atrás apenas da China, União Europeia e Estados Unidos. No ano de 2016 o rebanho de suínos atingiu 39,9 milhões de cabeças. A produção brasileira de carne suína vem crescendo em torno de 4% ao ano, sendo os estados de SC, PR e RS os principais produtores de suínos do país, com rebanho de 10,73, 8,88 e 8,36 milhões de cabeças, respectivamente (IBGE, 2016).

A produção de suínos destaca-se na região Sul do Brasil, em que nos municípios de SC, tais como Braço do Norte, assim como em outros situados no RS e PR, a atividade é uma das principais fontes de renda nas pequenas propriedades agrícolas administradas por mão de obra familiar (CERETTA et al., 2010a). Entretanto, devido ao sistema intensivo de produção, um número elevado de suínos é criado nestas unidades agrícolas, gerando um grande volume de dejetos (COUTO et al., 2010; IBGE, 2014), que pode chegar a uma média de 8,6 litros por animal por dia em uma granja de ciclo completo de produção (DIESEL, MIRANDA & PERDOMO, 2002). Na busca por um destino adequado ao grande volume de dejetos produzidos pela atividade suinícola, o meio técnico tem recomendado o uso de dejetos como adubo. Vários autores têm demonstrado que a utilização desses dejetos como fonte de nutrientes, em áreas de lavouras e pastagens, promove a ciclagem de nutrientes e aumenta o rendimento das culturas (KONZEN, 2003; CERETTA et al., 2005; COMIN et al., 2013; MAFRA et al., 2014).

Os dejetos suínos podem ser utilizados tanto na via sólida (cama sobreposta e composto orgânico) como líquida (dejetos líquidos) e, por conterem os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (N, P, K, Ca e Mg), podem servir de alternativa na substituição parcial ou total de adubos minerais, além de promover a manutenção da produtividade e diminuição do uso de insumos externos nas áreas agrícolas (CASSOL et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012). Na literatura são variados os estudos que relatam o efeito positivo dos adubos orgânicos sobre a produtividade de diversas culturas, tais como oleráceas, frutícolas, pastagens e cereais (SCHEFFER-BASSO et al., 2008; VIDIGAL et al., 2010; CASSOL et al., 2012), o aumento dos índices de agregação e estabilidade dos agregados em água (COMIN et al., 2013; LOSS et al., 2017) e o aumento dos teores de carbono orgânico total do solo (COMIN et al., 2013; MAFRA et al., 2014).

Considerando a composição química desbalanceada dos dejetos suínos em comparação aos fertilizantes minerais, por conta da alimentação fornecida aos animais, do manejo da água e das condições de manejo e armazenamento dos dejetos, não é possível definir uma recomendação de doses padronizadas (KIRCHMANN et al., 1994). Desse modo, muitos agricultores têm aplicado os dejetos conforme a capacidade de armazenamento de suas esterqueiras, ou seja, fazem a disposição dos dejetos no solo para esvaziar os reservatórios, como forma de descarte do dejetos. A aplicação contínua de dejetos suínos no solo, sem recomendação técnica, ou mesmo para fornecer o N recomendado às plantas, pode ocasionar desequilíbrios de nutrientes no solo, como acúmulo de metais pesados, como o Cu e Zn (GIROTTO et al., 2010; TIECHER et al., 2013). Esses elementos, quando em excesso no solo, podem contaminar águas superficiais por meio do escoamento superficial (GIROTTO et al., 2010), além de causar toxidez às plantas, com redução do crescimento (GUPTA, 2001; CUNHA et al., 2008). Ainda, aplicações contínuas podem resultar em acúmulo de outros elementos, como o N e o P que, quando em excesso no solo, podem ser perdidos por escoamento superficial e lixiviação, causando a contaminação de águas superficiais e subterrâneas, e promover sua eutrofização (CERETTA et al., 2010b; GUARDINI et al., 2012; GIROTTO et al., 2013).

A avaliação das alterações nos atributos químicos do solo submetido a aplicações sucessivas de dejetos suínos em seis propriedades suinícolas no município de Braço do Norte (SC), cultivadas com culturas anuais e pastagens, demonstrou que os níveis disponíveis de dejetos aplicados em cinco propriedades estavam acima de  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (267, 92, 183, 145 e  $403 \text{ m}^3$ ), o qual era o máximo permitido pela Fundação do Meio Ambiente de SC (FATMA) até 2014, e apenas uma propriedade possuía a área necessária para receber a aplicação de dejetos (COUTO et al., 2010). Em consequência da aplicação de dejetos suínos ao longo dos anos, houve aumento dos teores de P disponível e K trocável para valores muito alto e os de Cu, Zn e Mn até valores considerados alto.

A utilização de dejetos suínos como fonte de nutrientes pode se tornar uma prática ambientalmente correta, desde que obedecidos os critérios técnicos de recomendação para a sua aplicação no solo. A dose de dejetos a ser aplicada e a quantidade máxima de dejetos que determinado solo pode receber é regida pela Instrução Normativa n.11 da Fundação do Meio Ambiente de SC (FATMA, 2014). Este documento define o número de animais alojáveis em função da demanda de nutrientes nas áreas agrícolas que receberão os dejetos suínos, e sua dose deve ser baseada no nutriente fósforo (P), para manter seus teores na classe “Alta”

de disponibilidade para cada classe textural do solo na camada de 0–10 cm. Ainda, este documento define um limite crítico ambiental para o elemento fósforo (LCA-P) para fins de monitoramento da qualidade do solo adubado com fertilizante orgânico de suíno. Desse modo, obtém-se a adequada nutrição das plantas e evita-se o acúmulo em teores desse nutriente no solo que possam comprometer a sua qualidade e a do ambiente.

Na literatura há trabalhos cujos autores demonstraram os benefícios do uso dos dejetos suínos nos atributos físicos do solo, tais como densidade do solo (Ds) e das partículas (Dp), porosidade total do solo e no aumento dos índices de agregação e estabilidade dos agregados em água (TAVARES FILHO e RIBON, 2008; ARATANI et al., 2009; CARNEIRO et al., 2009; TAVARES FILHO et al., 2010; COMIN et al., 2013; AGNES e KLEIN, 2014; LOSS et al., 2017). Por outro lado, outros estudos mostram que a adição de dejetos de animais pode causar alterações químicas muito em função do tipo de solo, taxa de precipitação, quantidade de dejetos aplicada e tempo entre as aplicações (CHOUDHARY et al., 1996; ZHOU et al., 2013), levando a uma diminuição dos índices de agregação e estabilidade dos agregados em água (BENITES e MENDONÇA; 1998; WUDDIVIRA e CAMPS-ROACH, 2007; BARBOSA et al., 2015). Entretanto, são incipientes os trabalhos que abordam os efeitos dos dejetos suínos nos atributos físicos do solo em longo prazo, e é conhecido que os efeitos no solo são cumulativos (AGNE e KLEIN, 2014).

### 3.2 AGREGAÇÃO DO SOLO

A estrutura do solo pode ser compreendida como o arranjo das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) em agregados, separados entre si por superfícies ou linhas de fraca resistência. A formação dos agregados do solo permite que ocorra um novo arranjo ao longo do perfil do solo, que irá influenciar em algumas propriedades do solo, como: aeração, infiltração, retenção e redistribuição de água no solo e susceptibilidade à erosão (RIBEIRO, OLIVEIRA E ARAÚJO FILHO, 2012).

Para que ocorra a formação dos agregados do solo são necessárias duas etapas: a aproximação das partículas unitárias do solo, seguida da estabilização das mesmas através de agentes cimentantes. Desse modo, a fração argila, óxidos, carbonatos, polissacarídeos, fungos micorrízicos arbusculares e, principalmente, a presença de MOS, desempenham papel

importante na formação e estabilização da estrutura do solo com agregação (CARTER, 2004).

Os estudos referentes à dinâmica da agregação apresentam dois momentos históricos distintos. Até 1900, os principais fatores que controlam a formação de agregados do solo (a fauna do solo, os microrganismos do solo, raízes, agentes ligantes inorgânicos do solo e as variáveis climáticas) já haviam sido identificados. Entretanto, muito pouco se sabia sobre a relação entre esses fatores e a formação dos agregados em si (Six et al., 2004).

Six et al. (2004) em sua revisão sobre os elementos históricos da teoria da agregação, elencam vários trabalhos que tratam da formação da agregação do solo, com destaque para o de Edwards e Bremner (1967), que estabeleceram que a formação dos agregados se dá principalmente a partir de ligações C-P-OM, onde C são as partículas de argila, P são os metais polivalentes (Al, Fe, Ca) e OM como sendo complexos organometálicos.

Posteriormente, Tisdall e Oades (1982) propuseram a teoria da hierarquia dos agregados. De acordo com esses autores, a ligação entre diferentes agentes ocorre em diferentes estágios hierárquicos. Partículas livres de tamanho  $< 20\mu\text{m}$  são unidos por agentes persistentes para formar os microagregados. Esses agentes persistentes podem ser a matéria orgânica humificada, metais polivalentes, complexos catiônicos, óxidos e aluminossilicatos. Estes microagregados, por sua vez, podem ligar-se em macroagregados  $> 250\mu\text{m}$  por agentes temporários, como raízes e hifas de fungos, ou transitórios, como polissacarídeos de origem microbiana ou vegetal. Desse modo, a estabilidade dos microagregados é maior e menos dependente do manejo agrícola do que a estabilidade dos macroagregados. Dois anos após a publicação de sua teoria, Oades (1984) propôs uma pequena modificação no conceito de hierarquia, de modo que as raízes e hifas podem formar microagregados no interior dos macroagregados, visto que são agentes temporários e, ao se decomporem, podem formar fragmentos no interior dos macroagregados. Esses processos estão relacionados com a persistência temporal dos agentes de ligação que acentuam a formação de microagregados ou estabilizam macroagregados a partir do emaranhado de hifas fúngicas e raízes, que são agentes de ligação temporários (TIVET et al., 2013)

Elliot (1986) hipotetizou que os macroagregados contém MOS mais lábil e menos processada que os microagregados e que essa MOS é perdida com os cultivos. Essa hipótese identificou pela primeira vez uma ligação entre distúrbios proveniente dos manejos agrícolas, diminuição da agregação e perda da MOS lábil. A partir dessas observações, expôs dois



conjuntos básicos de ideias, que podem ser usados para identificar a existência da hierarquia de agregados no solo. A primeira é que existe um aumento na concentração C com o aumento da classe agregada e a segunda, que existe um teor mais elevado de C lábil em macroagregados, quando comparado a microagregados. Com isso, Elliot & Coleman (1988) adotaram o conceito de Oades (1984), e atribuíram que a formação de microagregados no interior de macroagregados pode se dar pelas condições anaeróbicas desse ambiente.

Com base na teoria de Tisdall & Oades (1982), Dexter (1988) formulou o "princípio da exclusão de porosidade". Esse princípio afirma que os agregados de menor ordem hierárquica excluem os espaços porosos entre os blocos de construção dos agregados de um nível hierárquico superior. Shipitalo & Prots (1989) apresentaram um modelo de formação de microagregados pela excreção de minhocas, que destrói os microagregados pré-existentes e, através da digestão, promovem a formação de novas estruturas ligadas por muco intestinal. Além do processo de digestão, o transito desses invertebrados no solo promove a formação de galerias e a fragmentação de resíduos vegetais. Entra então o conceito de agregados biogênicos (SHIPITALO & PROTS, 1989; GOLCHIN et al., 1994; CARRIZO et al., 2015).

Oades & Waters (1991) argumentaram que, se um solo apresenta a hierarquia de agregação, macroagregados irão se romper gradualmente em microagregados antes de se dissociarem em partículas primárias, quando um aumento da energia dispersiva é aplicado ao solo. Nesse momento pode-se observar a relação com o manejo conservacionista do solo e impactos negativos na agregação do solo. Six et al. (1998) desenvolveram um modelo conceitual para explicar a influência de distúrbios dentro dos agroecossistemas e sua relação na taxa de estilização do C do solo. Esse modelo liga a porção de C perdida por distúrbios ambientais ao aumento da destruição dos macroagregados.

### 3.3 DEJETOS SUÍNOS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A qualidade física de um solo pode ser realizada através da avaliação de diversos atributos, tais como: densidade do solo (Ds), macroporosidade (Map), microporosidade (Mip) e porosidade total (Pt), estabilidade de agregados e resistência do solo à penetração (RP) (CASTRO FILHO et al., 1998; ASSIS e LANÇA, 2005; TAVARES FILHO e RIBON, 2008; ARATANI et al., 2009; CARNEIRO et al., 2009; NUNES et al., 2010; TAVARES FILHO et al., 2010).

A Ds é um importante indicativo das condições de manejo do solo, pois esta propriedade reflete algumas das características do sistema poroso do solo. Como as raízes das plantas se desenvolvem nos poros, admite-se que qualquer alteração significativa no sistema poroso do solo pode resultar em interferência no desenvolvimento delas (FERREIRA, 2010). Um aumento da Ds pode reduzir a atividade biológica e a Map do solo, ocasionando em maior resistência física ao crescimento radicular (JIMENEZ et al., 2008). Concomitantemente, a permeabilidade e disponibilidade de nutrientes pode ser alterada (BEUTLER et al., 2006; FREDDI et al., 2007), podendo afetar negativamente o crescimento das plantas. Ainda, a Ds pode servir como um indicador da capacidade de armazenamento de água para as plantas, uma vez que a água do solo está associada às características do sistema poroso do solo (FERREIRA, 2010).

O estudo dos efeitos nos atributos físicos do solo decorrentes de diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS): área de mata nativa adjacente às áreas de plantio em processo de sucessão secundária há mais de 30 anos (FL); Pastagem de Tifton 85 há 10 anos com adubação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de uréia e 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, além de 180 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (PA+DLS); Plantio Direto há 20 anos com sucessão de soja-trigo-milho, com adubação de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 10-20-20, acrescido de 200 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DLS (PD+DLS); Plantio direto há mais de 30 anos com sucessão de milho-aveia-soja, com adubações anuais de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK 10-30-10, mais 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia e 100 kg ha<sup>-1</sup> de KCl (PD); Preparo convencional do solo há aproximadamente 40 anos com sucessão de milho-aveia-milho, com adubações de 200 kg ha<sup>-1</sup> de DAP, 200 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, 250 kg ha<sup>-1</sup> de ureia, com aplicação de 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de DLS (PC+DLS), mostrou que a aplicação de DLS não alterou os atributos físicos avaliados (Ds, Pt, Map), razão Map e Mip (Map/Mip) e RP, nos diferentes sistemas de manejo avaliados (OLIVEIRA, LIMA E JAN VERBURG, 2015).

O uso de dejetos suínos como adubo para as culturas por longo tempo pode aumentar os teores de matéria orgânica do solo (MOS) (COMIN et al., 2013; LOSS et al., 2017). A MOS tem grande influência, direta e indireta, em todas as características do solo (BLANCO-CANQUI et al., 2009; VIANA et al., 2011). Com relação aos atributos físicos do solo, a MOS é o principal agente de formação e estabilização dos agregados do solo, sendo a avaliação do diâmetro médio ponderado (DMP) e, ou, geométrico (DMG) dos agregados de extrema importância para a avaliação da qualidade física de um solo (WENDLING et al., 2012). O DMP é tanto maior quanto maior for a proporção de agregados

retidos nas peneiras com malhas maiores, principalmente de 2 mm; e o DMG representa uma estimativa do tamanho da classe de agregação de maior ocorrência (KEMPER e CHEPIL, 1965). A agregação do solo representa um bom indicador de qualidade física do solo, principalmente os agregados maiores que 2 mm (VEZZANI e MIELNICZUK, 2011; LOSS et al., 2011).

Entre os sistemas de manejo de solo mais utilizados, o SPD é o que propicia melhor estruturação do solo, aliado ao maior incremento do conteúdo de MOS, aumentando a estabilidade de agregados (MATOS et al., 2008). COMIN et al. (2013), ao avaliarem o efeito da aplicação de DLS por oito anos (DL1X e DL2X, uma e duas vezes a recomendação da dose de N para o milho e aveia preta, respectivamente) e cama sobreposta de suínos (CSS1X e CSS2X, uma e duas vezes a recomendação da dose de N para o milho e aveia preta, respectivamente), além de uma área Testemunha (sem adubação), sobre a agregação do solo e os teores de carbono orgânico total (COT) sob cultivo de aveia/milho em SPD, observaram que o tratamento com CSS favoreceu a formação de agregados maiores que 4 mm e aumentou os índices de agregação e estabilidade de agregados nas camadas de 0-5 e 15-20 cm em comparação aos tratamentos com DLS e Testemunha. Ainda, a aplicação de CSS2X reduziu a RP em 34 e 20%, respectivamente, nas camadas de 5-10 e 10-15 cm em comparação a área Testemunha. Esses autores concluíram que oito anos de aplicação continuada de cama sobreposta de suínos na sucessão aveia-preta/milho em SPD aumentou a agregação do solo e os teores de COT do solo em comparação aos DLS e a Testemunha.

Na literatura existem alguns trabalhos que mostram o efeito negativo da adição dos dejetos suínos sobre os atributos físicos do solo. Isso ocorre porque a adição de dejetos suínos pode causar alterações químicas, muito em função do tipo de solo, taxa de precipitação após a aplicação, quantidade de dejetos aplicada e tempo entre as aplicações (CHOUDHARY et al., 1996; ZHOU et al., 2013).

Em estudo para avaliar a dispersão da argila em água e a agregação de um Latossolo após a aplicação de dejetos líquido de suínos (33 e 66 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e cama sobreposta de aves (1920 e 3840 kg ha<sup>-1</sup>), Barbosa et al. (2015) observaram que a aplicação de dejetos líquido de suínos e cama sobreposta de aves proporcionaram uma maior dispersão da argila em água após 30 dias da aplicação, muito em função do aumento das cargas negativas no solo pelo aumento do pH<sub>H2O</sub> e consequente diminuição do ΔpH.

Para testar a influência da adição de Ca e matéria orgânica na formação e estabilidade de agregados em água, em um estudo de

incubação em Trinidad e Tobago, Wuddivira e Camps-Roach (2007) adicionaram composto tratado (0, 4 e 12 % da massa do solo), Ca a partir de uma solução aquosa de  $\text{CaCl}_2$  (0, 0,05 e 1M), em três tipos de solo, de três diferentes localidades: Bejucal (82,3% de argila, 1,6% de COT e  $13,9 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  de Ca); Non-Pareil (65,8% de argila, 1,3% de COT e  $3,1 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  de Ca); Piarco (14,8% de argila, 1,2% de COT e  $2,7 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  de Ca). Os autores observaram que a adição de  $\text{Ca}^{+2}$  proporcionou um aumento na porcentagem de agregados estáveis em água nos solos das localidades de Non-Pareil e Piarco, enquanto na localidade de Bejucal houve um aumento na dispersão dos agregados. Isso ocorreu devido à mineralogia e tipo de argila de cada local, de modo que nas localidades em que observou-se um aumento na porcentagem de agregados o solo era composto principalmente de caulinita (argila 1:1), enquanto na localidade de Bejucal, principalmente de esmectita (argila 2:1).

#### 3.4 DEJETOS SUÍNOS E SUA INFLUÊNCIA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Com o uso de dejetos suínos ao longo dos anos podem ocorrer alterações em atributos químicos do solo, principalmente nas camadas superficiais, relacionados à acidez, como aumento dos valores de pH do solo e diminuição dos teores de Al ou da saturação por esse elemento (CERETTA et al., 2005; LOURENZI et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012). Também pode ocorrer o incremento dos teores de nutrientes como P, K, Ca e Mg (CERETTA et al., 2010a; CERETTA et al., 2010b; GUARDINI et al., 2012; LOURENZI et al., 2013). Com isso, há melhoria no ambiente químico do solo para o crescimento de raízes, devido ao aumento da saturação por bases e da redução da saturação por Al (LOURENZI et al., 2011; BRUNETTO et al., 2012).

Ao avaliarem as alterações em atributos químicos de um Latossolo Vermelho após aplicações sucessivas de composto orgânico de DLS com maravalha, nas dosagens de 0, 2, 4, 8 e 16  $\text{Mg ha}^{-1}$ , em SPD, Lourenzi et al. (2013) observaram que as maiores doses do composto orgânico aumentaram o pH do solo e reduziram acidez potencial, além de aumentar os teores de P, K, Cu e Zn em superfície, quando comparadas a um tratamento com adubação mineral (NPK). Ainda, observaram que a dose de 4  $\text{Mg ha}^{-1}$  de composto manteve os atributos químicos do solo semelhantes aos do tratamento NPK, que foi definido conforme a recomendação oficial para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS RS/SC, 2004), além de manter os teores de P nas

camadas superficiais dentro do limite crítico ambiental para solos com altos teores de argila.

Em outro estudo, Guardini et al. (2012) verificaram que a adição de CSS e DLS ao longo de oito anos no solo sob SPD elevou os teores de P até 30 cm de profundidade, principalmente nas formas inorgânicas lábeis extraídas por resina trocadora de ânions (RTA) e bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ) e, em menor quantidade, aquelas com energia de ligação intermediária, extraídas com hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ). As aplicações de dejetos também aumentaram os teores de P orgânico extraído por  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ,  $\text{NaOH}$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  e  $\text{NaHCO}_3$   $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ , o que aumenta a disponibilidade do elemento no solo e o seu potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais.

A avaliação da alteração nos teores de COT e nos atributos relacionados à acidez de um Argissolo Vermelho-Amarelo com histórico de aplicação de DLS e CSS (para suprir uma e duas vezes a necessidade de N para a sucessão milho e aveia-preta) por oito anos, demonstrou que as aplicações de DLS e CSS aumentaram o teor de COT e a CTC no solo até a profundidade de 30 cm; a aplicação de CSS diminuiu os valores de acidez ativa e de saturação por Al e aumentou os valores de saturação por bases até 30 cm de profundidade; e o uso de DLS não provocou nem acidificação nem correção da acidez do solo, indicando que o efeito desse resíduo nos atributos da acidez do solo é pequeno ou nulo (BRUNETTO et al., 2012).

Entretanto, a grande maioria dos trabalhos que avaliam os atributos químicos e físicos em áreas adubadas com dejetos animais utilizam amostras deformadas de solos para realizar a sua caracterização. E, conforme mencionado anteriormente, o uso de dejetos animais favorece a formação de macroagregados estáveis em água e incrementa os teores de COT. Sendo assim, os estudos relacionados com os teores de MOS, assim como os demais atributos químicos do solo, não devem ficar restritos às amostras de solo deformadas, devendo-se também avaliar estes elementos nos agregados do solo, com destaque para a classe dos macroagregados ( $8 \text{ mm} > \text{Ø} \geq 2 \text{ mm}$ ). Durante o processo de formação dos agregados do solo, parte da MOS se torna protegida fisicamente no interior desses agregados, causando diminuição em sua mineralização devido ao menor ataque pelos microrganismos e menor difusão de  $\text{O}_2$  e água (CHRISTENSEN, 1996). Dessa forma, a estabilidade da MOS protegida no interior do agregado é dependente da formação e da estabilidade dos agregados e de seus agentes ligantes, enquanto a

fragmentação do agregado ocasionará a exposição da MOS à decomposição (ADU E OADES, 1978).

Assim, devido à maior labilidade da matéria orgânica presente em macroagregados, a estabilidade dos mesmos é dependente da presença de plantas e do aporte constante de resíduos ao solo, por exemplo, através de dejetos animais. Diante desse aspecto, o solo sob SPD adubado com dejetos suínos apresenta aumento da estabilidade e, conseqüentemente, dos macroagregados (COMIN et al., 2013), com maior proteção física da MOS nestes agregados, evitando a sua exposição à decomposição pelos microrganismos (SIX et al. 2000). Isso justifica a necessidade da realização de mais estudos sobre a influência da aplicação de dejetos suínos, seja na forma sólida ou líquida, juntamente com a adubação química, sobre os atributos físicos e químicos de agregados.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da adubação com adubos orgânicos e mineral, associada ao uso de resíduos de plantas de cobertura em SPD, nos atributos físicos e químicos de agregados do solo e na terra fina seca ao ar em Braço do Norte, SC.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.2.1 Quantificar os atributos físicos e químicos dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar dos diferentes tratamentos ao longo dos anos;

4.2.2 Relacionar os resultados obtidos para os atributos edáficos ao longo dos anos para agregados do solo e terra fina seca ao ar com o aumento de produção de matéria seca;

4.2.3 Verificar se os agregados do solo possuem a capacidade de funcionar como estoque de nutrientes quando comparado à terra fina seca ao ar;

4.2.4 Avaliar o potencial de utilização dos dejetos suínos como fonte de nutrientes para as culturas agrícolas a partir dos resultados obtidos para cada tratamento ao longo dos anos





## 5 OBJETIVO DE ESTUDO E HIPÓTESES

A adoção de sistemas de produção que busquem a diminuição da dependência de insumos externos à propriedade agrícola é um dos pontos chave para a sustentabilidade dos agroecossistemas. Os dejetos suínos podem ser usados como adubos orgânicos, visto que os mesmos contêm os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (N, P, K, Ca e Mg), servindo como alternativa na substituição parcial e, ou, total de adubos químicos solúveis, assim promovendo a manutenção da produtividade e diminuição do uso de insumos externos nas áreas produtivas agrícolas. Todavia, tem-se que atentar para as quantidades de dejetos que são usadas na agricultura. Devido ao mau manejo dos dejetos e das altas doses que vêm sendo aplicadas pelos produtores, sem nenhuma especificação técnica de quantidade a ser utilizada, esses produtos podem comprometer a qualidade e a funcionalidade do ambiente. Assim, o uso dos dejetos suínos na adubação deve ocorrer em quantidade e modo adequados, para potencializar os benefícios dessa prática, sem comprometer a qualidade edáfica.

### 5.1 HIPÓTESES

5.1.1 A adubação das culturas com composto de dejetos suínos, associada ao uso de resíduos de plantas de cobertura em SPD, aumentará a estabilidade dos agregados e diminuirá a densidade do solo em comparação aos tratamentos controle sem adubação e com adubação química, visto que ocorrerá um aumento da matéria orgânica do solo, que é o principal agente cimentante do solo e que favorece a agregação;

5.1.2 A adubação das culturas com composto de dejetos suínos ou com dejetos líquidos de suínos, associada ao uso de resíduos de plantas de cobertura em SPD, melhorará os atributos químicos dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar em comparação aos tratamentos controle sem adubação e com adubação química, visto que esses adubos orgânicos possuem em sua composição química os macro e micronutrientes essenciais para o desenvolvimento das culturas agrícolas.

5.1.3 Os atributos químicos avaliados, com ênfase no carbono e nitrogênio totais do solo, serão maiores nos agregados do que no solo da terra fina seca ar, visto que os agregados do solo funcionam como um estoque de nutrientes do solo.

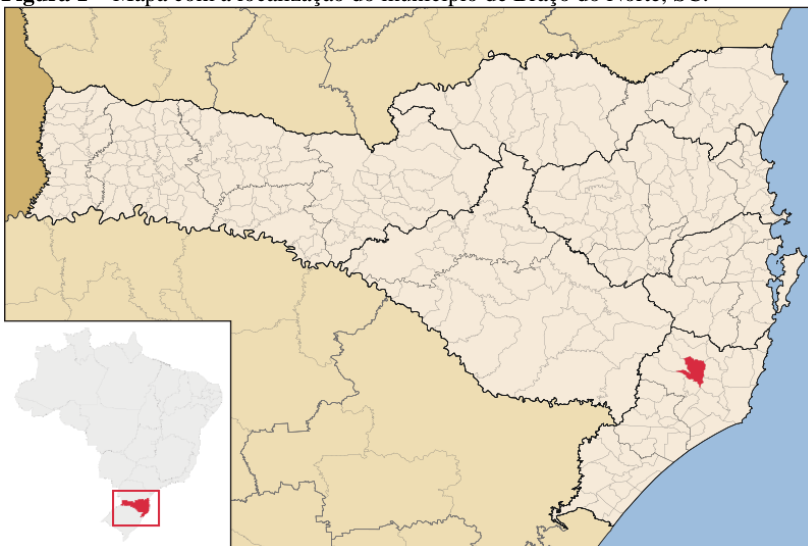


## 6 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO E DOS TRATAMENTOS UTILIZADOS

O experimento foi instalado em uma propriedade suinícola situada no município de Braço do Norte, SC, na região Sul do Brasil (longitude 49° 09' 56" W e latitude 28° 16' 30" S, 300 m de altitude) (Figura 1). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é subtropical úmido (Cfa), com temperatura média anual de 18,7°C e precipitação média anual de 1.471 mm. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo (SANTOS et al., 2013), com textura média (franco argilo-arenosa) na camada de 0-20 cm, com teores de areia, silte e argila de 503, 198 e 299 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Figura 1** – Mapa com a localização do município de Braço do Norte, SC.



Fonte: Google imagens

A área experimental foi instalada no segundo semestre de 2013, em uma propriedade com histórico de produção de milho e aplicações de dejetos líquidos de suínos sobre a superfície do solo, onde o experimento foi instalado. Cabe ressaltar que, antes da implantação do experimento, a área recebeu a aplicação de calcário, a fim de aumentar o pH do solo para

6,0. Na Tabela 1 tem-se a caracterização química inicial da área experimental.

**Tabela 1** – Caracterização inicial da área experimental.

Camada (cm)	COT ----- g kg <sup>-1</sup> -----	N ----- mg kg <sup>-1</sup> ---	P ----- mg kg <sup>-1</sup> ---	K ----- mg kg <sup>-1</sup> ---	pH em água	SMP	Al ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Ca ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Mg ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	Na ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----
0-10	5,45	0,95	31,76	60,72	5,37	6,24	0,14	1,62	0,69	-

COT = carbono orgânico total

O experimento foi delineado em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, de modo que cada parcela possuía dimensões de 6,5 m por 8 m (52 m<sup>2</sup>). O experimento está sendo conduzido pelo proprietário da área em cultivo mínimo, com semeadura direta de milho (*Zea mays*) e semeadura da aveia preta (*Avena strigosa*) com gradagem leve. A aveia é cultivada até o estágio de florescimento, quando é dessecada com o herbicida glifosato e o milho cultivado para a produção de grãos. As adubações e coletas de solo e de material vegetal ficam sob a responsabilidade da equipe do NEPEA-SC.

Em setembro de 2013, as parcelas receberam as primeiras adubações, constituindo-se os seguintes tratamentos: Testemunha, sem adubação (Test); adubação química (AQ), com aplicação de ureia (45% de N), superfosfato triplo (SFT, 46 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e cloreto de potássio (KCl, 60% K<sub>2</sub>O), seguindo a recomendação para a cultura do milho e da aveia (CQFS-RS/SC, 2004); composto de dejetos suíno + adubação química (CDSLim); dejetos líquidos de suínos + adubação química (DLLim); e dejetos líquidos de suínos de acordo com a recomendação para suprir a dose de 100 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N para a cultura do milho e da aveia, respectivamente (DL100), segundo recomendação do manual de adubação e calagem do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004). Nos tratamentos CDSLim e DLLim, a quantidade de dejetos aplicada é calculada de acordo com o elemento mais limitante (N, P ou K), isto é, a partir da recomendação do manual de adubação e calagem do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2004), no qual os teores adicionados não devem exceder os requerimentos nutricionais da cultura do milho. O suprimento dos demais nutrientes (N, P ou K) está sendo feito por meio da adubação química. Em cada aplicação dos dejetos suínos é realizada uma coleta de amostras do composto e do dejetos líquidos para posterior análise dos teores de N, P e K, e adequação das doses aplicadas e cálculos da adubação química suplementar, conforme observa-se na Tabela 2.

O composto de dejetos de suínos (CDS) foi produzido segundo metodologia proposta por Oliveira & Higarashi (2006), a partir de uma

unidade automatizada de compostagem situada na EMBRAPA Suínos e Aves (CNPSA), no município de Concórdia, SC, com o auxílio de um revolvente automático para a biomassa depositada nas leiras de compostagem. A biomassa, composta de uma mistura de DL e substrato, foi depositada em leiras com 1 m de altura e volume útil de 140 m<sup>3</sup>. Na leira utilizou-se substrato com cerca de 30% de maravalha e 70% de serragem. Desse modo, semanalmente foi aplicado, sobre a leira, um volume de 220,4 m<sup>3</sup> de dejetos, com uma relação 9,8:1 (litros de dejetos: massa de substrato, kg). O composto foi transportado de Concórdia para Braço do Norte através do auxílio de um caminhão fornecido pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Tabela 2** - Teores de massa seca (MS), teor de carbono (C), quantidade de adubos aplicada (QA) e teores de N, P, K, Ca, Mg e Na dos adubos aplicados nos cultivos de milho e aveia, em Braço do Norte, SC, no período de 2013 a 2016.

Cultivo/ Aplicação	Trat	MS %	C %	QA*	C/N	%						kg ha <sup>-1</sup>						
						N	P	K	Ca	Mg	Na	N	P	K	Ca	Mg	Na	
Milho (2013/2014) 1ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	105,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	38,09	36,62	2.307,69	16,65	2,2	2,7	1,9	0,76	0,60	0,04	9,45	7,01	7,91	15,36	12,04	0,78	
	DL100	1,12	31,85	21,15	10,98	2,9	8,1	7,5	2,54	0,40	0,34	5,50	16,97	17,86	6,03	0,95	0,80	
Milho (2013/2014) 2ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	38,09	36,62	8.076,92	16,65	2,2	2,7	1,1	0,76	0,60	0,04	33,07	24,55	27,67	15,36	12,04	0,78	
	DL100	1,12	32,43	28,85	11,79	2,7	8,6	6,3	1,35	1,08	0,09	7,00	24,63	20,41	4,35	3,49	0,29	
Milho (2013/2014) 3ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	-	-	(63,93)	-	-	-	-	-	-	-	(57,60)	-	(5,26)	-	-	-	-
	DL100	3,2	14,87	96,15	5,95	2,5	0,7	22,4	4,68	1,82	0,65	6,18	1,85	68,92	173,97	67,64	23,89	
Aveia (2014) 1ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	41,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	27,13	27,62	5.769,23 (4,42)	11,05	2,5	1,0	0,7	0,96	0,71	0,03	19,72	4,7	9,35	30,13	22,23	0,82	
	DL100	4,89	23,08	19,23	4,53	5,1	1,8	7,5	4,20	12,60	0,29	3,84	1,53	7,04	39,52	118,55	2,76	
Aveia (2014) 2ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	41,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	21,68	27,62	5.769,23 (4,42)	17,48	1,58	1,68	-	0,96	0,71	0,03	9,88	6,30 (1,90)	7,58	30,13	22,23	0,82	
	DL100	3,10	23,08	5,77	7,45	3,1	0,4	18,3	3,19	3,98	0,34	0,7	0,06	5,17	5,72	7,11	0,61	
Milho (2014/2015) 1ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	28,00	33,45	19.230,77	10,45	3,2	0,7	0,8	0,95	0,64	0,04	13,85	20,35	3,96	56,12	37,91	2,44	
	DL100	1,25	29,69	38,46	5,71	5,2	2,7	7,5	3,15	0,99	0,21	19,93	11,27	35,84	15,13	4,76	0,99	
Milho (2014/2015) 1ª aplicação	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	CDSLim	28,00	33,45	19.230,77	10,45	3,2	0,7	0,8	0,95	0,64	0,04	13,85	20,35	3,96	56,12	37,91	2,44	
	DL100	1,25	29,69	38,46	5,71	5,2	2,7	7,5	3,15	0,99	0,21	19,93	11,27	35,84	15,13	4,76	0,99	

Continua...

**Continuação da Tabela 2...**

	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50,00	16,07	25	-	-	-
Milho (2014/2015)	CDSLim	28,00	33,45	1,923,08 (46,57)	10,45	3,2	0,73	0,84	0,95	0,64	0,04	5,23	19,17 (19,96)	0,20	56,12	37,91	2,44
2ª aplicação	DLLim	1,12	17,76	9,62 (115,34)	3,7	4,8	3,2	9,9	1,84	1,12	0,72	4,15 (75,00)	7,17 (40,34)	12,91	1,98	1,21	0,77
	DL100	1,12	17,76	115,38	3,7	4,8	3,2	9,9	1,84	1,12	0,72	49,83	36,87	128,53	23,74	14,47	9,26
	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	15,00	6,43	8,30	-	-	-
Aveia (2015)	CDSLim	23,23	29,34	5.769,23	6,99	4,2	2,1	1,2	1,54	0,92	0,04	28,41	0,60	13,90	21,72	12,95	0,48
1ª aplicação	DLLim	0,61	25,55	12,5	6,55	3,9	1,5	10,6	2,23	1,16	0,41	2,37	1,00	8,09	1,70	0,88	0,31
	DL100	0,61	25,55	17,31	6,55	3,90	1,5	10,6	2,23	1,16	0,41	3,29	1,38	11,20	2,35	1,22	0,43
	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	15,00	6,43	8,30	-	-	-
Aveia (2015)	CDSLim	-	-	(33,94)	-	-	-	-	-	-	-	(1,73)	(12,32)	(2,87)	-	-	0,48
2ª aplicação	DLLim	5,49	35,21	57,69 (7,88)	5,10	6,9	2,6	1,9	1,81	1,34	0,08	24,32 (3,89)	10,25 (1,71)	8,50	57,32	42,28	2,57
	DL100	5,49	35,21	67,31	5,18	6,8	2,6	1,9	1,81	1,34	0,08	28,39	11,96	9,92	66,68	49,33	3,00
	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	75	-	-	-	-	-	-	-	33,33	10,71	13,83	-	-	-
Milho (2015/2016)	CDSLim	21,05	26,78	14.348,08	16,95	1,58	0,77	0,82	1,05	0,51	0,04	23,57	6,89	21,78	68,07	33,15	2,26
1ª aplicação	DLLim	1,69	20,62	115,38	6,92	2,98	0,9	1,45	2,11	4,22	0,33	46,35	15,46	28,18	41,09	82,19	6,51
	DL100	1,69	20,62	134,62	6,92	2,98	0,9	1,45	2,11	4,22	0,33	54,08	18,03	32,87	47,95	95,89	7,59
	Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AQ	-	-	150	-	-	-	-	-	-	-	66,67	50,00	33,00	-	-	-
Milho (2015/2016)	CDSLim	21,05	26,78	13.461,54 (98,32)	-	-	-	-	1,05	0,51	0,04	22,11 (54,09)	6,46 (44,23)	20,44	68,07	33,15	2,26
2ª aplicação	DLLim	1,69	20,62	115,38 (10,82)	7,26	2,84	1,03	0,68	2,71	2,87	0,34	44,17 (10,82)	17,69	13,21	52,86	55,98	6,73
	DL100	1,69	20,62	125,00	7,26	2,84	1,03	0,68	2,71	2,87	0,35	47,85	19,16	14,32	57,27	60,64	7,29

Trat = Tratamento; Test = Testemunha; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos segundo a recomendação de 100 e 30 kg de N para a cultura do milho e da aveia, respectivamente, conforme CQFS RS SC (2004, 2016). A AQ foi realizada com aplicação de ureia (45%), Superfosfato Triplo (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), e cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Valores em parêntesis representam as adubações químicas suplementares para os tratamentos CDSLim e DLLim, expressos em kg ha<sup>-1</sup>. \*Os valores da QA para os tratamentos AM e CDSLim estão expressos em kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que para os tratamentos com DL, em m<sup>3</sup> há.

## 6.2 PRODUÇÃO DE MS DA AVEIA PRETA

Ao final de agosto/início de setembro dos anos de 2014, 2015 e 2016 foi realizada a avaliação da quantidade de MS produzida pela aveia preta, coletando-se aleatoriamente, três subamostras de 0,25 m<sup>2</sup> em cada parcela, que foram reunidas em uma amostra composta. No momento da avaliação, a aveia preta encontrava-se no estágio de plena floração. Esse material foi pesado, para obtenção da massa fresca (MF). Posteriormente, o material coletado foi seco a 65°C em estufa até peso constante, e determinado então a MS.

## 6.3 COLETA DE AMOSTRAS DE SOLO PARA OBTENÇÃO DOS AGREGADOS DO SOLO

Em maio de 2015 e 2016 foram coletadas amostras indeformadas de solo em todas as parcelas, com quatro repetições por tratamento. Cada repetição foi formada por outras três amostras simples indeformadas coletadas em cada parcela de cada tratamento. Com o auxílio de um enxadão e uma pá de corte, foram abertas trincheiras de 40 x 40 x 40 cm nas parcelas, e nestas coletadas amostras nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Manejo e Classificação de Solos da UFSC. Neste, as amostras foram secas ao ar e destorroadas manualmente, seguindo-se as fendas ou pontos de fraqueza, e peneiradas em um conjunto de peneiras de malha de 8, 4 e 2 mm. Todo o material que ficou retido entre as malhas de 8 e 4 mm foi considerado agregados do solo (EMBRAPA, 1997), enquanto que o material que passou pela malha de 2 mm, terra fina seca ao ar (TFSA).

## 6.4 AVALIAÇÕES FÍSICAS

### 6.4.1 Estabilidade dos agregados em água

Dos agregados retidos na peneira de 4 mm foram pesados 25 g e transferidos para uma peneira de 2 mm. Esta compõe um conjunto de peneiras de malhas decrescentes, com os seguintes diâmetros: 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,105 mm, conforme metodologia descrita em Embrapa (1997). Os agregados inicialmente colocados na peneira de 2 mm foram umedecidos com borrifador de água e, posteriormente, o conjunto de peneiras foi submetido à tamisação vertical via úmida por 15 minutos no aparelho de Yoder (Yoder, 1936). Transcorrido esse tempo, o material retido em cada



peneira foi retirado, separado com jato d'água, colocado em placas de Petri previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa de circulação de ar, à 105°C, até a obtenção de massa seca constante. A partir da massa seca dos agregados foram calculados o diâmetro médio DMG e o DMP dos agregados, segundo metodologia descrita pela Embrapa (1997). Ainda, com a massa dos agregados, em cada peneira, foi avaliada a sua distribuição nas seguintes classes de diâmetro médio, conforme Costa Junior et al. (2012):  $8 > \text{Ø} \geq 2$  mm (macroagregados);  $2 > \text{Ø} \geq 0,25$  mm (mesoagregados) e  $\text{Ø} < 0,25$  mm (microagregados).

#### **6.4.2 Grau de flocculação das argilas**

Em maio de 2015 e 2016 foram coletadas amostras deformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Manejo e Classificação de Solos da UFSC.

Nesse material, foram determinados a dispersão total da argila e a argila dispersa em água, segundo metodologia proposta por Embrapa (2011). O grau de flocculação foi determinado segundo a seguinte fórmula: Grau de Flocculação =  $100(a - b) / a$ , em que  $a$  é o valor da argila total e  $b$ , a argila dispersa em água (EMBRAPA, 2011).

#### **6.4.3 Densidade do solo**

Em maio de 2015 e 2016 foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm através de um anel de aço, conhecido como anel de Kopecky, com volume conhecido de 50 cm<sup>3</sup> (Embrapa, 2011). Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório de Manejo e Classificação de Solos da UFSC.

Esse material foi transferido para um cadinho de alumínio, de massa conhecida, que foi pesado, colocado em estufa de circulação de ar a 105°C e, após 24 e 48 horas, retirado, deixado esfriar para então ser pesado novamente. A D<sub>s</sub> foi determinada pela da fórmula: D<sub>s</sub> (kg dm<sup>-3</sup>) = massa da amostra seca a 105°C / volume do anel de Kopecky (EMBRAPA, 2011).

### **6.5 AVALIAÇÕES QUÍMICAS**

Para a determinação dos parâmetros químicos dos agregados, os agregados retidos na peneira de 4 mm foram macerado e passado em

malha de 2 mm, obtendo-se a TFSA dos agregados. Neste material (TFSA dos agregados do solo) e na TFSA do solo que se desprende durante a separação dos agregados, foram determinadas as análises descritas a seguir.

### **6.5.1 Determinação do teor de carbono nos agregados e na TFSA**

O COT foi quantificado segundo Yeomans e Bremner (1988), no qual foram pesadas 0,5 g das amostras, macerada e passada pela peneira de 60 mesh. O material foi colocado em erlenmeyer de 250 mL e, em seguida, adicionados 5 mL de dicromato de potássio e 7,5 mL de ácido sulfúrico. Posteriormente, elevou-se a temperatura do bloco digestor à 170°C por 30 min. Em seguida, adicionou-se 80 mL de água destilada e 0,3 mL da solução indicadora (fenantrolina) para então titular com a solução de Sulfato Ferroso amoniacal 0,2 mol L<sup>-1</sup>.

### **6.5.2 Determinação do teor de nitrogênio total (NT) nos agregados e na TFSA**

O teor de NT foi determinado pelo método “Kjeldhal”, por digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada e, posteriormente, o extrato obtido foi submetido à destilação a vapor com hidróxido de sódio e titulação do coletado com ácido bórico, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

### **6.5.3 Caracterização do complexo sortivo dos agregados do solo e da TFSA**

Foram analisados os atributos pH em água, pH em KCl e H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup>, segundo métodos descritos em Embrapa (1997) e os teores trocáveis de Al<sup>3+</sup> e disponíveis de Ca<sup>+2</sup> + Mg<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> e P, segundo métodos descritos em Tedesco et al. (1995).

## **6.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os dados dos atributos físicos e químicos avaliados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlet, respectivamente. Posteriormente, os dados foram analisados como delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos (Test, AQ, CDSLim, DLLim e DL100) e com quatro repetições cada. Os resultados foram então submetidos à análise de

variância com aplicação do Teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade por meio do Software Sisvar. Para a comparação entre épocas de aplicação (2015 e 2016) e entre agregados do solo e TFSA, os resultados foram então submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo Teste-t (LSD) a 5% de probabilidade por meio do Software Sisvar.



## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 MATÉRIA SECA DA AVEIA

Em relação à produção de MS da aveia preta, observa-se que em 2014, as maiores produções ocorreram nos tratamentos AM e DL100. Em 2015 a maior produção ocorreu no tratamento AM, enquanto em 2016, no tratamento DL100. Convém destacar que em todas as épocas, a testemunha apresentou os menores valores de MS em comparação aos demais tratamentos. Entre as épocas de avaliação, de 2014 para 2015, de maneira geral, ocorreu uma diminuição da produção de MS e posterior aumento dessa produção, entre 2015 e 2016 (Tabela 3).

**Tabela 3** - Matéria seca (MS) da aveia preta, em Mg ha<sup>-1</sup>, submetida a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, ao longo do período de avaliação (2014 a 2016).

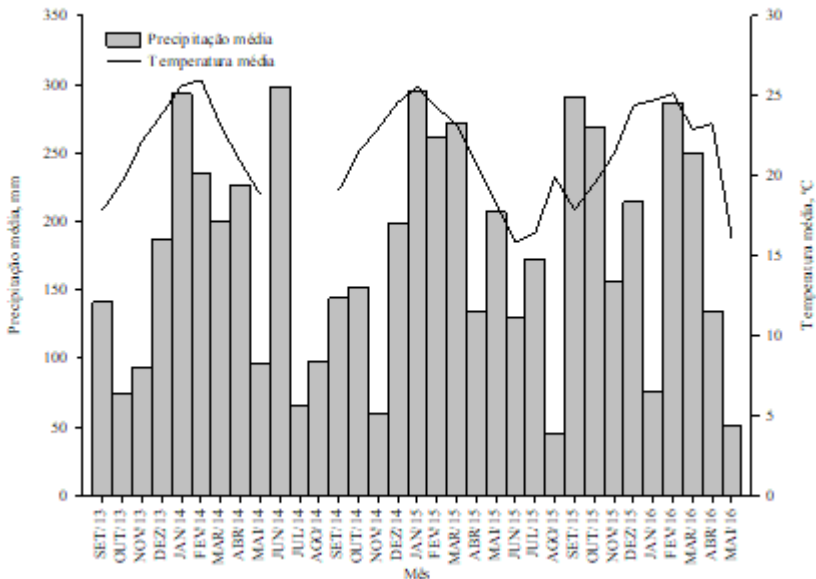
Trat	Matéria Seca Aveia Preta, Mg ha <sup>-1</sup>			CV (%)
	Época de avaliação			
	2014	2015	2016	
Test	2,44 dB	2,29 cB	3,68 cA	4,26
AQ	5,49 aA	4,25 aB	5,53 bA	11,60
CDSLim	3,20 cB	3,62 bB	5,05 bA	5,61
DLLim	3,90 bB	3,39 bC	6,36 bA	4,77
DL100	5,80 aB	3,56 bC	9,07 aA	6,16
CV (%)	4,18	12,98	12,10	

Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott e LSD a 5%, respectivamente. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de produção de MS pelas plantas de aveia preta no ano de 2014 para o tratamento com DL100 se deve à alta carga de nutrientes presente no DL (Tabela 2), somados ainda à dose alta que foi aplicada nesse tratamento, se igualando ao tratamento com AM. Em 2015, foi observado que a variação climática afetou a produção das plantas de cobertura, diminuindo sua produção principalmente nos tratamentos AM, DLLim e DL100. Durante o ciclo das plantas de cobertura houve um período de seca prolongado, o que prejudicou seu desenvolvimento (Figura 2). Já para o ano de 2016, observa-se um aumento na produção de MS das plantas de cobertura, principalmente nos tratamentos com DL. AITA et al. (2006), em experimento realizado com diferentes plantas de cobertura, concluíram que a aplicação de dejetos de suínos proporcionou

incremento significativo na produção de MS de aveia preta em até 109% em relação à testemunha, com o uso de 80 kg ha<sup>-1</sup> de DLS.

**Figura 2** – Dados de Temperatura média, em °C, e precipitação média, em mm, da estação metereológica da Epagri/Ciram, localizada no município de Urussanga, SC.



Dados coletados na estação metereológica da Epagri/Ciram do município de Urussanga, localizado a 40 km do município de Braço do Norte.

## 7.2 ÍNDICES DE AGREGAÇÃO DO SOLO, GRAU DE FLOCULAÇÃO DAS ARGILAS E DENSIDADE DO SOLO

Em relação à agregação do solo, verificaram-se diferenças para o DMP na camada de 5-10 cm, em 2015, com o maior valor no tratamento CDSLim e os menores valores nos tratamentos Test e AQ (Tabela 4). Nas camadas de 0-5 e 10-20 cm não foram verificadas diferenças significativas (Teste F,  $p > 0,05$ ) para DMP entre tratamentos e épocas de avaliação. Com relação à época de avaliação, observaram-se os maiores valores no ano de 2015 no tratamento CDSLim na camada de 0-5 cm; nos tratamentos CDSLim, DLLim e DL100 na camada de 5-10 cm; e Test e CDSLim na camada de 10-20 cm. Para o DMG, também se observou em 2015 que os tratamentos CDSLim e DLLim apresentaram os maiores

valores na camada de 0-5 cm. Por outro lado, nesta mesma camada os tratamentos Test, AQ e DL100 apresentaram os maiores valores em 2016. Na camada de 5-10 cm, o maior valor de DMG para o ano de 2015 foi observado para o tratamento CDSLim. Entre as épocas de avaliação, observou-se os maiores valores no ano de 2015 nos tratamentos CDSLim e DL100 na camada de 0-5 cm; nos tratamentos CDSLim, DLLim e DL100 na camada de 5-10 cm; e CDSLim na camada de 10-20 cm. Não foram verificadas diferenças significativas (Teste F,  $p > 0,05$ ) em 2015 na camada de 10-20 cm, e em 2016 nas camadas de 5-10 e 10 a 20 cm.

**Tabela 4** - Diâmetro médio ponderado (DMP) e diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados, em mm, no perfil de solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, na avaliação realizada em 2015 e 2016.

Trat	DMP								
	0-5 cm		CV (%)	5-10 cm		CV (%)	10-20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	4,20 <sub>nsNS</sub>	3,85 <sub>ns</sub>	3,38	3,38 <sub>c</sub> NS	3,49 <sub>ns</sub>	7,86	3,23 aA	2,39 aB	7,16
AQ	4,13 <sub>NS</sub>	3,77	7,45	3,35 <sub>c</sub> NS	3,66	3,66	2,62 <sub>a</sub> NS	2,95 <sub>a</sub>	13,81
CDSLim	4,53 <sub>A</sub>	3,76 <sub>B</sub>	6,50	4,45 aA	3,45 B	3,76	3,69 aA	2,76 aB	11,37
DLLim	4,02 <sub>NS</sub>	4,13	14,17	4,04 bA	3,39 B	7,71	3,23 <sub>a</sub> NS	2,78 <sub>a</sub>	14,30
DL100	4,14 <sub>NS</sub>	3,92	8,47	4,07 bA	3,28 B	5,63	2,9 <sub>a</sub> <sup>NS</sup>	3,24 <sub>a</sub>	17,46
CV(%)	10,59	5,96		5,72	7,93		14,08	12,46	

Trat	DMG								
	0-5 cm		CV (%)	5-10 cm		CV (%)	10-20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	3,42 <sub>b</sub> NS	2,87 <sub>a</sub>	10,06	2,30 <sub>c</sub> NS	2,63 <sub>ns</sub>	10,85	2,17 <sub>a</sub> NS	1,41 <sub>ns</sub>	9,09
AQ	3,07 <sub>b</sub> NS	2,91 <sub>a</sub>	7,75	2,30 <sub>c</sub> NS	2,61	16,27	1,66 a <sup>NS</sup>	1,75	18,48
CDSLim	4,11 <sub>aA</sub>	2,63 bB	5,05	3,92 aA	2,39 B	7,39	2,73 aA	1,72 <sub>B</sub>	17,41
DLLim	3,84 <sub>a</sub> NS	3,24 <sub>a</sub>	14,38	3,21 bA	2,29 B	14,37	2,29 a <sup>NS</sup>	1,65	22,74
DL100	3,35 bA	2,25 bB	15,80	3,20 bA	2,20 B	10,82	2,66 a <sup>NS</sup>	1,72	28,11
CV(%)	12,36	8,93		11,47	12,62		21,41	19,13	

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Em 2015, os menores valores de DMP e DMG para o tratamento AQ, na camada de 5-10 cm, podem ser decorrentes da mineralização mais acentuada da matéria orgânica do solo (MOS) neste tratamento em

comparação aos tratamentos com adubação orgânica. A adubação com nitrogênio mineral como, por exemplo, na forma de ureia pode resultar na redução dos teores de MOS, ou seja, do COT, pois esse N passa a servir de matéria prima para microrganismos decompositores, acelerando a decomposição da MOS (FONTE et al., 2009; SOUZA et al., 2013) (Figura 7). Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2008) ao avaliaram o impacto da adubação orgânica (AO, esterco bovino, 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e mineral (AM, 250 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 4-14-8) sobre a estabilidade de agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo em Minas Gerais. Esses autores encontraram menores valores de DMP e DMG nos tratamentos com AM (1,93 e 1,53, respectivamente) em comparação à AO (2,23 e 1,87, respectivamente), ambos na camada de 10-20 cm. Somados a estas diferenças, os autores verificaram diminuição dos teores de COT em todas as classes de agregados (macro, meso e microagregados), sendo os maiores no tratamento AO em comparação ao AM, na mesma profundidade avaliada. Portanto, evidencia-se que o uso de dejetos suínos (COS ou DL) em solo de textura média (franco argilo-arenosa) em curto período de tempo melhora a agregação do solo em comparação ao uso somente de adubação química ou ausência de adubação orgânica, pois o tratamento controle (Test) também apresentou menores valores de DMP e DMG em relação à CDSLim, DLLim e DL100, para a mesma camada. Esses resultados também corroboram com os encontrados por Schmitz et al. (2017). Esses autores, ao avaliarem os atributos físicos de um Cambissolo Húmico em pomar de macieira sob diferentes fontes de nitrogênio: controle (sem fertilização); ureia comum; ureia peletizada; e adubo orgânico (cama sobreposta de suínos), nas doses de 33 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, encontraram que a adubação orgânica contribuiu para o aumento do DMG e o índice de estabilidade dos agregados, sendo este efeito mais pronunciado em superfície (0-5 cm).

Entre os índices de DMP e DMG, verificou-se que o DMG foi mais responsivo para evidenciar diferenças entre os tratamentos, pois observaram-se diferenças (maiores valores) entre as áreas com dejetos suínos (CDSLim, DLLim e DL100), seguidas da Testemunha e, por fim, a AQ (menor valor). Para o DMP, apenas verificaram-se diferenças entre AQ (menor valor) e os demais tratamentos (maiores valores).

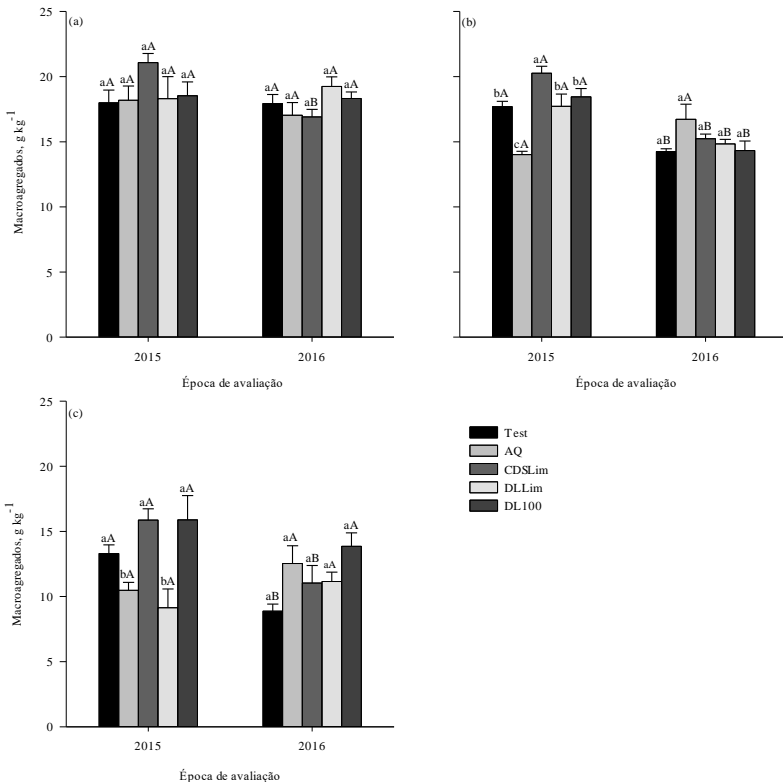
A comparação dos tratamentos entre as épocas de avaliação denota que, de maneira geral, os tratamentos com dejetos suínos (DS) proporcionaram diminuição dos valores de DMP e DMG. Essas diferenças entre DMP e DMG são corroboradas pela distribuição da massa de agregados em que pode ser observada uma diminuição da distribuição de macroagregados nos tratamentos com DS e, conseqüente,



aumento da distribuição de meso e microagregados do solo (Figuras 3, 4 e 5).

Em relação à distribuição da massa de agregados, verificaram-se os maiores valores de macroagregados no tratamento CDSLim, na camada 5- 10 cm, em 2015, que diferiu dos demais (Figura 3). Na camada de 10- 20 cm, neste mesmo ano, os maiores valores foram observados nos tratamentos Test, CDSLim e DL100, que diferiram dos demais. Na camada de 0-5 cm, nas duas épocas de avaliação, e na camada 5- 10, em 2016, não foram verificadas diferenças (Teste F,  $p>0,05$ ) entre os tratamentos para macroagregados. A comparação entre as épocas de avaliação permite verificar que, na camada de 0-5 cm, o único tratamento que diminuiu a quantidade de macroagregados de um ano para o outro foi o CDSLim. Já na camada de 5- 10 cm, o único tratamento que não diminuiu a proporção de macroagregados foi o tratamento AQ, enquanto na camada de 10-20 cm, houve diminuição da proporção de macroagregados nos tratamentos Test e CDSLim.

**Figura 3** - Distribuição dos macroagregados estáveis em água: (a) macroagregados na camada de 0-5 cm; (b) macroagregados na camada de 5-10 cm; (c) macroagregados na camada de 10-20 cm em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC

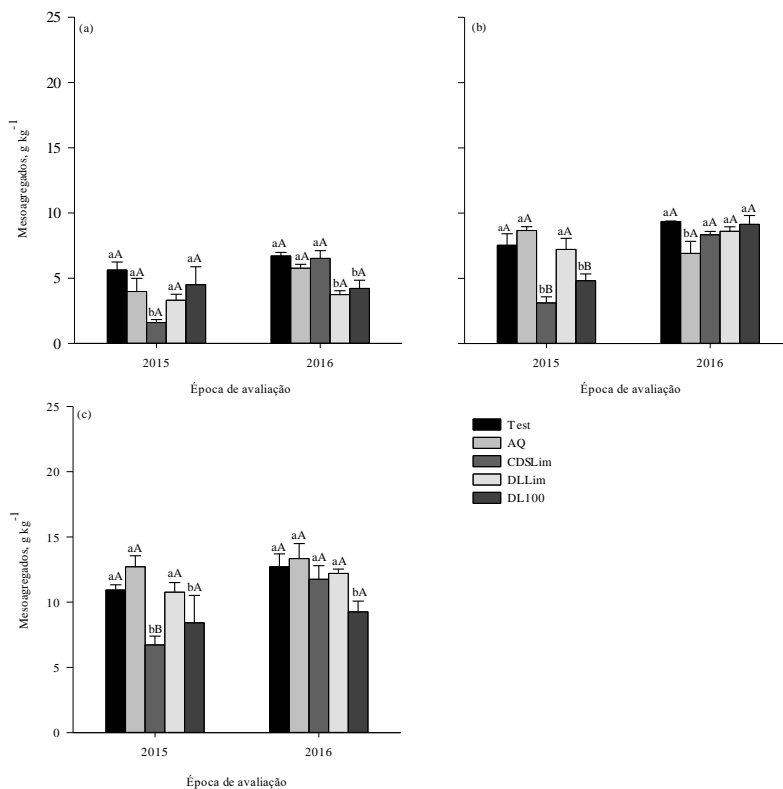


Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.

A proporção de mesoagregados, em 2015, foi menor no tratamento CDSLim em todas as camadas avaliadas, e no tratamento DL100 nas camadas de 5- 10 e 10- 20 cm (Figura 4). Em 2016, os menores valores foram observados nos tratamentos com DL na camada de 0- 5 cm; AQ, na camada de 5- 10 cm; e DL100, na camada de 10-20 cm. Na comparação das épocas de avaliação, verificou-se que houve aumento da

proporção de mesoagregados apenas para o tratamento DL100 na camada de 5 a 10 cm.

**Figura 4** - Distribuição dos mesoagregados estáveis em água: (a) mesoagregados na camada de 0-5 cm; (b) mesoagregados na camada de 5-10 cm; (c) macroagregados na camada de 10-20 cm, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

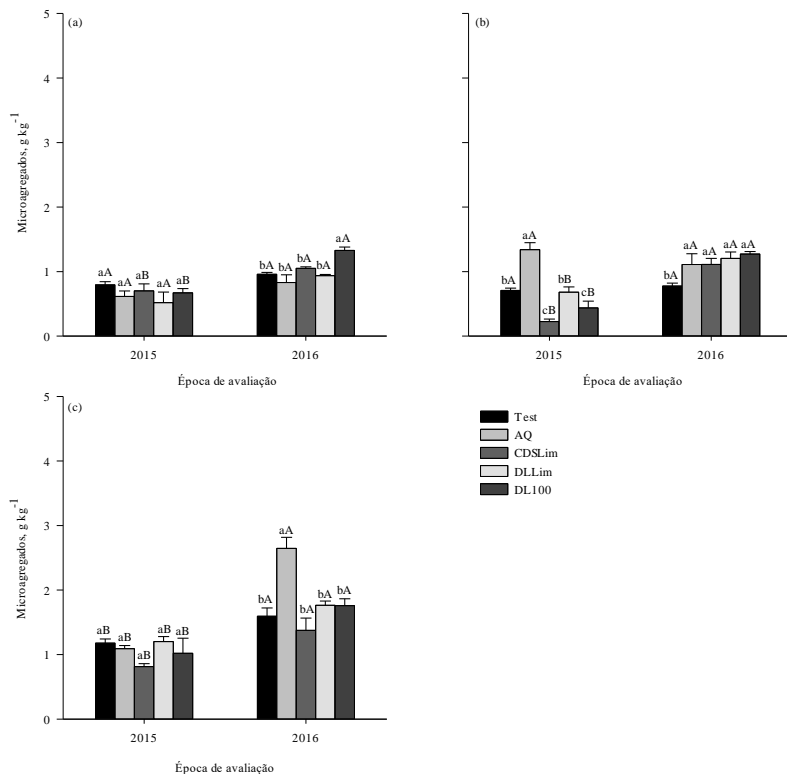


Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSL.im = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.

Com relação à massa de microagregados, em 2015, não foram verificadas diferenças (Teste F,  $p > 0,05$ ) entre os tratamentos nas camadas de 0-5 e 10-20 cm (Figura 5). Na camada de 5-10 cm, no mesmo ano, a maior massa de microagregados foi observada no tratamento AQ,

enquanto os menores valores ocorreram nos tratamentos CDSLim e DL100. Em 2016, na camada de 0-5 cm, o maior valor foi observado no tratamento DL100; na camada de 5-10 cm, o menor valor foi observado no tratamento Test; e na camada de 10-20 cm, o maior valor foi observado no tratamento AQ.

**Figura 5** - Distribuição dos microagregados estáveis em água: (a) microagregados na camada de 0-5 cm de profundidade; (b) microagregados na camada de 510 cm; (c) microagregados na camada de 1020 cm, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.



Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação químico; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.

Em 2015, observou-se, de maneira geral, que mesmo nas camadas em que não ocorreram diferenças significativas pelo Teste F a 5% de probabilidade (Tabela 4 e Figura 3a), o tratamento CDSLim apresentou, proporcionalmente aos demais tratamentos, maiores valores de DMP, DMG e macroagregados. Isto indica que a CDSLim, por ter maior conteúdo de MS (Tabela 2), proporciona maior aporte de material orgânico, acarretando em maiores teores de COT (Figura 5), o que beneficia a formação de macroagregados, culminando em maiores índices de agregação (Figura 3). Segundo Loss et al. (2011), a agregação do solo representa um bom indicador de qualidade física do solo, principalmente os agregados maiores que 2 mm.

Avaliando aos efeitos da adubação mineral ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de ureia), orgânica (esterco bovino, equivalente a  $4 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e da adição de resíduos vegetais de crotalária, leucena e milho, sobre a estabilidade dos agregados e o COT nos agregados, Fonte et al. (2009) concluíram que a adubação mineral acelera a decomposição dos agentes orgânicos dentro dos agregados, especialmente da matéria orgânica particulada, o que ocasionou a diminuição da estabilidade dos agregados, sobretudo dos macroagregados ( $8 < \text{Ø} \leq 2 \text{ mm}$ ) e aumento dos microagregados ( $0,25 < \text{Ø} \leq 0,53 \text{ mm}$ ), corroborando com os resultados encontrados na Figura 3 e 5, em que o tratamento AM apresentou os menores valores de macroagregados e os maiores valores de microagregados, na camada de 5-10 cm, respectivamente

No tratamento CDSLim, que apresenta maior quantidade de matéria seca e maior relação C/N (Tabela 2), o efeito da agregação é mais duradouro, gerando agregados mais estáveis e, conseqüentemente, menores proporções de agregados de menor tamanho. Enquanto nos tratamentos com dejetos líquidos, que apresentam baixas quantidades de MS e menores valores de relação C/N que o CDSLim (Tabela 2), o efeito na estruturação do solo é temporário em comparação ao tratamento CDSLim. Porém, quando se compara o efeito dos DLS em relação à testemunha, verifica-se que, de maneira geral, para ambas as doses, tem-se valores de meso e microagregados menores ou iguais aos encontrados na Testemunha (Figura 4 e 5), valores iguais de DMP e maiores valores de DMG (Tabela 4, 5-10 cm), indicando que o uso de dejetos líquidos associado ao SPD aumenta o efeito da agregação, apresentando macroagregados mais estáveis e, conseqüentemente, menores massas de meso e microagregados.

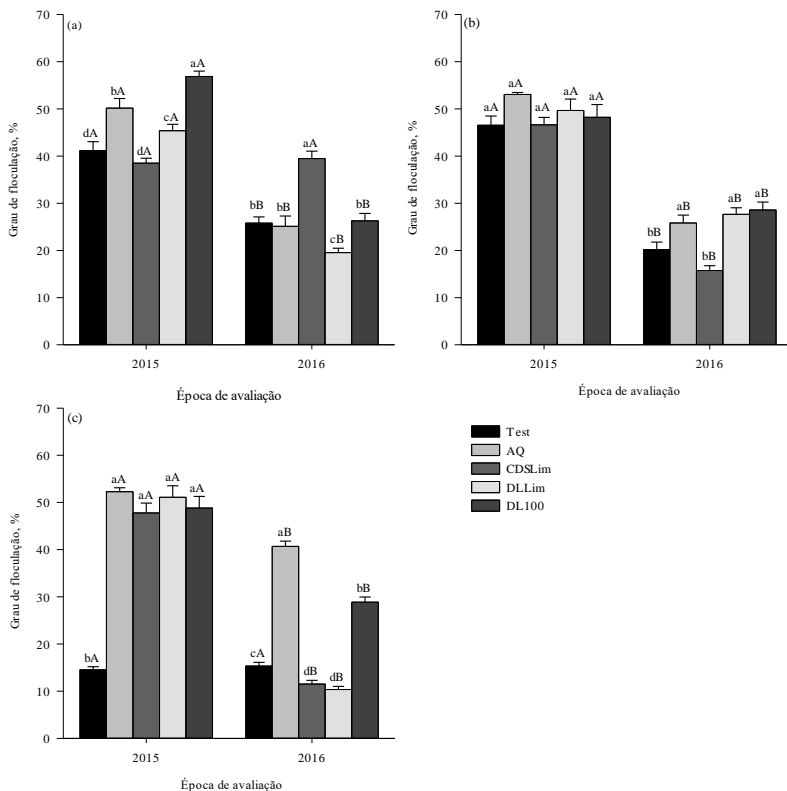
Entretanto, em 2016, observou-se que houve diminuição dos valores de macroagregados do solo e conseqüente aumento dos valores de meso e microagregdos, o que corrobora com os valores de DMP e

DMG (Tabela 4). Isso pode ser decorrente do maior aumento de cargas negativas no solo (efeito comprovado pelo cálculo do  $\Delta\text{pH}$  – valores de pH em KCl e pH em água disponíveis na Tabela 9) devido à adição de DS, o que acaba repelindo a matéria orgânica que vêm sendo adicionada ao longo do tempo, e causa uma maior dispersão da argila, conforme pode-se observar pelos valores de floculação das argilas (Figura 6). Por isso, tem-se diminuição dos índices de agregação do solo. A adição de matéria orgânica em um sistema em equilíbrio promoverá alterações nas cargas em razão de fatores diretos e indiretos. A adsorção de ácidos orgânicos pelos colóides minerais causará um incremento das cargas negativas do sistema e, portanto, um abaixamento do ponto de carga zero (PCZ) (Oades, 1984). Por outro lado, a adição de matéria orgânica pode promover alterações no pH do solo, favorecendo a manifestação de cargas variáveis. A geração de carga negativa pela dissociação de grupos do tipo COOH presentes na matéria orgânica e o recobrimento das cargas positivas dos óxidos favorecem o predomínio de sítios deprotonados, isto é, de cargas negativas (CANELLAS et al., 2008). Benites e Mendonça (1998), ao estudarem as propriedades eletroquímicas e mecanismos de dispersão de argilas em um Latossolo Vermelho-Amarelo com mineralogia predominantemente gibbsítica e com caráter eletropositivo, mediante adição de duas fontes de matéria orgânica (material não humificado – esterco; e humificado - ácido húmico extraído de turfa), observaram que a adição de material não humificado provocou aumento da dispersão das argilas, o que pode estar relacionado com o aumento da condutividade elétrica pela presença de sais, enquanto a adição de material humificado promoveu a floculação das argilas, em decorrência, provavelmente, da formação de complexos argilo-húmicos. Nos tratamentos com doses mais elevadas de ácido húmico foi observada aumento carga líquida negativa, apesar de não se observar dispersão de argila, provavelmente pelo fato de os ácidos húmicos apresentarem propriedades eletroquímicas distintas da matriz mineral, em função da sua condição de polieletrólito e da possibilidade de alteração na configuração da macromolécula.

Em 2015, na camada de 0-5 cm, observou-se o maior valor no grau de floculação no tratamento DL100 (Figura 6). Já na camada de 5-10 cm, não foram verificadas diferenças (Teste F,  $p > 0,05$ ) para grau de floculação entre tratamentos avaliados. Entretanto, na camada de 10-20m cm, o menor valor observado ocorreu no tratamento Test, que deferiu dos demais. Em 2016, na camada de 0- 5 cm, o maior valor no grau de floculação foi observado no tratamento CDSLim. Na profundidade de 5-10 cm, os maiores valores foram observados nos tratamentos AQ, DLLim

e DL100, enquanto na camada de 10-20 cm, o maior valor foi no tratamento AQ. De maneira geral, a comparação do grau de flocculação entre as épocas de avaliação, demonstra para todos os tratamentos que os maiores valores ocorreram em 2015. Entre as épocas de avaliação, de maneira geral ocorreu uma diminuição no grau de flocculação entre os tratamentos avaliados, com exceção dos tratamentos CDSLim na camada de 0-5 cm e Test, para 10-20 cm, que não apresentaram diferenças (Teste F,  $p > 0,05$ ) entre si.

**Figura 6** - Grau de flocculação: (a) na camada de 0-5 cm; (b) na camada de 5-10 cm; (c) na camada de 10-20 cm, em %, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.



Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.

Com os resultados obtidos para o grau de flocculação verifica-se que ao final de dois períodos de avaliação (2015 e 2016), há uma



tendência de aumento da argila dispersa em água em relação à argila total. Esse efeito pode ser causado pelo aumento de cargas negativas que podem ser geradas após a aplicação dos dejetos suínos na superfície do solo. À medida que esse dejetos infiltra no solo, ocorre uma mudança na carga líquida ao longo do perfil do solo, gerando um balanço de cargas negativas. Com isso ocorre repulsão entre a argila e a matéria orgânica adicionada, causando uma maior dispersão da argila em água. Resultados semelhantes foram encontrados por Benites e Mendonça (1998), que observaram efeito de aumento da carga líquida negativa após a adição de esterco ao solo originalmente com carga líquida positiva. Com a adição de doses mais elevadas de esterco, observaram efeito dispersivo provocado pelo balanço negativo de cargas.

Para a densidade do solo, não foram verificadas diferenças (Teste F,  $p > 0,05$ ), tanto entre os tratamentos, quanto entre para épocas de avaliação (Tabela 5).

**Tabela 5** - Densidade do solo, em  $\text{g cm}^{-3}$ , no perfil de solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC, ao longo do período de avaliação (2015 e 2016).

Trat	Densidade do solo								
	0-5 cm		CV (%)	5-10 cm		CV (%)	10-20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	1,21 <sup>ns NS</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	6,12	1,20 <sup>ns NS</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	3,44	1,20 <sup>ns NS</sup>	1,21 <sup>ns</sup>	4,38
AQ	1,22 <sup>NS</sup>	1,23	3,04	1,20 <sup>NS</sup>	1,22	2,89	1,20 <sup>NS</sup>	1,20	1,86
CDSLim	1,19 <sup>NS</sup>	1,23	2,19	1,18 <sup>NS</sup>	1,22	3,28	1,19 <sup>NS</sup>	1,20	4,65
DLLim	1,19 <sup>NS</sup>	1,23	3,63	1,20 <sup>NS</sup>	1,25	3,41	1,18 <sup>NS</sup>	1,24	3,51
DL100	1,24 <sup>NS</sup>	1,23	1,55	1,19 <sup>NS</sup>	1,21	2,76	1,18 <sup>NS</sup>	1,20	4,03
CV (%)	4,31	2,96		3,10	3,24		3,21	4,32	

Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

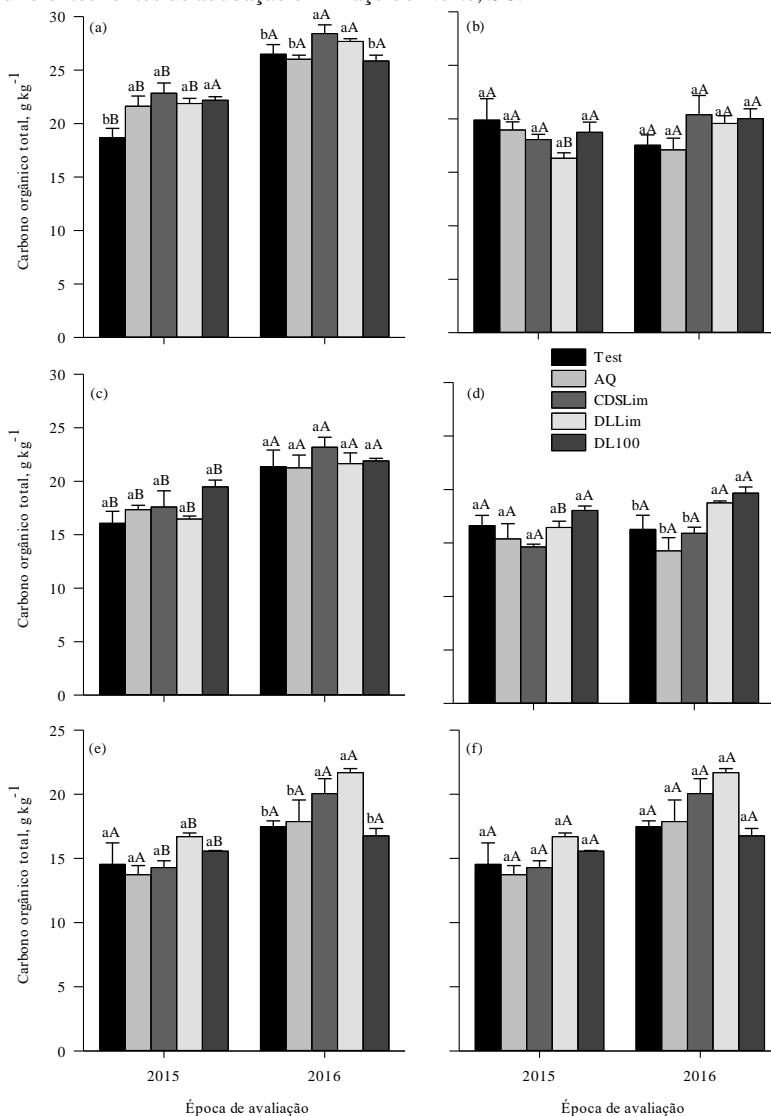
Os resultados obtidos para a Ds indicam que o tempo decorrido (4 anos de experimentação) ainda não é suficiente para evidenciar os efeitos do uso de dejetos suínos sobre a Ds, pois não foram encontradas diferenças entre os tratamentos com o uso de dejetos e a testemunha. Gubiani et al. (2007), ao estudarem a influência da aplicação de dejetos de suínos (0, 20, 40 e 80  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ) em atributos físicos de um Argissolo Vermelho Distrófico arênico após oito ciclos de cultivo, não verificaram diferenças entre as doses de dejetos nas variáveis: densidade do solo, porosidade total, microporosidade, macroporosidade e condutividade hidráulica. Dortzbach (2009), avaliando a influência da aplicação de DLS,

cama sobreposta e AM, em lavoura manejada em SPD sobre os atributos físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo, também não encontrou diferenças entre os tratamentos após cinco anos da implantação do experimento no que se refere à densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e retenção de água.

### 7.3 TEORES DE COT E NT NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA

Com relação aos agregados do solo, em 2015, os menores valores de COT foram observados na camada de 0- 5 cm no tratamento Test. Já para as camadas de 5 a 10 e 10 a 20 cm, não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Em 2016, os maiores valores de COT na camada de 0 a 5 cm, foram observados nos tratamentos com CDSLim e DLLim. Nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, em 2015, e 5-10 cm em 2016, não houve diferenças entre os tratamentos avaliados, enquanto na camada de 10-20 cm, em 2016, os maiores teores de COT foram observados nos tratamentos CDSLim e DLLim. Para a TFSA, não foram observadas diferenças entre os tratamentos em 2015. Em 2016, somente foram observadas diferenças entre os tratamentos na camada de 5-10 cm, no qual os tratamentos DLLim e DL100 apresentaram os maiores teores de COT. A comparação dos teores de COT nos agregados do solo entre as épocas de avaliação denota que, de maneira geral, houve aumento nos valores de 2015 para 2016, principalmente nos tratamentos com DS. Já para a TFSA somente foi observado aumento nos teores de COT no tratamento DLLim na camada de 5-10 cm (Figura 7).

**Figura 7** - Carbono orgânico total: (a) agregados e (b) TFSA (0-5 cm); (c) agregados e (d) TFSA (5-10 cm); (e) agregados e (f) TFSA (10-20 cm), em  $\text{g kg}^{-1}$ , submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.



Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.

O maior efeito do tratamento CDSLim em relação aos demais tratamentos, para os agregados do solo (0-5 e 5-10 cm), e TFSA (0-5 cm), em 2016, pode estar relacionado ao maior conteúdo de MS e relação C/N (Tabela 2). Estas condições permitem uma menor taxa de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, aumento dos teores de COT. Os maiores teores de COT encontrados na superfície (0-5 cm) comparativamente às demais profundidades, em todos os tratamentos, demonstra um padrão no qual há um efeito combinado da adição de resíduos vegetais (Tabela 3) na superfície do solo e a aplicação de dejetos de suínos sem incorporação (Figura 7, Tabela 6). Comin et al. (2013) avaliaram o efeito da aplicação contínua de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos (CSS) nos teores de COT e das propriedades físicas do solo. Os resultados demonstraram aumento do COT do solo no tratamento CSS, nas camadas superficiais, pelo efeito combinado da adição de resíduos vegetais na superfície do solo através das culturas e da aplicação de dejetos suínos (com alta relação C/N) sem sua incorporação no solo através do uso do SPD, quadro que favorece a baixa decomposição da MOS por decomposição microbiana.

Já para os agregados do solo (10-20 cm), e TFSA (5-10 e 10-20 cm), o aumento dos teores de COT nos tratamentos com aplicação de dejetos líquidos de suínos pode ser explicado por causa da forma líquida do material, que proporciona uma maior infiltração ao longo do perfil do solo, culminando em um maior teor de COT em profundidade. Isso também ajuda a explicar a maior proporção de COT encontrado no tratamento DLLim a 10-20 cm em comparação aos demais tratamentos. Vale ressaltar que, em alguns casos, como ocorre para os agregados do solo (0-5 e 10-20 cm) e TFSA (10-20 cm), que nos tratamentos com DLS, o DL100 apresentou teores de COT inferiores ao DLLim. Isto pode estar associado à menor relação C/N desse material e às altas quantidades aplicadas (Tabela 2), podendo favorecer uma maior disponibilidade de material de baixa relação C/N, aumentando a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, uma mineralização mais rápida do COT.

Os maiores teores de COT encontrados na superfície (0-5 cm) comparativamente às demais profundidades em todos os tratamentos demonstra um padrão no qual há um efeito combinado da adição de resíduos vegetais (Tabela 3) na superfície do solo e a aplicação de dejetos de suínos sem incorporação (Figura 7, Tabela 6). Para o COT, destaca-se nesta profundidade o maior efeito para o tratamento com CDSLim.

Com relação ao COT presentes nos agregados do solo e TFSA, pode-se observar que nas camadas de 0-5 e 10-20 cm, de maneira geral

os tratamentos com dejetos suínos apresentaram os maiores valores, em relação a TFSA, em 2015. Em 2016, de maneira geral, os valores de COT nos agregados foram superiores aos de TFSA, para todas as camadas avaliadas (Tabela 6).

**Tabela 6** - Carbono orgânico total dos agregados do solo (Agreg) e da terra fina seca ao ar (TFSA); nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	COT (g kg <sup>-1</sup> )								
	2015								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	18,67 <sub>ns</sub>	19,88	15,99	16,07 <sub>ns</sub>	16,61	12,71	14,54 <sub>ns</sub>	14,89	17,48
AQ	21,62 <sub>ns</sub>	18,96	8,49	17,34 <sub>ns</sub>	15,39	12,78	13,74 <sub>ns</sub>	13,47	13,08
CDSLim	22,84 a	18,07 b	7,40	17,60 <sub>ns</sub>	14,63	13,48	14,28 <sub>ns</sub>	13,12	16,71
DLLim	21,88 a	16,31 b	5,24	16,47 <sub>ns</sub>	16,45	5,52	16,70 a	13,18 b	7,43
DL100	22,18 a	18,75 b	6,96	19,48 <sub>ns</sub>	18,05	5,77	15,56 a	13,58 b	5,36
	2016								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	26,49 a	17,53 b	8,53	21,37 a	16,28 b	15,30	17,48 <sub>ns</sub>	14,88	17,83
AQ	26,02 a	17,10 b	7,60	21,26 a	14,27 b	13,64	17,87 a	12,83b	16,35
CDSLim	28,42 a	20,40 b	11,38	23,19 a	15,90 b	7,88	20,06 a	14,02 b	15,50
DLLim	27,68 a	19,57 b	4,57	21,65 a	18,75 b	7,15	21,69 a	14,69 b	7,21
DL100	25,86 a	20,03 b	6,59	21,90 a	19,66 b	4,26	16,76 a	15,08 b	5,90

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de COT para os agregados do solo em relação à terra fina seca ao ar podem ser explicados pelos mecanismos de proteção físico-químicos que os agregados do solo exercem sobre a MOS. A proteção física por oclusão da MOS pelos agregados do solo dificulta a ação de microrganismos e de suas enzimas sobre o substrato orgânico, atuando como uma barreira física e diminuindo a disponibilidade de O<sub>2</sub> para os processos oxidativos de decomposição (BALDOCK et al., 1992; BALESIDENT et al., 2000).

Esses resultados mostram a importância de manter o solo bem estruturado. Sistemas de preparo convencional do solo (SPC), que preconizam o uso de arados e grades no preparo do solo, são responsáveis pelas perdas de COT, com ênfase no carbono que estava protegido nos agregados do solo (BODDEY et al., 2010; COSTA JUNIOR et al., 2011a, b). Em contrapartida, sistemas de manejo conservacionistas, tais como o SPD que, devido ao revolvimento do solo restrito à linha de plantio e à manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo, contribuem para a melhoria da agregação do solo e, conseqüentemente, para o aumento da matéria orgânica do solo, sendo mais eficazes quando associados à utilização de plantas de cobertura, seja por meio de rotação ou sucessão de culturas (COSTA JUNIOR et al., 2011a,b; LOSS et al., 2012; GENNARO et al., 2014).

Tivet et al. (2013) em estudo sobre a dinâmica do C nos agregados do solo, em solo manejado com uso de revolvimento (SPC) e em SPD, demonstraram que a conversão de áreas com vegetação nativa para áreas agrícolas manejadas em SPC, com aração e gradagem, interrompe os processos de formação dos agregados e promove a dispersão das partículas minerais (argila + silte), ocasionando assim a diminuição da formação de novos agregados. Entretanto, o SPD com intenso acúmulo de biomassa aérea e radicular contribui para o estímulo à formação de novos agregados após a sua implantação em áreas anteriormente submetidas ao SPC do solo.

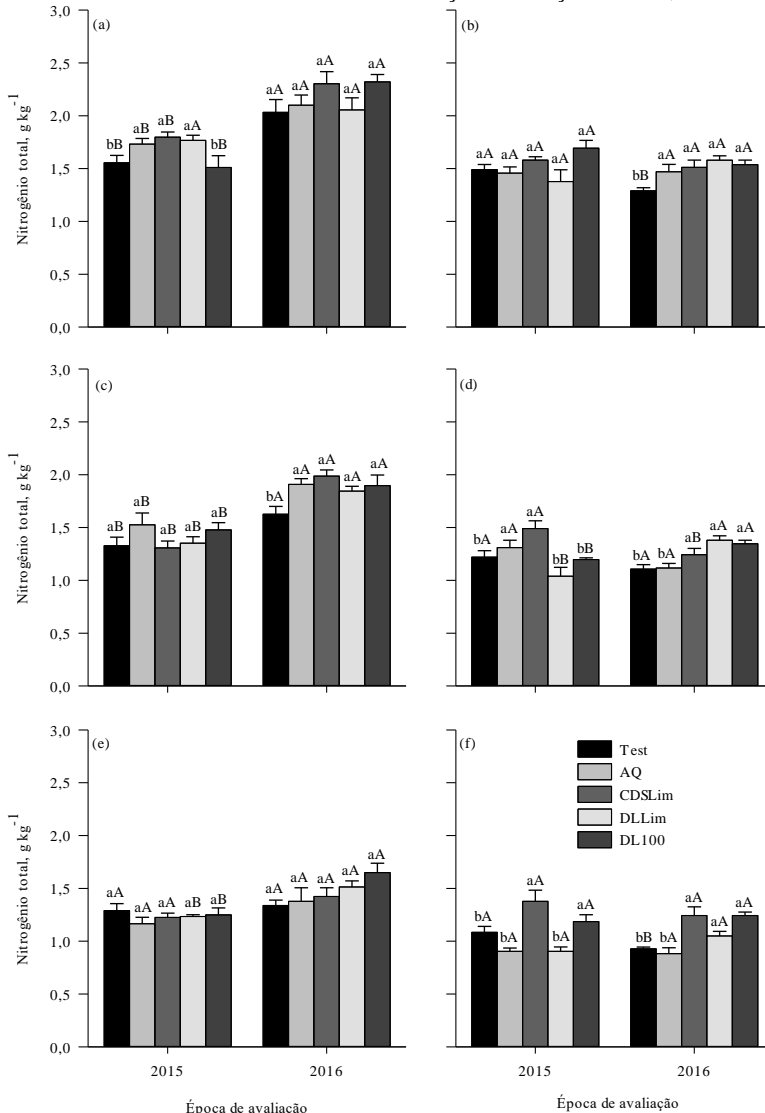
Observa-se que a agregação do solo tem importante papel na proteção da MOS, sendo que seu aumento é principalmente determinado pelo vínculo entre a reciclagem de macroagregados, a formação de microagregados e a estabilização de carbono dentro dos microagregados (SIX et al., 2000). Para a formação e posterior estabilização dos agregados, temos como principais agentes: fauna do solo, microrganismos do solo, raízes, agentes inorgânicos e variáveis ambientais (BRONICK & LAL, 2005; SIX et al., 2004; RILLING & MUMMEY, 2006).

Ao se comparar os teores de COT na camada de 0-10 cm (Tabela 6) com aqueles verificados no início do experimento (Tabela 1), observa-se que ao longo de 4 anos de experimentação, em 2015, com o uso de DS associado aos resíduos das plantas (milho + aveia) em SPD houve aumento dos teores de COT do solo, na proporção de 30,88% no tratamento CDSLim, 24,11% no DLLim e 34,81% no DL100, nos agregados do solo, e 5,81% no CDSLim, 6,03% no DLLim e 19,08% no DL100 na TFSA. Para os tratamentos testemunha e AQ, o SPD associados aos resíduos das plantas (milho + aveia) também houve

aumento dos teores de COT do solo na proporção de 12,48 e 26,10%, respectivamente, nos agregados do solo, e 18,13 e 11,16%, respectivamente, na TFSA. No ano seguinte, em 2016, o uso de DS associado aos resíduos das plantas (milho + aveia) no SPD aumentou os teores de COT do solo, na proporção de 67,02 % no tratamento CDSLim, 59,64% no DLLim e 54,56% no DL100, para os agregados do solo, e 17,48% no CDSLim, 24,01% no DLLim e 28,44% no DL100 na TFSA. Para os tratamentos testemunha e AQ, o SPD associados aos resíduos das plantas (milho + aveia) ocorreu aumento dos teores de COT do solo na proporção de 54,88 e 52,99%, respectivamente, nos agregados do solo, e 9,40 e 1,51%, respectivamente, para a TFSA.

Com relação ao NT dos agregados do solo, em 2015 os maiores valores foram observados na camada de 0-5 cm, nos tratamentos AQ, CDSLim e DLLim. Nas demais camadas avaliadas (5-10 e 10-20 cm), não foram observadas diferenças entre os tratamentos. Em 2016 somente foram observadas diferenças na camada de 5-10 cm, na qual os tratamentos AQ, CDSLim, DLLim e DL100 apresentaram os maiores valores. Para a TFSA, em 2015, foram observadas diferenças entre os tratamentos na camada de 5-10 cm, com os tratamentos AQ e CDSLim apresentando os maiores valores, enquanto na camada de 10-20 cm, os tratamentos CDSLim e DL100 apresentaram os maiores valores. Em 2016, observou-se, na camada de 0-5 cm, os menores valores no tratamento Test, que diferiu dos demais tratamentos. Nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, os maiores valores de NT foram observados nos tratamentos CDSLim, DLLim e DL100. Na comparação entre épocas de avaliação, observou-se um aumento do NT ao longo dos anos nos agregados do solo, à exceção dos tratamentos DLLim (0-5 cm), e Test, AQ e CDSLim (10-20 cm), que não diferiram entre si. Para a TFSA, de maneira geral, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos entre as épocas de avaliação (Figura 8).

**Figura 8** - Teores de Nitrogênio total, sendo (a) agregados e (b) TFSA (0-5 cm); (c) agregados e (d) TFSA (5-10 cm); (e) agregados e (f) TFSA (10-20 cm), em g kg<sup>-1</sup>, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC



Test = Testemunha, sem adubação; AM = Adubação mineral; CDSLIm = Composto de dejetos de suínos + AM; DLLIm = Dejetos líquidos de suínos + AM; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade.



Quando são comparados os valores de NT dos agregados do solo e da TFSA, semelhante ao que foi observado para o COT, também observou-se que em 2015, os agregados do solo apresentaram maiores valores em relação à TFSA, principalmente nos tratamentos com adição de DS. Entretanto, em 2016, de maneira geral, todos os tratamentos apresentaram maiores valores de NT nos agregados do solo (Tabela 7).

**Tabela 7** - Nitrogênio total dos agregados do solo (Agreg) e da terra fina seca ao ar (TFSA); nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	Nitrogênio total (g kg <sup>-1</sup> )								
	2015								
	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	Agreg	TFSA	(%)	Agreg	TFSA	(%)	Agreg	TFSA	(%)
Test	1,56 <sup>ns</sup>	1,49	7,78	1,33 <sup>ns</sup>	1,22	11,46	1,29 <sup>ns</sup>	1,08	10,31
AQ	1,73 a	1,47 b	7,81	1,53 a	1,11 b	13,01	1,17 a	0,88 b	11,32
CDSLim	1,80 a	1,58 b	4,91	1,49 <sup>ns</sup>	1,31	9,83	1,23 <sup>ns</sup>	1,38	12,35
DLLim	1,77 a	1,38 b	10,82	1,35 a	1,04 b	12,31	1,23 a	0,90 b	6,23
DL100	1,51 <sup>ns</sup>	1,69	11,78	1,48 <sup>ns</sup>	1,20	7,62	1,25 <sup>ns</sup>	1,19	11,09
	2016								
	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	Agreg	TFSA	(%)	Agreg	TFSA	(%)	Agreg	TFSA	(%)
Test	2,03 a	1,29 b	10,69	1,63 a	1,11 b	8,74	1,34 a	0,93 b	6,54
AQ	2,10 a	1,36 b	13,29	1,91 a	1,12 b	6,43	1,38 a	0,61 b	43,19
CDSLim	2,30 a	1,51 b	9,80	1,99 a	1,24 b	7,23	1,42 <sup>ns</sup>	1,24	12,53
DLLim	2,06 a	1,58 b	9,46	1,84 a	1,38 b	5,52	1,51 a	1,05 b	7,87
DL100	2,32 a	1,54 b	6,00	1,90 a	1,35 b	9,24	1,65 a	1,24 b	9,33

Trat = Tratamentos; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejeito líquido de suínos + AQ; DL100 = Dejeito líquido de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de NT encontrados na superfície (0-5 cm), tanto nos agregados do solo como na TFSA comparativamente às demais camadas e em todos os tratamentos demonstra um padrão no qual há um efeito combinado da adição de resíduos vegetais (milho + aveia-preta) na superfície do solo e a aplicação de dejetos de suínos sem incorporação. O uso da AQ com ureia aumentou os teores de N na profundidade de 0-5 cm, porém quando fez-se aplicação conjunta do N mineral com os dejetos suínos (CDSLim e DLS) verificou-se maior eficiência no aumento dos teores de NT em comparação ao uso exclusivo de DL100 e à Testemunha. Estes resultados podem ser explicados pelo maior teor de matéria seca das culturas nos tratamentos com aplicações de dejetos (CERETTA et al., 2005; MAFRA et al., 2014) (Tabela 3), bem como o uso do SPD, o que proporcionou um aumento nos níveis de MOS, como observado por Lourenzi et al. (2011). Isso ocorre pelo fato do NT estar intimamente

relacionado com os níveis de COT (BALDI et al., 2010). Estes autores, estudando diferentes fontes de nutrientes durante oito anos, observaram que o aumento do COT promoveu um aumento no NT, com uma correlação de 94%, explicando os maiores teores de NT nos agregados em comparação à TFSA. O aumento da produção de fitomassa em SPD (SARTOR et al., 2012; MAFRA et al., 2014), nos quais os dejetos são empregados na adubação das culturas, pode promover o incremento das frações da MOS em médio e longo prazo (KARHU et al., 2012; MAFRA et al., 2015), com destaque para o COT e NT. No entanto, a aplicação continuada de dejetos suínos no solo em determinadas situações pode não aumentar os teores de COT e NT (SCHERER et al., 2010; MAFRA et al., 2015).

Pode-se observar que houve um aumento nos valores de MS da aveia (Tabela 3) de 2015 para 2016, e esse aumento está intimamente ligado ao aumento dos teores de COT e NT para o mesmo período, sendo esse aumento mais expressivo nos agregados do solo do que na TFSA (Figura 7 e 8, e Tabela 6 e 7). De acordo com Almeida et al. (2008), o sistema radicular das gramíneas introduz carbono via rizodeposição e morte das raízes, contribuindo para o incremento do teor de MOS. O revolvimento restrito do solo, aliado à adição de C orgânico por meio do cultivo de adubos verdes e a manutenção dos resíduos em superfície, favorecem a decomposição lenta e gradual desses resíduos, liberando compostos orgânicos que estimulam a formação e a estabilidade dos agregados no solo, melhorando sua estrutura (BERTOL et al., 2004), favorecendo assim uma maior proteção física do COT e NT nos agregados do solo.

Ao se comparar os teores de NT no solo da camada de 0-10 cm (Tabela 7) com aqueles do início do experimento (Tabela 1), observa-se que em 2015, após 2 anos de experimentação, o uso de DS associado aos resíduos das plantas (milho + aveia) no SPD aumentou os teores de NT do solo, na proporção de 63,46 % no tratamento CDSLim, 64,18% no DLLim e 57,29% no DL100, para os agregados do solo, e 61,67% no CDSLim, 27,20% no DLLim e 52,16% no DL100 na TFSA. Os tratamentos testemunha e AQ em SPD associado aos resíduos das plantas (milho + aveia) também aumentou os teores de NT do solo na proporção de 51,79 e 71,59%, respectivamente, nos agregados do solo, e 42,65 e 45,62%, respectivamente, na TFSA. No ano seguinte, em 2016, o uso de DS associado aos resíduos das plantas (milho + aveia) no SPD aumentou os teores de COT do solo, na proporção de 125,87 % no tratamento CDSLim, 105,26% no DLLim e 122,00% no DL100, para os agregados do solo, e 45,00% no CDSLim, 55,79% no DLLim e 51,84% no DL100

na TFSA. Os tratamentos testemunha e AQ em SPD associados aos resíduos das plantas (milho + aveia) também aumentaram os teores de COT do solo na proporção de 92,58 e 111,01%, respectivamente, nos agregados do solo, e 26,18 e 36,18%, respectivamente, na TFSA.

Após 3 anos de experimentação (2013-2016), observa-se que os tratamentos com DS aumentaram os teores de COT em uma proporção maior do que a Test e, em alguns casos, superaram o tratamento AQ, tanto nos agregados como na TFSA.

#### 7.4 PARÂMETROS DE ACIDEZ NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA

O pH em água nos agregados do solo, na camada de 0-5 cm, somente apresentou diferenças em 2016, sendo o maior valor encontrado no tratamento CDSLim (Tabela 8). Na camada de 5-10 cm, em 2015, observou-se o maior valor no tratamento AQ, enquanto em 2016, foi no tratamento CDSLim. Já na camada de 10-20 cm, somente se observaram diferenças em 2016, com o tratamento CDSLim apresentando o maior valor de pH. Na comparação entre épocas de avaliação, somente observou-se diferenças para o tratamento DL100, que apresentou maior valor em 2015 na profundidade de 10-20 cm.

Para os valores de H+Al, em 2015 verificaram-se os maiores valores nos tratamentos AQ, CDSLim, DLLim e DL100 (camadas de 0-5 e 5-10 cm). Em 2016, o maior valor foi observado no tratamento AQ, na camada de 0-5 cm, enquanto nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, o maior valor foi observado no tratamento DL100. Na comparação entre épocas de avaliação, somente observaram-se diferenças para os tratamentos Test, AQ, DLLim e DL100 (0-5 e 5-10 cm), e Test e DL100 (10-20 cm), que proporcionaram um aumento no valor de H+Al ao longo dos anos (Tabela 8).

Para o Al, os maiores valores, na camada de 0-5 cm em 2015, ocorreram nos tratamentos AQ e DLLim. Na camada de 5-10 cm, o maior teor de Al foi observado no tratamento Test, enquanto na camada de 10-20 cm, foi nos tratamentos Test, DLLim e DL100. Em 2016, os maiores valores de Al foram observados nos tratamentos Test (0-5 cm), DLLim (5-10 e 10-20 cm) (Tabela 8). Em relação à época de avaliação, os tratamentos Test (0-5 cm) e CDSLim (5-10 e 10-20 cm) tiveram aumento dos teores de Al, enquanto os tratamentos AQ (0-5 cm) e Test (5-10 cm), apresentaram diminuição dos teores de Al.

**Tabela 8** - Valores médios dos parâmetros de acidez, dos agregados do solo, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	Agregados do solo								
	pH em água								
	0-5 cm		CV	5-10 cm		CV	10-20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	5,12 <sub>nsNS</sub>	4,93 b	6,00	4,87 <sub>b<sup>NS</sup></sub>	4,81 b	6,12	4,74 <sub>nsNS</sub>	4,57 c <sup>NS</sup>	6,21
AQ	4,98 <sup>NS</sup>	4,55 c	4,57	5,16 a <sup>NS</sup>	4,66 b	6,52	4,96 <sup>NS</sup>	4,90 <sub>b<sup>NS</sup></sub>	4,22
CDSLim	5,32 <sup>NS</sup>	5,22 a	5,83	5,38 <sub>b<sup>NS</sup></sub>	5,28 a	3,52	5,27 <sup>NS</sup>	5,31 a <sup>NS</sup>	3,72
DLLim	4,75 <sup>NS</sup>	4,60 c	3,53	4,91 <sub>b<sup>NS</sup></sub>	4,77 b	2,76	4,70 <sup>NS</sup>	4,68 c <sup>NS</sup>	5,79
DL100	5,21 <sup>NS</sup>	4,54 c	5,80	4,95 <sub>b<sup>NS</sup></sub>	4,64 b	4,83	4,86 A	4,57 cB	2,37
CV(%)	6,71	3,59		4,15	5,64		5,45	3,59	
Trat	H+Al (cmol. dm <sup>-3</sup> )								
	0-5 cm		CV	5-10 cm		CV	10-20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
	Test	1,47 bB	6,00 dA	8,52	2,18 bB	8,10 <sub>bA</sub>	9,43	1,98 cB	7,59 cA
AQ	4,58 aB	10,32 <sub>aA</sub>	1,66	5,06 aB	8,56 <sub>bA</sub>	10,48	6,81 a <sup>NS</sup>	8,46 b	12,94
CDSLim	4,55 a <sup>NS</sup>	3,73 e	11,45	4,22 a <sup>NS</sup>	3,67 c	8,85	3,56 b <sup>NS</sup>	3,40 d	12,65
DLLim	4,74 aB	6,96 cA	9,00	4,93 aB	7,50 <sub>bA</sub>	11,21	6,53 a <sup>NS</sup>	7,02 c	15,50
DL100	5,38 aB	9,10 bA	10,34	4,56 aB	9,45 aA	11,35	6,26 aB	9,86 aA	6,85
CV(%)	13,59	5,44		15,45	8,20		17,33	9,85	

Continua...

...Continuação Tabela 8...

	Al (cmol. dm <sup>-3</sup> )								
	0-5 cm		CV	5-10 cm		CV	10-20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	0,20 bB	0,68 aA	15,98	1,14 aA	0,59 bB	10,16	0,80 a <sup>NS</sup>	0,87 b	20,81
AQ	0,45 aA	0,37 bB	6,99	0,46 b <sup>NS</sup>	0,40 c	16,30	0,53 b <sup>NS</sup>	0,56 c	21,77
CDSLim	0,18 b <sup>NS</sup>	0,18 c	13,31	0,22 d <sup>NS</sup>	0,27 c	12,03	0,42 b <sup>NS</sup>	0,40 c	23,99
DLLim	0,40 a <sup>NS</sup>	0,38 b	23,02	0,51 bB	0,88 aA	13,17	0,79 aB	1,55 aA	7,09
DL100	0,20 b <sup>NS</sup>	0,23 c	28,51	0,31 c <sup>i</sup>	0,33 c	20,43	0,67 a <sup>NS</sup>	0,63 c	14,97
CV(%)	13,06	20,93		11,26	16,85		15,61	16,75	

Trat = Tratamentos; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejeito líquido de suínos + AQ; DL100 = Dejeito líquido de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Para o pH em água na TFSA, em 2015, o tratamento CDSLim apresentou os maiores valores para todas as camadas avaliadas. Na camada de 0-5 cm, os tratamentos DLLim e DL100 se igualaram ao tratamento CDSLim com os maiores valores, diferindo dos demais. Em 2016, somente foram verificadas diferenças entre os tratamentos avaliados para Test, CDSLim e DL100 (0-5 cm). Ao compararmos entre as épocas de avaliação, pode-se observar que de maneira geral, houve uma diminuição dos valores de pH em água, para a camada de 0-5 cm, com exceção do tratamento Test. Para a camada de 5-10 cm, houve diminuição nos tratamentos CDSLim e DLLim, enquanto na camada 10-20 cm, somente para o tratamento DLLim (Tabela 9). Para o pH em KCl, somente foram observadas diferenças entre os tratamentos em 2015, sendo os maiores valores observados nos tratamentos Test e CDSLim (0-5 cm) e CDSLim (5-10 e 10-20 cm). Para o H+Al, em 2015 os maiores valores foram observados nos tratamentos Test, AQ e DLLim (0-5 cm), AM (5-10 cm) e Test (10-20 cm). Em 2016, na camada de 0-5 cm, não houve diferenças entre os tratamentos. Para as demais camadas, os maiores valores foram observados nos tratamentos DL100 (5-10 cm) e Test (10-20 cm). Ao comparar os tratamentos entre as épocas de avaliação, pode-se observar aumento nos valores de H+Al nos tratamentos CDSLim e DL100 (0-5 cm), Test, CDSLim e DL100 (5-10 cm) e DL100 (10-20 cm). Para o Al, os maiores valores foram observados no tratamento AQ (0-5 e 5-10 cm), e no tratamento DLLim (10-20 cm) em 2015. Já no ano de 2016, os maiores valores foram encontrados no tratamento DLLim (5-10 e 10-20 cm). Em relação às épocas de avaliação,

observa-se que, de maneira geral, houve aumento dos teores de Al ao longo dos anos.

**Tabela 9** - Valores médios dos parâmetros de acidez, da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Terra fina seca ao ar									
Trat	pH em água								
	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	5,28 b <sup>NS</sup>	5,07 a	2,46	5,07 b <sup>NS</sup>	4,91 a	3,64	4,84 b <sup>NS</sup>	4,91 <sup>ns</sup>	6,08
AQ	5,44 bA	4,90 bB	2,44	5,45 b <sup>NS</sup>	5,11 a	3,86	5,03 b <sup>NS</sup>	4,99	4,54
CDSLim	5,69 aA	5,21 aB	1,46	5,82 aA	5,23 aB	2,26	5,62 a <sup>NS</sup>	5,32	4,02
DLLim	5,61 aA	4,68 bB	3,84	5,33 bA	4,70 aB	4,82	5,17 bA	4,77 B	4,39
DL100	5,52 aA	5,12 aB	3,27	5,30 b <sup>NS</sup>	5,01 a	4,96	5,00 b <sup>NS</sup>	4,96 B	5,61
CV(%)	2,24	3,35		3,65	4,33		4,59	5,30	
pH em KCl									
Trat	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	4,86 a <sup>NS</sup>	4,33 <sup>ns</sup>	7,73	4,32 b <sup>NS</sup>	4,14	5,42	4,12 b <sup>NS</sup>	3,91 <sup>ns</sup>	5,81
AQ	4,01 b <sup>NS</sup>	4,48	8,90	4,03 b <sup>NS</sup>	4,22	7,91	4,02 b <sup>NS</sup>	4,08	6,00
CDSLim	5,07 aA	4,69B	2,61	4,83 a <sup>NS</sup>	4,85	12,43	4,64 a <sup>NS</sup>	4,54	10,38
DLLim	4,29 bB	4,70A	2,97	4,20 b <sup>NS</sup>	4,31	5,68	4,08 b <sup>NS</sup>	4,21	8,20
DL100	4,49 b <sup>NS</sup>	4,29	9,89	4,20 b <sup>NS</sup>	3,93	4,96	4,07 b <sup>NS</sup>	4,03	6,31
CV(%)	5,80	7,93		5,36	10,27		6,51	8,82	
H+Al (cmol. dm <sup>-3</sup> )									
Trat	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	3,05 a <sup>NS</sup>	2,53 <sup>ns</sup>	10,97	2,34 cB	3,46 bA	10,66	5,01 a <sup>NS</sup>	4,43 a	7,99
AQ	2,95 aA	2,15 B	8,26	3,90 aA	2,63 cB	21,82	3,52 bA	2,65 cB	8,02
CDSLim	1,72 bB	2,54 A	9,92	1,67 cB	2,47 cA	13,03	1,84 c <sup>NS</sup>	2,28 c	14,15
DLLim	2,78 a <sup>NS</sup>	2,54	9,91	2,82 b <sup>NS</sup>	2,88 c	11,67	3,02 b <sup>NS</sup>	3,53 b	18,37
DL100	1,91 bB	2,58 A	7,22	2,94 bB	4,69 aA	7,59	2,88 bB	3,54 bA	6,33
CV(%)	8,06	10,82		18,27	9,73		11,81	10,93	

Continua...

...Continuação Tabela 9...

	Al (cmol <sub>e</sub> dm <sup>-3</sup> )								
	0 a 5 cm		CV	5 a 10 cm		CV	10 a 20 cm		CV
	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)	2015	2016	(%)
Test	0,02 dB	0,23 <sup>ns</sup> A	43,83	0,09 dB	0,50 bA	39,44	0,81b <sup>NS</sup>	0,87 b	20,78
AQ	0,32 a <sup>NS</sup>	0,32	17,52	0,40 a <sup>NS</sup>	0,35 c	10,72	0,66 c <sup>NS</sup>	0,51 c	16,24
CDSLim	0,18 dB	0,18 A	20,89	0,06 dB	0,19 cA	30,55	0,09 dB	0,43 cA	18,24
DLLim	0,24 bB	0,24 A	26,76	0,18 cB	0,87 aA	17,82	1,23 a <sup>NS</sup>	1,17 a	12,15
DL100	0,23 cB	0,23 A	29,01	0,25 bB	0,48 bA	29,27	0,47 d <sup>NS</sup>	0,59 c	19,43
CV (%)	13,06	26,06		21,31	23,89		13,77	20,47	

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Na comparação dos parâmetros de acidez dos agregados do solo e da TFSA, verifica-se que o pH em água apresentou, em 2015, os maiores valores para a TFSA para os tratamentos AQ e DLLim (0-5 cm), AQ, CDSLim e DLLim (5-10 cm), e DLLim (10-20). Em 2016, os maiores valores de pH em água foram observados na TFSA, para os tratamentos AQ e DL100 (0-5 cm), DL100 (5-10 cm), e Test (10-20 cm). Com relação ao H+Al, nas duas épocas de avaliação, os agregados do solo apresentaram os maiores valores. Para o Al, os maiores valores foram observados nos agregados do solo em 2015, com exceção do tratamento DLLim (10 a 20 cm). Em 2016, os agregados do solo apresentaram os maiores valores nos tratamentos AQ e CDSLim (5 a 10 cm), DLLim (10 a 20 cm) (Tabela 10).

**Tabela 10** - Valores médios dos parâmetros de acidez, dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 centímetros em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	pH em água								
	2015								
	0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm		
	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)
Test	5,12 <sup>ns</sup>	5,28	3,99	4,87 <sup>ns</sup>	5,07	4,24	4,74 <sup>ns</sup>	4,84	7,92
AQ	4,98 b	5,44 a	2,24	5,16 b	5,45 a	2,68	4,96 <sup>ns</sup>	5,03	4,66
CDSLim	5,32 <sup>ns</sup>	5,69	5,69	5,38 b	5,82 a	2,71	5,27 <sup>ns</sup>	5,62	4,11
DLLim	4,75 b	5,61 a	2,88	4,91 b	5,33 a	3,06	4,70 <sup>ns</sup>	5,17	4,85
DL100	5,21 <sup>ns</sup>	5,52	5,67	4,95 <sup>ns</sup>	5,30	6,00	4,86 <sup>ns</sup>	5,00	2,21
2016									
0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm			
Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	
Test	4,93 <sup>ns</sup>	5,07	5,08	4,81 <sup>ns</sup>	4,91	5,67	4,57 b	4,91 a	3,55
AQ	4,55 b	4,90 a	2,47	4,66 b	5,11 a	7,20	4,90 <sup>ns</sup>	4,99	4,11
CDSLim	5,22 <sup>ns</sup>	5,21	1,16	5,28 <sup>ns</sup>	5,23	3,15	5,31 <sup>ns</sup>	5,32	3,61
DLLim	4,60 <sup>ns</sup>	4,68	4,52	4,77 <sup>ns</sup>	4,70	4,78	4,68 <sup>ns</sup>	4,77	5,38
DL100	4,54 b	5,12 a	2,75	4,64 b	5,01 b	3,24	4,57 <sup>ns</sup>	4,96	5,86
H+Al (cmol. dm <sup>-3</sup> )									
2015									
0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm			
Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	
Test	1,47 b	3,05 a	10,49	2,18 <sup>ns</sup>	2,34	10,56	1,98 b	5,01 a	9,15
AQ	4,58 a	2,95 b	4,85	5,06 <sup>ns</sup>	3,90	20,28	6,81 a	3,52 b	16,96
CDSLim	4,55 a	1,72 b	15,38	4,22 a	1,67 b	12,34	3,56 a	1,84 b	15,36
DLLim	4,74 a	2,78 b	11,96	4,92 a	2,82 b	9,74	6,53 a	3,02 b	20,21
DL100	5,38 a	1,91 b	16,64	4,56 a	2,94 b	19,10	6,26 a	2,88 b	11,93
2016									
0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm			
Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	
Test	6,00 a	2,53 b	8,71	8,10 a	3,46 b	9,05	7,59 a	4,43 b	13,34
AQ	10,32 a	2,15 b	8,56	8,56 a	2,63 b	7,81	8,46 a	2,65 b	9,35
CDSLim	3,73 a	2,54 b	3,67	3,67 a	2,47 b	8,18	3,40 a	2,28 b	11,50
DLLim	6,96 a	2,54 b	7,50	7,50 a	2,88 b	12,97	7,02 a	3,53 b	13,85
DL100	9,10 a	2,58 b	9,45	9,45 a	4,69 b	6,35	9,86 a	3,54 b	3,30
Al (cmol. dm <sup>-3</sup> )									
2015									
0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm			
Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	
Test	0,20 a	0,02 b	43,83	0,68 a	0,09 b	6,20	0,80 <sup>ns</sup>	0,81	8,70
AQ	0,45 a	0,24 b	17,52	0,37 <sup>ns</sup>	0,40	17,60	0,53 <sup>ns</sup>	0,66	18,02
CDSLim	0,18 a	0,02 b	20,89	0,18 a	0,06 b	21,06	0,42 a	0,09 b	37,62
DLLim	0,40 a	0,13 b	26,76	0,38 a	0,18 b	16,33	0,79 b	1,23 a	12,92
DL100	0,20 a	0,09 b	29,01	0,23 <sup>ns</sup>	0,25	16,09	0,67 a	0,47 b	9,19
2016									
0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm			
Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	
Test	0,68 a	0,23 b	18,93	0,59 <sup>ns</sup>	0,50	25,88	0,87 <sup>ns</sup>	0,87	27,20
AQ	0,37 <sup>ns</sup>	0,32	13,80	0,40 a	0,35 b	7,70	0,56 <sup>ns</sup>	0,51	20,12
CDSLim	0,18 <sup>ns</sup>	0,18	16,50	0,27 a	0,19 b	16,62	0,40 <sup>ns</sup>	0,43	12,65
DLLim	0,38 <sup>ns</sup>	0,24	32,34	0,88 <sup>ns</sup>	0,87	13,48	1,55 a	1,17 b	7,76
DL100	0,23 <sup>ns</sup>	0,23	26,73	0,33 <sup>ns</sup>	0,48	28,86	0,63 <sup>ns</sup>	0,59	21,55

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.



A exemplo dos maiores valores de pH em água nos agregados do solo no tratamento CDSLim em todas as camadas avaliadas, este efeito também foi verificado com o uso de cama sobreposta no pH do solo (BRUNETTO et al., 2012). A cama sobreposta de suínos, por ser um material sólido e com maior matéria seca que os dejetos líquidos de suínos (COMIN et al., 2013), tende a ter maiores teores de carbonato que promovem o consumo de  $H^+$  após serem dissolvido no solo, refletindo em um aumento nos valores de pH em água (WHALEN et al, 2000; ANAMI et al., 2008). Já os maiores valores de  $H+Al$  nos tratamentos com aplicação de DL e AQ podem estar associados ao aumento da biomassa (Tabela 3) que, somados ao SPD, favorece o aumento dos resíduos orgânicos sobre o solo. Este material, ao ser decomposto pela biota do solo, pode acidificá-lo através da liberação de íons  $H^+$  pela liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular e reações específicas (MEURER, 2012), o que pode explicar os altos valores de  $H+Al$ , em algumas camadas avaliadas. Os valores de  $Al$  são todos inferiores a  $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , exceto para a Test a 5-10 cm (2015) e DLLim a 10-20cm (2016). Isto sugere que a maior parte dos valores de  $H+Al$  são consequência dos íons  $H^+$  e as suas maiores concentrações refletem em valores mais baixos de pH em água e também nas maiores concentrações de  $Al$  trocável, como verificado por Brunetto et al. (2012), e apresentado nas Tabelas 8 e 9. Adições de carbono ao solo, via compostos orgânicos, como no caso da cama sobreposta de suínos e dos dejetos líquidos de suínos, podem ajudar na complexação do alumínio, especialmente devido ao aumento dos teores de ácidos fúlvicos e húmicos (dados não apresentados), já que esses são muito reativos no solo (STEVENSON, 1994). Isto pode explicar os menores valores de  $Al$  trocável nos tratamentos com dejetos suínos na profundidade de 0-5 cm em comparação ao tratamento AQ. O uso da adubação química favorece a mineralização da MOS, e por meio das reações de nitrificação, tem-se  $H^+$  liberados para o solo, diminuindo o pH na superfície do solo.

## 7.5 VALORES MÉDIOS DE P, K, Ca, Mg E Na NOS AGREGADOS DO SOLO E NA TFSA

Com relação ao P disponível nos agregados do solo, os maiores teores foram observados no tratamento CDSLim, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, nas duas épocas de avaliação. Na camada de 10-20 cm, em 2015, os maiores teores ocorreram nos tratamentos DLLim (2015) e Test e DL100 (2016) (Tabela 11). A comparação das épocas de avaliação

demonstra, de maneira geral, que houve aumento dos teores de P disponível ao longo dos anos.

O K, em 2015, apresentou os maiores valores nos tratamentos DLLim (0-5 e 10-20 cm) e DL100 (5-10 cm), diferindo dos demais tratamentos (Tabela 11). Em 2016, os maiores valores foram observados nos tratamentos CDSLim e DL100 (0-5 e 10-20 cm), e DL100 (5-10 cm). Ao comparar as épocas de avaliação, observa-se um aumento nos teores de K trocável ao longo dos anos. Para o Ca, os maiores valores, em 2015, foram observados nos tratamentos AQ, CDSLim e DL100 (0-5 cm), Test, AQ e DL100 (5-10 cm), e DL100 (10-20 cm). Em 2016, na camada superficial (0-5 cm), não foram observadas diferenças entre tratamentos. Entretanto, para as demais camadas (5-10 e 10-20 cm), observou-se os menores valores no tratamento Test. Em relação às épocas de avaliação, nota-se aumento dos teores de Ca ao longo dos anos.

Com relação ao Mg, em 2015, não foram observadas diferenças entre os tratamentos nas camadas de 0-5 e 5-10 cm (Tabela 11). Já para a camada de 10-20 cm, o maior valor foi observado no tratamento CDSLim. Em 2016, os maiores valores foram observados nos tratamentos CDSLim e DL100 (0-5 e 5-10 cm), AQ, CDSLim e DL100 (10-20 cm). Em relação às épocas de avaliação, de maneira geral, houve um aumento dos teores de Mg ao longo dos anos. Quanto ao Na, não foi observado concentrações deste elemento em 2015. Entretanto, em 2016, apesar de ocorrerem maiores teores de Na nos agregados do solo, não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados (Tabela 11).

**Tabela 11** - Valores médios dos atributos químicos, dos agregados do solo, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo, nas diferentes épocas de avaliação, submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	Agregados do solo								CV (%)	
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm			CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016		
	P (mg kg <sup>-1</sup> )									
Test	28,75 cB	41,30 dA	4,65	16,17 cB	27,77 dA	13,65	10,77 dB	16,98 aA	5,48	
AQ	33,66 cB	57,94 cA	11,78	17,31 cB	47,80 cA	7,20	15,79 b <sup>NS</sup>	17,52 c	11,59	
CDSLim	95,41a <sup>NS</sup>	98,03 a	9,73	30,14 aB	83,31 aA	15,40	13,38 cB	18,69 cA	11,90	
DLLim	34,58 cB	65,57 cA	15,77	20,75 bB	34,47 dA	11,14	24,09 aB	29,10 bA	9,00	
DL100	74,07b <sup>NS</sup>	84,23 b	12,16	19,62 bB	57,92 bA	13,70	16,09 bB	43,41 aA	12,45	
CV (%)	13,00	11,35		4,69	13,56		4,34	11,83		
Trat	K (mg kg <sup>-1</sup> )								CV (%)	
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm			CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016		
	K (mg kg <sup>-1</sup> )									
Test	84,32 d <sup>NS</sup>	88,67 b <sup>NS</sup>	6,09	44,60 bB	57,00 cA	7,79	33,80 cB	43,44 bA	6,42	
AQ	89,98 dB	107,22 bA	4,46	45,70 bB	75,00 bA	9,78	27,40 d <sup>NS</sup>	29,74 c <sup>NS</sup>	5,43	
CDSLim	107,22 cB	152,00 aA	7,46	49,81 bB	83,67 bA	9,50	22,62 dB	59,00 aA	8,79	
DLLim	142,19 aA	112,11 bB	8,91	48,69 bB	68,17 cA	11,01	56,70 a <sup>NS</sup>	49,67 b <sup>NS</sup>	8,61	
DL100	128,17 bB	156,67 aA	9,17	116,17 a <sup>NS</sup>	111,41 a <sup>NS</sup>	11,54	47,44 bB	63,92 aA	8,26	
CV (%)	6,87	8,82		12,05	10,10		9,76	7,04		
Trat	Ca (cmol. dm <sup>-3</sup> )								CV (%)	
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm			CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016		
	Ca (cmol. dm <sup>-3</sup> )									
Test	2,09 bB	4,20 <sup>m</sup> A	11,81	3,02 aB	3,02 bA	7,77	1,42 bB	2,32 bA	17,37	
AQ	2,48 aB	3,85 A	11,51	2,61 aB	3,67 aA	8,99	1,60 bB	3,49 aA	11,89	
CDSLim	2,80 aB	4,51 A	9,97	2,11 bB	4,18 aA	12,75	1,35 bB	3,52 aA	8,05	
DLLim	2,21 bB	4,36 A	10,16	1,57 bB	3,80 aA	9,97	0,94 cB	3,61 aA	11,67	
DL100	2,75 aB	3,98 A	11,28	2,48 aB	3,27 aA	5,33	2,30 aB	3,32 aA	11,95	
CV (%)	8,32	11,26		5,04	10,42		15,04	10,44		

Continua...

## ...Continuação Tabela 11...

	Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	1,27 aB	1,59 bA	7,58	1,33 <sup>nsNS</sup>	1,53 b	9,27	0,70 cB	1,23 bA	16,98
AQ	1,08 aB	1,70 bA	13,81	1,10 B	1,49 bA	10,58	0,75 cB	1,50 aA	9,15
CDSLim	1,56 aB	2,12 aA	9,65	1,13 B	1,93 aA	13,05	1,01 aB	1,61 aA	7,84
DLLim	1,15 aB	1,62 bA	5,62	1,20 B	1,64 bA	10,78	0,59 cB	1,30 bA	10,55
DL100	1,36 aB	2,33 aA	17,50	1,18 B	1,84 aA	12,73	0,83 bB	1,57 aA	10,58
CV (%)	16,90	9,10		12,78	10,54		11,89	10,97	

	Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	0,02 <sup>ns</sup>	-	-	0,01 <sup>ns</sup>	-
AQ	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,02	-
CDSLim	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,02	-
DLLim	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-
DL100	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-
CV (%)	-	23,45	-	-	31,93	-	-	37,05	-

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de P disponível na TFSA, na camada de 0-5 cm, foram observadas no tratamento CDSLim, em 2015 (Tabela 12). Nas camadas de 5-10 e 10-20 cm, no mesmo ano, foi observado o maior valor no tratamento DL100. Em 2016, o tratamento DL100 apresentou os maiores teores de P disponível, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, enquanto os tratamentos com dejetos suínos (CDSLim, DLLim e DL100) apresentaram os maiores teores na profundidade de 10-20 cm. A comparação entre as épocas de avaliação denota que, de maneira geral, houve um aumento dos teores de P disponível ao longo dos anos. Observou-se aumento nos teores de P nos tratamentos DL100 (0-5 cm), CDSLim, DLLim e DL100 (5-10 cm) e CDSLim (10-20 cm).

Para o K, em 2015 os maiores valores foram observados nos tratamentos AQ, CDSLim, DLLim e DL100 (0-5 cm), CDSLim e DLLim (5-10 cm), e DL100 (10-20 cm) (Tabela 12). Em 2016, os maiores valores foram observados nos tratamentos DL100 (0-5 cm), CDSLim, DLLim e DL100 (5-10 cm) e Test, CDSLim e DL100 (10-20 cm). Em relação às épocas de avaliação, observou-se aumento nos teores de K trocável ao longo dos anos para os tratamentos Test e DL100 (0-5 cm), DLLim (5-10 cm), e CDSLim (10-20 cm), enquanto que houve diminuição dos teores para o tratamento AQ, nas camadas de 5-10 e 10-20 cm.

Com relação ao Ca, em 2015, não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos na camada superficial (Tabela 12). Na camada de 5-10 cm, os maiores valores foram observados nos tratamentos

Test, AQ e DL100. Já na camada de 10-20 cm, o maior valor foi observado no tratamento DL100. Em 2016, os maiores valores foram observados nos tratamentos CDSLim, DLLim, e DL100 em todas as profundidades avaliadas. Em relação às épocas de avaliação, observou-se aumento nos teores de Ca ao longo dos anos para os tratamentos avaliados.

O Mg não apresentou diferenças entre os tratamentos nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, em 2015. Na camada de 10-20 cm, os maiores valores de Mg foram observados nos tratamentos CDSLim e DL100 (Tabela 12). Em 2016, os maiores valores foram observados nos tratamentos CDSLim e DLLim (0-5 cm), DLLim (5-10 cm), e Test, AQ, CDSLim, DLLim e DL100 (10-20 cm). Em relação às épocas de avaliação, de maneira geral, houve aumento dos teores de Mg ao longo dos anos.

Para o Na, não foi observado concentrações tanto em 2015 como em 2016, mas neste ano, apesar dos maiores valores dos teores de Na nos agregados do solo, não houve diferenças entre os tratamentos (Tabela 12).

**Tabela 12** - Valores médios dos atributos químicos, da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm do solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Terra fina seca ao ar									
Trat	P (mg kg <sup>-1</sup> )								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	32,62 <sup>cNS</sup>	31,15 d	6,60	27,18 <sup>bNS</sup>	28,42 b	5,30	14,13 <sup>bNS</sup>	13,00 b	10,65
AQ	28,17 <sup>cNS</sup>	27,19 d	5,40	12,97 <sup>cNS</sup>	14,60 c	7,83	9,76 cA	6,12 cB	9,08
CDSLim	54,62 <sup>aNS</sup>	56,45 b	6,85	19,63 <sup>dB</sup>	26,57 <sup>bA</sup>	12,40	11,29 <sup>cB</sup>	17,16 <sup>aA</sup>	12,43
DLLim	39,68 <sup>bNS</sup>	42,29 c	16,02	22,91 <sup>cB</sup>	29,27 <sup>bA</sup>	7,11	14,06 <sup>bNS</sup>	16,53 a	13,20
DL100	38,05 <sup>bB</sup>	70,01 <sup>aA</sup>	8,96	31,51 <sup>aB</sup>	43,49 <sup>aA</sup>	7,88	18,55 <sup>aNS</sup>	17,94 a	6,84
CV (%)	7,73	11,26		10,57	6,72		10,73	10,20	
K (mg kg <sup>-1</sup> )									
Trat	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
	Test	45,38 <sup>bB</sup>	53,81 <sup>bA</sup>	7,79	38,83 <sup>bNS</sup>	35,51 b	9,72	36,44 <sup>bNS</sup>	39,30 a
AQ	67,37 <sup>aNS</sup>	61,63 b	9,23	52,37 <sup>aA</sup>	36,33 <sup>bB</sup>	17,69	34,59 <sup>bA</sup>	25,56 <sup>bB</sup>	9,20
CDSLim	63,70 <sup>aNS</sup>	60,75 b	10,59	52,37 <sup>aNS</sup>	45,25 a	11,63	34,03 <sup>bNS</sup>	34,33 a	9,35
DLLim	43,26 <sup>aNS</sup>	55,85 b	10,76	31,10 <sup>cB</sup>	54,33 <sup>aA</sup>	19,67	23,81 <sup>cNS</sup>	23,11 b	10,75
DL100	65,42 <sup>aB</sup>	84,00 <sup>aA</sup>	5,54	38,81 <sup>bNS</sup>	51,33 a	22,54	44,70 <sup>aNS</sup>	40,25 a	11,40
CV (%)	8,80	7,68		11,20	21,23		8,01	11,35	
Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )									
Trat	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
	Test	1,88 <sup>aA</sup>	1,66 <sup>cB</sup>	6,99	2,24 <sup>aNS</sup>	1,90 c	11,33	1,28 <sup>bNS</sup>	1,53 c
AQ	2,27 <sup>aNS</sup>	2,39 b	14,38	2,36 <sup>aNS</sup>	2,28 b	10,10	1,45 <sup>bB</sup>	2,17 <sup>bA</sup>	16,67
CDSLim	2,44 <sup>aB</sup>	4,01 <sup>aA</sup>	9,11	1,87 <sup>bB</sup>	3,72 <sup>aA</sup>	13,38	1,20 <sup>bB</sup>	3,36 <sup>aA</sup>	15,56
DLLim	1,99 <sup>aB</sup>	3,87 <sup>aA</sup>	11,03	1,40 <sup>bB</sup>	3,38 <sup>aA</sup>	10,66	0,89 <sup>cB</sup>	3,37 <sup>aA</sup>	15,44
DL100	2,46 <sup>aB</sup>	3,54 <sup>aA</sup>	10,61	2,32 <sup>aB</sup>	3,12 <sup>aA</sup>	12,42	2,10 <sup>aB</sup>	2,99 <sup>aA</sup>	14,43
CV (%)	10,00	11,15		9,40	12,75		18,11	13,55	
Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )									
Trat	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
	Test	1,14 <sup>mB</sup>	1,49 <sup>bA</sup>	2,77	1,19 <sup>nsNS</sup>	1,33 b	13,56	0,62 <sup>bB</sup>	1,24 <sup>aA</sup>
AQ	0,98 <sup>B</sup>	1,45 <sup>bA</sup>	16,72	0,96 <sup>B</sup>	1,33 <sup>bA</sup>	12,14	0,69 <sup>bB</sup>	1,32 <sup>aA</sup>	11,16
CDSLim	1,39 <sup>B</sup>	1,77 <sup>aA</sup>	13,18	1,02 <sup>B</sup>	1,41 <sup>bA</sup>	11,12	0,87 <sup>aB</sup>	1,34 <sup>aA</sup>	7,64
DLLim	1,02 <sup>B</sup>	1,95 <sup>aA</sup>	9,96	1,09 <sup>B</sup>	1,59 <sup>aA</sup>	8,38	0,53 <sup>bB</sup>	1,41 <sup>aA</sup>	11,86
DL100	1,26 <sup>NS</sup>	1,64 <sup>b</sup>	23,04	1,10 <sup>B</sup>	1,33 <sup>bA</sup>	8,70	0,78 <sup>aB</sup>	1,12 <sup>aA</sup>	12,36
CV (%)	18,02	12,66		13,68	8,67		13,92	9,57	

Continua...

...Continuação Tabela 12...

	Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )								
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	2015	2016		2015	2016		2015	2016	
Test	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	0,01 <sup>ns</sup>	-	-	0,01 <sup>ns</sup>	-
AQ	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-
CDSLim	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,01	-
DLLim	-	0,01	-	-	0,02	-	-	0,01	-
DL100	-	0,01	-	-	0,01	-	-	0,03	-
CV (%)	-	14,75	-	-	42,59	-	-	21,45	-

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejetos líquidos de suínos + AQ; DL100 = Dejetos líquidos de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Na comparação dos agregados do solo com TFSA, nota-se que o P disponível foi maior nos agregados do solo, com exceção dos tratamentos Test e DL100 em 2015, em todas as camadas (Tabela 13). Já em 2016, de maneira geral os agregados do solo apresentaram os maiores teores de P disponível. Com relação aos teores de K trocável, observou-se, de maneira geral, que os agregados do solo apresentaram maiores teores, em 2015, com exceção dos tratamentos Test (5-10 e 10-20 cm), AQ e CDSLim (5-10 cm), e DL100 (10-20 cm), que não apresentaram diferenças. Em 2016, os agregados do solo também apresentaram os maiores teores para este elemento, com exceção do tratamento DLLim (5-10 cm), que não apresentou diferenças. Para o Ca, em 2015, não foram observadas diferenças significativas entre agregados do solo e TFSA, com exceção do tratamento DL100 (0-5 e 5-10 cm), onde os agregados do solo apresentaram os maiores valores. Em 2016, para todas as camadas avaliadas, somente foram encontradas diferenças para os tratamentos Test e AQ, em que os agregados do solo apresentando os maiores valores. Com relação ao Mg, em 2015 não foram observadas diferenças estatísticas entre agregados do solo e TFSA, com exceção do tratamento CDSLim (10-20 cm), em que os agregados do solo apresentaram os maiores valores. Em 2016 os agregados do solo apresentaram os maiores valores nos tratamentos Test, CDSLim e DL100 (0-5 cm), CDSLim e DL100 (5-10 e 10-20 cm). Para o Na, em 2015 não foram encontrados teores deste elemento tanto nos agregados do solo como na TFSA. Já em 2016, pode-se observar um aumento nos teores deste elemento tanto para os agregados do solo como para a TFSA, porém, não foram encontradas diferenças para os tratamentos avaliados (Tabela 13).

**Tabela 13** - Valores médios dos atributos químicos, dos agregados do solo e da terra fina seca ao ar, avaliados nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm em solo, nas diferentes épocas de avaliação, em solo submetido a diferentes fontes de adubação em Braço do Norte, SC.

Trat	P (mg kg <sup>-1</sup> )								
	2015								
	0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm		
	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)
Test	28,75 b	32,62 a	7,24	16,17 b	27,18 a	8,49	10,77 b	14,13 a	10,32
AQ	33,66 a	28,17 b	10,18	17,31 a	12,97 b	7,62	15,79 a	9,76 b	13,94
CDSLim	95,41 a	54,62 b	10,10	30,14 a	19,63 b	15,24	13,38 ns	11,29	14,05
DLLim	34,58 ns	39,68	11,30	20,75 ns	22,91	10,17	24,09 a	14,06 b	6,59
DL100	74,07 a	38,05 b	12,93	19,62 b	31,51 a	7,50	16,09 b	18,55 a	6,26
Trat	2016								
	0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm		
	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)
	Test	41,30 a	31,15 b	4,04	27,77 ns	28,42	9,92	16,98 a	13,00 b
AQ	57,94 a	27,19 b	10,88	47,80 a	14,60 b	7,39	17,52 a	6,12 b	8,77
CDSLim	98,03 a	56,45 b	8,76	83,31 a	26,57 b	15,24	18,69 ns	17,16	10,83
DLLim	65,57 a	42,29 b	17,38	34,47 a	29,27 b	8,86	29,10 a	16,53 b	12,57
DL100	84,23 a	70,01 b	10,33	57,92 a	43,49 b	11,38	43,41 a	17,94 b	12,24
Trat	K (mg kg <sup>-1</sup> )								
	2015								
	0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm		
	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)
Test	84,32 a	45,38 b	7,17	44,60 ns	38,83	9,84	33,80 ns	36,44	7,47
AQ	89,98 a	67,37 b	8,04	45,70 ns	52,37	12,82	27,40 b	34,59 a	6,66
CDSLim	107,22 a	63,70 b	5,72	49,81 ns	52,37	13,22	22,62 b	34,03 a	12,49
DLLim	142,19 a	43,26 b	9,60	48,69 a	31,10 b	11,32	56,70 a	23,81 b	10,76
DL100	128,17 a	65,42 b	7,91	116,17 a	38,81 b	11,55	47,44 ns	44,70	7,06
Trat	2016								
	0 a 5 cm			5 a 10 cm			10 a 20 cm		
	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)	Agreg	TFSA	CV (%)
	Test	88,67 a	53,81 b	6,43	57,00 a	35,51 b	7,45	43,44 a	39,30 b
AQ	107,22 a	61,63 b	4,55	75,00 a	36,33 b	13,55	29,74 a	25,56 b	8,71
CDSLim	152,00 a	60,75 b	9,99	83,67 a	45,25 b	8,03	59,00 a	34,33 b	6,96
DLLim	112,11 a	55,85 b	10,43	68,17 ns	54,33	15,63	49,67 a	23,11 b	8,04
DL100	156,67 a	84,00 b	9,46	111,41 a	51,33 b	17,19	63,92 a	40,25 b	11,21

Continua...



...Continuação Tabela 13...

Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
2015									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	2,09 <sup>ns</sup>	1,88	7,33	2,50 a	2,24 b	5,29	1,42 <sup>ns</sup>	1,28	12,60
AQ	2,48 <sup>ns</sup>	2,27	14,63	2,61 <sup>ns</sup>	2,36	6,51	1,60 <sup>ns</sup>	1,45	23,89
CDSLim	2,80 a	2,44 b	6,51	2,11 <sup>ns</sup>	1,87	12,39	1,35 <sup>ns</sup>	1,20	14,84
DLLim	2,21 <sup>ns</sup>	1,99	8,84	1,57 <sup>ns</sup>	1,40	7,63	0,94 <sup>ns</sup>	0,89	6,97
DL100	2,75 a	2,46 b	5,62	2,48 a	2,32 b	3,85	2,30 <sup>ns</sup>	2,10	13,36
2016									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	4,20 a	1,66 b	12,42	3,02 a	1,90 b	11,88	2,32 a	1,53 b	16,80
AQ	3,85 a	2,39 b	11,27	3,67 a	2,28 b	11,06	3,49 a	2,17 b	7,88
CDSLim	4,51 <sup>ns</sup>	4,01	10,23	4,18 <sup>ns</sup>	3,72	12,40	3,52 <sup>ns</sup>	3,36	10,43
DLLim	4,36 <sup>ns</sup>	3,87	10,35	3,80 <sup>ns</sup>	3,38	9,80	3,61 <sup>ns</sup>	3,37	11,98
DL100	3,98 <sup>ns</sup>	3,54	12,58	3,27 <sup>ns</sup>	3,12	11,24	3,32 <sup>ns</sup>	2,99	12,73
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
2015									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	1,27 <sup>ns</sup>	1,14	8,39	1,33 <sup>ns</sup>	1,19	12,96	0,70 <sup>ns</sup>	0,62	21,26
AQ	1,08 <sup>ns</sup>	0,98	16,50	1,10 <sup>ns</sup>	0,96	11,32	0,75 <sup>ns</sup>	0,69	9,53
CDSLim	1,56 <sup>ns</sup>	1,39	16,82	1,13 <sup>ns</sup>	1,02	15,81	1,01 a	0,87 b	6,29
DLLim	1,15 <sup>ns</sup>	1,02	10,72	1,20 <sup>ns</sup>	1,09	14,74	0,59 <sup>ns</sup>	0,53	14,42
DL100	1,36 <sup>ns</sup>	1,26	25,60	1,18 <sup>ns</sup>	1,10	10,29	0,83 <sup>ns</sup>	0,78	12,78
2016									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	1,59 a	1,49 b	3,46	1,53 <sup>ns</sup>	1,33	9,92	1,23 <sup>ns</sup>	1,24	12,01
AQ	1,70 <sup>ns</sup>	1,45	14,09	1,49 <sup>ns</sup>	1,33	11,10	1,50 <sup>ns</sup>	1,32	9,63
CDSLim	2,12 a	1,77 b	5,91	1,93 a	1,41 b	10,23	1,61 a	1,34 b	8,07
DLLim	1,62 b	1,95 a	6,72	1,64 <sup>ns</sup>	1,59	5,36	1,30 <sup>ns</sup>	1,41	9,52
DL100	2,33 a	1,64 b	16,21	1,84 a	1,33 b	11,70	1,57 a	1,12 b	10,33
Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
2015									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CDSLim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DLLim	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DL100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2016									
	0 a 5 cm		CV (%)	5 a 10 cm		CV (%)	10 a 20 cm		CV (%)
	Agreg	TFSA		Agreg	TFSA		Agreg	TFSA	
Test	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	21,22	0,02 <sup>ns</sup>	0,01	39,67	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	30,14
AQ	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	19,26	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	25,81	0,02 <sup>ns</sup>	0,01	43,05
CDSLim	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	23,57	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	23,57	0,02 <sup>ns</sup>	0,01	28,09
DLLim	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	18,20	0,01 <sup>ns</sup>	0,02	52,03	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	33,22
DL100	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	14,86	0,01 <sup>ns</sup>	0,01	23,12	0,01 <sup>ns</sup>	0,03	25,04

Trat = Tratamento; Test = Testemunha, sem adubação; AQ = Adubação química; CDSLim = Composto de dejetos de suínos + AQ; DLLim = Dejeito líquido de suínos + AQ; DL100 = Dejeito líquido de suínos para a recomendação de N para a cultura do milho e aveia. CV = Coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Skott-knott a 5%. Letras maiúsculas, entre as épocas de avaliação, não diferem entre si pelo Teste LDS a 5% de probabilidade. NS = não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade.

Os altos teores de P encontrados na camada superficial nos tratamentos CDSLim e DL100 são decorrentes dos elevados teores desse nutriente na composição dos dejetos (Tabela 2), por consequência da alimentação dos animais com rações com altos teores desse elemento (NRC, 1998), e evidenciam que se deve atentar para o potencial poluente do P no ambiente. Por isso, deve-se evitar a aplicação de altas doses de compostos orgânicos nas mesmas áreas por longo período de tempo. Para o uso desses dejetos deve-se utilizar recomendação técnica específica para definição de doses e adotar medidas técnicas que permitam maior taxa de infiltração da água no solo, e sistemas de manejo que proporcionem a produção e manutenção de altas quantidades de resíduos vegetais sobre a superfície do solo, e que diminuam o escoamento superficial (CERETTA et al., 2003), e o transporte de nutrientes a corpos d'água superficiais. Vale lembrar que as adubações no presente experimento vêm sendo realizadas de acordo com a IN nº11 (FATMA, 2014) e, mesmo assim, após 3 anos de experimentação, dois tratamentos (CDSLim e DL100) já ultrapassaram o LCA-P nos agregados do solo, e um (DL100) na TFSA. Merece destaque que nos agregados do solo o P está menos disponível, pois está mais protegido do que na TFSA.

Comparando-se os teores de P encontrados no início do experimentos (Tabela 1) com os encontrados em 2016 (Tabela 13), pode-se observar que, ao longo de 4 anos de experimentação, o uso de DS associado ao resíduos das plantas (milho + aveia) foi capaz de aumentar os teores de P do solo na proporção de 185,48% no tratamento CDSLim, 57,49% no tratamento DLLim e 126,56% no tratamento DL100, para os agregados do solo, e 30,70% no tratamento CDSLim, 12,66% no tratamento DLLim e 77,67% no tratamento DL100 na TFSA. Esse aumento, em 2016, fica mais evidente quando se observa na Tabela 2, e nota-se a quantidade desse elemento presente na composição dos dejetos. Ainda, tem-se as quantidades de MS da aveia (Tabela 3), que ao serem decompostas, retornam parte desse nutriente que compõe o seu tecido vegetal.

Com relação aos tratamentos Testemunha e AQ, somente observou-se aumento dos teores de P em relação ao início do experimento (Tabela 1), nos agregados do solo, na proporção de 8,76 e 66,47%, respectivamente.

Em 2016, observou-se tanto para os agregados do solo como para a TFSA que o K trocável foi maior nos tratamentos com aplicação de adubos orgânicos, como composto de dejetos suíno e dejetos líquidos de suínos, em todas as profundidades avaliadas. Esses resultados podem ser explicados em parte pela dosagem de dejetos que é aplicada nesses

tratamentos, associado aos altos valores de K que contém nos dejetos suínos (Tabela 2).

De maneira geral, os maiores teores de Ca e Mg encontrados na camada superficial (0-5 cm), podem ser atribuídos, em parte, à calagem realizada em toda a área antes da instalação do experimento. Já nos tratamentos com dejetos suínos, esses valores se devem à adição de nutrientes via fontes orgânicas, que possuem Ca e Mg em sua composição, variando de 0,76 a 4,68 % de Ca, e 0,40 a 12,60 % de Mg em sua composição (Tabela 2), corroborando com resultados obtidos por Brunetto et al. (2012). Ainda, de maneira geral, os maiores teores de Ca e Mg para os tratamentos com dejetos suínos na camada de 10-20 cm podem ser explicados por fatores como a percolação de compostos orgânicos solúveis em água e a manutenção de bioporos no SPD, uma vez que o SPD aliado ao uso plantas de cobertura (aveia) favorece a formação desses canais pelo crescimento e decomposição das raízes das plantas (KAMINSKI et al., 2005). Para o Na, o leve aumento que ocorreu ao final do período de avaliação se deve, principalmente ao fato deste elemento estar presente na composição dos dejetos suínos, como mostrado na tabela 2.

De maneira geral, tem-se nos agregados do solo melhores condições químicas em comparação à TFSA. Solos bem estruturados, com bons índices de agregação tendem a acumular mais carbono ao solo, principalmente pelos mecanismos de proteção físico-químicos que os agregados do solo exercem sobre a MOS (BALDOCK et al., 1992; BALESIDENT et al., 2000). A dinâmica do N no solo está intimamente associada à dinâmica do C, apenas alterando os mecanismos de adição e de perda dos elementos no sistema (BAYER et al., 2000a, b). Desse modo, a manutenção do COT dentro do sistema solo irá refletir no aumento e, ou, manutenção do NT. Ainda, como a MOS está intimamente relacionada com a CTC dos solos, sua proteção pelos agregados do solo irá refletir em maiores teores de K, Ca e Mg nos solos, e na complexação de elementos tóxicos, como no caso do Al.

De maneira geral, as grandes quantidades de nutrientes aplicadas via DS (Tabela 2) também podem favorecer maiores produções de matéria seca pelas culturas (Tabela 3), conforme também relatado por LOURENZI et al. (2014). Assim, os DS aumentam o aporte de resíduos vegetais na superfície do solo e, conseqüentemente, incrementa os teores de matéria orgânica (ADELI et al., 2008; LOURENZI et al., 2011) e dos demais nutrientes.



## 8 CONCLUSÃO

A aplicação contínua de dejetos suínos por 4 anos não melhora os atributos físicos do solo, diminuindo os índices de agregação (DMP e DMG), principalmente na camada de 5-10 cm de profundidade, além de diminuir a proporção de macroagregados, e por consequência, aumentar a de microagregados do solo, refutando assim a primeira hipótese formulada para este estudo.

Para o mesmo período de avaliação, pode-se observar uma melhora das condições químicas do solo para todos os elementos avaliados. Essa melhora das condições químicas do solo fica mais evidente nos agregados do solo em comparação à TFSA, demonstrando que um solo bem estruturado pode servir como estoque de nutrientes a partir da proteção exercida pelos agregados do solo, de acordo com a segunda e terceira hipóteses pensadas para este estudo.



## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração da produção suínica, principalmente, nas regiões Oeste e Sul do estado de Santa Catarina, em sistema intensivo de produção, gera uma grande quantidade de dejetos e dificulta o uso de dejetos suínos como fonte de nutrientes às culturas agrícolas com baixo impacto ambiental. Por isso, várias foram as tentativas para tentar adequar, através de instruções normativas (IN), a quantidade de dejetos que deve ser aplicada no solo. Até 2014, a IN nº11 da FATMA propunha a aplicação de  $50\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$  de dejetos ao solo. Se for considerada a área total disponível no município de Braço do Norte, a quantidade de animais produzidos e o volume de dejetos gerado, menos de 10% desse volume poderia ser adicionado ao solo anualmente.

Atualmente, a IN nº11 da FATMA adota o conceito de LCA-P, que tem por base a aplicação ou suspensão da aplicação dos dejetos ao solo considerando o teor de P disponível. Se for considerado o LCA-P, a maioria das propriedades deveriam suspender a aplicação de dejetos como adubo, e somente poderiam aplicar dejetos quando os limites estivessem abaixo do LCA-P. Assim tem-se um cenário que impede o cumprimento da legislação ambiental, a menos que se altere a lógica da concentração da produção e do sistema de confinamento dos animais. Outra alternativa seria a implementação de políticas públicas de incentivo à compostagem de DL, o que facilitaria o transporte do material para outras regiões do estado que demandam fontes de nutrientes para adubação das culturas.

Neste estudo, pode-se observar que mesmo adotando o conceito de aplicação de adubos orgânicos pelo nutriente mais limitante, tem-se nos agregados do solo nos tratamentos CDSLim e DL100, e na TFSA no DL100, valores de P acima do LCA-P.

Diferentes tipos e quantidades de dejetos suínos utilizadas com critério de aplicação afetam os atributos edáficos do solo. Observa-se piora dos atributos físicos do solo e a melhora das condições químicas do solo. Por isso, faz-se necessário novas pesquisas a fim de acompanhar a evolução dos atributos físicos e químicos do solo. Ainda, seria interessante avaliar a qualidade da matéria orgânica que está sendo incorporada ao solo, visto que tem-se um cenário de aumento de COT no solo e diminuição dos índices de agregação.

Por fim, recomenda-se adotar um redesenho das propriedades suínicas, de modo a integrar a produção animal e vegetal, tornando a atividade ambientalmente segura. Desse modo, deve-se adotar práticas agroecológicas que visem limitar o número de animais nos sistemas de

confinamento, adotar técnicas de manejo agroecológico do solo e das culturas, tais como diversificação de cultivos, rotação de culturas, uso de plantas de cobertura solteiras ou em consórcios, compostagem dos dejetos, por exemplo. Desse modo, ter-se-ia menos dependência de insumos externos (como rações e produtos químicos para as lavouras). Isso, além de melhorar a qualidade e saúde dos solos (principalmente por diminuir a quantidade de dejetos que é gerada e aplicada ao solo), dos cultivos e dos animais (mudança do sistema intensivo para uma produção agroecológica), aumentaria a biodiversidade do agroecossistema, possibilitando uma melhor ciclagem de nutrientes, aumento da retenção de água, melhoria dos índices de produção e resiliência às condições microclimáticas



## REFERÊNCIAS

- ADU, J. K.; OADES, J. M. Physical factors influencing decomposition of organic materials in soil aggregates. *Soil Biol. Bioch*; v.10, p.109-15, 1978.
- ADELI, A.; BOLSTER, C.H.; ROWE, D.E.; MCLAUGHLIN, M.R.; BRINK, G.E. Effect of long term swine effluent application on selected soil properties. *Soil Science*, v.173, p.223-235, 2008. DOI: 10.1097/ss.0b013e31816408ae.
- AGNES, S. A. A.; KLEIN, V. A. Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. *Ver. Bras. Eng. Agric. Ambient.*; v.18, n.7, p.720-726; 2014
- AITA, C.; CHIAPINOTTO, I. C.; GIACOMINI, S. J.; HÜBNER, A. P.; GONÇALVES MARQUES, M. Decomposição de palha de aveia preta e dejetos de suínos em solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo [Internet]*; v.30, n.1, p.149-161. 2006
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HUBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*; 42(1):95-102; 2007
- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Nitrato no solo com a aplicação de dejetos líquidos de suínos no milho em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*; v.32, n.5, p.2101-2111; 2008.
- ALMEIDA, V. P.; ALVES, M. C.; SILVA, E. C.; OLIVEIRA, S. A. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa*, v. 32, n. 3, p. 1227-1237, 2008.
- ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; DAMASCENO, S.; QUEIROZ, M. M. F. Deslocamento de nitrato e fosfato proveniente de

água residuária da suinocultura em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.75-80, 2008.

ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n.3, p. 677-687, 2009.

ASSIS, R.L.; LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.29, n.4, p.515-522. 2005.

BALDI, E.; TOSELLI, M.; MARCOLINI, G.; QUARTIERI, M.; CIRILLO, E.; INNOCENTI, A. & MARANGONI, B. Compost can successfully replace mineral fertilizers in the nutrient management of commercial peach orchard. *Soil Use Management*, v.26, p.346-353, 2010.

BALDOCK, J. A. et al. Aspects of the chemical-structure of soil organic materials as revealed by solid-state C13 NMR-Spectroscopy. *Biogeochemistry*, Netherlands, v.16, p.1-42, 1992.

BALESDENT, J. et al. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.53, p. 215-230, 2000.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. & CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Till. Res.*, 53:95-104, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L. & FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil Till. Res.*, 54:101-109, 2000b.

BENEDET, L.; COMIN, J. J.; PESCADOR, R.; OLIVEIRA, P. A. V.; BELLI FILHO, P.; DE CONTI, L.; COUTO, R. R.; LOVATO, P. E.; CESCO, S.; MIMMO, T.; BRUNETTO, G. Physiological Changes in Maize Grown in Soil with Copper and Zinc Accumulation Resulting from

the Addition of Pig Slurry and Deep Litter over 10 Years. *Water, Air and Soil Pollution (Print)*, v. 227, p. 1-15, 2016.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, v.22, p.215-221; 1998

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.155-163, 2004.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. *R. Bras. Ci. Solo*, v.25, p.1167-177; 2006.

BLANCO-CANQUI, H.; STONE, L. R.; SCHLEGEL, A. J.; LYON, D. J.; VIGIL, M. F.; MIKHA, M. M.; STAHLMAN, P. W.; RICE, C. W. No-till induced increase in organic carbon reduces maximum bulk density of soils. *Soil Science Society of America Journal, Madison*, v.73, p.1871-1879; 2009

BODDEY, R.; JANTALIA, C. P.; CONCEIÇÃO, P. C. E.; ZANATTA, J. A.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; SANTOS, H. P.; DENARDIN, J. Ê.; GIACOMINI, S. J.; URQUIAGA, S. C. S.; ALVES, B. J. R. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture. *Global Change Biology*; v.16, p.784-795; 2010.

BRONICK, C.J. & LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, 124:3-22, 2005.

BRUNETTO, G.; COMIN, J. J.; SCHMITT, D. E.; GUARDINI, R.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; MORAES, M. P.; GATIBONI, L. C.; LOVATO, P. E.; CERETTA, C. A. Changes in soil acidity and organic carbon in a Sandy typic hapludalf after médium-term pig-slurry and deep-litter application. *R. Bras. Ci. Solo*; v.36, p.1620-1628; 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000500026.

CANELLAS, L P.; MENDONÇA, E. S.; DOBBSS, L. B.; BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; DA SILVA, L. S.; CANELLAS, L P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais (Ed.). Porto Alegre, Metrópole. 2008.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 33, p. 147-157, 2009.

CARRIZO, M. E.; ALESSO, C. A.; COSENTINO, D.; IMHOFF, S. Aggregation agents and structural stability in soils with different texture and organic carbon contents. Scientia Agricola, v. 72, n. 1, p. 75-82. 2015.

CARTER, M. R. Researching structural complexity in agricultural soils. Soil & Tillage Research, p. 1-6, 2004.

CASSOL, P. C.; SILVA, D. C. P. R.; ERNANI, P. R.; KLAUBERG FILHO, O.; LUCRECIO, W. Atributos químicos em Latossolo Vermelho fertilizado com dejetos suíno e adubo solúvel. Rev. Ciênc. Agroveter, v.10, p.103-112, 2011.

CASSOL, P. C.; COSTA, A. C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C. M.; ERNANI, P. R. Disponibilidade de macronutrientes e rendimento de milho em latossolo fertilizado com dejetos suíno. R. Bras. Ci. Solo.; v.36; p.1911-1923; 2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000600025.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, 1998; 22:527-538.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I. C. L.; BERWANGER, A. L. Dejetos líquidos de suínos: I-Perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. Ci. Rural.; v.35, p.1296-1304. 2005 doi: 10.1590/S0103-84782005000600011.

CERETTA, C. A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; TIECHER, T. L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G.; MIOTTO, A. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesq. Agropec. Bras.*; v.45, p.593–602; 2010a doi: 10.1590/S0100-204X2010000600009.

CERETTA, C. A.; GIROTTO, E.; LOURENZI, C. R.; TRENTIN, G.; VIEIRA, R. C. B.; BRUNETTO, G. Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry. *Agriculture, Ecosystems and Environment*; v.139, p.689-699; 2010b doi: 10.1016/j.agee.2010.10.016.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; VEIGA, M.; GUARDINI, R.; SCHMITT, D. E.; VICTORIA DE OLIVEIRA, P. A.; FILHO, P. B.; COUTO, R. R.; BENEDET, L.; MULLER, V.; BRUNETTO, G. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. *Soil Res.*; v.51, p.459-470; 2013. doi: 10.1071/sr13130.

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

CORRÊA, J. C.; BARILLI, J.; REBELLATTO, A.; VEIGA, M. Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2011, 18p.

COSTA JUNIOR, C., M.C. PICCOLO, M. SIQUEIRA NETO, P.B. CAMARGO, C.C. CERRI & M. BERNOUX. Carbono total e  $^{13}\text{C}$  em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.*; v.35, p. 1241-1252; 2011a.

COSTA JUNIOR, C., M. SIQUEIRA NETO, M.C. PICCOLO & P.B. CAMARGO. Nitrogênio e abundância natural de  $^{15}\text{N}$  em agregados do solo sob diferentes usos da terra no Bioma Cerrado. *Ensaio e Ciência*; v15, p.47-66; 2011b

COSTA JUNIOR C, PÍCCOLO MC, NETO MS, CAMARGO PB, CERRI CC, BERNOUX M. Carbono em agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma cerrado. *R. Bras. Ci.*

Solo.; v.36, p.1311-1321;2012. doi: 10.1590/S0100-06832012000400025.

COUTO, R. R.; COMIN, J. J.; BEBER, C. L.; URIARTE, J. F.; BRUNETTO, G.; BELLI FILHO, P. Atributos químicos em solos de propriedades suíncolas submetidos a aplicações sucessivas de dejetos de suínos no município de Braço do Norte, Santa Catarina. *Scientia Agraria*; v.11, p.493-497; 2010. doi: 10.5380/rsa.v11i6.20396.

CHRISTENSEN, BT. Carbon in primary and secondary organo-mineral complexes. In: Carter, MR, Stewart BA. (Ed.) *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: CRC Press, 1996. p. 97-165.

CUNHA, K. P. V.; NASCIMENTO, C. W. A.; PIMENTEL, R. M. M.; ACCIOLY, A. M. A.; SILVA, A. J. Disponibilidade, acúmulo e toxidez de cádmio e zinco em milho cultivado em solo contaminado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*; v.32, p.1319-1328; 2008.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. *Soil Till. Res.* v. 11, p. 199–238. 1988.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO; C. C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. Boletim informativo BIPERS nº14, 31p., agosto 2002. Disponível em: <<https://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf>>. Acesso em: 12 de setembro. 2016.

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

EDWARDS, A.P.; BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. *J. Soil Sci.* v.18, p. 64–73. 1967.

ELLIOTT, E.T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 50, p. 627–633. 1986.

ELLIOTT, E.T.; COLEMAN, D.C. Let the soil work for us. *Ecol. Bull.* v. 39, p. 23–32. 1988.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. revisada. Rio de Janeiro, 2011. 230p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 132).

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Diagnóstico das propriedades suínícolas da área de abrangência do Consórcio Lambari, SC: relatório preliminar. Concórdia, 2003. 33 p. (Embrapa Suínos e Aves. Documentos, 84).

FERREIRA, M. M. Caracterização Física do Solo. In: Jong van Lier, editor. Física do Solo. 1st ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-28.

FONTE, S. J.; YEBOAH, E.; OFORI, P.; QUANSAH, G. W.; VANLAUWE, B.; et al. Fertilizer and residue quality effects on organic matter stabilization in soil aggregates. *Soil Biology and Biochemistry*, v,73, p.961–966, 2009.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, N. A.; ARATANI, R. G.; LEONEL, C. L. Compactação do solo no crescimento radicular e produtividade da cultura do milho. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa; v.31, p.627-636; 2007.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE - FATMA. Instrução Normativa IN-11. Portaria Intersetorial nº01/04, de 14.11.2014. Florianópolis: FATMA, 2014. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/conteudo/instrucoes-normativas>. Acesso em: 12-09-2016.

GENNARO, L. A.; SOUZA, Z. M.; WEILL, M. A. M.; SOUZA, G. S.; ALVES, M. C. Soil physical and microbiological attributes cultivated with the common bean under two management systems. *Rev. Ciênc. Agron.*, Fortaleza , v. 45, n. 4, p. 641-649, 2014 .

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; TRENTIN, G.; BASSO, C. J.; MIOTTO, A.; BRUNETTO, G. Nutrient transfers by leaching in a no-tillage system through soil treated with repeated pig slurry applications. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 2013. 95: 115. doi:10.1007/s10705-013-9552-2

GIROTTI, E.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S.; LOURENZI, C. R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R. C. B.; SCHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 2010; 34:955-965.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSTAD, J. O.; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state  $^{13}\text{C}$  P/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. *Aust. J. Soil Res.*; v. 32, p. 285–309. 1994.

GUARDINI, R.; COMIN, J.J.; SCHMITT D.E.; TIECHER, T.; BENDER, M.A.; RHEINHEIMER, D.S.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after longterm application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 93, p. 215–225, 2012.

GUBIANI, P. I.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; CERETTA, C. A.; KUNZ, M. Condições físicas de um argissolo vermelho distrófico arênico após oito ciclos de cultivo e uso de dejetos de suínos. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado. Resumos Expandidos. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2007. v. 01. p. 01-04.

GUERRERO, C., MORAL, R., GÓMEZ, I., et al. Microbial biomass and activity of an agricultural soil amended with the solid phase of pig slurries. *Bioresource Technology*, v. 98, n. 17, p. 3259-3264, 2007.

GUPTA, C. U. Micronutrientes e Elementos Tóxicos em Plantas e Animais. In: Ferreira ME, Cruz MCP, Rajj BV & Abreu CA. Micronutrientes e Elementos Tóxicos na Agricultura. Jaboticabal, CNPQ/FAPESP/POTAFOS. 191p. 2001.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal 2013. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=420280&idtema=135&search=santa-catarina%7Cbraco-do-norte%7Cpecuaria-2013>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa Pecuária Municipal, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?&t=resultados>>. Acesso em: 14 de fevereiro. 2018.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVES, W. G.; ARAÚJO FILHO, J. V.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., Campina Grande; v.12, n.2, p.116–121. 2008.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G. & SILVA, L.S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.573-580, 2005.

KARHU, K.; GÄRDENÄS, A.I.; HEIKKINEN, J.; VANHALA, P.; TUOMI, M.; LISKI, J. Impacts of organic amendments on carbon stocks of an agricultural soil – comparison of model simulations to measurements. Geoderma, v.189/190, p.606-616, 2012.

KEMPER, W. D.; CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregation. In: BLACK, C. A. Methods of soil analysis. Madison, American Society Agronomy, p. 499-510, 1965. (Agronomy Monograph, 9).

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

KONZEN, E.A. Fertilizacão de lavoura e pastagem com dejetos suínos e cama de aves. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003b. 10p. (Circular Técnica, 31)

LALANDE, R., GAGNON, B., SIMARD, R.R., et al. Soil microbial biomass and enzyme activity following liquid hog manure application in a long-term field trial. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 80, n. 2, p. 263-269, 2000.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavourapeçuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 1269-1276, 2011.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Carbon and Nitrogen Content and Stock in NoTillage and Crop-livestock Integration Systems in the Cerrado of Goiás State, Brazil. *Journal of Agricultural Science* v.4, p. 96-105. 2012.

LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; MERGEN JUNIOR, C. A.; SANTOS JUNIOR, E.; BENEDET, L.; PEREIRA, M. G.; PICCOLO, M. C.; BRUNETTO, G.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J. Carbon, nitrogen and natural abundance of  $^{13}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}$  in biogenic and physicogenic aggregates in a soil with 10 years of pig manure application. *Soil & Tillage Research*, v. 166, p. 52-58, 2017.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; TRENTIN, G.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L. & BRUNETTO, G. Soil chemical properties related to acidity under successive pig slurry applications. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.1827-1836, 2011.

LOURENZI CR, CERETTA CA, SILVA LS, GIROTTO E, LORENSINI F, TIECHER TL, DE CONTI L, TRENTIN G, BRUNETTO G. Nutrients in soil layers under no-tillage after successive pig slurry applications. *R. Bras. Ci. Solo*, 2013; 37:157-167.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; TIECHER, T.L.; VIEIRA, R.C.B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P.A.A. Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38, p.949-958, 2014. DOI: 10.1590/S0100 06832014000300027.

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; CORREA, J. C.; GROHSKOPF, M. A.; PANISSON, J. Acúmulo de carbono em Latossolo adubado com dejetos líquidos de suínos e cultivado em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, p.630-638, 2014.

MAFRA, M. S. H.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; GROHSKOPF, M. A.; ANDRADE, A. P.; RAUBER, L. P.; FRIEDERICHS, A. Organic carbon contents and stocks in particle size fractions of a Typic Hapludox fertilized with pig slurry and soluble fertilizer. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.1161-1171, 2015.

MATOS, E. S.; MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Estabilidade de agregados e distribuição de carbono e nutrientes em Argissolo sob adubação orgânica e mineral. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.1221-1230, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Committee on animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. *Nutrient Requirements of swine*. 9 ed. Washington: National Academy of Science, 1998. 189p.

NUNES, L. A. P. L.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I.; BARROS, N. F. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na zona da mata de Minas Gerais. *Biosc. J.*, 2010; 26(1):71-78.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil*, 76:319-337, 1984.

OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. *Aust. J. Soil Res.* v. 29, p. 815–828. 1991.

OLIVEIRA, D. M. S.; LIMA, R. P.; JAN VERBURG, E. E. Qualidade física do solo sob diferentes sistemas de manejo e aplicação de dejetos líquidos suíno. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.* 2015, 19(3):280-285. doi: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p280-28

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M. M.; Unidade de Compostagem para o tratamento dos dejetos de Suínos. *Série Documentos DOC-114*, Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves. 2006.

PALMA, R. M.; ARRIGO, N. N.; CONTI, M. E. Chemical characteristics of soil aggregates. *Sci. Suelo*, II" 93-97. 1984.

PLAZA, C., HERNÁNDEZ, D., GARCÍA-GIL, J.C., POLO, A. Microbial activity in pig slurry-amended soils under semiarid conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 36, n. 10, p. 1577-1585, 2004.

PLAZA, C., GARCÍA-GIL, J.C., POLO, A. Microbial activity in pig slurry-amended soils under aerobic incubation. *Biodegradation*, v. 18, n. 2, p. 159-165, 2007.

RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B.; ARAÚJO FILHO, J. C. Caracterização morfológica do solo. In: KER, J. C.; CURI, N.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDAL-TORRADO, P. (Ed.) *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: SBCS, 2012.

RILLIG, M. C.; MUMMEY, D. L. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytol.* v.171, p.41-53. 2006.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. V. L.; FRANCISCO, J.; COELHO, M. R.; AKMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B.; coordenadores. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3.ed. Brasília. 2013. 306p.

SARTOR, L. R.; ASSMANN, A. L.; ASSMANN, T. S.; BIGOLIN, P. E.; MIYAZAWA, M.; CARVALHO, P. C. F. Produtividade de milho, feijão, soja e trigo em função da aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.661-669, 2012

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SCHERER, C. V.; ELWANGER, M. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural. *R. Bras. Zootec.* v.37, p.221-227. 2008. doi: 10.1590/S1516-35982008000200007.

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

SCHULIN, R., FLIHLER, H., MANSELL, R.S. AND SELIM, H.R. Miscible displacement of ions in aggregated soils. *Geoderma*, v. 38, p.311-322; 1986

SCHMITZ, D.; LOSS, A.; LOURENZI, C. R.; MULLER JUNIOR, V.; DA VEIGA, M.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Atributos físicos de Cambissolo Húmico submetido a fontes de nitrogênio em pomar de macieira. *COMUNICATA SCIENTIAE (PRINT)*, v. 8, p. 316-325, 2017

SHIPITALO, M.J.; PROTZ, R. Chemistry and micromorphology of aggregation in earthworm casts. *Geoderma*. v. 45, p. 357–374. 1989.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J.W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 62, p. 1367–1377. 1998.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E. T.; COMBRINK, C. Soil structure and soil organic matter: I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Sci. Soc. Am. J.*; v.64, p.681-89. 2000

SIX, J; BOSSUYT, H; DEGRYZE, S; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Research*, v.79, p.7-31, 2004.

SOUZA, I. A.; RIBEIRO, K. G.; ROCHA, W. W.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R. Physical properties of a red-yellow latosol and productivity of a signalgrass pasture fertilized with increasing nitrogen doses. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.1549-1556, 2013.

STEVENSON, F.J. *Humus Chemistry, Genesis, Composition and Reactions*. W.J. Riley and Sons, New York, NY. 1994. 496p.

TAVARES FILHO, J.; RIBON, A. A. Resistência do solo à penetração em relação ao número de amostras e ao tipo de amostragem. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 32, p. 487-494, 2008.

TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effects of different management systems on porosity of oxisols in Paraná, Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, v.34, p.899-906, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000300031>

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TIECHER, T. L.; CERETTA, C. A.; COMIN, J. J.; GIROTTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M. A.; BENEDET, L.; FERREIRA, P. A. A.; LORENZI, C. R.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Forms and accumulation of copper and zinc in a Sandy Typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. *Rev. Bras. Ci. Solo*; v.37, p.812-824; 2013

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* v. 62, p. 141–163. 1982.

TIVET, F; SÁ, J. C. M; LAL, R; BRIEDIS, C; BORSZOWSKI, P. R; SANTOS, J. B; FARIAS, A; HARTMAN, D. C; NADOLNY JUNIOR, M; BOUZINAC, S; SEGUY, L. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. *Soil & Tillage Research.* v.126, p.203- 218, 2013.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Rev. Bras. Ci. Solo*; v.35, n.1, p.213-223; 2011

VIANA, E. T.; BATISTA, M. A.; TORMENA, C. A.; COSTA, A. C. S.; INOUE, T. T. Atributos físicos e carbono orgânico em Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Rev. Bras. Ci. Solo, Viçosa*; v.35; p.2105-2114; 2011

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SANTOS, M. R. Produtividade de cebola em cultivo orgânico utilizando composto à base de dejetos de suínos. *Hortic. Bras*; v.28, p.168-173;2010. doi: 10.1590/S0102-05362010000200005.

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; CLAYTON, G. W.; CAREFOOT, J. P.; Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.64, p.962-966, 2000.

WENDLING, B.; VINHAL-FREITAS, I. C.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. M. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. *Biosci. J.* v.28, p.256-265; 2012;.

WUDDIVIRA, M.N.; CAMPS-ROACH, G. Effects of Organic Matter and Calcium on Soil Structural Stability. *European Journal of Soil Science*, v.58, p.722-727; 2007. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00861.x>

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* v.19, p.1467-1476; 1988;. doi: 10.1080/00103628809368027.

YODER, R. E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of the American Society of Agronomy*. 1936.