

Carlos Aristeu Mergen Junior

**CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS DE UM ARGISSOLO
VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A 10 ANOS DE
APLICAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS**

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. Arcângelo Loss
Coorientador: Prof. Dr. Jucinei José
Comin

Florianópolis

2017

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

Mergen Junior, Carlos Aristeu
CARACTERIZAÇÃO DE AGREGADOS DE UM ARGISSOLO
VERMELHO-AMARELO SUBMETIDO A 10 ANOS DE APLICAÇÃO
DE DEJETOS SUÍNOS / Carlos Aristeu Mergen Junior ;
orientador, Arcângelo Loss; coorientador, Jucinei
José Comin - SC, 2017.
71 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. agregados biogênicos. 3.
agregados fisiogênicos. 4. cama sobreposta de
suínos. 5. dejetos líquidos de suínos. I. Loss,
Arcângelo. II. José Comin, Jucinei. III.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

“Caracterização de Agregados de um Argissolo Vermelho-Amarelo Submetido a 10 anos de Aplicação de Dejetos Suínos”

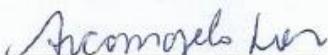
Por

CARLOS ARISTEU MERGEN JUNIOR

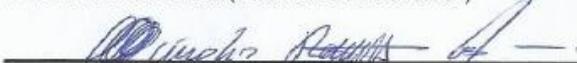
Dissertação julgada adequada, em 23/02/2017, e aprovada em sua forma final, pelo Orientador e Membros da Banca Examinadora, para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas, Área de Concentração Agroecologia, no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias/UFSC.

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho (Coordenador do Programa)

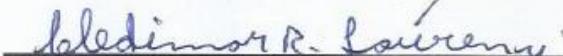
Banca Examinadora:



ARCANGELO LOSS (Presidente /Orientador)



Cláudio Roberto Fonsêca Sousa Soares (Titular Externo/RGV/UFSC)

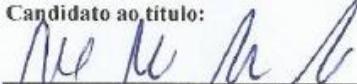


Cledimar Rogério Laurenci (Titular Interno/PGA/UFSC)



Paulo César Polisel (Titular Externo/ENR/UFSC)

Candidato ao título:



CARLOS ARISTEU MERGEN JUNIOR

Florianópolis, 23 de fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a muitas pessoas. A alguns amigos que firmei parceria até aqui, que não poderia nomear e enumerar, mas que foram importantes nessa caminhada. Agradeço aos professores Eros Mussoi e Renato Irgang que me cederam as cartas de recomendação, me possibilitando o ingresso no PGA. Agradeço à Professora Maria José por me ajudar no cumprimento das disciplinas durante um ano. Agradeço à Fabiana pela orientação e auxílio em relação aos procedimentos formais. Agradeço aos professores que gentilmente se dispuseram a avaliar o meu trabalho, sendo eles Cledimar Lourenzi, Paulo Polisel, Cláudio Soares e Jucinei Comin. Agradeço sobretudo à pessoa do Professor Arcângelo, pois nos momentos em que passei por problemas sempre me ajudou e me tratou com toda humanidade que se espera de uma boa pessoa. Agradeço fundamentalmente à minha família pelo apoio. Agradeço a todos que de alguma forma ou de outra contribuíram na minha formação até aqui, com ensinamentos, correções e me mostrando caminhos a seguir. Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro.

Como dizia Chaplin, o meu herói favorito, a vida não é um acidente biológico. É muito mais do que isso. Os orientais no século VI a.C. denominaram de “Tao”. Os Vedas chamavam de “Insondável”. O Nazareno chamava de “Pai”. Os índios americanos chamavam de “O grande espírito”. Seja como for, Deus é a imanência em tudo quanto existe. E sou absolutamente agradecido pela minha vida, pois de uma maneira ou de outra, sempre fui agraciado em meu caminho. Se as pessoas seguissem os ensinamentos dessas pessoas iluminadas, o mundo poderia estar em compasso de harmonia ao invés de tantas discórdias.

Fica o meu obrigado a todos.

“(…) Passarei a vida entoando uma flor, pois não sei cantar
nem a guerra, nem o amor cruel, nem os ódios organizados,
e olho para os pés dos homens, e cismo. (…)”

Contemplação no Banco

Drummond

RESUMO

Aplicações sucessivas de dejetos suínos podem promover mudanças nos atributos do solo, com ênfase nas vias de formação dos agregados do solo. O objetivo geral desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes fontes e doses de dejetos suínos sobre as vias de formação dos agregados do solo e, posteriormente, caracterizar os atributos químicos e físicos desses agregados. Os objetivos específicos foram: a) separar os agregados de acordo com a sua gênese e por meio de padrões morfológicos, e determinar a contribuição relativa dos agregados em termos de massa; b) avaliar a agregação do solo, em relação à sua estabilidade e distribuição da massa dos agregados nas classes de diâmetro, em cada via de formação dos agregados; c) realizar a caracterização física e química do solo em cada via de formação dos agregados. Após 10 anos de aplicações de dejetos líquidos de suínos (DLS) e cama sobreposta de suínos (CSS) em sistema plantio direto (SPD) na sucessão aveia/milho, coletaram-se amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, nos tratamentos sem dejetos suínos (testemunha), com aplicação de DLS e CSS em doses equivalentes a uma e duas vezes a recomendação de N para a cultura do milho e da aveia (DLS1X, DLS2X, CSS1X e CSS2X, respectivamente). Os agregados foram separados manualmente, com auxílio de microscópio binocular, conforme os seus padrões morfológicos e vias de formação em biogênicos e fisiogênicos, sendo posteriormente quantificados. Em seguida, avaliaram-se o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados e a distribuição dos agregados nas classes de diâmetro para macroagregados ($\emptyset \geq 2,0$ mm), mesoagregados ($2,0 > \emptyset \geq 0,25$ mm) e microagregados ($\emptyset < 0,25$ mm), em cada tipo de agregado. Também foram quantificados os teores de areia, silte e argila, e determinados o carbono orgânico total (COT), nitrogênio (NT), pH, Al, Ca, Mg, P e K em cada tipo de agregado. Foram encontradas maiores proporções de agregados biogênicos nos tratamentos com DLS e CSS em relação à testemunha, que teve predomínio de agregados fisiogênicos, para as duas profundidades. A adição de dejetos suínos aumentou a formação de agregados biogênicos. A aplicação de DLS não alterou o DMP e os macroagregados, ambos avaliados em relação a testemunha. Por outro lado, a aplicação de CSS aumentou esses parâmetros quando comparado ao DLS e a Testemunha. De maneira geral, uso de DLS aumentou os teores de COT nos microagregados em comparação ao uso da CSS, que por sua vez aumentou o conteúdo de COT nos macroagregados. Entre os agregados, os biogênicos apresentam maiores teores de COT (5-10 cm)

nos macroagregados e para os fisiogênicos, tem-se maiores teores de COT nos meso e microagregados. A aplicação de CSS aumentou os teores de COT e NT em relação à testemunha e às áreas com aplicação de DLS, que não se diferenciaram entre si. A aplicação de DLS aumentou os teores Ca (0-10 cm), K (DLS1X para 0-10 cm) e P (5-10 cm), e não alterou os teores de Mg e NT, em relação à testemunha. Já o uso da CSS aumentou o Mg (0-5 cm), Ca, N, P e K (0-10 cm) quando comparado aos tratamentos DLS e testemunha. A gênese dos agregados biogênicos favorece a estabilização do COT e NT, assim como se apresentam como sítios potenciais de acúmulo de COT, N, P, K e Mg em comparação aos agregados fisiogênicos.

Palavras chave: agregados biogênicos, agregados fisiogênicos, cama sobreposta de suínos, dejetos líquidos de suínos, índices de agregação, atributos químicos.

ABSTRACT

Successive applications of swine manure can promote changes in soil attributes, with emphasis on the soil aggregation pathways. The general objective of this work was to evaluate the effects of different sources and doses of swine manure on the soil aggregation pathways and, later, to characterize the chemical and physical attributes of these aggregates. The specific objectives were: a) to separate the aggregates according to their genesis and by means of morphological patterns, and to determine the relative contribution of the aggregates in terms of mass; B) to evaluate the aggregation of the soil, in relation to its stability and distribution of the mass of the aggregates in the diameter classes, in each path of formation of the aggregates; C) perform the physical and chemical characterization of the soil in each path of formation of the aggregates. After 10 years of applications of liquid swine manure (LSM) and deep litter (DL) under no-tillage system (SSD) in the oat / maize succession, undisturbed soil samples were collected in the 0-5 and 5-10cm (LSM1X, LSM2X, DP1X, and DP2X, respectively) were used in the treatments without swine manure (control), with application of LSM and DP in doses equivalent to one and two times the recommended N for corn and oats. The aggregates were separated manually, using a binocular microscope, according to their morphological patterns and biogenic and physiogenic formation pathways, and subsequently quantified. Then, weighted average diameter (WMD) of the aggregates and the distribution of aggregates in the diameter classes for macroaggregates ($\text{Ø} \geq 2.0$ mm), mesoaggregates ($2.0 > \geq 0.25$ mm) and microaggregates ($\text{Ø} < 0.25$ mm) in each type of aggregate. The total organic carbon (TOC), nitrogen (NT), pH, Al, Ca, Mg, P and K in each type of aggregate were also quantified. Larger proportions of biogenic aggregates were found in the treatments with LSM and DP in relation to the control, which had a predominance of physiogenic aggregates, at both depths. The addition of swine manure increased the formation of biogenic aggregates. The application of LSM did not alter the DMP and the macroaggregates, both evaluated in relation to the control. On the other hand, the application of DP increased these parameters when compared to the LSM and the Witness. In general, the use of LSM increased TOC levels in the microaggregates compared to the use of DP, which in turn increased the content of TOC in macroaggregates. Among the aggregates, the biogenics present higher TOC levels (5-10 cm) in the macroaggregates and for the physiogenic ones, there are higher TOC levels in the meso and microaggregates. The application of CSS

increased the TOC and NT contents in relation to the control and the areas with LSM application, which did not differentiate between them. The application of LSM increased the Ca (0-10 cm), K (DLS1X to 0-10 cm) and P (5-10 cm) contents, and did not alter the Mg and NT contents in relation to the control. The use of DP increased Mg (0-5 cm), Ca, N, P and K (0-10 cm) when compared to DLS and control treatments. The genesis of the biogenic aggregates favors the stabilization of TOC and NT, as well as potential sites for accumulation of TOC, N, P, K and Mg in comparison to the physiogenic aggregates.

Keywords: Biogenic aggregates, physiogenic aggregates, liquid swine manure, deep litter, aggregation indices, chemical attributes.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Agregados fisiogênicos (a) e biogênicos (b) de um Argissolo após aplicações de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos em Braço do Norte, SC.....34
- Figura 2** - Carbono orgânico total (COT) nos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes tratamentos em Braço do Norte, SC.....50
- Figura 3** - Nitrogênio total (NT) nos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes tratamentos em Braço do Norte, SC.....51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de dejetos líquidos e quantidade de cama sobreposta de suínos aplicados no solo, e caracterização química dos dejetos durante o período experimental.....	32
Tabela 2 - Produção média por safra de matéria seca de aveia e grãos de milho, em Mg ha^{-1} , ao longo de 10 anos de aplicação de dejetos de suínos.....	33
Tabela 3 - Composição granulométrica (g kg^{-1}) dos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.....	37
Tabela 4 - Massa (g) e porcentagem (%) de agregados biogênicos e fisiogênicos nos diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.....	39
Tabela 5 - Diâmetro médio ponderado (DMP, mm) de agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.....	41
Tabela 6 - Distribuição da massa (g) de agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.....	43
Tabela 7 - Distribuição dos teores de COT (g kg^{-1}) nos macro, meso e microagregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.....	47
Tabela 8 - Atributos químicos dos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina.....	57

SUMÁRIO

1.0 APRESENTAÇÃO	19
2.0 INTRODUÇÃO GERAL	21
3.0 REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1 Dinâmica de nutrientes e carbono em solo adubado com dejetos suínos	22
3.2 Agregação do solo	27
4.0 HIPÓTESES	30
5.0 OBJETIVOS	31
6.0 MATERIAL E MÉTODOS	31
6.1 Localização e caracterização da área de estudo	31
6.2 Avaliação da gênese dos agregados	33
6.3 Análises físicas	35
6.4 Análises químicas	35
6.5 Análises Estatísticas	36
7.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
7.1 Composição granulométrica dos agregados	36
7.2 Gênese dos agregados do solo: biogênicos e fisiogênicos	37
7.3 Estabilidade dos agregados biogênicos e fisiogênicos	41
7.3.1 Diâmetro médio ponderado dos agregados	41
7.3.2 Distribuição dos agregados em Macro, Meso e Microagregados	43
7.4 Carbono orgânico total nos macro, meso e microagregados	46
7.5 Carbono orgânico total e nitrogênio total nos agregados	49
7.6 Valores de pH, Al, Ca, Mg, P e K nos agregados	53
8.0 CONCLUSÕES	58
9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
10.0 REFERÊNCIAS	60

1.0 APRESENTAÇÃO

O trabalho que desencadeou esta dissertação foi desenvolvido em uma área experimental sob responsabilidade do corpo de professores e alunos do Departamento de Engenharia Rural da UFSC, coordenados pelo professor Jucinei José Comim. O experimento contava com uma área que há 10 anos recebia sucessivamente aplicações de dejetos suínos na forma líquida e na forma de cama sobreposta, em uma propriedade agrícola em Braço do Norte – SC.

O intento do presente trabalho foi conhecer melhor a dinâmica dos agregados de um solo que recebe constantemente a aplicação de dejetos suínos. A importância se deve pelo fato de a cadeia suinícola, a exemplo da região de estudo, gerar um enorme volume de dejetos que são passíveis de serem aplicados ao solo como fertilizante. Até mesmo pelo fato de que a aplicação contínua no solo é comum entre os produtores de suínos como opção de descarte dos dejetos, mas que não necessariamente adotam critérios técnicos, podendo então apresentar efeitos indesejáveis sobre os recursos naturais, como o solo e a água.

O custeio desta Dissertação foi garantido através do Projeto “Gênese e atributos de agregados do solo adubado com dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos, em sistema plantio direto, SC” aprovado no Edital Universal 14/2012 (Processo 471345/2012-1) e do projeto aprovado pela Fundação Agrisus (PA 1087/13).

2.0 INTRODUÇÃO GERAL

Devido à necessidade e conscientização de se utilizarem práticas de manejo mais sustentáveis na agricultura e pecuária, como por exemplo, em relação ao destino correto dos dejetos animais criados sob confinamento, são necessários estudos para compreender os efeitos dessas práticas sobre os recursos naturais. Muita ênfase tem sido dada sobre as práticas de uso e manejo do solo e da água, por estas impactarem diretamente os ecossistemas e serem passíveis de utilização pelos humanos. Por isso, a criação de animais em confinamento tem causado preocupação pelo enorme volume de dejetos gerados, principalmente em pequenas propriedades rurais, destacando-se o estado de Santa Catarina.

Em Santa Catarina tem-se um grande número de animais de exploração zootécnica, com destaque para a criação de suínos, a qual apresenta um rebanho de 7,0 milhões de cabeças (ABCS, 2014; ANUALPEC, 2016). Os suínos produzem, em média, 6,7 kg de dejetos/dia/100 kg de peso vivo (OLIVEIRA, 2004) e, de maneira geral, estima-se que a produção de dejetos de suínos pode variar de 60 a 100 L/matriz/dia em uma granja de ciclo completo (SEGANFREDO, 2007). Esses dejetos são passíveis de ocasionar impactos negativos no meio ambiente e, portanto, há de inferir-lhes um destino adequado, principalmente pensando na sustentabilidade dessa cadeia produtiva (CADIS & HENKES, 2014).

Uma opção viável para o destino desses dejetos relaciona-se ao seu uso como adubo para a fertilização das culturas, uma vez que possuem nutrientes essenciais em sua composição. Contudo, o uso de dejetos suínos como adubo não é exclusivamente benéfica, havendo a necessidade de se comporem critérios, a exemplo do acúmulo de nutrientes em quantidades indesejáveis no solo e sua passagem para os mananciais (SEGANFREDO, 2007). Dessa maneira, as atividades de pesquisa assumem a função de estabelecer pormenores sobre o uso desses dejetos como adubo, a fim de se oferecer uma melhor compreensão sobre a sua dinâmica em relação aos atributos do solo.

O uso de dejetos suínos em lavouras de produção agrícola é estimulado principalmente nas regiões onde há concentração de criação de animais sob confinamento, visando o fornecimento de nutrientes em substituição aos adubos minerais, e alguns estudos demonstram que podem ocasionar mudanças, nem sempre positivas, nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (CORREA et al., 2011; COMIN et al., 2013; MORALES et al., 2016), e também apresentarem efeitos

positivos na agregação do solo (ARRUDA et al., 2010; COMIN et al., 2013; LOSS et al., 2017). Contudo, o uso de dejetos suínos pode acarretar em mudanças ainda pouco conhecidas sobre a gênese dos agregados do solo, principalmente em relação à sua via de formação, pois podem ser biogênicos ou fisiogênicos, o que sugere a importância de estudos nesse sentido.

Acredita-se que a adição de dejetos suínos pode alterar as vias de formação de agregados do solo, com ênfase para a formação de agregados biogênicos, assim como pode aumentar os teores de carbono e nitrogênio nesses agregados, o que seria desejável em termos de sequestro de carbono pelo ambiente solo e incremento de sua fertilidade pelo acréscimo de macronutrientes como o N. Desta forma, avaliações da matéria orgânica do solo (MOS) baseadas na determinação do carbono e nitrogênio, assim como na caracterização dos atributos químicos desses agregados, podem contribuir para estudos desta natureza. Nesse estudo, procurou-se avaliar áreas de cultivo com aplicação por longo tempo de dejetos suínos e comparadas a áreas sem aplicação (testemunha), identificando assim a melhor estratégia de manejo do solo para reduzir os impactos negativos, para a manutenção da fertilidade do solo e, também, favorecendo a agregação do solo.

3.0 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Dinâmica de nutrientes e carbono em solo adubado com dejetos suínos

Os fertilizantes químicos, em comparação aos dejetos suínos, possuem formulações que permitem mais facilmente calcular doses adequadas bem como proporções de nutrientes mais próximas às condições específicas de requerimento das plantas. Por sua vez, os dejetos suínos apresentam quantidades desproporcionais de nutrientes em relação ao requerimento e, ou, à capacidade de absorção das plantas, e têm em sua composição elementos-traço, tais como o Cu e Zn, características que podem se tornar problemáticas para o solo devido ao uso continuado dos dejetos (SEGANFREDO, 2007; COUTO et al., 2010; GIROTTO et al., 2010; TIECHER et al., 2013). Porém, para que sejam amenizadas as entradas de nutrientes decorrentes de doses de dejetos superiores àquelas necessárias pelas culturas, especialmente de metais, recomenda-se que a dose de dejetos a ser aplicada seja calculada

como base no elemento mais crítico (aquele exigido em menores quantidades pela planta) e que se complemente o restante dos nutrientes via fertilizantes químicos.

Muitas vezes, a dosagem de dejetos a ser aplicada no solo é calculada com base na quantidade de nitrogênio (N) ou fósforo (P) presente no dejetos e aquela a ser atingida no ambiente solo conforme a necessidade da espécie cultivada, visando a otimização do potencial fertilizante. Contudo, excluindo-se a presença de organismos patogênicos, a passagem desses dois elementos para os mananciais constituem-se como os principais agentes de deterioração da qualidade da água quando se utilizam dejetos para fins de fertilização do solo. O potencial de contaminação ambiental do uso de dejetos em lavouras dependerá das características do dejetos, da quantidade e da forma que os mesmos são aplicados ao solo e das condições edafoclimáticas predominantes (GIACOMINI & AITA, 2006). No primeiro caso, em função da composição do dejetos apresentar os elementos de forma desbalanceada ao requerimento vegetal e ocasionar acúmulo no solo ou perdas para os mananciais devido a sua proporção inadequada; no segundo caso, em relação a doses excessivas ou da natureza de aplicação (incorporação ou em superfície); e no terceiro caso, pelo fato de chuvas coincidentes com o período de aplicação carrear os nutrientes para as águas surgentes.

Os trabalhos de GUARDINI et al. (2012) e COUTO et al. (2010) avaliaram atributos químicos do solo em áreas com longo histórico de aplicação de dejetos suínos. Nestas áreas, os autores calcularam as quantidades de dejetos suínos com base na quantidade de N para suprir a demanda deste elemento para a cultura do milho e encontraram quantidades muito elevadas de P no solo, o que aumenta consideravelmente a disponibilidade deste elemento no solo e, conseqüentemente, o seu potencial de contaminação de águas superficiais e subsuperficiais.

Dessa forma, em Santa Catarina, a Instrução Normativa n.11 da Fundação do Meio Ambiente (FATMA, 2014), que trata do tema Suinocultura, destaca que deve-se compor a adubação conforme as necessidades da cultura desde que estejam de acordo com análises periódicas do solo e enquadradas nas doses recomendadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo –RS/SC (CQFS-RS/SC, 2004). E ainda FATMA (2014), o cálculo da dosagem deve ser estabelecido tomando como base o suprimento do elemento P como determinante para os volumes aplicados, e na necessidade de se manter esse elemento (P extraível pelo método Mehlich-I) na classe “Alta”

segundo CQFS-RS/SC (2004). Isso evita o acúmulo desse nutriente no solo e seu potencial escoamento para as águas surgentes, uma vez que é o elemento mais problemático no sentido de eutrofização dos mananciais.

Também existe a recomendação de se associar práticas conservacionistas nos modos de cultivo que amenizem o impacto ambiental decorrente do uso de dejetos em lavouras para fins de fertilização. Mais recentemente, Santa Catarina conta com respaldo científico através da proposta de limites críticos ambientais para o uso do P em solos do estado (GATIBONI et al., 2014), uma vez que relaciona o potencial de contaminação diretamente com a textura do solo, que seria o principal componente para sua retenção, e assim evitaria a contaminação das águas surgentes, pois sugere limites para a aplicação conforme a natureza do solo.

Contudo, a adubação orgânica via dejetos de suínos líquidos ou sólidos é estratégica para a construção da fertilidade do solo, pois não contém apenas o benefício de estabelecimento de um ambiente eutrófico, mas também como sendo um componente importante no condicionamento das características físicas, químicas e biológicas do solo, tais como no aumento dos teores de carbono (BRUNETTO et al., 2012; COMIN et al., 2013; MAFRA et al., 2014; HE et al., 2015) e nitrogênio (GIACOMINI & AITA, 2008; GIACOMINI et al., 2013; DORTZBACH et al., 2013).

Segundo MAFRA et al. (2014), o uso de dejetos líquidos de suínos por 11 anos em sistema plantio direto (SPD) com a sucessão aveia-preta/milho, em doses a partir de 50, 100 e 200 m³ ha⁻¹ por ano, aumentou os estoques de carbono (C) no solo (10,92; 13,32 e 16,17 Mg ha⁻¹, respectivamente), comparativamente à adubação mineral com N, P e K (7,12 Mg ha⁻¹).

O sistema de manejo e a rotação de culturas também têm influência, pois GIACOMINI et al. (2002) constataram que o uso de dejetos suínos em SPD com a sucessão aveia/milho aumentou os estoques de C e N no solo na camada 0,0-2,5 cm em comparação ao sistema milho/pousio e à adubação química. Todavia, o aumento de carbono no sistema aveia/milho foi atribuído pelos autores pelo fato da gramínea ter adicionado ao solo 32% mais carbono do que no pousio. Isso demonstra que o acréscimo de carbono está intimamente ligado às práticas de manejo do solo, no caso o SPD e rotação de culturas, e não somente a adição de fontes de carbono oriunda dos dejetos. MERGEN JUNIOR et al. (2014) compararam o uso de dejetos suínos em forma

líquida e sólida (cama sobreposta) sobre os teores de carbono orgânico total do solo (COT) e o C das substâncias húmicas, e constataram que o uso de dejetos aumenta o COT e o C das substâncias húmicas em relação a área testemunha, com ênfase para o tratamento com cama sobreposta. Estes resultados decorrem do fato de o tratamento com cama sobreposta possuir maior teor de matéria seca e relação C/N em comparação aos dejetos líquidos (BRUNETTO et al., 2012), além de propiciar o aumento da massa seca das culturas (MAFRA et al., 2014).

Sem dúvida, esse é um ponto muito positivo, haja visto a preocupação em se aumentar e, ou, manter os níveis de carbono no solo, evitando assim que sejam emitidos para a atmosfera. GIACOMINI & AITA (2008) também compararam o potencial fertilizante na cultura do milho quanto à natureza do dejetos, ou seja, na forma líquida ou como cama sobreposta. A produtividade do milho foi incrementada em 53% e 253% com a aplicação de cama sobreposta e dejetos líquidos, respectivamente. Contudo, as dosagens de dejetos para fins de fertilização podem ser extremamente variáveis, tanto pela natureza do dejetos quanto pela natureza do solo.

Em relação aos nutrientes P e K, vários estudos indicam aumento crescente destes elementos em solos com adição de dejetos suínos, especialmente na camada mais superficial do solo - 0,0-5,0 cm (SCHERER et al., 2010; COUTO et al., 2010; VEIGA et al., 2011; CASSOL et al., 2012; GUARDINI et al., 2012; LOURENZI et al., 2013), bem como alguns trabalhos relatam aumento nos teores de outros macronutrientes, tais como o Ca e o Mg, em aplicações sucessivas de dejetos suínos no solo (SILVA et al., 2015; BASSO et al., 2016).

Conforme relatado anteriormente sobre o problema da acumulação com elementos essenciais ou elementos traço e a poluição das águas surgentes, SCHERER et al. (2013) analisaram a qualidade do solo e da água surgente na região oeste de Santa Catarina, tendo como critério de seleção as propriedades que receberam continuamente esterco líquido de suínos (ELS) como fertilizante nos últimos 10 anos. Foram coletadas amostras de solo em 36 glebas e 40 amostras de água de vertentes (olhos d'água, surgentes) numa bacia hidrográfica que abrangia oito municípios catarinenses. Quanto aos atributos químicos do solo, o enquadramento de classificação dos teores dos elementos no solo foi feito de acordo com as faixas de interpretação e disponibilidade estabelecidas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (CQFS RS/SC, 2004). Os autores constataram que 69% das glebas amostradas apresentaram teores de P na faixa considerada muito alta, e outros 28% na faixa considerada alta na camada superficial do solo (até

10 cm), perfazendo 97% das áreas com altos teores de P. Na camada de 10-20 cm, apenas 33% das glebas apresentaram teores considerados altos e 72% das glebas apresentaram teores baixos de P na camada de 40-50 cm. Quanto aos teores de K, 88% das glebas na camada até 10 cm e 31% nas camadas de 40-50 cm enquadraram-se na faixa muito alta de disponibilidade, evidenciando significativa contribuição do elemento na adubação com ELS e alta mobilidade no perfil do solo. A disponibilidade de Cu e Zn também foi positivamente influenciada com a adubação via dejetos, devido ao fato das exportações pelos sistemas agrícolas serem insignificantes em comparação com as entradas pela adubação.

Sendo assim, o aumento nos teores de Cu e Zn é utilizado para caracterizar solos com problemas ambientais, pois podem ser restritivos ao desenvolvimento vegetal. Quanto a matéria orgânica do solo (MOS), esses autores verificaram que o uso de ELS nas glebas com produção agrícola não aumentou o seu teor, sendo este semelhante ao encontrado na área de referência (solo sob mata nativa), até a profundidade de 10 cm. Porém para as demais profundidades foram encontrados maiores teores de MOS na área de mata.

Ainda em relação ao trabalho de SCHERER et al. (2013), estes autores também analisaram os atributos químicos das águas surgentes em áreas com uso continuado de dejetos suínos. A poluição ambiental da água estava principalmente ligada ao despejo direto de dejetos nos cursos d'água, mas também possui contribuição de fontes não pontuais, geralmente pelo uso excessivo de fertilizantes. A avaliação da qualidade química da água apontou baixa contaminação, sendo suficiente para enquadrar-se como água da classe 2, via legislação, que são águas aptas ao abastecimento doméstico via tratamento convencional.

Embora se lide com reverses do uso de dejetos suínos na fertilização das lavouras, esses problemas não de ser contornados e, ou, amenizados pela atenção direcionada dos seus envolvidos direta ou indiretamente. Por exemplo, o uso de Cu e Zn já é restringido a quantidades menores como promotores de crescimento na ração de suínos em diversos países, a fim de viabilizar seu uso posterior como fertilizante. Já se dispõe também de estudos preliminares de classificação de terras para o despejo de dejetos suínos, ou seja, quanto às características intrínsecas do solo que retenham de maneira satisfatória os contaminantes e evitem o escoamento superficial, em função de sua posição na paisagem, profundidade, textura, riscos de alagamento. Alguns estudos sugerem a compostagem dos dejetos a fim

de atender a diminuição de seu volume e possibilitar seu transporte a longas distâncias (CORREA et al., 2011), uma vez que o composto de dejetos suínos também apresenta potencial fertilizante (SILVA et al., 2016). Contudo, visando a reciclagem dos elementos contidos no dejetos, sabe-se que os volumes de dejetos são altíssimos em função das áreas que estariam aptas por recebê-los, especialmente num cenário de pequenas propriedades agrícolas com um grande número de matrizes como em Santa Catarina. Dessa maneira, a gestão ambiental na suinocultura deve dispor de estratégias além do seu uso como fertilizante em lavouras a fim de amenizar o impacto ambiental gerado.

3.2 Agregação do solo

Em condições naturais, as partículas primárias do solo agrupam-se em unidades compostas por meio dos processos físico-químicos, sendo então chamadas de agregados do solo, e este fenômeno é conhecido como agregação (TISDAL & OADES, 1982; LEPSCH, 2016). A presença de agregados no solo é um componente de estudo fundamental, pois confere ao solo diversas propriedades benéficas. Para VEZZANI & MIELNICZUCK (2011a), a agregação é uma propriedade emergente do solo, quando este é encarado como sistema, pois é um processo que cresce em complexidade formando agregados maiores até o estágio de conferir características que permitem a otimização de seu funcionamento, mais precisamente no contexto do solo exercer seu papel no meio ambiente.

A agregação exerce efeito principalmente nas propriedades do solo relativas à aeração, permeabilidade, taxas de infiltração e retenção de água no solo (KAMPF & CURI, 2012), mas também em outras propriedades relacionadas ao sequestro de carbono (SIX et al., 2000) e retenção de nutrientes (SILVA NETO et al., 2010), por exemplo. No sentido edáfico, a agregação é fundamental para o suprimento de água e nutrientes, manutenção de elevadas taxas de infiltração de água no solo, resistência à erosão e manutenção de um equilíbrio favorável de espaço poroso para o crescimento e desenvolvimento de raízes das plantas (FERREIRA, 2010).

Os agregados do solo podem ser diferenciados de acordo com a sua gênese e, ou, vias de formação, em fisiogênicos e biogênicos, conforme padrões morfológicos (VELASQUES et al., 2007; JOUQUET et al., 2009; LOSS et al., 2014; 2017). Os fisiogênicos são aqueles que apresentam formas angulares ou prismáticas e estão relacionados à aproximação das partículas unitárias do solo relativas aos ciclos de

umedecimento e secagem e pela ação de agentes cimentantes do solo (matéria orgânica e, ou, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio), e os biogênicos são aqueles que apresentam formas arredondadas e estão relacionados às vias biológicas de formação, tais como a passagem pelo trato intestinal da macrofauna do solo, especialmente minhocas, e também à ação cimentante de exsudatos das raízes e da biota associada (VELASQUEZ et al., 2007, 2012; BATISTA et al., 2013; LOSS et al., 2014). Os agregados biogênicos, em função de serem excretas da macrofauna que se alimenta basicamente de matéria orgânica, apresentam maiores teores de nutrientes, contribuem na proteção física da matéria orgânica (sequestro de carbono), e normalmente possuem maior estabilidade física em água (SILVA NETO et al., 2010; 2016), o que pode colocá-los como potenciais indicadores de qualidade do solo, uma vez que são sensíveis aos diferentes sistemas de uso e manejo do solo (LOSS et al., 2014; FERNANDES et al., 2017).

Em estudo sobre a avaliação da gênese dos agregados em Marmeleiro -PR, LOSS et al. (2014) verificaram que, independentemente do manejo adotado (sistema de plantio direto - SPD, sistema de preparo convencional do solo - SPC, pastagem ou floresta), os agregados fisiogênicos apresentaram maiores proporções relativas do que os biogênicos, até 0,10 m de profundidade. E no SPC, esses autores somente encontraram agregados fisiogênicos, indicando que o SPC desfavorece a formação dos agregados biogênicos. PULLEMAN et al. (2005) também mostraram a forte influência do SPC na formação de agregados biogênicos. Os autores verificaram que 67% da massa total dos agregados, na camada de 0,10 m, é constituída por agregados fisiogênicos, e que apenas 7,4% é constituída por agregados biogênicos, em área com longo histórico de SPC. Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA NETO et al. (2016) em áreas de floresta secundária e pastagem manejada em Pinheiral- RJ, onde prevaleciam agregados fisiogênicos em relação aos biogênicos. Todavia, os agregados biogênicos apresentaram melhores índices de estabilidade física, representados pelos maiores valores de diâmetro médio ponderado e geométrico dos agregados (DMP e DMG, respectivamente), além de maiores teores de COT, e de alguns nutrientes, como K e P, especialmente em floresta secundária com estágios mais avançados de regeneração. FERNANDES et al. (2017), na mesma área de estudo (áreas de floresta secundária e pastagem manejada em Pinheiral- RJ), realizaram o fracionamento químico da MOS, separando as substâncias húmicas nos agregados biogênicos e

fisiogênicos, e aqueles classificados como biogênicos apresentaram maiores valores de COT e C das substâncias húmicas em relação aos agregados fisiogênicos. Os autores sugerem, portanto, que o processo de agregação proveniente da via biológica confere características desejáveis para o solo no sentido de desempenho de suas funções, ou seja, podem ser tidos agora como indicadores de qualidade do solo. Portanto, espera-se que sistemas conservacionistas, tais como o SPD, associados com o uso de adubação orgânica via dejetos suínos, aumentem a formação e manutenção de agregados biogênicos, com consequente estabilização do carbono nesses agregados (BRUSSARD et al., 2007).

Em relação ao uso da adubação orgânica, aplicações continuadas de dejetos animais ao solo podem promover alterações na agregação do solo (ARRUDA et al., 2010; YAGUE et al., 2012; COMIN et al., 2013). Isto é decorrente da entrada de material orgânico, que favorece o processo de agregação, melhorando as características físicas do solo, especialmente formando agregados maiores que 2,00 mm, que são considerados indicadores de qualidade do solo (VEZZANI & MIELNICZUCK, 2011b) e formando agregados mais estáveis em água (YAGUE et al., 2012). A fauna do solo em SPD, uma vez comparada com a fertilização química, também é responsiva a aplicação de doses de dejetos líquidos de suínos, pois também são bioindicadores de distúrbios e da qualidade do solo (SILVA et al., 2014; CHERUBIN et al., 2015), bem como alguns indicadores microbiológicos tais como a biomassa microbiana e na respiração basal que apresentam aumento, especialmente em tratamentos com o uso de dejetos suínos na forma de cama sobreposta (COUTO et al., 2013; MORALES et al., 2016). Portanto, informações sobre o estado de agregação do solo, principalmente na camada superficial do solo, constituem-se em indicadores sensíveis aos sistemas de manejo do solo, o qual este é submetido.

Avaliando a aplicação de dejetos suínos e adubação mineral (NPK) por 17 anos em Chernossolos e Cambissolos cultivados com a sucessão milho/trigo na China, HE et al. (2015) verificaram que o uso de dejetos suínos aumentou o conteúdo de COT e N total na camada de 0-20 cm em comparação à adubação mineral e à área controle (sem adubação). Os autores relataram ainda que o uso dos dejetos suínos favoreceu o aumento do carbono orgânico particulado (COP) nos macro e microagregados em comparação aos demais tratamentos. Em outro estudo com aplicação de dejetos líquidos de suínos e adubação mineral durante 8 anos em solo no Nordeste da Espanha, YAGÜE et al. (2012)

avaliaram os efeitos da adubação orgânica e mineral sobre a estabilidade dos macroagregados e as frações da MOS. Os autores concluíram que o uso de dejetos suínos na agricultura com base nas doses calculadas conforme a demanda das culturas por nutrientes, impactaram positivamente os parâmetros de qualidade do solo, com aumento da estabilidade dos agregados e as frações leve da MOS, assim como a biomassa microbiana do solo. Ademais, os autores também relataram a necessidade de mais pesquisas relacionadas a este tema, tais como outros parâmetros que não foram avaliados no estudo.

Diante dos resultados encontrados por YAGÜE et al. (2012), COMIN et al. (2013), LOSS et al. (2014) and HE et al. (2015), evidencia-se a necessidade de estudos de longa duração com a aplicação de dejetos suínos no solo visando o melhor entendimento da contribuição desses dejetos na formação dos agregados do solo e do conteúdo de carbono e nitrogênio contido nos agregados. Estudos que relacionam as mudanças advindas do manejo do solo na formação dos agregados, com ênfase nos aspectos qualitativos e quantitativos, ainda apresentam-se incipientes diante da complexidade e dificuldade para o estabelecimento de padrões para as diferentes vias de formação dos agregados (VELASQUEZ et al., 2007, 2012; BATISTA et al., 2013; LOSS et al., 2014).

Por isso é de se esperar que a adição de dejetos de suínos possa alterar as vias de formação de agregados do solo, com ênfase na formação de agregados biogênicos, assim como possa aumentar os teores de carbono e nitrogênio nesses agregados. Também, que os impactos antrópicos no sistema solo possam ser caracterizados pelo padrão de formação e natureza dos agregados, que pela sua importância em atribuir características desejáveis ao solo, podem alocar os agregados biogênicos como indicadores de qualidade do solo, por serem sensíveis às práticas de manejo e ter sua determinação caracterizada por metodologia de execução relativamente simples (LOSS et al., 2014).

4.0 HIPÓTESES

Este trabalho tem como hipóteses que “O uso de dejetos suínos favorece a formação dos agregados do solo, especialmente aqueles de origem biogênica” e “Os agregados biogênicos apresentam maior estabilidade física e podem ser considerados como sítios de concentração de macronutrientes”.

5.0 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes fontes e doses de dejetos suínos sobre as vias de formação dos agregados do solo e, posteriormente, caracterizar os atributos químicos e físicos desses agregados. Os objetivos específicos foram: a) separar os agregados de acordo com a sua gênese e por meio de padrões morfológicos, e determinar a contribuição relativa dos agregados em termos de massa; b) avaliar a agregação do solo, em relação a sua estabilidade e a distribuição da massa dos agregados nas classes de diâmetro, em cada via de formação dos agregados; c) realizar a caracterização física e química do solo nos agregados em cada via de formação.

6.0 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 Localização e caracterização da área de estudo

A implantação da área experimental, objeto do presente estudo, foi feita em 2002, em Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013), cultivado sob SPD com a sucessão aveia/milho, em propriedade rural localizada em Braço do Norte, Santa Catarina. O clima da região é do tipo Cfa, com temperaturas médias anuais de 18,7°C e precipitação pluvial média anual de 1.471 mm, não apresentando estação seca definida. Previamente à instalação do experimento, na camada de 0-10 cm, o solo apresentava os seguintes parâmetros: pH-H₂O 5,1; argila 330 g kg⁻¹; Ca, Mg e Al trocáveis 3,0, 0,8 e 0,8 cmol_c dm⁻³, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹); P e K disponíveis 19 e 130 mg dm⁻³, respectivamente (extraídos por Mehlich-1), matéria orgânica 33,0 g kg⁻¹.

Anteriormente a implantação da área experimental, a área estava coberta por uma pastagem naturalizada predominantemente de *Paspalum notatum*, *Paspalum plicatulum*, *Eryngium ciliatum* e *Stylosanthes montevidensis*, sendo esporadicamente feita aplicação de dejetos suínos. Em dezembro de 2002 foi aplicado na superfície do solo 6 Mg ha⁻¹ de calcário (PRNT = 87,5 %), para elevar o pH em água até 6,0 (CFS-RS/SC, 1995). Em seguida, foram instalados cinco tratamentos: testemunha (sem adubação); adubação com dejetos líquidos de suínos (DLS), equivalente a recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da aveia (DLS1X); adubação com DLS, equivalente ao dobro da recomendação de N ha⁻¹ ano⁻¹ para a cultura do milho e da

aveia (DLS2X); adubação com cama sobreposta de suínos, equivalente a recomendação de $N\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (CSS1X) e adubação com CSS, equivalente ao dobro da recomendação de $N\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ para a cultura do milho e da aveia (CSS2X).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições. Cada um dos blocos possuía dimensões de 4,5 x 42,0 m, separados entre si por um corredor de um metro de largura, sendo as parcelas distanciadas entre si por corredores de 3 metros. Cada tratamento era formado por unidades experimentais (parcelas) com 4,5 x 6,0 m (27 m²). Os dejetos líquidos foram coletados em esterqueira de sistema de criação ciclo completo situada na mesma propriedade na qual o experimento foi instalado. A cama sobreposta de suínos foi obtida na Escola Agrotécnica Federal de Concórdia, onde o sistema de criação de suínos é feito com substrato de maravalha.

A quantidade necessária de dejetos para suprir a demanda de N para a sucessão aveia/milho em cada tratamento, usada ao longo do período de 2002 até 2012 foi estabelecida de acordo com a recomendação proposta pela Comissão de Fertilidade do Solo (CFS-RS/SC, 1995; CQFS-RS/SC, 2004). Assim, a quantidade de DLS1X e DLS2X a ser aplicada foi definida pela estimativa da matéria seca (MS) e da concentração de nutrientes no dejetos. Já a quantidade de CSS1X e CSS2X aplicada foi calculada com base na mineralização de 50% do N amoniacal contido no resíduo. O volume de DLS e a quantidade de CSS aplicados durante o período experimental, assim como os macronutrientes contidos nos dejetos durante o período de 2002 a 2012 constam na Tabela 1.

Tabela 1. Volume de dejetos líquidos e quantidade de cama sobreposta de suínos aplicados no solo, e caracterização química dos dejetos durante o período experimental.

Ano agrícola	MS %	C/N	pH	CE ds m ⁻¹	VA	Ca	Mg	N	P	K
-----kg ha ⁻¹ -----										
2002/12	Dejetos líquidos de suínos (DLS)									
	2,3	4,4	8,1	9,3	538,9	68,8	26,4	126	37,8	62,8
2002/12	Cama sobreposta de suínos (CSS)									
	50,9	13,2	8,8	5,9	153,1	322,4	97,9	171,1	103,1	169,5

MS=massa seca; CE=condutividade elétrica; VA=volume aplicado, sendo para DLS em m³ ha⁻¹ e para CSS em Mg ha⁻¹. Para os dejetos, tem-se o somatório das quantidades totais aplicadas ao longo do período de 2002-2012. Para os macronutrientes tem-se a média dos valores obtidos ao longo de 2002-2012.

Afora o calcário na implantação, os DLS e a CSS foram as únicas fontes de insumos como nutrientes adicionadas na superfície do solo em SPD para a sucessão aveia/milho ao longo do período experimental, que foi de 2002 até 2012 (Tabela 1). As doses de DLS, em cada ano agrícola, foram aplicadas na superfície do solo e parceladas em quatro vezes, totalizando 40 aplicações de DLS (10 anos de experimentação e quatro parcelamentos), a saber: a 1ª aplicação foi realizada na semana da semeadura do milho; a 2ª, aos 51 dias após a semeadura (DAS) do milho; a 3ª, aos 95 DAS do milho e a 4ª, aos 15 DAS da aveia. Para a CSS, foram realizadas dez aplicações durante o período experimental, sendo cada aplicação realizada na superfície do solo, em média, 15 a 30 dias antes da implantação de cada cultivo do milho (época do verão). Nos ciclos da aveia preta não foi realizada aplicação de CSS. Em relação ao rendimento das culturas utilizadas no experimento, tem-se a produção média de matéria seca da aveia e da produção de grãos de milho durante o período de dez anos de aplicação dos dejetos (Tabela 2).

Tabela 2. Produção média por safra de matéria seca de aveia e grãos de milho, em Mg ha⁻¹, ao longo de 10 anos de aplicação de dejetos de suínos.

Tratamentos	MS da aveia	Milho
Testemunha	6,5	2,9
DLS1X	8,1	5,0
DLS2X	8,7	5,5
CSS1X	8,2	5,6
CSS2X	8,9	6,0

Testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a quantidade; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a quantidade; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a quantidade; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a quantidade

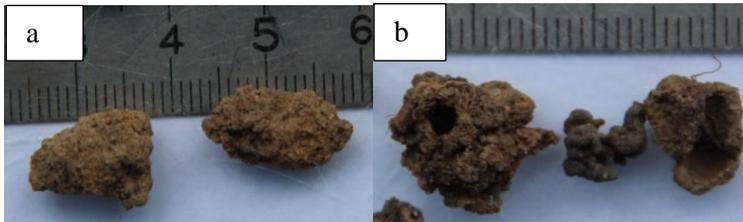
6.2 Avaliação da gênese dos agregados

Em janeiro de 2013, 10 anos após a implantação do experimento, em cada tratamento foram coletadas, nas entrelinhas do milho, amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade com auxílio de uma pá quadrada, um enxadão e uma espátula. Após a coleta, as amostras foram ensacadas, etiquetadas e transportadas para o laboratório, onde foram secas à sombra e peneiradas em um conjunto de peneiras de malha de 9,5; 8,0 e 4,0 mm, para obtenção dos agregados,

conforme EMBRAPA (1997). Após a separação dos agregados, obtiveram-se três amostras compostas por tratamento avaliado, sendo cada amostra composta formada por duas amostras indeformadas simples coletadas em cada unidade experimental.

Para a separação dos agregados conforme a via de formação e posterior quantificação dos atributos químicos e físicos utilizaram-se os agregados contidos no intervalo de 9,5 a 4,0 mm. Estes foram observados sob microscópico binocular e separados, manualmente, conforme VELASQUEZ et al. (2007) e LOSS et al. (2014). A separação dos agregados foi feita através de padrões morfológicos, sendo os fisiogênicos, definidos por apresentarem formas angulares e subangulares (**Figura 1a**), e os biogênicos, aqueles onde é possível a visualização de formas arredondadas, providas do trato intestinal dos indivíduos da macrofauna do solo e, ou, aqueles associados a atividade de raízes (**Figura 1b**).

Figura 1. Agregados fisiogênicos (a) e biogênicos (b) de um Argissolo após aplicações de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos em Braço do Norte, SC.



Para determinar a contribuição relativa dos agregados em termos de massa, pesaram-se todos os agregados biogênicos e fisiogênicos que foram identificados sob lupa e, assim, quantificado a fração de agregados fisiogênicos e biogênicos em relação à massa inicial. Após a separação, em cada tipo de agregados procederam-se às análises descritas abaixo.

6.3 Análises físicas

a) Composição granulométrica dos agregados biogênicos e fisiogênicos

A análise granulométrica foi feita segundo métodos descritos em EMBRAPA (1997), separando-se e quantificando-se as frações areia, silte e argila.

b) Estabilidade dos agregados biogênicos e fisiogênicos

Os agregados separados quanto a via de agregação, foram passados por peneira de 8,00 e 4,00 mm. Em seguida foram pesados 25 g de agregados, dentre os retidos na peneira de 4,00 mm, que foram transferidos para peneira de 2,00 mm, assim compondo um conjunto de peneiras com diâmetro de malha decrescente, a saber: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25 e 0,105 mm. Os agregados inicialmente colocados na peneira de 2,00 mm foram umedecidos com borrifador e, posteriormente, o conjunto de peneiras foi submetido à tamisação vertical via úmida por 15 minutos no aparelho de Yoder (EMBRAPA, 1997). 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 até a obtenção de massa constante. A partir da massa de agregados foram calculados o diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados, segundo Embrapa (1997). Ainda, com a massa dos agregados foi avaliada a sua distribuição nas seguintes classes de diâmetro médio: $8,00 > \emptyset \geq 2,0$ mm (macroagregados); $2,0 > \emptyset \geq 0,25$ mm (mesoagregados) e $\emptyset < 0,25$ mm (microagregados).

6.4 Análises químicas

Para a avaliação química, os agregados biogênicos e fisiogênicos foram destorroados manualmente e passados por peneira de 2,00 mm de malha. Neste material determinaram-se as análises descritas abaixo.

a) Caracterização do complexo sortivo dos agregados

Foram analisados os atributos pH em água, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Al^{+3} , K^+ , $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ e P, segundo métodos da EMBRAPA (1997).

b) Determinação dos teores de carbono e nitrogênio nos agregados

Os teores de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) dos agregados do solo foram determinados pelo método de combustão a seco, em autoanalisador de C e N, a 900°C (CHN-1000 da Leco) do Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Piracicaba.

c) Determinação dos teores de carbono nos macro, meso e microagregados

Após a realização da estabilidade dos agregados via úmida, os teores de COT foram quantificados na massa seca contida nos intervalos de diâmetros de $8,00 > \emptyset \geq 2,0$ mm (macroagregados); $2,0 > \emptyset \geq 0,25$ mm (mesoagregados) e $\emptyset < 0,25$ mm (microagregados), segundo protocolo descrito em YEOMANS & BREMMER (1988). Não foram determinados os teores de nitrogênio por falta de material dos agregados fisiogênicos nos tratamentos com dejetos suínos na profundidade de 0-5 cm.

6.5 Análises Estatísticas

Os resultados foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade dos dados por meio dos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente. Posteriormente, foi analisado como delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos (Testemunha, DLS1X, DLS2X, CSS1X, CSS2X) e 3 repetições cada. Os tratamentos avaliados estão sob as mesmas condições topográficas e edafoclimáticas, diferindo apenas no tipo de adubação recebida. Os resultados foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F e os valores médios, quando significativos, comparados entre si pelo teste Scott-knott a 5%, através do software Sivar 5.6.

7.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO**7.1 Composição granulométrica dos agregados**

Conforme observa-se na Tabela 3, nos agregados biogênicos e fisiogênicos há um predomínio da fração areia, com teores acima de 500 g kg^{-1} , seguido da fração silte, a qual apresentou teores entre 236 a 394 g kg^{-1} . A fração argila apresentou teores variando de 72 a 172 g kg^{-1} para os agregados biogênicos e, 148 a 225 g kg^{-1} para os fisiogênicos.

Tabela 3. Composição granulométrica (g kg^{-1}) dos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.

Tratamentos	Argila		Silte		Areia		Classe textural	
	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis
	0-5 cm							
Testemunha	144	225	300	236	556	540	FA	FAA
DLS1X	116	169	329	278	555	552	FA	FA
DLS2X	142	163	295	288	562	550	FA	FA
CSS1X	80	163	306	270	613	567	FA	FA
CSS2X	72	120	353	311	575	570	FA	FA
5-10 cm								
Testemunha	137	213	295	245	568	541	FA	FAA
DLS1X	129	221	282	239	589	540	FA	FAA
DLS2X	138	148	323	309	539	543	FA	FA
CSS1X	172	200	251	240	578	561	FA	FA
CSS2X	164	191	294	249	542	560	FA	FA

Testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. Bio=biogênico, Fis=fisiogênico. FA = franco-arenosa, FAA = franco-argiloarenosa

A classe textural predominante foi francoarenosa (FA), a qual apresenta teores de argila variando de 0 a 200 g kg^{-1} (SANTOS et al., 2013). Apenas para os agregados fisiogênicos nos tratamentos testemunha (0-10 cm) e DLS1X (5-10 cm), a textura foi franco-argiloarenosa (FAA), a qual apresenta teores de argila variando de 200 a 350 g kg^{-1} .

Entre os agregados, para a fração argila verifica-se um conteúdo proporcionalmente menor para os biogênicos em comparação aos fisiogênicos, sendo estas diferenças maiores para os tratamentos com CSS (Tabela 3). Essas diferenças podem ser decorrentes dos maiores teores de K^+ presentes nos dejetos sólidos (CSS) em comparação aos DLS (Tabela 1). O excesso de íons K^+ no solo pode provocar a dispersão das argilas (VILLAS BOAS et al., 2001), sendo encontrados nos agregados biogênicos os maiores teores de K em comparação aos fisiogênicos, e os maiores valores de K nos tratamentos com CSS (Tabela 8).

7.2 Gênese dos agregados do solo: biogênicos e fisiogênicos

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4, verificaram-se maiores proporções de agregados biogênicos nas áreas com adição de dejetos suínos em comparação a área testemunha, para as

duas profundidades avaliadas. Na área testemunha, a maior proporção de agregados foi para os fisiogênicos, em ambas as profundidades. Esse padrão indica que o uso de dejetos suínos (DLS e CSS) favorece a via de formação de agregados biogênica em comparação a via fisiogênica, seja diretamente pela adição de matéria orgânica proveniente dos dejetos ou indiretamente pela maior exploração do solo via sistema radicular, pois a adição dos dejetos aumentou a produção de matéria seca da aveia preta (Tabela 2).

Avaliando a contribuição do sistema radicular do milho, sorgo e milheto em relação ao aporte de carbono no solo, Thivierge et al. (2016) coletaram amostras de solo a 30 cm de profundidade e quantificaram a biomassa radicular dessas culturas. Os autores estimaram que a entrada de carbono para o solo no período da colheita foi maior para o milho (243 g C m^{-2}) do que para o sorgo e milheto (197 e 131 g C m^{-2} , respectivamente). A maior contribuição de carbono esteve associada às raízes muito finas ($<0,5 \text{ mm}$ de diâmetro). Portanto, o uso de dejetos suínos (CSS e DLS), ao aumentar a produção de MS da aveia e o rendimento do milho (Tabela 2) também favorece o aporte de carbono e nitrogênio via sistema radicular, o que acarreta na formação de agregados biogênicos e maiores teores de COT (Figura 2) e NT (Figura 3) nestes agregados em comparação aos fisiogênicos.

Tabela 4. Massa (g) e porcentagem (%) de agregados biogênicos e fisiogênicos nos diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina, Brasil.

Tratamen- -tos	Prof. (cm)	¹ MAT	MAB	MAF	² %AB	%AF
Test	0-5	906,32	297,87	608,45	33 Bb	67 Aa
	5-10	981,04	184,15	797,25	19 Cb	81 Aa
DLS1X	0-5	708,15	670,25	37,9	95 Aa	5 Bb
	5-10	723,86	429,55	294,30	59 Ba	41 Bb
DLS2X	0-5	1178,8	1099,90	78,90	93 Aa	7 Bb
	5-10	1395,15	1242,05	153,10	89 Aa	11 Db
CSS1X	0-5	669,80	624,90	44,93	93 Aa	7 Bb
	5-10	919,18	509,73	399,45	55 Ba	43 Bb
CSS2X	0-5	736,1	669,0	67,3	91 Aa	9 Bb
	5-10	776,2	511,0	265,2	66 Ba	34 Cb

¹Compreende a massa de agregados total do solo antes da quantificação, conforme a sua origem, em agregados biogênicos e fisiogênicos. ²Compreende a porcentagem de agregados biogênicos e fisiogênicos relacionadas à massa total de agregados do solo após a sua separação em biogênicos e fisiogênicos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada tratamento avaliado (Scott-Knott, p <0,05). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquido de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquido de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. MAT = massa de agregados total do solo; MAB = massa de agregados biogênicos; MAF = massa de agregados fisiogênicos; AB = agregados biogênicos; AF = agregados fisiogênicos.

Avaliando a contribuição do sistema radicular do milho, sorgo e milheto em relação ao aporte de carbono no solo, Thivierge et al. (2016) coletaram amostras de solo a 30 cm de profundidade e quantificaram a biomassa radicular dessas culturas. Os autores estimaram que a entrada de carbono para o solo no período da colheita foi maior para o milho (243 g C m⁻²) do que para o sorgo e milheto (197 e 131 g C m⁻², respectivamente). A maior contribuição de carbono esteve associada às raízes muito finas (<0,5 mm de diâmetro). Portanto, o uso de dejetos suínos (CSS e DLS), ao aumentar a produção de MS da aveia e o rendimento do milho (Tabela 2) também favorece o aporte de carbono e nitrogênio via sistema radicular, o que acarreta na formação de agregados biogênicos e maiores teores de COT (Figura 2) e NT (Figura 3) nestes agregados em comparação aos fisiogênicos.

Entre os tratamentos com dejetos, na profundidade de 0-5 cm, não foram observadas diferenças entre as proporções de agregados biogênicos e fisiogênicos. Para a profundidade de 5-10 cm, o tratamento com DLS2X apresentou a maior porcentagem de agregados biogênicos em relação aos demais. Isso pode estar relacionado com o tipo de material, que por ser líquido, penetra mais facilmente no solo até a profundidade de 5-10 cm, favorecendo a formação de agregados

biogênicos, ao passo que a CSS, por ser sólida, fica mais limitada à superfície do solo.

Avaliando a gênese de agregados sob os sistemas de uso do solo com SPD, SPC, pastagem (*Axonopus compressus*) e área de floresta secundária em Marmeleiro, Paraná, LOSS et al. (2014) constataram que prevalece (maior proporção) a via de formação de agregados fisiogênicos em relação a via de formação de agregados biogênicos, independente do sistema de uso do solo avaliado. Porém, os autores evidenciaram que o SPC desfavoreceu a formação de agregados biogênicos (100% agregados fisiogênicos), enquanto o SPD propiciou uma formação semelhante à área de floresta quanto à massa (proporção) de agregados biogênicos e fisiogênicos. Esses autores também verificaram que a área de pastagem favoreceu a maior formação de agregados biogênicos em comparação às demais áreas. Os resultados encontrados foram atribuídos ao fato de o SPD, com ausência de revolvimento e manutenção da resteva do azevém, bem como a maior adição de carbono via sistema radicular da gramínea no sistema de uso do solo com pastagem, propicia melhores condições à fauna do solo, que são os principais expoentes na formação de agregados biogênicos (BATISTA et al., 2013). Além disso, também foram encontrados maiores teores de nutrientes e carbono nos agregados biogênicos em comparação aos fisiogênicos (LOSS et al., 2014).

Dessa forma, informações sobre o estado da agregação da camada superficial do solo constituem-se em indicadores de qualidade relativamente simples e sensíveis às mudanças decorrentes da adição de dejetos de suínos ao solo como via de fornecimento de nutrientes para as plantas. O aumento da atividade biológica nas áreas com adição de dejetos suínos (MORALES et al. 2016) resultou em alterações nas diferentes vias de formação de agregados, tais como a maior porcentagem de agregados biogênicos em relação aos fisiogênicos. A manutenção da palhada vegetal sobre o solo, a ausência de revolvimento do mesmo e a adição dos dejetos de suínos acarretam em melhores condições físicas e químicas, com posterior aumento da fauna do solo, principalmente minhocas (ANGHINONI et al., 2011). Assim, têm-se a formação dos agregados biogênicos, pois estes estão diretamente relacionados com a fauna do solo (MELO et al., 2008; BATISTA, 2015).

7.3 Estabilidade dos agregados biogênicos e fisiogênicos

7.3.1 Diâmetro médio ponderado dos agregados

Não foram verificadas diferenças para DMP na profundidade de 0-5 cm entre os diferentes tratamentos e entre os tipos de agregados. Na profundidade de 5-10 cm, o uso de dejetos suínos aumentou o DMP em relação ao tratamento testemunha, com ênfase para o uso de CSS1X e CSS2X para agregados biogênicos e DLS e CSS para agregados fisiogênicos (Tabela 5).

Tabela 5. Diâmetro médio ponderado (DMP, mm) de agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.

Tratamentos	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico
	0-5 cm		5-10 cm	
Testemunha	4,550 Aa	4,723 Aa	4,245 Ba	4,192 Ca
DLS1X	4,704 Aa	4,832 Aa	4,465 Ba	4,606 Aa
DLS2X	4,432 Aa	4,718 Aa	4,261 Ba	4,461 Ba
CSS1X	4,736 Aa	4,843 Aa	4,895 Aa	4,852 Aa
CSS2X	4,641 Aa	4,813 Aa	4,853 Aa	4,591 Ab
CV(%)	3,94	3,34	4,67	4,11

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os sistemas de uso do solo para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada sistema avaliado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$). Testemunha = sem adubação com dejetos; DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. CV = coeficiente de variação.

A ausência de diferenças para DMP na camada superficial do solo (0-5 cm) indica que o SPD com a sucessão aveia preta/milho é eficiente para manter os elevados índices de agregação do solo (4,550 a 4,723 mm, respectivamente para agregados biogênicos e fisiogênicos na área testemunha), mesmo sem a adição de matéria orgânica via dejetos de suínos (DLS e CSS). Isso é decorrente da cobertura do solo proporcionada pelo milho e especialmente pela aveia, pois as gramíneas possuem alta capacidade de regeneração, produção de matéria seca (Tabela 2) e densidade radicular, o que favorece a agregação do solo, pelo efeito que exercem na aglutinação de suas partículas e na estabilização dos agregados resultantes (TISDALL & OADES, 1982).

Na profundidade de 5-10 cm, o uso dos dejetos de suínos (DLS e CSS) acarretou na maior disponibilidade de nutrientes (Tabela 8) e COT (Figura 2) no solo. Assim, têm-se melhores condições químicas para o desenvolvimento da aveia preta, favorecendo a produção de matéria seca (Tabela 2), e maior desenvolvimento radicular, o que aumenta a agregação do solo, pelo efeito que o sistema radicular exerce na aproximação de suas partículas, com posterior aumento na estabilização dos agregados resultantes, acarretando em maiores valores de DMP.

Nos agregados biogênicos, apenas as áreas com CSS diferiram das demais, apresentando maiores valores de DMP. Entretanto, nos agregados fisiogênicos verificaram-se maiores variações entre os tratamentos, com menores valores de DMP para a área testemunha, valores intermediários para DLS2X e maiores índices de DMP para as áreas com DLS1X e CSS (Tabela 5). Estas diferenças podem ser decorrentes da absorção de água continuamente pelas raízes, promovendo uma secagem local e contribuindo para aumentar a coesão entre as partículas sólidas do solo (SILVA e MIELNICZUCK, 1997), favorecendo os agregados fisiogênicos, que são formados por ciclos de umedecimento e secagem. As gramíneas contribuem nos processos de formação e estabilização de agregados do solo, devido, principalmente, à alta densidade de suas raízes, que promove a aproximação de partículas pela constante absorção de água do solo, como também às periódicas renovações do sistema radicular e à uniforme distribuição dos exsudados orgânicos ao solo, que estimulam a atividade microbiana, cujos subprodutos também atuam na estabilização dos agregados (SILVA e MIELNICZUCK, 1997; BRANDÃO & SILVA, 2012).

Nos agregados biogênicos, os maiores teores de COT nos tratamentos com CSS (Figura 2) favorecem o processo de agregação do solo, culminado na formação de macroagregados mais estáveis em água (Tabela 6), conseqüentemente, com maiores índices de DMP. Esses maiores teores nos tratamentos com CSS também podem favorecer a retenção de maiores conteúdos de umidade do solo, acarretando em melhores condições para a biota do solo e desenvolvimento radicular, que são fatores primordiais para formação dos agregados biogênicos. A ausência de diferenças entre a área testemunha e DLS pode ser devido à baixa quantidade de MS (Tabela 2) e, conseqüentemente, baixa relação C/N dos DLS quando comparada aos altos teores de MS e alta relação C/N dos dejetos de CSS (Tabela 1). As maiores quantidades de MS e maior relação C/N favorece uma decomposição mais lenta dos materiais

orgânicos, acarretando em maiores teores de COT e, conseqüentemente, maior quantidade de agente cimentante para favorecer o processo de formação e estabilização dos agregados do solo.

7.3.2 Distribuição dos agregados em Macro, Meso e Microagregados

De maneira geral, verificou-se predominância de macroagregados em relação aos meso e microagregados (Tabela 6). Para os macroagregados, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos e os tipos de agregados, na profundidade de 0-5 cm. Isto indica que a manutenção dos resíduos vegetais da aveia preta e do milho na superfície do solo em SPD tem maior importância na formação e manutenção de agregados de maior tamanho em comparação aos tratamentos com adição de dejetos suínos.

Tabela 6. Distribuição da massa (g) de agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.

Tratamentos	Macroagregados (8,0 > X ≥ 2,0 mm)		Mesoagregados (2,0 > X ≥ 0,25 mm)		Microagregados (0,25 > X ≥ 0,105 mm)	
	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico
0-5 cm						
Test	21,64 Aa	22,40 Aa	1,83 Aa	1,73 Aa	1,51 Aa	0,34 Bb
DLS1X	22,74 Aa	23,75 Aa	0,91 Ba	0,71 Ca	0,86 Ba	0,35 Bb
DLS2X	21,25 Aa	22,70 Aa	1,58 Aa	1,00 Bb	1,59 Aa	0,49 Ab
CSS1X	22,97 Aa	23,77 Aa	0,61 Ca	0,53 Ca	0,94 Ba	0,33 Bb
CSS2X	21,19 Aa	22,49 Aa	1,08 Ba	0,46 Cb	0,91 Ba	0,51 Ab
CV(%)	3,85	3,76	14,07	22,27	16,26	12,01
5-10 cm						
Test	21,11 Ba	20,04 Ba	1,46 Bb	3,05 Aa	2,19 Aa	1,56 Ab
DLS1X	21,61 Ba	22,44 Aa	1,54 Ba	1,55 Ca	1,63 Ba	0,64 Bb
DLS2X	21,17 Ba	21,55 Ba	3,63 Aa	2,24 Bb	0,76 Ca	0,80 Ba
CSS1X	23,82 Aa	23,71 Aa	0,39 Ca	0,59 Da	0,29 Da	0,38 Ba
CSS2X	23,78 Aa	22,31 Aa	0,31 Cb	1,47 Ba	0,43 Db	0,76 Ba
CV(%)	4,80	4,08	15,23	16,84	9,01	23,30

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada sistema avaliado (teste Scott-Knott, p <0,05). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. CV = coeficiente de variação.

A ausência de diferenças entre os tratamentos em relação aos macroagregados na camada superficial do solo corrobora com a similaridade entre os valores de DMP encontrados nesta profundidade (Tabela 5). Para a camada de 5-10 cm, as áreas com CSS apresentaram maiores valores de macroagregados, tanto biogênicos quanto fisiogênicos, sendo nestes últimos verificados os maiores valores também para a área com DLS1X. Estes resultados corroboram os maiores valores de DMP encontrados nessas áreas (Tabela 5) e indica que o uso desses dejetos de suínos, em profundidade, favorece a formação de macroagregados, principalmente o uso de CSS1X ou CSS2X, devido aos maiores teores de COT (Figura 2) e bases trocáveis, tais como o Ca e Mg (Tabela 7).

Os maiores valores de macroagregados observados nos tratamentos com CSS também podem estar relacionados com a maior atividade microbiana encontrada nesses tratamentos quando comparado aos demais (MORALES et al., 2016), resultando na formação de macroagregados por ação de forças eletrostáticas, atividade microbiana e crescimento de raízes (SIX et al., 2004). A maior quantidade de macroagregados nos tratamentos com CSS na profundidade de 5-10 cm acarreta em melhores condições físicas para o desenvolvimento radicular das culturas, sendo verificado nesta mesma área de estudo (COMIN et al., 2013), menores valores de densidade do solo e resistência a penetração, assim como maiores valores de macroporosidade nos tratamentos com CSS.

Para os meso e microagregados, de maneira geral, verificaram-se que as áreas com CSS apresentaram os menores valores, principalmente para os biogênicos. Isto indica que os macroagregados formados nas áreas com CSS são mais estáveis em água e não se rompem em agregados menores quando submetidos ao processo de estabilidade via úmida, principalmente se comparado com a área testemunha, que apresentou maiores valores de meso e microagregados, indicando maior proporção de macroagregados menos estáveis em água.

As diferenças encontradas na distribuição dos agregados após peneiramento por via úmida (Tabelas 6) estão associadas à taxa de decomposição dos dejetos de suínos aplicados, pois, conforme KHALEEL et al. (1981), resíduos de fácil decomposição acarretam em rápido aumento na agregação das partículas, entretanto, com efeito na estrutura do solo de caráter temporário. Em contrapartida, se o material que compõe o resíduo é de lenta decomposição, o efeito da agregação será menor, mas mais duradouro, o que sugere que o composto de

resíduos orgânicos devem ser preparados com materiais ricos em lignina (CELIK et al., 2004).

Dessa forma, nos tratamentos com CSS, por apresentarem maior quantidade de MS e maior relação C/N que os DLS (Tabela 1), o efeito da agregação será mais prolongado, culminando em agregados mais estáveis e, conseqüentemente, menores massas de agregados de menor tamanho. Enquanto nos tratamentos com DLS, que apresentam menores quantidades de MS e menor relação C/N em comparação à CSS (Tabela 1), o efeito na estrutura do solo será de caráter mais temporário. Porém, quando se compara o efeito do uso dos DLS com a área testemunha, principalmente na menor dose (DLS1X), verifica-se que tem-se valores menores ou iguais aos encontrados na área testemunha para meso e microagregados biogênicos e fisiogênicos (Tabela 6), indicando que o uso de DLS1X associado ao SPD aumenta o efeito da agregação do solo, apresentando macroagregados mais estáveis em água e, conseqüentemente, menores massas de meso e microagregados. Este padrão pode ser verificado na profundidade de 5-10 cm (Tabela 6), na qual a área com DLS1X apresentou maiores valores de macroagregados fisiogênicos e menores valores para mesoagregados (fisiogênicos) e microagregados (biogênicos e fisiogênicos) em comparação à área testemunha.

As profundidades avaliadas neste estudo (0-5 e 5-10 cm) fazem parte do horizonte A do solo (Argissolo Vermelho-Amarelo substrato granito, textura média), que apresenta altos teores de COT (Figura 2) que normalmente apresenta baixos conteúdos de óxidos de ferro e alumínio. Assim, nos processos relacionados à agregação do solo tem-se maior importância da matéria orgânica quando comparado aos óxidos, indicando que nessa camada de 0-10 cm, a agregação do solo segue a teoria da hierarquia dos agregados, onde agregados menores se unem, formando os agregados maiores (TISDAL & OADES, 1982). Dessa forma, tem-se a interação da argila com cátions polivalentes (Tabela 6) e compostos orgânicos persistentes, tais como o carbono da fração húmica (MERGEN JUNIOR et al., 2014), favorecendo a formação dos microagregados. Por sua vez, da união dos microagregados surgem os macroagregados, que são estabilizados por meio de compostos transitórios, tais como a matéria orgânica particulada (SANTOS, 2017), adicionada ao solo via sistema radicular e deposição de resíduos vegetais.

Entre os tipos de agregados, verificaram-se diferenças apenas para meso e microagregados, com maiores valores para os biogênicos (Tabela 6). Estes resultados são decorrentes dos maiores teores de

carbono orgânico particulado (COp) encontrado nos agregados biogênicos (SANTOS, 2017). O COp (ou a matéria orgânica particulada) pode atuar como pontes de nucleação na formação de microagregados no interior de macroagregados (GOLCHIN et al., 1994). Com o consumo do COp, decresce a atividade microbiana e a liberação de mucilagens e o macroagregado perde a estabilidade, eventualmente ocorrendo o seu rompimento e liberando os microagregados (TISDAL & OADES, 1982).

7.4 Carbono orgânico total nos macro, meso e microagregados

Os menores teores de COT para macroagregados biogênicos foram encontrados no tratamento com DLS2X (0-5 cm), e DLS2X e testemunha (5-10 cm). Nos macroagregados fisiogênicos, os menores teores de COT também foram observados nos tratamentos com DLS e testemunha (0-5 cm), e DLS2X e testemunha (5-10 cm). Os tratamentos com CSS, de maneira geral, apresentaram maiores teores de COT para macroagregados biogênicos e fisiogênicos. Entre os tipos de agregados dentro de cada tratamento, verificaram-se diferenças apenas na profundidade de 5-10 cm para CSS2X e DLS2X, com os maiores teores de COT nos macroagregados biogênicos (Tabela 7).

Tabela 7. Distribuição dos teores de COT (g kg^{-1}) nos macro, meso e microagregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, SC.

Tratamentos	Macroagregados ($8,0 > X \geq 2,0 \text{ mm}$)		Mesoagregados ($2,0 > X \geq 0,25 \text{ mm}$)		Microagregados ($0,25 > X \geq 0,105 \text{ mm}$)	
	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico	Biogênico	Fisiogênico
0-5 cm						
Test	54,92 Aa	48,82 Ba	32,47 Ab	47,72 Ba	23,03 Ab	52,80 Ba
DLS1X	49,38 Aa	44,10 Ca	28,82 Aa	46,01 Ba	26,38 Ab	46,83 Ba
DLS2X	32,18 Ba	30,24 Da	29,68 Ab	92,37 Aa	20,57 Bb	82,53 Aa
CSS1X	63,25 Aa	57,97 Aa	34,40 Ab	96,54 Aa	16,96 Bb	30,13 Da
CSS2X	57,14 Aa	61,31 Aa	28,01 Aa	34,68 Ca	20,47 Bb	40,10 Ca
CV(%)	10,97	11,67	17,29	8,15	9,20	9,41
5-10 cm						
Test	18,03 Da	15,81 Ba	48,05 Ab	68,09 Ba	30,17 Bb	62,43 Aa
DLS1X	37,73 Ba	36,06 Aa	28,85 Cb	48,27 Ca	40,00 Ab	52,93 Ba
DLS2X	22,75 Ca	18,03 Bb	27,75 Cb	96,26 Aa	21,80 Cb	33,10 Ca
CSS1X	41,33 Ba	40,22 Aa	35,56 Ba	26,49 Ea	10,50 Db	30,70 Ca
CSS2X	46,60 Aa	34,12 Ab	35,79 Ba	33,90 Da	22,77 Cb	34,17 Ca
CV(%)	7,74	10,08	10,91	6,62	8,99	9,58

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os tratamentos e para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada sistema avaliado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CV = coeficiente de variação.

Para os mesoagregados, os biogênicos apresentaram diferenças apenas na profundidade de 5-10 cm, com maiores teores de COT na testemunha e menores nos tratamentos com DLS. Nos fisiogênicos, os maiores teores de COT foram encontrados nos tratamentos com CSS1X e DLS2X, sendo verificado no tratamento com CSS2X o menor teor de COT (0-5 cm). Na profundidade de 5-10 cm, os tratamentos com CSS e DLS1X apresentaram os menores teores de COT. Na comparação entre os tipos de agregados, verificaram-se maiores teores de COT nos fisiogênicos nas duas profundidades para os tratamentos CSS1X, DLS e testemunha (0-5cm), e testemunha e DLS (5-10cm).

Os maiores teores de COT para os microagregados biogênicos, nas duas profundidades, foram encontrados nos tratamentos DLS1X e testemunha, com menores teores de COT para os demais tratamentos, destacando-se o tratamento com CSS1X que apresentou o menor teor entre 5-10 cm. Para os microagregados fisiogênicos, o maior teor de COT foi encontrado no tratamento DLS2X e os menores, nos tratamentos com CSS a 0-5 cm. Para a profundidade de 5-10 cm, os maiores teores de COT foram encontrados nos tratamentos testemunha e

DLS1X, sendo que os demais tratamentos apresentaram menores valores. Na comparação entre os agregados, os microagregados fisiogênicos apresentaram maiores teores de COT para todos os sistemas de uso do solo nas duas profundidades.

De maneira geral, os maiores valores de COT na classe dos macroagregados biogênicos e fisiogênicos para os tratamentos com CSS podem ser devidos à maior relação C/N da CSS em comparação aos DLS (Tabela 1). Segundo BRUNETTO et al. (2012), a baixa quantidade de MS que constitui os DLS tem condizência com uma baixa relação C/N, fazendo com que a velocidade de mineralização do COT contido nesse material seja acelerada, facilitando a sua mineralização pelos microrganismos. Ao contrário disso, a CSS normalmente apresenta uma maior quantidade de COT devido à maior quantidade de MS (BRUNETTO et al., 2012), e da maior relação C/N dos materiais que a compõe, dificultando a atuação dos microrganismos e acarretando em maiores teores de COT nos macroagregados. Esses resultados também são favorecidos pela presença da matéria orgânica particulada (MOP) na CSS, que pode formar pontes de nucleação contribuindo para a formação de microagregados no interior de macroagregados (GOLCHIN et al., 1994).

No tratamento com DLS, comparando-se as doses (DLS1X e DLS2X), verificou-se uma diminuição dos teores de COT na maior dose (DLS2X) nas duas profundidades para os agregados biogênicos e fisiogênicos. Isto também pode estar associado à menor relação C/N desse material e altas quantidades aplicadas (Tabela 1), o que favorece uma maior disponibilidade de material de baixa relação C/N, aumentando a atividade dos microrganismos e, conseqüentemente, tem-se uma mineralização mais rápida do COT nesse tratamento para os macroagregados.

Os maiores teores de COT para o tratamento com DLS nos mesoagregados fisiogênicos e microagregados biogênicos e fisiogênicos, nas duas profundidades, podem ser decorrentes da maior interação dos dejetos líquidos com a fração argila, principalmente nos agregados fisiogênicos, que têm maiores teores de argila que os biogênicos (Tabela 3). A adsorção dos ácidos orgânicos aos componentes da fração argila gera uma proteção química que potencializa a estabilidade do COT associado à fase mineral dos microagregados (BURAK et al., 2011).

Neste estudo, a agregação do solo segue a teoria da hierarquia dos agregados, onde agregados menores se unem, formando os

agregados maiores (TISDAL e OADES, 1982). Dessa forma, tem-se a interação da argila com compostos orgânicos persistentes, tais como o carbono da fração humina (Mergen Junior et al. 2014), favorecendo a formação dos microagregados. Por sua vez, da união dos microagregados surgem os macroagregados, que são estabilizados por meio de compostos transitórios, tais como a MOP (SANTOS, 2017), adicionados ao solo via sistema radicular e deposição de resíduos vegetais. Dessa forma, nos macroagregados biogênicos, com ênfase para 0-5 cm, e nos macroagregados biogênicos e fisiogênicos, ambos nos tratamentos com CSS, tem-se teores de COT oriundo da união dos microagregados que são nucleados pelo sistema radicular e a MOP, formando os macro, e assim aumentando a proteção do COT no interior dos agregados. Isso culmina em maiores teores de COT nesses macroagregados.

7.5 Carbono orgânico total e nitrogênio total nos agregados

Os maiores teores de COT (Figura 2) e NT (Figura 3) foram observados nos tratamentos com CSS1X e CSS2X para agregados biogênicos e fisiogênicos nas duas camadas avaliadas, não sendo verificadas diferenças entre a área testemunha, DLS1X e DLS2X. Entre os tipos de agregados, os biogênicos apresentaram maiores teores de COT e NT em comparação aos fisiogênicos nas duas camadas avaliadas, com exceção da área testemunha, que não apresentou diferenças na profundidade de 5-10 cm.

Os maiores teores de COT e NT nos tratamentos com CSS são decorrentes da maior quantidade de MS e maior relação C/N (Tabela 1), corroborando com os estudos de GIACOMINI & AITA, (2008), BRUNETTO et al. (2012) e LOURENZI et al. (2014), e da maior relação C/N dos materiais orgânicos comumente utilizados para formar a cama, tais como a maravalha e a casca de arroz, ao contrário do tratamento com DLS, que apresenta menor quantidade de MS e baixa relação C/N (Tabela 1).

Figura 2. Carbono orgânico total (COT) nos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes tratamentos em Braço do Norte, SC. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada tratamento (Scott-Knott, $p < 0,05$). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N.

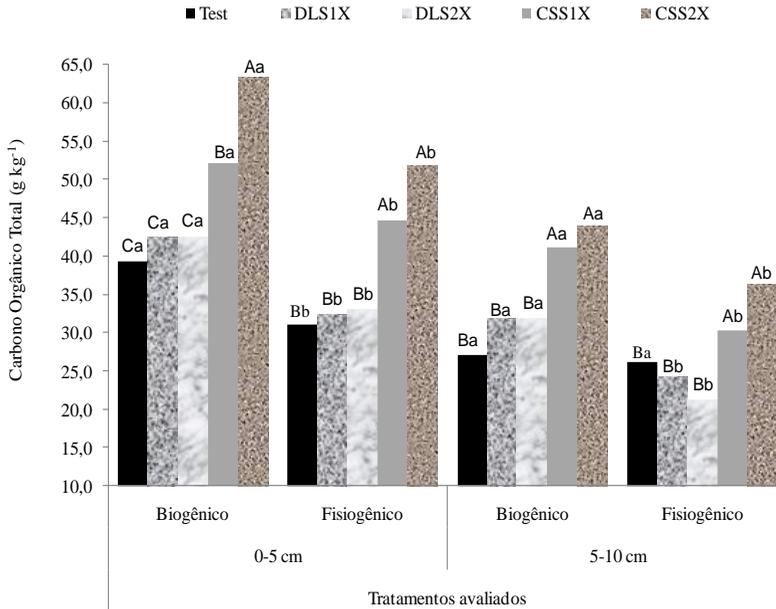
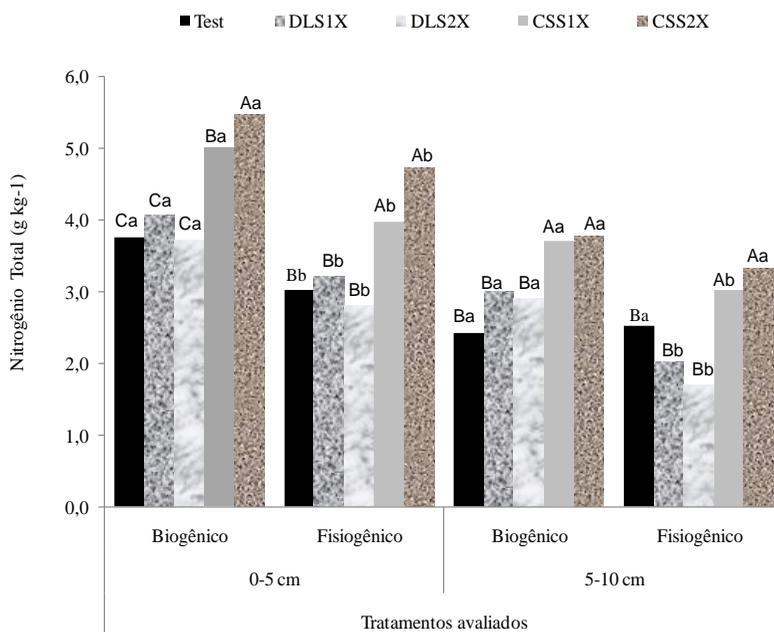


Figura 3. Nitrogênio total (NT) nos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes tratamentos em Braço do Norte, SC. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os tratamentos para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada tratamento (Scott-Knott, $p < 0,05$). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N.



O fato dos teores de COT e NT da área com DLS não ter diferido da testemunha pode ser atribuído a eficiência do SPD, que pelo tempo relativamente longo do experimento (2002-2012), associado à manutenção da resteva da aveia e do milho e a ausência de revolvimento do solo, está contribuindo para a manutenção e, ou, aumento do COT e NT do solo. A aplicação continuada de dejetos líquidos de suínos no solo nem sempre aumenta os teores de COT e NT (SCHERER et al., 2010; DORTZBACH et al., 2013). Entretanto, o aumento da produção

de fitomassa em SPD (Tabela 2), nos quais os DLS são empregados na adubação das culturas, pode promover o incremento das frações da MOS em médio e longo prazo (KARHU et al., 2012; MERGEN JUNIOR et al., 2014; SANTOS, 2017). A maior produção de massa seca da aveia-preta nas áreas com DLS em comparação à testemunha (Tabela 2) implica em maior volume de solo explorado pelo sistema radicular da aveia e, conseqüentemente, isso favorece o maior aporte de COT e NT nos agregados biogênicos na profundidade de 5-10 cm em comparação a área testemunha (Figuras 2 e 3, respectivamente).

Os maiores teores de COT e NT nos agregados biogênicos indicam predominância de material de maior labilidade (maior disponibilidade), tais como a MOP em comparação aos agregados fisiogênicos (SANTOS, 2017), sendo que a incorporação/manutenção desse material é favorecida nos agregados biogênicos, devido aos fatores fauna do solo e sistema radicular no SPD, corroborando com os estudos de VELASQUEZ et al. (2012) e BATISTA et al. (2013). Em áreas de pastagem, SPD com soja/azevém e floresta secundária sob Nitossolo Vermelho no Paraná, LOSS et al. (2014a) também verificaram maiores teores de COT e NT nos agregados biogênicos, assim como os maiores teores de frações lábeis da MOS (MOP e frações do carbono oxidável).

Os maiores teores de COT nos agregados biogênicos têm relação direta com os maiores teores de N (Figura 3), P e K nesses agregados (Tabela 8), corroborando com os resultados de FIUZA et al. (2011) e LOSS et al. (2014), que verificaram correlações positivas dos valores de COT com os teores de N, P e K em diferentes sistemas de uso do solo (floresta, SPD, pastagem) quando avaliaram agregados biogênicos. MERGEN JUNIOR et al. (2014) fracionando o COT, nas mesmas áreas do presente estudo, em carbono das frações húmicas, também encontraram maior quantidade de carbono das frações húmicas nos tratamentos com dejetos suínos e nos agregados biogênicos. Os maiores teores de NT nos tratamentos com CSS e nos agregados biogênicos corroboram os maiores teores de COT, pois incrementos de NT no solo, sendo neste caso via aplicação dos dejetos, favorecem o acúmulo de COT, pois não ocorre aumento de COT no solo se a quantidade de N for limitante à produtividade biológica (URQUIAGA et al., 2005).

7.6 Valores de pH, Al, Ca, Mg, P e K nos agregados

Os valores de pH em água não diferiram entre os tipos de agregados em todas as áreas avaliadas e profundidades. Entre os tratamentos, verificaram-se diferenças apenas para os agregados biogênicos, destacando-se a área do tratamento CSS2X, que apresentou os maiores valores (Tabela 8). Esses resultados são coincidentes com os verificados por DZORTBACH (2009), onde o autor relatou que os solos que recebem dejetos periodicamente, especialmente no tratamento com cama sobreposta de suínos em SPD, propiciam maiores acúmulos de matéria orgânica, e que a presença de ânions orgânicos favorecem o consumo de H^+ , retirando-os da solução do solo e ligando-os aos colóides orgânicos. Os maiores valores de pH em água no tratamento CSS2X também é decorrente dos maiores teores de Ca e K encontrados neste tratamento (Tabela 8), assim como das altas quantidades desses macronutrientes na CSS (Tabela 1).

Em relação ao Al, todos os valores encontrados são menores que $0,30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, sendo considerados baixos (FREIRE et al., 2013), o que está associado aos valores de pH acima de 5,4, ocasionando a precipitação do Al, e aos altos conteúdos de bases trocáveis (Tabela 6). Conforme o Manual de Adubação e Calagem dos estados do RS e SC (CQFS RS/SC, 2004), os valores de pH são considerados de médios (5,5 – 6,0) a altos (maiores que 6,0), sendo corroborados pelos menores teores de Al (Tabela 8), assim como baixa saturação por Al e elevada saturação por bases em todos os tratamentos e tipos de agregados (dados não apresentados).

Apenas para agregados biogênicos, na profundidade de 0-5 cm, verificaram-se diferenças entre as áreas avaliadas, sendo encontrados maiores teores de Al na área testemunha e menores nas áreas com CSS e DLSS. Isto pode ser decorrente dos maiores teores de COT (Figura 2) nas áreas com dejetos em comparação à testemunha, já que a MOS atua complexando os íons Al^{+3} em formas estáveis, diminuindo a sua disponibilidade, além de favorecer a maior liberação de cátions como Ca e K, pois foram verificados maiores teores desses cátions nas áreas com CSS e DLS em relação à área testemunha para os agregados biogênicos (Tabela 8). Resultados semelhantes são relatados por BRUNETTO et al. (2012), nas mesmas áreas de estudo, porém em avaliação feita em amostras de TFSA e com oito anos de aplicação com dejetos. Nas áreas com CSS, esses autores encontraram maiores valores de pH em água e maiores valores de Ca em relação aos demais tratamentos.

Para os teores de Ca, não foram verificadas diferenças entre os dois tipos de agregados. Entre os tratamentos, tanto para os agregados biogênicos quanto para os fisiogênicos, nas duas profundidades avaliadas, os maiores teores de Ca foram encontrados nos tratamentos com CSS1X e CSS2X, seguidos dos tratamentos com DLS1X e DLS2X, enquanto a área testemunha apresentou os menores valores. Outros trabalhos também registraram aumento nos teores de Ca em solos com sucessivas aplicações de dejetos suínos (BRUNETTO et al., 2012; SILVA et al., 2015).

Para o Mg, de maneira geral, os maiores teores foram encontrados nos tratamentos com CSS e os menores na área testemunha, não sendo verificadas diferenças entre a área testemunha e os tratamentos com DLS na camada de 0-5 cm. Na profundidade de 5-10 cm, nos agregados fisiogênicos, a área testemunha apresentou os menores valores de Mg. Entre os tipos de agregados, maiores valores de Mg foram encontrados nos agregados biogênicos, nas duas profundidades avaliadas. Estes maiores teores de Ca e Mg nos tratamentos com CSS e DLS são decorrentes dos maiores teores desses nutrientes nos dejetos com CSS, seguidos de DLS (Tabela 1).

Os maiores teores de potássio (K) foram encontrados nos tratamentos com CSS em todos os tratamentos e profundidades, exceto para os agregados fisiogênicos, na profundidade de 5-10 cm, na qual o tratamento com DLS1X apresentou valores iguais ao tratamento com CSS1X. Em relação ao uso dos DLS e a testemunha, o tratamento com DLS1X apresentou maiores valores de K em comparação à testemunha nas duas camadas e tipos de agregados avaliados. Entre os agregados, nas duas profundidades avaliadas, os agregados biogênicos apresentaram maiores teores de K, exceto para a testemunha a 5-10 cm, que não apresentou diferenças entre os tipos de agregados (Tabela 8).

Para o fósforo (P), os maiores teores também foram encontrados no tratamento com CSS2X, porém a testemunha apresentou os menores valores de P em comparação aos DLS e CSS, nos agregados biogênicos e fisiogênicos, e nas duas profundidades avaliadas, exceto para os biogênicos na profundidade de 0-5 cm, na qual a testemunha não diferiu do tratamento com DLS. Entre os agregados, apenas os tratamentos com CSS (0-5 e 5-10 cm) e a testemunha (0-5 cm) apresentaram diferenças, com maiores valores de P para os agregados biogênicos (Tabela 8).

Os maiores teores de P e K encontrados nos tratamentos com dejetos suínos são decorrentes dos elevados teores desses nutrientes nos dejetos com CSS, seguido do tratamento com DLS (Tabela 1). Os

dejetos oriundos da CSS, além de possuírem maiores teores de nutrientes também têm maior quantidade de MS em relação aos DLS (Tabela 1), sendo que o teor de MS tem correlação positiva quanto a quantidade de nutrientes presentes nos dejetos (SCHERER et al. 2013). Isso explica a maior presença desses elementos nos agregados sob SPD com uso de CSS. Esses resultados são corroborados por BRUNETTO et al. (2012) para o K e GUARDINI et al. (2012) para o P, que também encontraram maiores teores de K e P em solo com CSS, seguido de DLS quando comparado a área testemunha. Entre os agregados, os maiores teores nos biogênicos indicam que esses agregados são mais ricos nesses nutrientes e estão associados a uma intensa atividade biológica e ciclagem de nutrientes, sendo potenciais indicadores de atividade biológica e bons indicadores de mudanças ocasionadas no solo decorrente do manejo agrícola adotado. Vários estudos indicam aumento crescente nos teores de P e K em solos com adição de dejetos suínos, especialmente na camada 0-5 cm (SCHERER et al. 2010; COUTO et al. 2010; VEIGA et al. 2011; CASSOL et al. 2012; GUARDINI et al., 2012).

Os maiores teores de nutrientes (N, P, K e Mg), assim como os maiores teores de COT encontrados em agregados biogênicos também foram verificados por SILVA NETO et al. (2010). Estes autores encontraram maiores teores de bases trocáveis e carbono em agregados biogênicos em varias ordens de solos da Paraíba, o que atribuíram ao fato desses agregados serem em grande parte excretas da macrofauna que se alimenta de matéria orgânica, além da atividade de raízes. No presente estudo, durante a separação visual dos agregados pelos seus padrões morfológicos, foram encontrados grande quantidade de coprólitos, que foram enquadrados como biogênicos (Figura 1b). BARTZ et al. (2010), observando a atividade de espécies de minhocas em um Latossolo no Paraná, caracterizaram os coprólitos e também encontraram maiores teores de nutrientes e carbono em coprólitos frente a agregados pedogênicos (fisiogênicos), assim como LOSS et al. (2014) encontraram maiores teores de nutrientes em agregados biogênicos em áreas de SPD, pastagem e floresta secundária no PR, sendo nos agregados biogênicos também observado expressiva presença de coprólitos de minhocas na camada superficial do solo (0-5 cm). Outros trabalhos também constatam maiores teores de COT e nutrientes em agregados de origem biogênica em relação aos agregados de origem fisiogênica (SILVA NETO et al. 2016; FERNANDES et al. 2017).

Os altos valores dos nutrientes Ca, Mg, N, P e K (CQFS RS/SC, 2004) encontrados nos tratamentos com CSS e DLS estão diretamente associados à maior produção de milho e MS da aveia preta no SPD em comparação a área testemunha, sem adição dos dejetos (Tabela 2). E, entre os agregados, de maneira geral, os biogênicos apresentam-se como sítios potenciais de acúmulo desses nutrientes, indicando maior atividade biológica e presença de sistema radicular

Tabela 8. Atributos químicos dos agregados biogênicos e fisiogênicos em diferentes sistemas de uso do solo em Braço do Norte, Santa Catarina.

Tratamentos	pH		Al		Ca		Mg		K (mg kg ⁻¹)		P (mg kg ⁻¹)	
	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis	Bio	Fis
0-5 cm												
Test	5,37 Ba	6,01 Aa	0,27 Aa	0,03 Aa	4,87 Da	4,50 Da	3,83 Ba	2,45 Ca	340,70 Da	233,37 Db	9,64 Ca	4,62 Eb
DLS1X	5,87 Ba	6,04 Aa	0,12 Ba	0,01 Aa	6,18 Ca	6,55 Ca	4,67 Ba	2,55 Cb	736,87 Ca	396,76 Cb	9,01 Ca	7,26 Da
DLS2X	5,66 Ba	5,79 Aa	0,16 Ba	0,08 Aa	6,02 Ca	6,67 Ca	4,40 Ba	2,98 Cb	336,02 Da	213,10 Db	9,40 Ca	11,96 Ba
CSS1X	5,74 Ba	5,56 Aa	0,05 Ca	0,01 Aa	8,30 Ba	7,77 Ba	6,92 Aa	4,95 Bb	922,93 Ba	454,4 Bb	17,06 Ba	9,85 Cb
CSS2X	6,35 Aa	6,40 Aa	0,08 Ca	0,10 Aa	10,37 Aa	10,78 Aa	6,65 Aa	6,13 Aa	1594,9 Aa	1491,9 Ab	72,35 Aa	35,47 Ab
CV(%)	6,9	8,7	9,1	21,6	14,5	10,9	20,17	17,1	14,05	9,57	23,85	11,11
5-10 cm												
Test	5,73 Ba	5,84 Aa	0,07 Aa	0,03 Aa	3,25 Da	3,44 Da	2,47 Ba	1,77 Cb	192,01 Da	132,58 Ca	2,37 Ea	2,96 Da
DLS1X	6,14 Ba	6,06 Aa	0,02 Aa	0,02 Aa	4,43 Ca	4,45 Ca	3,55 Aa	2,22 Bb	269,27 Ca	208,84 Bb	6,00 Da	5,82 Ca
DLS2X	5,66 Ba	5,91 Aa	0,10 Aa	0,05 Aa	4,20 Ca	4,20 Ca	2,53 Ba	2,37 Ba	150,96 Da	67,23 Db	9,76 Ca	7,89 Ba
CSS1X	5,93 Ba	6,01 Aa	0,10 Aa	0,17 Aa	5,77 Ba	6,55 Ba	4,00 Aa	3,22 Ab	766,44 Ba	177,90 Bb	14,11 Ba	8,64 Bb
CSS2X	6,61 Aa	6,47 Aa	0,03 Aa	0,03 Aa	8,18 Aa	7,33 Aa	4,27 Aa	2,55 Bb	1410,2 Aa	1091,5 Ab	18,69 Aa	11,77 Ab
CV(%)	7,0	7,3	15,0	22,2	15,6	14,1	19,5	21,3	15,22	19,28	20,27	20,63

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre os sistemas de uso do solo para cada tipo de agregado e mesma letra minúscula na linha não difere entre os tipos de agregados para cada sistema avaliado (teste Scott-Knott, $p < 0,05$). Test = testemunha (sem adubação com dejetos); DLS1X = dejetos líquidos de suínos, 1 vez a recomendação de N; DLS2X = dejetos líquidos de suínos, 2 vezes a recomendação de N; CSS1X = cama sobreposta de suínos, 1 vez a recomendação de N; CSS2X = cama sobreposta de suínos, 2 vezes a recomendação de N. CV = coeficiente de variação. Bio=biogênico, Fis=Fisiogênico

8.0 CONCLUSÕES

A adição de dejetos suínos aumentou a formação de agregados biogênicos. Na área testemunha prevalece a via de formação de agregados fisiogênicos.

A aplicação de DLS não alterou o DMP e os macroagregados em relação à testemunha, enquanto a aplicação de CSS aumentou esses parâmetros quando comparada aos tratamentos DLS e Testemunha.

O uso de DLS aumentou os teores de COT nos microagregados, enquanto o uso de CSS aumentou o COT nos macroagregados. Entre os tipos de agregados, os biogênicos apresentam maiores teores de COT (5-10 cm) nos macroagregados e os fisiogênicos nos meso e microagregados.

A aplicação de CSS aumentou os teores de COT e NT nos dois tipos de agregados, em relação à testemunha e aos tratamentos com aplicação de DLS, que não se diferenciaram entre si.

A aplicação de DLS aumentou os teores de Ca (0-10 cm), K (DLS1X para 0-10 cm) e P (5-10 cm), e não alterou os teores de Mg e NT, em relação à testemunha, nos dois tipos de agregados; o uso de CSS aumentou o Mg (0-5 cm), Ca, N, P e K (0-10 cm) quando comparado aos DLS e à testemunha, nos dois tipos de agregados.

A gênese dos agregados biogênicos favorece a estabilização do COT e NT, assim como os agregados biogênicos se apresentam como sítios potenciais de acúmulo de COT, N, P, K e Mg em comparação aos agregados fisiogênicos.

9.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Supunha-se que as vias de gênese dos agregados seriam responsivas aos tratamentos avaliados, no caso a adubação com dejetos suínos. E de fato foram, pois os tratamentos que receberam dejetos tiveram predomínio de agregados biogênicos em proporções muito superiores aos agregados fisiogênicos. As áreas que não tiveram aplicação de dejetos suínos teve-se o predomínio de agregados fisiogênicos. Isso prova que o uso de dejetos suínos, como via de fornecimento de nutrientes às culturas, pode alterar as vias de formação de agregados. Mas isso, conjuntamente com as outras características de manejo ao qual o solo foi submetido, no caso o SPD, que além de não revolver o solo possibilitou a adição de palhada sobre o solo, e a rotação milho/aveia, onde a presença da gramínea certamente foi importante no favorecimento da agregação, especialmente pelo objeto de avaliação do

estudo se dar em relação a camada mais superficial do solo (0-10cm). Também deve-se levar em conta o tempo relativamente longo do experimento, que foi de 10 anos. Em outras palavras, o sistema de manejo como um todo juntamente com a adição de dejetos favoreceu a via de formação biogênica.

Ao submeter os agregados para estabilidade via úmida, predominou-se a classe dos macroagregados. Isso significa que o processo de agregação esta correndo conforme o desejável, pois agregados de maiores tamanhos significam maior avanço na hierarquia de agregação, uma vez que solos com maior agregação tem maior potencial de desempenhar os papéis que o solo desempenha no meio ambiente.

De maneira geral, o tratamento com cama sobreposta teve melhores efeitos nos atributos químicos e físicos dos agregados, como maior proporção de macroagregados, DMP e maiores teores de carbono e nutrientes em relação ao dejetos líquido, sendo que este em algumas situações apresentou parâmetros melhores do que a área Testemunha. Por sua vez, entre os tipos de agregados, os biogênicos tiveram maiores teores de carbono e nutrientes. Indica-se então que os agregados biogênicos foram responsivos aos tratamentos avaliados, e que pelas suas características físicas e químicas podem agora ser considerados como indicadores de qualidade do solo.

Contudo, parte-se aqui de um experimento dentro de um contexto de gestão ambiental, no caso o enorme volume de dejetos que são passíveis de ser aplicados no solo como fertilizantes. Mas sabe-se que os volumes de dejetos são altíssimos em função das áreas que estariam aptas por recebê-los, especialmente num cenário de pequenas propriedades em termos de área, mas que possuem um grande número de matrizes de exploração zootécnica, como em Santa Catarina. Dessa maneira, a gestão ambiental na suinocultura deve dispor de opções além do uso direto de dejetos como fertilizantes em lavouras.

Em relação aos tratamentos avaliados, sabe-se também que as dosagens de dejetos para fins de fertilização podem ser extremamente variáveis, tanto pela natureza do dejetos como pela natureza do solo. Isto constitui um problema, pois uma maneira que os agricultores encontram para o descarte dos dejetos nas propriedades é a sua aplicação no solo, de maneira periódica e quase sempre sem critérios técnicos. No presente estudo, a cama sobreposta melhorou os atributos químicos e físicos, que foram correlatos com as quantidades de nutrientes e carbono nessa forma de dejetos. Porém, deve-se atentar para o potencial de contaminação ambiental; por exemplo, nas altas doses muito

provavelmente tem-se acúmulos de nutrientes em limites preocupantes, assim como nas maiores doses de DLS.

O presente trabalho sugere essa temática da gênese de agregados para estudos futuros em outros contextos que visem aferir mudanças advindas de manejo ao qual o solo é submetido, bem como em estudos que visem compreender a dinâmica do uso de dejetos suínos para fertilização das lavouras.

10.0 REFERÊNCIAS

ABCS. Manual da produção de suínos: teoria e prática. Brasília: ABCS, 2014.

ANGHINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; SOUZA, E. D.; CONTE, O.; LANG, C. R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. In: FONSECA, A. F.; CAIRES, E. F.; BARTH, G. Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto. AEACG/Inpag: Ponta Grossa, p.1-31. 2011

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PRODUÇÃO ANIMAL - ANUALPEC. FNP. São Paulo: Camargo Soares, 2016. 400p.

ARRUDA, C. A. O.; ALVES, M. V.; MAFRA, A. L.; CASSOL, P. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; SANTOS, J. C. P. Aplicação de dejetos suínos e estrutura de um Latossolo Vermelho sob semeadura direta. Ciência e agrotecnologia, v.34, p.804-809, 2010.

BARTZ, M.L.C.; COSTA, A.C.S.; TORMENA, C.A.; SOUZA JR. G.; BROWN, G.G. Sobrevivência, produção e atributos químicos de coprólitos de minhocas em um Latossolo Vermelho Distroférrico (Oxisol) sob diferentes sistemas de manejo. Acta Zoológica Mexicana. v.26, p.261-280, 2010.

BASSO, C.J.; PINTO, M.A.B.; SANTI, A.L.; SILVA, R.F.; SILVA, D.R.O. Pig slurry as a nutrient source in wheat/corn succession. Revista Ceres, Viçosa, v.63, p.412-418, 2016.

BATISTA, I.; FERNANDES, M.E.; PEREIRA, M.G.; BIELUCZYK, W.; SCHIAVO, J.A.; MELLO, N.A. Caracterização dos agregados em solos sob cultivo no Cerrado, MS. *Ciências Agrárias*, v.34, p.1535-1548, 2013.

BATISTA, I. Relação entre macrofauna, agregação e atributos edáficos em sequência de culturas sob plantio direto. 2015. 94p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. 2015.

BRANDÃO, E. D.; SILVA, I. F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. *Ciência Rural*, v.7, p.1193-1199, 2012.

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 an sandy Typic Hapludalf after medium-term pig-slurry and deep-litter application. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.10-20, 2012.

BRUSSAARD, L.; PULLEMAN, M. M.; OUE'DRAOGO, E.; MANDO, A.; SIX, J. Soil fauna and soil function in the fabric of the food web. *Pedobiologia*, v. 50, p.447-462, 2007.

BURAK, D. L.; FONTES, M. P. F.; BECQUER, T. Microagregados estáveis e reserva de nutrientes em Latossolo Vermelho sob pastagem em região de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, p.229-241, 2011.

CADIS, P.; HENKES, J.A. Gestão Ambiental na Suinocultura: sistema de tratamento de resíduos líquidos por unidade de compostagem. *Unoesc & Ciência - ACET*, Joaçaba, v. 5, p.169-188, 2014.

CASSOL, P.C.; COSTA, A.C.; CIPRANDI, O.; PANDOLFO, C.M.; ERNANI, P.R. Disponibilidade de Macronutrientes e rendimento do milho em Latossolo fertilizado com Dejeito Suíno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.36, p.1911-1923, 2012

CELIK, I.; ORTAS, I.; KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. *Soil Tillage Research*, v.78, p.59–67, 2004.

CHERUBIN, M.R.; EITELWEIN, M.T.; FABBRIS, C.; IRICH, S.W.; SILVA, R.F.; SILVA, V.R.; BASSO, C.J. Qualidade Física, Química e Biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.615-625, 2015.

COMIN, J.J.; LOSS, A.; DA VEIGA, M.; GUARDINI, R.; SCHMITT, D.E.; VICTORIA DE OLIVEIRA, P.A.; FILHO, P.B.; COUTO, R.R.; BENEDET, L.; JÚNIOR, V.M. & 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 Research*, v.51, p.459-470, 2013.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFSRS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 9. ed. Porto Alegre, 1995.

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

CORREA, J.C.; BARILLI, J.; REBELATTO, A.; VEIGA, M. Aplicações de Dejetos Suínos e as Propriedades do Solo. Circular Técnica nº58, EMBRAPA. Concórdia, SC, 2011.

COUTO, R.R.; COMIN, J.J.; BEBER, C.N.; URIARTE, J.F.; BRUNETTO, G.; BELLI FILHO, P. Atributos Químicos em solos de propriedades suínícolas submetidas a aplicações sucessivas de dejetos suínos no município de Braço do Norte, Santa Catarina. *Scientia Agraria*, v.11, p.493-497, 2010.

COUTO, R.R.; COMIN, J.J.; SOARES, C.R.F.; FILHO, P.B.; BENEDET, L.; MORAES, M.P.; BRUNETTO, G.; BEBER, C.L. Atributos microbiológicos e químicos de um Argissolo adubado com esterco de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* v.48, p.774-782, 2013.

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

DORTZBACH, D.; ARAUJO, I. S.; PANDOLFO, C.; VEIGA, M. Carbono e nitrogênio no solo e na biomassa microbiana em glebas com diferentes usos e períodos de aplicação de dejetos líquidos de suínos. *Agropecuária Catarinense*, v.26, p.69-73, 2013.

EMBRAPA/CNPS. Manual de métodos de análise de solos, Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ªed. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 312p. 2013.

FATMA - Fundação do Meio Ambiente. Instrução Normativa IN-11. Suinocultura. Atualizada em 14/11/2014. Florianópolis: FATMA, 2014. Disponível em:
<http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>. Acesso em: 28-01-2017.

FERNANDES, J.C.F.; PEREIRA, M.G.; SILVA NETO, E.C.; CORREA NETO, T.A. Caracterização de agregados biogênicos, intermediários e fisiogênicos em áreas sob domínio da Mata Atlântica. *Revista Caatinga*, v.30, p.59-67, 2017.

FERREIRA, M.M. Caracterização Física do Solo. In: Física do Solo / Editor Quirjin de Jong van Lier. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

FIUZA SS, KUSDRA JF, FURTADO DT. Caracterização química e atividade microbiana de coprólitos de Chibui bari (Oligochaeta) e do solo adjacente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.35, p.723-728, 2011.

FREIRE, L.R.; CAMPOS, D.V.B.; ANJOS, L.H.C.; ZONTA, E.; PEREIRA, M.G.; BLOISE, R.M.; MOREIRA, G.N.C.; EIRA, P.A. Análise química de amostras de terra. In: Freire et al. (Orgs.). Manual de Calagem e Adubação do Estado do Rio de Janeiro. 1ed. Brasília - Seropédica: Embrapa - Universidade Rural, v.1, p.87-100. 2013.

GATIBONI, L.C.; SMYTH, T.J.; SCHIMITT, D.E.; CASSOL, P.C.; OLIVEIRA, C.M.B. Proposta de limites críticos ambientais de fósforo para solos de Santa Catarina. LAGES, UDESC/CAV, 2014.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; GUIDINI, E.; MARQUES, M.M.; LUNKES, A.; CADORE, F. Potencial de Mineralização do Carbono e do Nitrogênio no solo após três anos de uso de dejetos suínos em Sistema Plantio Direto. In: FERTBIO 2002, Rio de Janeiro. Anais... CD-ROOM, Rio de Janeiro, UFRJ/EMBRAPA-CNPS, 2002.

GIACOMINI, S.J. & AITA, C. Uso de Dejetos Animais em Sistemas Agrícolas. In: Manejo de Sistemas Agrícolas: impacto e sequestro de C e nas emissões de Gases de Efeito Estufa / Bruno J.R. Alves et al.(Eds). Porto Alegre, RS. Genesis, 2006, 216p.

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

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; PUJOL, S.B. & MIOLA, E.C.C. Transformações do nitrogênio no solo após adição de dejetos líquidos e cama sobreposta de suínos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.48, p.211-219, 2013.

GIROTTI, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D.R.; SILVA, L.S.; LOURENZI, C.R.; LORENSINI, F.; VIEIRA, R.C.B.; CHMATZ, R. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. Revista Brasileira de Ciência do Solo. v.34, p.955-965, 2010.

GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O.; CLARKE, P. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state ¹³C CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. Australian Journal of Soil Research, 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 long-term application of pig slurry and deep piglitter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.93, p. 215–225, 2012.

HE, Y.T.; ZHANG, W.J.; XU, M.G.; TONG, X.G.; SUN, F.X.; WANG, J.Z.; HUANG, S.M.; ZHU, P.; HE, X.H. Long-term combined chemical and manure fertilizations increase soil organic carbon and total nitrogen in aggregate fractions at three typical cropland soils in China. *Science of the Total Environment*, v.532, p.635–644, 2015

JOUQUET, P.; ZANGERLE, A.; RUMPEL, C.; BRUNET, D.; BOTTINELLI, N.; TRAN DUC, T. Relevance and limitations of biogenic and physicogenic classification: a comparison of approaches for differentiating the origin of soil aggregates. *European Journal of Soil Science*, v.60, p.1117–1125, 2009.

KAMPF, N. & CURI, N. Caracterização do Solo. In: *Pedologia: Fundamentos/ Joao Carlos Ker et al (eds)*. Viçosa –MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012, 343p.

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.

KHALEEL, R.; REDDY, K.R.; OVERCASH, M.R. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. *Journal of Environmental Quality*. v.10, p.133-141, 1981.

LEPSCH, I.F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo. Oficina de Textos. 2011, 456p.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; TIECHER, T.L.; DE CONTI, L.; TRENTIN, G. & BRUNETTO, G. Nutrients in layers of soil under no-tillage treated with successive applications of pig slurry. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p.157-167, 2013.

LOURENZI, C.R.; CERETTA, C.A.; CERINI, J.B.; FERREIRA P.A.A.; LORENSINI, F.; GIROTTO, E.; TIECHER, T.L.; SCHAPANSKI, D.E., BRUNETTO, G. Available content, surface runoff and leaching of phosphorus forms in a Typic Hapludalf treated with organic and mineral nutrient sources. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.38, p.544-56, 2014.

LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; COSTA, E.M.; BEUTLER, S.J. Soil fertility, physical and chemical organic matter fractions, natural ^{13}C and ^{15}N abundance in biogenic and physicogenic aggregates in areas under different land use systems. *Soil Research*, v.52, p.685–697, 2014.

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}C and ^{15}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.

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.

MELLO, N. A.; CÉCILLON, L.; BRUN, J. J. Formação e Propriedades de Macroagregados de um Solo Alpino sob três tipos de vegetação nativa. In: XVII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água: Rio de Janeiro, 2008.

MERGEN JUNIOR, C.A.; LOSS, A.; COMIN, J.J.; FREO, V.A.; PEREIRA, M.G.; BRUNETTO, G. Carbono das Substâncias Húmicas em Agregados Biogênicos e Fisiogênicos sob Aplicação continuada de dejetos suínos. In: Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, 2014, Pelotas-RS, Anais... Sociedade brasileira de Ciência do Solo, Pelotas, 2014.

MORALES, D. M.; MACHADO VARGAS, M. ; OLIVEIRA, M.P. ; TAFFE, B.L.; COMIN, J.J.; SOARES, C.R.F.S.; Lovato, P. E. Response of soil microbiota to nine-year application of swine manure and urea. *Ciência Rural*, v. 46, p.260-266, 2016.

OLIVEIRA, P. A. V. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: Embrapa suínos e Aves. 109p. 2004.

PULLEMAN, M.M.; SIX, J.; VAN BREEMEN, N.; JONGMANS, A.G. Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. *European Journal of Soil Science*, v.56, p.453-467, 2005.

SANTOS, B.V. Aplicações sucessivas de Dejetos Suínos alteram a dinâmica do carbono, nitrogênio e frações da matéria orgânica dos agregados do solo. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 54p, 2017.

SANTOS, R.D. LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 6.ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100 p. 2013.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N.; MASSOTI, Z. Atributos Químicos do Solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.34 p.1375-1383, 2010.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo e da água surgente em áreas com uso intensivo e continuado de esterco de suínos como fertilizante. Florianópolis: Epagri, 38p. 2013 (Epagri, Boletim Técnico, 160).

SEGANFREDO, M.A. Uso de dejetos suínos como fertilizantes e seus riscos ambientais. In: *Gestão Ambiental na Suinocultura/ Milton Antonio Seganfredo (Ed)*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 302p. 2007.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.113-117, 1997.

SILVA, R.F.; BERTOLLO, G.M.; CORASSA, G.M.; COCCO, L.B.; STEFFEN, R.B.; BASSO, C.J. Doses de Dejeito líquido de suínos na comunidade da fauna edáfica em sistema plantio direto e cultivo mínimo. *Ciência Rural*, v.44, p.418-424, 2014.

SILVA, A.A.; COSTA, A.M.; LANA, R.M.Q.; PEREIRA JUNIOR, A.M. Potencialidade da aplicação de dejetos líquidos de suínos em pastagem de *Brachiaria decumbens*. *Acta Iguazu*, v.4, p.66-80, 2015.

SILVA, A.N.; BASSO, C.J.; MURARO, D.S.; ORTIGARA, C.; PANSERA, E. Pig slurry composting as a nitrogen source in proso millet crop. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.46, p.80-88, 2016.

SILVA NETO, L. F. SILVA, I. F.; INDA JUNIOR, A. V.; NASCIMENTO, P. C. Atributos físicos e químicos de agregados pedogênicos e de coprólitos de minhocas em diferentes classes de solos da Paraíba. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p.1365-1371, 2010.

SILVA NETO, E.C.; PEREIRA, M.G.; FERNANDES, J.C.F.; CORREA NETO, T.A. Formação de Agregados e matéria orgânica do solo sob diferentes tipos de vegetação na Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil. *Ciências Agrárias, Londrina*. v. 37, p.3937-3940, 2016.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. *Soil Biology & Biochemistry*., v.32, p.2099-2103, 2000.

TIECHER, T.L.; CERETTA, C.A.; COMIN, J.J.; GIROTTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M.P.; BENEDET, L.; FERREIRA, P.A.; LOURENZI, C.R.; COUTO, R.R.; BRUNETTO, G. Formas e acúmulo de cobre e zinco em um argissolo vermelho com histórico de aplicação de dejeito líquido e cama sobreposta de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.37, p.812-824, 2013.

TISDAL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science, Oxford*, v.33, p.141-163, 1982.

THIVIERGE, M.N.; ANGERS, D. AS.; CHANTIGNY, M. H.; SEGUIN, P.; VANASSE, A. Root traits and carbon input in field-grown sweet pearl millet, sweet sorghum, and grain corn. *Agron. J.* v.108, p.459– 471, 2016.

URQUIAGA S, JANTALIA CP, ZOTARELLI L, ALVES BJR, BODDEY RM. Manejo de sistemas agrícolas para o sequestro de carbono no solo. In: Aquino AM, Assis RL, organizadores. *Conhecimentos e técnicas avançadas para o estudo dos processos da biota no sistema solo-planta*. Brasília, DF:, Embrapa; p. 257-273. 2005.

VEIGA, M.; PANDOLFO, C.M.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Balanço simplificado de Nutrientes e rendimento de grãos em nove anos de aplicação superficial de dejetos líquidos de suínos em Latossolo Vermelho Distrófico. *Agropecuária Catarinense*, v.23, p.65-69, 2011.

VELASQUEZ, E.; PELOSI, C.; BRUNET, D.; GRIMALDI, M.; MARTINS, M.; RENDEIRO, A. C.; BARRIOS, E.; LAVELLE, P. This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. *Pedobiologia*. v. 51, p.75-87, 2007.

VELÁSQUEZ, E.; FONTE, S. J.; BAROT, S.; GRIMALDI, M.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; Soil macrofauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. *Applied Soil Ecology*, v.56, p.43– 50, 2012.

VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J.(a) O Solo como Sistema. Curitiba, Ed. Dos autores, 2011, 104p.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J.(b) Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.35, p.213-223. 2011.

VILAS BOAS, E. V. B. et al. Manejo de resíduos da agroindústria. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 81 -95, 2001.

YAGUE, M.R.; BOSCH-SERRA, A.D.; ANTÚNEZ, M.; BOIXADERA, J. Pig slurry and mineral fertilization strategies' effects on soil quality: Macroaggregate stability and organic matter fractions. *Science of the Total Environment*. v.438, p.218–224, 2012.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. v.19, p.1467-1476, 1988.