UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE-UNICENTRO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS - SEAA/I
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

ANA CAROLINE MOSELE

INFLUÊNCIA DOS DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS COM DIFERENTES ANOS DE APLICAÇÃO.

IRATI
2019

ANA CAROLINE MOSELE

INFLUÊNCIA DOS DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS NA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS AGRÍCOLAS COM DIFERENTES ANOS DE APLICAÇÃO.

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da UNICENTRO.

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antoneli

IRATI
2019

Catalogação na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

M898i

MOSELE, Ana Caroline.
Influência dos dejetos líquidos de suínos na qualidade do solo em áreas agrícolas com diferentes anos de aplicação / Ana Caroline Mosele. – Irati, PR : [s.n.], 2019.
60f.

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antoneli
Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Engenharia Ambiental. 2. Suinocultura. 3. Resíduos suinícolas. 4. Meio Ambiente. I. Antoneli, Valdemir. II. UNICENTRO. III. Título.

CDD 636.2

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE/UNICENTRO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PROPESP
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental
Associação ampla entre a UNICENTRO e UEPG

TERMO DE APROVAÇÃO

Ana Caroline Mosele

Influência dos dejetos líquidos de suínos na qualidade física do solo em áreas agrícolas com diferentes anos de aplicação

Dissertação aprovada em 29/03/2019, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:

Dr. Valdemir Antoneli
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca

Dra. Cristiane Alcantara dos Santos
Faculdade Campo Real

Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Irati-PR, 29 de março de 2019.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que essa etapa chegasse ao fim, e não somente nestes anos como universitária, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional, são eles minha maior inspiração e motivo pelo qual busco ser cada dia melhor.

Ao meu noivo por toda paciência, apoio, carinho e compreensão durante todo o desenvolvimento do trabalho.

A todos os meus familiares e amigos que contribuíram valiosamente em todo esse processo de aprendizado.

Ao meu orientador Prof. Dr Valdemir Antoneli por todo conhecimento compartilhado, atenção, confiança, liberdade e por ser a peça chave para que este sonho passasse a se tornar realidade.

Ao Prof Dr João Anésio Bednarz pelas contribuições durante o andamento da pesquisa.

Ao Anselmo, pela liberação da área onde a pesquisa foi realizada e também pela troca de conhecimentos realizada a campo.

A todos os funcionários da UNICENTRO, especialmente a secretária Joelma por toda atenção e suporte.

Por fim, meu muito obrigada a todos os que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir.

Augusto Cury.

RESUMO

A suinocultura é uma das atividades mais importantes do ponto de vista econômico para o setor agropecuário da região Sul do Brasil. Seu desenvolvimento se constitui em um fator de grande importância para o crescimento econômico nacional. Apesar da rentabilidade e dos avanços tecnológicos empregados na produção de carne suína, a atividade suinícola se depara diretamente com as questões ambientais, devido aos dejetos que são gerados. Dentre as alternativas para destinação do resíduo, a utilização como fertilizante para o solo é a opção de maior aceitação pelos agricultores. Esta pesquisa teve como objetivo identificar possíveis mudanças na qualidade física e química do solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos em áreas agrícolas com diferentes tempos de aplicação em uma propriedade Rural, no município de Irati-PR. Para esta pesquisa, utilizou-se quatro áreas, sendo: A5 com 5 anos de aplicação de dejetos; A3 com três anos de aplicação, A1 com um ano de aplicação e AC - área controle sem aplicação . O manejo do solo foi o mesmo em todas as áreas. Partiu-se da hipótese de que a adição dos dejetos líquidos de suínos melhora a qualidade física e química do solo, e quanto maior o tempo de aplicação mais significativa são essas melhorias. A densidade, porosidade e estabilidade de agregados do solo (atributos físicos do solo) apresentaram diferenças relevantes após cinco anos de aplicação. Os valores relacionados a qualidade química (pH e matéria orgânica) não apresentaram diferenças significativas. Conclui-se, portanto, que 5 anos de aplicação dos Dejetos Suínos Liquido muda as condições físicas do solo, mas não altera de forma significativa as condições químicas.

Palavras-chave: Suinocultura, resíduos suinícolas, problemas ambientais, qualidade do solo.

ABSTRACT

Pig farming is one of the most important economic activities for the agricultural sector in the southern region of Brazil. Its development constitutes a factor of great importance for the economic growth of Brazil. Despite the profit and the technological advances applied in the production of pork, pig farming presents problems with the environment due to the waste produced by these animals. Among the alternatives for the final destination of swine manure, the use as fertilizer for the soil is one of the best options, besides being the most accepted by the farmers. The objective of this research was to identify possible changes in the physical and chemical quality of the soil after application of pig slurry in agricultural areas with different scales of application years. The research was carried out in a farm in the rural area of the municipality of Irati, Paraná – Brazil. For this research, we used four areas: A5 with 5 years of application of liquid slurry; A3 with three years of application, A1 with one year of application and AC - control area without application. Soil management was the same in all areas. our hypothesis is that the addition of liquid pig slurries improves the physical and chemical quality of the soil, and the longer the application time, the more significant are these improvements. The density, porosity and stability of soil aggregates (soil physical attributes) presented relevant differences after five years of application. The values related to chemical quality (pH and organic matter) did not indicate significant differences between the years of application of pig slurry. Therefore, we conclude that 5 years of application of pig slurry changes the soil physical conditions, but does not significantly alter the chemical conditions.

Key words: Pig farming, swine manure, problems with the environment, quality of the soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo básico de uma Bioesterqueira 18
Figura 2 - Mapa de localização da área de estudos e uso do solo da propriedade estudada. ... 31
Figura 3 - Características da granja e dos lotes de suínos 32
Figura 4 - Esterqueira de dejetos 32
Figura 5 - Tanque distribuidor 33
Figura 6 - Fluxograma representativo do delineamento da pesquisa. 34
Figura 7 -Técnica de análise de densidade de partículas do solo 37
Figura 8 - Gráfico da porosidade do solo. 41
Figura 9 - Gráfico da densidade do solo. 43
Figura 10 - Gráfico DMG do solo. 46
Figura 11 - Gráfico DMP do solo. 47
Figura 12 - Gráfico IEA do solo. 48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-– Fases do desenvolvimento dos suínos. 16
Tabela 2 - Composição química média dos DLS observada por diferentes autores. 17
Tabela 3 - Histórico de manejo e cultivo das áreas estudadas 35
Tabela 4 - Variáveis físicas estudadas. 35
Tabela 5 - Dados Matéria Orgânica do solo. 49
Tabela 6 - Dados pH do solo. 51

SUMÁRIO

1. Introdução 13

2. Revisão bibliográfica 15

2.1 A suinocultura 15

2.2 Os dejetos líquidos de suínos 16

2.3 Os dejetos e o meio ambiente 19

2.4 Qualidade do solo 22

2.4.1 Densidade do solo 23

2.4.2 Porosidade 24

2.4.3 Estabilidade de agregados 25

2.5 Indicadores químicos 25

2.6 O solo como receptor dos dejetos líquidos de suínos 27

3. Localização e caracterização da área de estudos 30

4. Metodologia 34

4.1 Delineamento da pesquisa 34

4.2 Histórico da área experimental 35

4.3 Densidade do solo 36

4.4 Densidade de partículas 36

4.5 Porosidade 37

4.6 Estabilidade de agregados 37

4.7 Análise dos dados 39

5. Resultados e discussão 40

5.1 Porosidade 41

5.3 Densidade 43

5.4 Estabilidade de Agregados 45

6. Atributos Químicos 49

6.1 Matéria Orgânica do Solo (MOS) 49

7. Conclusões **52**

8. Referências Bibliográficas **53**

1. Introdução

A suinocultura é uma das atividades mais importantes do ponto de vista econômico para o setor agropecuário da região Sul do Brasil. Numa perspectiva mundial, em 2016 o Brasil produziu 3,73 milhões de toneladas de carne suína, atingindo o quarto lugar entre os países produtores de suínos. A China é o maior produtor mundial, produzindo 39,85 milhões de toneladas, sendo responsável por 45% do total da produção mundial (EMBRAPA, 2016). Estudos realizados pelo ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017), revelam que nos próximos 10 anos as exportações de carne suína representarão 21% do comércio mundial de carne.

Seu desenvolvimento se constitui em um fator de grande importância para o crescimento econômico nacional, tendo como efeitos, a multiplicação de renda e emprego em todos os setores da economia, a intensificação da demanda por insumos agropecuários e a expansão e modernização dos setores de comercialização e agroindústria (OLIVEIRA, 1993).

Apesar da rentabilidade e dos avanços tecnológicos empregados na produção de carne suína, a atividade suinícola se depara diretamente com as questões ambientais, devido aos dejetos que são gerados, ou seja, os resíduos provenientes das atividades realizadas no ambiente onde os animais são manejados, sendo que, seu destino inadequado pode causar problemas ambientais de alta relevância.

Até meados da década de 1970 a produção dos Dejetos Líquidos de Suínos (DLS) não era preocupante do ponto de vista ambiental, pois as atividades intensivas ainda estavam começando a alavancar. Entretanto, quando isso começou a atingir uma perspectiva industrial passou a se transformar em uma das maiores fontes poluidoras de mananciais hídricos, pois os DLS podem ocasionar ou intensificar problemas ambientais (SOUZA et al., 2009).

Segundo Giacomini et al. (2014) grande parte dos suinocultores utilizam o sistema de confinamento total para a criação dos animais, o que gera, consequentemente, um grande volume produzido de dejetos, provenientes de diversas atividades realizadas no ambiente onde os suínos ficam confinados. Sendo assim, Konzen (2006) em uma de suas pesquisas propõe que o setor da suinocultura precisa e deve adotar uma postura em relação a qualidade do meio ambiente, destinando os dejetos de forma menos impactante possível.

Existem algumas alternativas para destinação do resíduo, como, produção de biogás (gás metano), alimentação de outras espécies como bovinos e peixes, e a utilização como fertilizante para o solo, sendo essa opção a de maior aceitação pelos agricultores, devido sua facilidade de operação, menor custo e integração entre a pecuária e a agricultura (SEGANFREDO, 1999).

No Brasil, a forma mais utilizada para o manejo adequado dos DLS é o armazenamento em esterqueiras ou lagoas, para posteriormente utilizá-lo no solo (KUNZ, 2005).

Para Lourenzi et al. (2016) o uso de resíduos orgânicos na agricultura é uma prática comum adotada por agricultores de diversas regiões. Na maioria dos casos, o produtor reduz de forma significativa a fertilização mineral feita com nitrogênio (N), fósforo (P), e potássio (K).

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo identificar possíveis mudanças na qualidade do solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) em áreas agrícolas com diferentes escalas de anos de aplicação, na comunidade de Governador Ribas, no município de Irati-PR, e comparar os dados coletados com uma área sem utilização dos dejetos, porém com a mesma forma de cultivo. Pressupondo que, a adição dos dejetos líquidos de suínos melhora a qualidade (física e química) do solo, e quanto maior o tempo de aplicação mais significativa são as melhorias observadas.

Caso essa melhoria seja comprovada, objetiva-se estimular os agricultores a adotar a utilização do método como forma de adubação para a lavoura, diminuindo custos oriundos da compra de fertilizantes químicos, e principalmente destinando de maneira sustentável os resíduos da produção suína, visto que estes podem ser grandes causadores de poluição ao meio ambiente.

2. Revisão bibliográfica

2.1 A suinocultura

Estudos recentes apontam que a espécie suína surgiu há mais de 40 milhões de anos (SEBRAE, 2008). Segundo ABCS (2014), a domesticação desses animais não possui origem exata, visto que os primeiros registros foram encontrados no Oriente Médio e leste do Mediterrâneo.

No Brasil os primeiros porcos chegaram por volta de 1532, em São Vicente, litoral paulista. Somente no século XX, quando iniciou o melhoramento genético que a produção e o consumo passaram a possuir números consideravelmente relevantes. Em 2003, devido ao desenvolvimento de pesquisas voltadas para o setor, avanços tecnológicos e genéticos, o consumo médio mundial foi aproximadamente de 25kg/pessoa/ano (SEBRAE, 2008). Atualmente no Brasil estudos indicam que esse consumo está estimado em 14,4kg/pessoa/ano (EMBRAPA, 2016).

A atividade suinícola pode ter uma classificação em relação ao grau de controle da produção, onde passa a ser chamada de extensiva ou intensiva. Extensiva é aquela voltada a produção apenas para a sobrevivência sem intuito de lucro, onde não há um controle de produção e manejo (ABCS, 2014). Nesse método os suínos são mantidos soltos no campo e o uso de tecnologias é baixo. Devido ao fato de os animais de todas as fases do ciclo de vida serem criados juntos, a produtividade pode ser prejudicada, pois ocorre disputa por espaço e alimento (CARDOSO, 2015).

De atividade intensiva são chamadas todas aquelas onde se há a preocupação com produtividade e lucro. Dentro desse contexto, os suínos podem ser criados ao ar livre ou confinados, ressaltando que a predominância se encontra no sistema de confinamento, onde os animais são criados fechados em baias ou gaiolas e em terrenos relativamente pequenos, considerando o tamanho da granja. (ABCS, 2014).

Este modelo de produção pode ser ainda subdividido em três tipos: (a) criação ao ar livre – em que os animais ficam dentro de piquetes[1]; (b) criação tradicional – em que se utilizam os piquetes apenas para os machos e cobertura para as fêmeas e (c) criação em confinamento – em que os animais permanecem sobre um piso e debaixo de uma cobertura, podendo-se subdividi-los por fases do ciclo de vida (CARDOSO, 2015).

---

[1] Piquete: espaço onde se recolhem os animais.

Quanto ao ciclo de crescimento dos animais, estes podem ser divididos em diferentes fases, que de maneira sucinta estão representados na Tabela 1.

Tabela 1-– Fases do desenvolvimento dos suínos.

Fases do ciclo de vida do animal	Descrição
Leitão na maternidade	Período entre o nascimento e o desmame, 21 – 28 dias de idade.
Leitão na creche	Desmame e saída da creche por volta dos 63 dias de idade.
Suínos em desenvolvimento	Animais que saíram da creche, permanecem nessa fase até atingirem 55kg
Suínos em terminação	Última fase do ciclo, 55kg – abate, ocorre normalmente quando o animal atinge de 100 a 120 kg.

Fonte: (GRINGS, 2017)

A suinocultura brasileira é baseada em um modelo de produção onde há integração entre o produtor e a indústria, as quais estão focadas e precisam trabalhar de maneira aliada com a preservação do meio ambiente e sua respectiva legislação, adotando práticas sustentáveis (ABCS, 2014).

Para Souza et al. (2013) a atividade suinícola no Brasil é caracterizada por uma produção com altos recursos tecnológicos e certificação sanitária. Devido a integração das propriedades com o setor industrial, o sistema de produção mais utilizado é o intensivo com confinamento, separando os animais pelo seu ciclo de vida, garantindo assim uma maior produtividade, porém, consequentemente gerando uma quantidade de resíduos de alta relevância.

2.2 Os dejetos líquidos de suínos

Os DLS são todos os resíduos gerados pela atividade, compreendendo em: pelos, fezes, urina, restos de ração, água utilizada nos bebedouros e na lavagem das instalações (KONZEN, 1980). Possuem na sua constituição: matéria orgânica, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), sódio (Na), magnésio (Mg), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e outros elementos, sendo essa constituição ligada com a dieta que o animal segue em cada ciclo de seu desenvolvimento (DIESEL et al., 2002).

Segundo Sánches & González (2005) o nutriente com maior predominância nos DLS é o nitrogênio (N), porém a quantidade presente depende das condições de como o mesmo é manejado.

A forma líquida é a mais comum de se armazenar os dejetos na maioria das unidades de produção, em condições de anaerobiose, caracterizando-se como resíduo com baixo teor de matéria seca e alto teor de N na forma amoniacal (AITA et al.,2006). Segundo o referencial elaborado por Kunz (2007) a composição química dos DLS foi caracterizada por alguns autores, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Composição química média dos DLS observada por diferentes autores.

Parâmetro	Duarte *et al.* 1992 (Portugal)	Sevrin-Reyssac *et al.* 1995 (França)	Medri 1997 (SC/Brasil)	Zanotelli 2002 (SC/Brasil)	Kunz *et al* 2005 (SC/Brasil)
pH	7,46	-	6,90	6,87	7,30
DQO total	21.670	80.000	21.647	26.387	65.090
DBO_5 total	7.280	40.000	11.979	-	34.300
NTK	2.150	8.100	2.205	2.539	4.530
NH_3	1.420	3.400	-	-	2.520
P total	-	7.100	633	1.215	1.600
Sólidos Totais	-	82.000	17.240	22.867	-
Sólidos Voláteis	-	66.000	10.266	16.855	39.220

Fonte: Kunz (2007).

A quantidade de resíduos líquidos produzida depende de fatores como, estágio de desenvolvimento do animal, sistema de manejo utilizado na produção, alimentação. Um animal na fase adulta produz em média 0,27 m^3 de dejetos por mês (OLIVEIRA, 1993). Oliveira (2005) contribui dizendo que cada animal pertencente a uma granja de ciclo completo, produz até 25 m^3 de dejetos/ano. Ito (2016) afirma que o tamanho do animal, raça a qual pertence, peso, dieta, e fatores ambientais como temperatura, umidade, fazem com que a quantidade e composição dos DLS oscilem.

É necessário um planejamento de como o dejeto será manejado, o qual deve respeitar alguns fatores relevantes: a produção, coleta, armazenamento, tratamento, distribuição e utilização (SILVA, 2015).

Quanto ao armazenamento dos DLS, as formas mais comuns são em esterqueiras e bioesterqueiras, que tem como função principal estocar o dejeto antes de aplicá-lo ao solo.

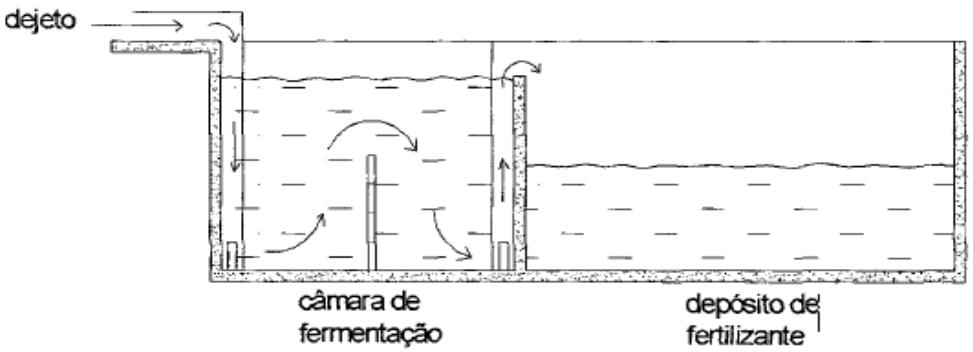
Esterqueiras são estruturas simples, semelhantes a um grande tanque, onde os dejetos são armazenados, devendo ficar no mínimo 120 dias para depois ser utilizado como adubo. Normalmente o abastecimento desse tanque é diário, ou seja, conforme a quantidade produzida

diariamente no local onde os animais estão alojados. Neste tratamento não ocorre separação de fases e o dejeto fica mais concentrado, exigindo maiores áreas de lavoura para sua disposição final como fertilizante, (OLIVEIRA, 1993). Cabe destacar que é este o tipo de estrutura utilizado na propriedade estudada no presente trabalho.

A bioesterqueira se refere a um compartimento composto por dois tanques, sendo o primeiro composto por uma câmara de digestão e o segundo chamado de depósito do biofertilizante, que é proveniente da digestão anaeróbia que ocorreu na câmara de digestão (figura 1). Neste método de armazenagem, os dejetos ficam aproximadamente 45 dias no primeiro tanque, e mais 90 a 120 dias no segundo, resultando em um total de 135 a 165 dias de retenção (VEIGA ,1999).

Esse compartimento pode ser construído de diferentes materiais, como tijolos, blocos de cimento ou pedras, com diferentes formas, que seguem a recomendação das esterqueiras convencionais (OLIVEIRA, 1993).

Figura 1 - Modelo básico de uma Bioesterqueira



Fonte: VEIGA (1999)

Segundo a instrução normativa 105.006- IAP/DIRAM (2009) os dejetos gerados pela atividade de suinocultura, em função do seu alto grau de poluição, deverão obrigatoriamente sofrer armazenamento e/ou tratamento primário para posterior encaminhamento ao solo ou encaminhados ao tratamento secundário.

Uma das melhores maneiras de otimizar o aproveitamento dos dejetos suínos é fazendo a separação das fases (líquida e sólida). Assim se tem uma maior facilidade de manejo e consegue-se as características necessárias para vir a se tornar um composto. A fração liquida é mais fluida e menos concentrada, o que significa que possui menos nutrientes, dessa forma o

agricultor consegue distribuir quantidades maiores na mesma área da lavoura, suplementando a adubação química, podendo contribuir para o aumento da produtividade, e ao mesmo tempo diminuindo os problemas de falta de áreas para dispor os dejetos (VEIGA, 1999).

2.3 Os dejetos e o meio ambiente

Os DLS são resíduos altamente poluidores para o meio ambiente, afetando principalmente a qualidade da água e consequentemente o desenvolvimento dos organismos vivos presentes no meio aquático (DAGA et al., 2007).

O desenvolvimento da suinocultura intensiva, em sistemas de confinamento, trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos em pequenas áreas que, frequentemente, devido a inadequação de sistemas de manejo e armazenamento, transformou-se numa das principais fontes poluidoras dos mananciais de água (MAGNO DA SILVA et al., 2015).

O potencial poluidor do dejeto é muito grande devido a sua composição e, quando lançado na água, provoca a morte de peixes e outros seres vivos presentes nos ecossistemas pela redução do teor de oxigênio dissolvido. Sendo responsável também pela contaminação da água com amônia, nitratos, outros elementos tóxicos e pela disseminação de patógenos, como os vírus. Estes patógenos podem sobreviver por vários meses, transmitindo doenças para o ser humano através do contato direto ou pelo consumo de água contaminada (PEREIRA, 2003).

Muitos corpos hídricos que se encontram contaminados com os DLS são utilizados para o abastecimento da população de diversas localidades, consequentemente, a utilização destas águas para consumo aumenta o número de infecções por parasitas e doenças. Dentro da mesma perspectiva, Nolasco (2005) corrobora afirmando que dentre os constituintes dos DLS que afetam os corpos hídricos, os principais são, nutrientes, matéria orgânica, bactérias e sedimentos. Sendo que além desses fatores relacionados a poluição hídrica, os dejetos podem causar problemas a saúde do homem e dos animais, prejudicando o sistema respiratório devido ao odor gerado pelo resíduo, além de contribuir para o aquecimento global.

As questões relacionadas ao meio ambiente no Brasil têm mostrado cada vez mais progresso e relevância com o decorrer do tempo. Enquanto os recursos eram considerados abundantes não haviam preocupações, porém com o avanço acelerado do crescimento populacional e junto dele todos os processos econômicos, o país passou a considerar os danos causados ao meio ambiente.

Tais danos começaram apresentar suas relevâncias logo após a Revolução Industrial, porém foi apenas em 1972 com a ocorrência da primeira Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente que a preocupação se tornou efetiva. Em 1981 houve a criação da Lei 6.938/81, sobre

a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual tem como objetivo preservar, melhorar, e recuperar a qualidade ambiental, através de penalizações aos atos que sejam considerados prejudiciais ao meio ambiente. Dentre esses atos, enquadra-se a atividade suinícola, devido ao seu caráter poluidor (CARDOSO, 2015).

Segundo Pieper (2006) qualquer atividade que possua alta capacidade de poluição, como a suinocultura, deve trabalhar aliada a um sistema que proteja contra acidentes que possam vir a acontecer, de modo que a saúde pública ou o meio ambiente não sejam colocados em risco. O autor ainda acrescenta dizendo que, os DLS têm um potencial poluidor muito alto quando comparado aos de outros animais como aves e bovinos ou até mesmo com os seres humanos.

Representantes da saúde e produção animal enfatizam que a responsabilidade pelos impactos causados pela produção animal não é apenas dos produtores em si, mas sim de todos os componentes da cadeia produtiva, a qual deve buscar alternativas sustentáveis para reduzir os danos provocados pela atividade (PALHARES, 2008)

Sendo assim, os suinocultores precisam adotar práticas de manejo que garantam a produtividade e também, não menos importante, a conservação do meio ambiente, procurando alternativas para o correto descarte dos resíduos gerados por suas atividades e adequando sua propriedade de acordo com as leis estabelecidas pelo órgão competente.

Para amparar e nortear a atividade quanto ao desenvolvimento e produção de maneira sustentável tem-se leis voltadas ao setor. A Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA), com a resolução 031 de 24 de agosto (PARANA,1998) classifica as propriedades através de uma metodologia criada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), conforme o sistema de criação: ao ar livre, confinamento e misto, de acordo com o porte do empreendimento. Na mesma resolução se encontra a definição de como deve ser feito o licenciamento ambiental para que haja o funcionamento da atividade, sendo este estruturado em 3 etapas: licença prévia (LP), licença de instalação (LI) e licença de operação (LO) (PALHARES, 2008).

Com base nessas instruções normativas, o Instituto Ambiental do Paraná IAP (s.d.) elaborou uma cartilha de fácil entendimento, com o objetivo de orientar os produtores sobre a necessidade de se fazer o Licenciamento ao implantar a atividade e os cuidados necessários com relação ao manejo dos DLS. No referido documento, há orientações relacionadas ao tratamento, armazenamento e destino dos dejetos, a qual, de maneira geral contempla algumas normas como:

- As construções de pocilgas ou chiqueirões, sistemas de tratamento e/ou armazenamento de dejetos deverão situar-se no mínimo a 50 metros da nascente, 30 metros de distância para

rios até 10 metros de largura, 50 metros de distância para rios até 50 metros de largura, 100 metros para rios até 200 metros de largura, 200 metros para rios até 600 metros de largura e 500 metros para rios acima de 600 metros de largura;

- Deverão estar localizadas de modo a não permitir a propagação de odores para cidades, núcleos populacionais e habitações mais próximas.
- Os criatórios não podem se situar em áreas com afloramentos rochosos, formação de cascalho, em locais alagadiços e com afloramento do lençol freático e terrenos excessivamente inclinados.
- Deve-se manter constante vigilância sobre os sistemas de tratamento e armazenamento de dejetos com o intuito de evitar vazamentos e lançamentos em cursos d'água causando poluição e estando assim, passível de autuação por prática de crime ambiental;
- A utilização de dejetos de suínos nas propriedades deve seguir as devidas recomendações técnicas (PARIZZOTO, 1998).

A fundação do meio ambiente (FATMA) em sua instrução normativa Nº 11 (2009) apresenta todos os processos burocráticos relacionados ao licenciamento ambiental para o desenvolvimento da atividade, assim como as recomendações técnicas para a aplicação no solo, dimensionamento do sistema de armazenagem, projetos para o tratamento dos resíduos através de vários métodos.

Na mesma perspectiva, e de maneira mais abrangente, a instrução normativa IAP/DIRAM 105.006, atualizada em junho de 2006 estabelece as características dos empreendimentos, critérios - inclusive locacionais e técnicos, procedimentos, trâmite administrativo, níveis de competência e premissas para o Licenciamento Ambiental de Empreendimentos de Suinocultura.

De acordo com as resoluções e normativas citadas, a complexidade das exigências da adequação ambiental e manejo dos dejetos de instalações para suinocultura aumenta com o porte da criação. Isso envolve desde o volume de dejetos produzidos pela atividade, tamanho e adequação das instalações, a distância das instalações e do sistema de armazenamento e/ou tratamento de dejetos em relação às nascentes de água, divisas da propriedade, estradas externas à propriedade, localização de rios ou drenagem natural mais próxima, número de instalações e características das instalações.

2.4 Qualidade do solo

A adoção de práticas agrícolas inadequadas vem acelerando cada vez mais os processos de degradação do solo. Os debates sobre qualidade do solo (QS) vêm se tornando significantes desde 1990 quando estudiosos do ramo se conscientizaram a respeito de sua importância e passaram a abordá-lo como tema relacionado diretamente com a sustentabilidade (VEZZANI, 2009).

O desenvolvimento sustentável da agricultura diz respeito a capacidade que um sistema tem de produzir alimentos sem comprometer os recursos naturais. Portanto a QS e a sustentabilidade precisam ´´caminhar juntas´´, de maneira que o solo consiga cumprir suas funções de forma ambientalmente segura, economicamente viável e socialmente aceita. Cabe destacar que a QS é a base para o desenvolvimento da agricultura (VEZZANI, 2009).

Para Monteiro (2005), todos os processos que estão envolvidos nas atividades agrícolas precisam prezar pela preservação dos recursos naturais e manter as relações entre os seres vivos e o ambiente. Lal e Pierce (1991) ressaltam que a preocupação não deve estar focada apenas em produtividade máxima, mas sim explorar de maneira consciente e racional o potencial dos solos, sustentando a produção permanentemente.

Doran (1997) diz que a qualidade do solo está relacionada com sua capacidade de funcionar dentro de um sistema natural ou com intervenções de manejo de maneira que garanta a produtividade vegetal e animal, sustentando a qualidade da água, do ar e dos seres humanos.

É comum a utilização das propriedades do solo para avaliar a relação entre o manejo e sua qualidade (LIMA et al., 2007). O manejo provoca alterações nas suas propriedades, que se não forem exploradas de maneira racional e de acordo com suas limitações podem não suportar as práticas agrícolas (SILVA et al., 2005).

Diferente da água e do ar, o solo não possui o estabelecimento de padrões para avaliação de sua qualidade. Por isso, são determinados alguns indicadores físicos e químicos (FIALHO et al., 2006).

De forma geral, a qualidade do solo dependerá dos resultados que o mesmo apresentará para o benefício das atividades humanas, de acordo com a sua composição natural, e também influenciada pelas intervenções feitas pelo homem ao decorrer do tempo (ARAÚJO et al., 2012). Segundo os mesmos autores, as mudanças nas condições da qualidade do solo têm sido avaliadas com a utilização de sistemas quantitativos em que se utilizam alguns indicadores apropriados, sendo feita a comparação com valores desejáveis em diferentes intervalos de tempo, para um objetivo desejado e em ecossistemas com diferentes condições. Afinal, o ambiente onde um solo está inserido interfere direta e indiretamente em suas características.

O monitoramento da qualidade do solo através de indicadores físicos é de suma importância para manter e avaliar seu potencial produtivo, bem como para adotar diferentes técnicas de manejo caso necessário (KARLEN, 2001).

Os indicadores físicos do solo estão relacionados com seu suporte, estrutura, crescimento de raízes, armazenamento de água, nutrientes, trocas gasosas e atividade de microrganismos (GOMES; FILIZOLA, 2006).

A importância prática de se entender o funcionamento físico do solo está diretamente ligada com a forma que ele será manejado para um determinado objetivo. Ao se conhecer as características físicas pode-se determinar práticas adequadas como, irrigação, drenagem, preparo, conservação e também pode se fazer previsões sobre seu comportamento quando submetido a diferentes situações (REICHERT, 2007). Os sistemas de preparo e manejo do solo determinam as condições físicas para o crescimento das plantas e produtividade das culturas (TORMENA et al., 2002). Segundo Panachuki et al, (2011), as operações de preparo do solo influenciam fortemente a erosão hídrica das áreas cultivadas, alterando o micro relevo e a cobertura por resíduos vegetais e promovendo a exposição da superfície do solo à ação da chuva e da enxurrada.

Diante do exposto, cabe aqui conceituar alguns atributos físicos do solo que interferem diretamente na sua degradação sendo consequência da ação das práticas de manejo.

2.4.1 Densidade do solo

A densidade do solo é definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros (PEREIRA, 2013).

A importância da densidade do solo está ligada aos espaços disponíveis para o funcionamento de inúmeras funções de suma importância para o desenvolvimento vegetal como, trocas gasosas e armazenamento de ar, passagem e armazenamento de água e para o crescimento do sistema radicular das plantas. Quanto maior a densidade menos espaço as raízes terão para se desenvolver, bem como todos os processos referentes ao desenvolvimento da cultura serão dificultados ou interrompidos (MENEZES, 2008). Sendo assim, Stefanoski et al., (2013) dizem que esse atributo atua como uma ferramenta que pode indicar o nível de degradação do solo.

Cabe destacar, que a densidade de partículas é diferente da densidade do solo. A densidade de partículas representa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume de sólido do solo. Portanto, não inclui a porosidade do solo e não varia com

o manejo do solo. Depende primariamente da composição química e composição mineralógica do solo. Os valores de densidade de partícula oscilam em torno de 2.65 g/ cm^3. Já os valores de densidade do solo variam entre 0.8 e 2.0 g/cm^3 (GUERRA, 1996). Apesar de que um solo mais denso pode apresentar densidade igual ou superior a 2,0 g/cm^3 (BRADY e WEILL, 2013). Neste caso quanto maior a densidade do solo, maior será a degradação do mesmo.

De forma geral, quanto mais elevada a densidade do solo, maior será a sua tendência a compactação e a degradação será mais ampla e sua porosidade será menor com probabilidade a maiores restrições para o crescimento do sistema radicular e desenvolvimento das plantas (REINERT et al., 2008).

O uso da terra pode acelerar a compactação do solo, explanado pelo aumento da densidade devido ao pisoteio animal, tráfego de máquinas e implementos agrícolas, cultivo intensivo e sistema de manejo inadequado (HAMZA & ANDERSON, 2005).

2.4.2 Porosidade

A porosidade é resumidamente o espaço ocupado por ar ou água entre e dentro dos agregados. Um solo com boa porosidade terá aproximadamente 50% do seu volume ocupado por poros (LEPSCH, 2013). A porosidade assim como a densidade é uma propriedade física do solo relacionadas a alteração do seu volume, consequentemente relacionado com a compactação (REICHERT et al., 2007). Solos compactados possuem menor porosidade e maior densidade, pois são inversamente relacionadas.

Megda et al., (2008) define a porosidade como a maneira que as partículas estão distribuídas, ou seja, conforme a proximidade de uma partícula com a outra assim será o espaço poroso.

Os poros são preenchidos por água, ar e gases, e podem ser classificados de acordo com seus tamanhos em microporos e macroporos. Nos macroporos ocorre a circulação do ar e da água, favorecendo o desenvolvimento radicular das plantas. Os microporos, por exercerem uma força de atração a qual retém a água existente, comprometem o desenvolvimento das culturas. (BRADY e WEIL, 1999). Cabe destacar também que a porosidade do solo interfere na transmissão de água, que afeta diretamente a produtividade das plantas e o ambiente (GONÇALVES e MORAES, 2012).

Klein e Libardi (2002), classificam como macroporos, os poros com diâmetro maior que 0,05 mm, microporos, aqueles com diâmetro entre 0,05 e 0,0002 mm e criptoporos, poros com diâmetro menor que 0,0002 mm.

2.4.3 Estabilidade de agregados

Os agregados podem ser definidos como parte da estrutura do solo, a qual possui grande importância para que se mantenha a passagem de ar através dos poros, o crescimento radicular, infiltração de água, e controle dos processos de erosão (DEXTER, 1988).

A formação dos agregados ocorre basicamente em duas etapas: primeiro pela aproximação das partículas do solo, através dos processos de umedecimento e secagem, ação de raízes, atração entre as partículas (BOCHNER et al., 2008). A segunda é quando os agregados se estabilizam, ou seja, as partículas se unem realmente, através da ação da matéria orgânica, por exemplo, a qual é considerada um agente cimentante (CASTRO FILHO et al., 1998).

De acordo com Lima et al. (2003), os agregados se formam e se estabilizam simultaneamente com os processos físicos químicos e biológicos que acontecem no solo, sendo que, a agregação das partículas pode sofrer alterações tanto naturais quanto pela forma de manejo a qual o solo é submetido.

Entende-se como estabilidade de agregados à desagregação que os agregados apresentam quando submetidos a forças externas (ação implementos agrícolas e impactos das gotas de água da chuva) ou forças internas (compressão de ar, expansão/contração) que tendem a rompê-los, (GUERRA, 1996).

Agregados maiores e mais pesados garantem ao solo maior estruturação, maior porosidade, maior condutividade hidráulica e maior resistência à compressão, características de inúmeras vantagens para a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (LLANILLO, 2007). No entanto, a agregação do solo pode sofrer alterações temporárias ou permanentes em função das práticas de manejo (WOHLENBERG et al., 2004).

Para a avaliação da estabilidade de agregados de um solo, alguns parâmetros são utilizados, os quais são chamados de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), e o índice de estabilidade de agregados (IEA). O DMP se refere a porcentagem de agregados de diâmetros maiores, o DMG diz respeito a classe de maior ocorrência, e o EIA é a medida de agregação total (CASTRO FILHO et al., 1998).

2.5 Indicadores químicos

Para que se tenha um sistema de produção com bons resultados e eficiência, a fertilidade, nutrição e adubação são essenciais. Os nutrientes disponibilizados devem ser adequados de acordo com as exigências da cultura a ser implantada (COELHO,2007).

Como indicadores químicos da qualidade do solo, a forma de agrupá-los está relacionada com a quantidade de material orgânico que o mesmo possui, sua acidez, nutrientes, os quais as plantas exigem em maiores quantidades (macronutrientes) ou em menores quantidades (micronutrientes), elementos dito tóxicos, saturação por bases e alumínio (ARAÚJO, 2012). No presente trabalho foram analisados e discutidos dois indicadores, matéria orgânica, e pH

A matéria orgânica do solo (MOS) se constitui em resíduos de flora e fauna formados e adicionados sob a primeira camada do solo, ou, conhecida também como camada O (orgânica), os quais podem ser encontrados em estágio inicial ou avançado de decomposição. Para Trindade, (2007) é considerada a parte mais ativa do solo, exercendo influência de grande relevância nas suas propriedades físico-químicas e no crescimento vegetal. Apresenta potencial para ser utilizada como quesito avaliador da qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1994), pois, além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando a infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH et al., 1994).

Para Kiehl (1985) as principais propriedades físicas que sofrem influência com o incremento da matéria orgânica são: densidade aparente, estrutura, aeração, drenagem, retenção de água e consistência.

Santos et al. (2012) contribuem dizendo que a MOS é considerada um agente cimentante para as partículas do solo, fazendo com que as mesmas se unam e formem o que se denomina como agregado, o qual é composto por frações de areia argila e silte. Sua mineralização resulta na liberação de nutrientes essenciais para as plantas, como o nitrogênio (N), fosforo (P), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg), e micronutrientes.

Monteiro (2005) contribui com essa discussão ao afirmar que a MOS é um agente controlador do processo erosivo, transporta e disponibiliza nutrientes assim como tem grande papel na estruturação do solo, na mesma perspectiva, Celik et al. (2010) corroboram dizendo que se a MOS for mantida nas quantidades adequadas, com o decorrer do tempo ocorre a diminuição dos valores de densidade, aumento da agregação de partículas pelo fato de o material orgânico atuar como um agente de cimentação, formação de agregados estáveis e diminuição da resistência a penetração.

Para Angers et al. (2010) a matéria orgânica contida nos DLS possui em sua composição a predominância de carbono orgânico lábil, o qual é rapidamente mineralizado no solo.

Além dos fatores apresentados, muito se discute sobre a capacidade dos solos em sequestrar CO2 da atmosfera. A quantidade de C no solo equivale a duas vezes o contido no ar,

se manejado de maneira adequada, com a utilização de práticas conservacionistas como o plantio direto, o solo contribui para a retirada de CO2 e o retardamento do seu retorno (DE SOUZA COSTA et al., 2008).

Ao que diz respeito ao atributo químico pH, a principal forma de se avaliar a acidez de um solo é através desta variável, tal avaliação tem grande significância para o manejo, principalmente para fins de fertilidade.

A acidez é causada por íons de hidrogênio (H+) presentes na solução do solo e pelo teor de Alumínio nele contido que é um componente o qual gera tais íons, limitando a absorção de elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas, os quais são conhecidos como macronutrientes e micronutrientes, tais nomenclaturas estão relacionadas com a quantidade que estes nutrientes são exigidos por cada cultura (LACERDA, et al., 2006). Para Rios et al., (2008) o Al quando em excesso reduz o crescimento radicular, consequentemente diminuindo a captação de nutrientes, deixando as plantas com maior susceptibilidade a diversos fatores indesejáveis.

Os macronutrientes são aqueles exigidos em maiores quantidades, N, P, K, Ca, Mg, S, C, H e O, já os micronutrientes são B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, e Zn, a absorção destes nutrientes é afetada pela acidez do solo, ocasionando a deficiência de elementos como N, P, Ca, e Mg (BARBOSA, 2011).

Os níveis de pH ideais para o crescimento da maioria das culturas é entre 5,5 e 7,0, sendo a calagem a prática mais utilizada para neutralizar e corrigir os níveis de acidez, entretanto, para se ter êxito é necessária a realização de análises de solo para que possa ser recomendado as quantidades ideais de calcário de acordo com a necessidade de cada solo (CASTRO et al., 2013).

2.6 O solo como receptor dos dejetos líquidos de suínos

A aplicação de dejetos de animas (líquido ou sólido) como fertilizante nas áreas agrícolas tem sido relatada na literatura como um método eficaz de melhoria na fertilidade do solo, matéria orgânica, crescimento de plantas e propriedades do solo (HOUNTIN et al 2000; SCHERER et al. 2007 Mhlontlo et al. 2007 ; Hao & Chang, 2003). No entanto, outras pesquisas chamam a atenção para os riscos ao meio ambiente como contaminação da água (Xiaoyong et al., 2018), eutrofização das águas superficiais (Mawdsley et al. 1995) salinização do solo (Hao & Chang, 2003) lixiviação de contaminantes (Amin et al., 2013) emissão de

gases do efeito estufa (Westerman & Bicudo, 2005), dentre outros. Portanto, os efeitos positivos e negativos dessa prática permanecem inconclusivos (Barbosa et al. 2015).

Essas informações são restritas a respostas de determinadas culturas agrícolas e as dosagens aplicadas, porém, ao que diz respeito a alterações nas características físicas do solo são poucos os resultados encontrados (BERWANGER, 2006). Scherer, (2010) afirma que o conhecimento da dinâmica de elementos no solo onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante possibilita estabelecer estratégias para corrigir distorções nos sistemas de produção, visando uma maior sustentabilidade ambiental.

Por ser enriquecido de nutrientes, a principal alternativa de destinação dos DLS é como insumo na agricultura, caracterizando-se como adubação orgânica, ou seja, utilização de resíduos de origem vegetal e animal, apresentando melhorias na estrutura física, química e biológica do solo (CERETTA, 2005).

Segundo Konzen et al. (2002), o suíno aproveita entre 40 – 60% da ração que ingere, sendo que o restante é eliminado em seus dejetos. Comprovando, que os mesmos possuem alta concentração de nutrientes, tornando-se acessíveis e viáveis para o aproveitamento em potencial do sistema produtivo dentro de uma propriedade onde se tenha o desenvolvimento de atividades agropecuárias.

Para Jokela et al. (2009), a aplicação de resíduos orgânicos no solo é uma maneira de repor os nutrientes que as plantas utilizam durante seu ciclo de desenvolvimento, complementando ou muitas vezes substituindo de maneira total os fertilizantes minerais, porém essa substituição depende de alguns fatores como, o manejo do solo e da cultura implantada, as doses e a frequência de aplicação do resíduo.

Schmidt Filho (2006) afirma que o descarte destes resíduos considera-se uma reciclagem agrícola, uma vez que, permite que os elementos minerais e a matéria orgânica contidos nos DLS retornem ao solo contribuindo para a produção vegetal, e que, desta forma os nutrientes trarão benefícios as propriedades químicas e físicas do solo, minimizando ao mesmo tempo a problemática ambiental já discutida.

O produto resultante da biodigestão de resíduos orgânicos não se limita apenas a finalidade de fornecer nutrientes, mas também como uma alternativa para reduzir os efeitos da degradação do solo (ALENCAR, 2015). Tal degradação, segundo Júnior et al. (2012) devido aos seus sucessivos problemas vem despertando o desenvolvimento de várias técnicas com o intuito de evitar sua degradação física, que tem como principal causa o processo de compactação do solo e perdas, decorrentes de processos erosivos.

As formas de se distribuir o dejeto e as dosagens adequadas dependem de como o produtor o utiliza: se como recurso ou produto descartável. Caso o dejeto estiver sendo utilizado como recurso, o produtor deve conhecer os níveis de fertilidade do solo, através de analises especificas, as necessidades das culturas, o conteúdo dos nutrientes do dejeto, e as possíveis perdas de acordo com a época e do método de aplicação (KUNZ, 2005).

Para evitar perda de nutrientes dos dejetos após a aplicação, por escoamento superficial decorrente da água da chuva que é a forma mais comum, a distribuição deve ser feita nos horários de menor incidência solar, com incorporação ou não ao solo e, de preferência, o mais próximo possível ao período de plantio (KUNZ, 2005).

O produto pode ser aplicado no sulco, nas linhas de plantio ou em cobertura total. Em termos de praticidade e rendimento, a aplicação em área total é mais vantajosa e a forma mais empregada (KUNZ, 2005).

O uso dos DLS apresenta efeitos químicos, físicos e biológicos no solo, influenciados pelo manejo realizado na área, quantidade aplicada dos dejetos, consistência dos resíduos, forma e época de aplicação (CORRÊA et al., 2011). No mesmo contexto Barilli (2005) afirma que aqueles considerados como benéficos são a redução da densidade, aumento da macroporosidade e da estabilidade dos agregados, explicados principalmente pelo aumento do teor de matéria orgânica e atividade biológica no solo.

Destaca-se, a matéria orgânica tem como uma de suas principais funções a estruturação, deixando o solo com aspecto granular, com maior presença de poros, aumentando consequentemente sua aeração, capacidade de infiltração de água, entre outros fatores benéficos para o crescimento das plantas.

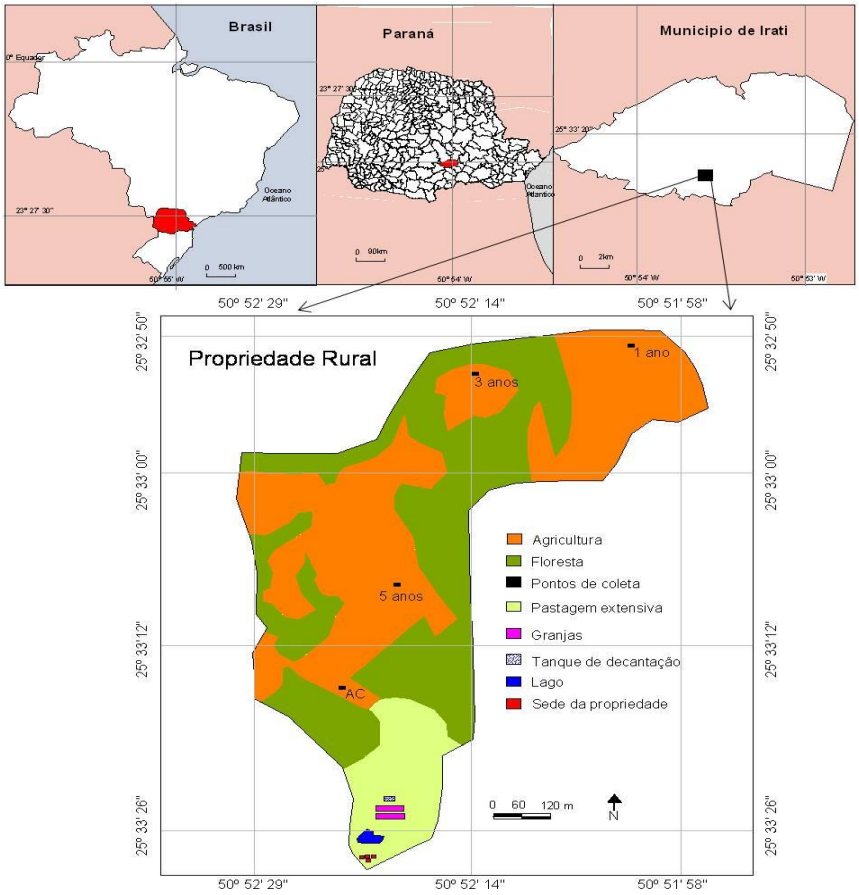
3. Localização e caracterização da área de estudos

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural no município de Irati-Pr, onde o clima é classificado como Cfb. Segundo Koppen, clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18ºC (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22ºC e sem estação seca definida (IAPAR, 1994).

O tipo de solo predominante é um Cambissolo, sendo essa classe composta por solos pouco desenvolvidos, que apresentam características do material originário (rocha), apresentando baixa (distróficos) ou alta (eutróficos) saturação por bases, baixa a alta atividade da argila, segundo critérios do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SiBICS) (EMBRAPA, 2006). Com relação à textura, é considerado um solo médio, ou seja, apresenta equilíbrio nas porcentagens de areia, silte e argila.

A área estudada se localiza na comunidade de Governador Ribas, com uma distância de 28 km do perímetro urbano. Tendo como área total 29 hectares, sendo todos utilizados para fins agrícolas. Deste total, 24 hectares recebem a aplicação dos dejetos, sendo que o restante da área (5 hectares) não recebe aplicação por estarem localizados próximos a residências e vias de acesso, devido as normativas impostas pelas leis ambientais (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de localização da área de estudos e uso do solo da propriedade estudada.



Fonte: Autora (2018)

O produtor possui credenciamento com a empresa Thoms, sendo a granja existente na propriedade responsável apenas pela fase de terminação do animal, com um lote de 680 suínos, os quais chegam na propriedade com 60 dias de idade aproximadamente e permanecem até completar 150 dias, saindo em seguida para o abate.

A atividade na propriedade se enquadra no nível de criação intensiva, na qual os animais ficam confinados em quadrados separados chamados de “baias”, que são ocupadas por 11 animais cada uma, conforme mostra a figura 3

Figura 3 - Características da granja e dos lotes de suínos

Fonte: Autora (2018)

A limpeza das baias é feita diariamente com rodos, para retirada da camada superficial de DLS, sendo a lavagem feita apenas quando os animais saem para o abate e desocupam a estrutura totalmente. Todos os resíduos gerados pela atividade são depositados diretamente em uma esterqueira ou tanque, que fica próxima a granja, mostrada na figura 4.

Figura 4 - Esterqueira de dejetos

Fonte: Autora (2018)

Os resíduos são armazenados e posteriormente despejados nas áreas agricultáveis. O tempo de armazenamento feito pelo produtor não segue um período específico, a esterqueira se encontra sempre cheia, e a retirada vai sendo realizada de acordo com a necessidade. A aplicação é feita por um tanque distribuidor que fica acoplado ao trator, a quantidade de DLS

despejada é de 16,5 toneladas por hectare, cada tanque possui 5 mil litros (figura 5), ou seja, são despejados pouco mais de 3 tanques por hectare entre os períodos de julho a setembro, os quais antecedem o plantio.

Figura 5 - Tanque distribuidor

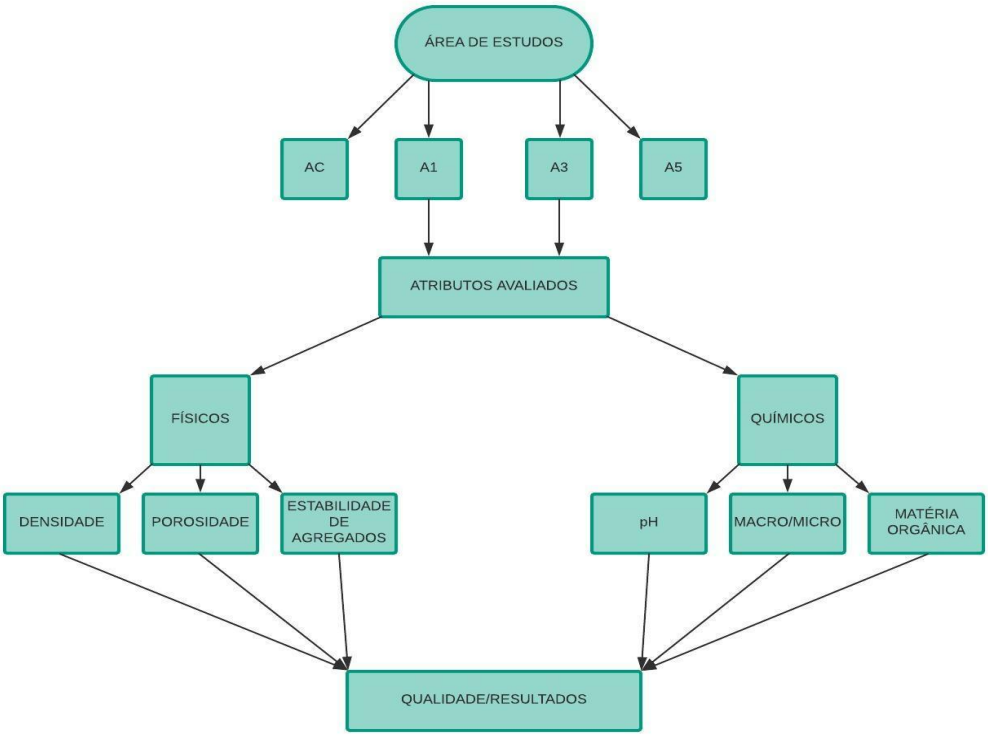
Fonte: Autora (2018)

4. Metodologia

4.1 Delineamento da pesquisa

Partindo da hipótese de que a aplicação dos DLS traz melhorias na qualidade do solo, amostras foram coletadas em áreas com diferentes anos de aplicação dos resíduos para realização de análises físicas e químicas. O fluxograma representado pela figura abaixo (Figura 6) demonstra a forma como a pesquisa foi delineada.

Figura 6 - Fluxograma representativo do delineamento da pesquisa.



Fonte: Autora (2018)

Este trabalho foi desenvolvido com atividades em campo, laboratório e gabinete. As atividades em campo foram realizadas para coleta de amostras deformadas do solo com o objetivo de realizar análises químicas e físicas. Na sequência das atividades de campo foram realizados os trabalhos em laboratório e gabinete para avaliação das amostras coletadas.

4.2 Histórico da área experimental

Utilizamos para esta pesquisa quatro áreas agrícolas na mesma propriedade rural com diferentes tempos de aplicação dos DLS. A Tabela 2 apresenta a caracterização de cada uma das áreas estudadas.

Tabela 3 - Histórico de manejo e cultivo das áreas estudadas

Área	Descrição/histórico
AC	Área controle, sem aplicação dos DLS, utilizada como parâmetro para avaliação das variáveis, destinada ao cultivo de soja.
A1	Área com 1 ano de aplicação dos DLS, destinada ao cultivo de soja, sendo que no período do inverno a área fica sem cobertura.
A3	Área com 3 anos de aplicação dos DLS, destinada ao cultivo de soja, sem cobertura no período do inverno.
A5	Área com 5 anos de aplicação dos DLS, utilizada para o plantio da cultura do trigo nos dois últimos anos, sem cobertura no período do inverno.

Fonte: Autora (2018).

Foram abertas 5 trincheiras em cada área, totalizando 20 (Tabela 3). Em cada trincheira foram coletadas 4 amostras nas seguintes profundidades: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm para analisar a densidade aparente, porosidade total e estabilidade de agregados

Tabela 4 - Variáveis físicas estudadas.

VARIÁVEIS	Áreas				Total
	AC	**A1**	**A3**	**A5**	
Densidade (g/cm^3)	20	20	20	20	80
Porosidade (%)	20	20	20	20	80
Estabilidade de agregados (%)	20	20	20	20	80

Fonte: Autora (2018).

AC – Área controle, A1 – Um ano de aplicação, A3- Três anos de aplicação, A5- Cinco anos de aplicação.

As amostras para análise química seguiram outro protocolo de pesquisa. No qual foram coletadas 5 amostras de solo de forma aleatória em cada área, armazenadas em um mesmo recipiente (balde), homogeneizada e retirada duas amostras compostas. As amostras foram coletadas entre as profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 e enviadas para um laboratório externo, para realizar análises de pH e matéria orgânica.

4.3 Densidade do solo

Para a avaliação da densidade aparente do solo foi utilizado o método do anel volumétrico (cilindro de metal) de 100 cm^3, que é introduzido no solo para preencher o volume total do anel. As amostras foram levadas ao laboratório e secadas a 105ºC por 24 horas em estufa para a retirada da umidade. Após a secagem as amostras foram pesadas e aplicadas a equação 1, proposta pela Embrapa (1997).

$$D_s = \frac{M_s}{V} \qquad \text{equação 1}$$

Onde:

D_s = Densidade do solo (g/cm^3)

M_s = Massa seca (g)

V = Volume do anel (cm^3)

4.4 Densidade de partículas

Para estimar a densidade de partículas foi utilizado o procedimento de análise do balão volumétrico proposto pela Embrapa (1997) (equação 2). Esse método se caracteriza na inserção de uma amostra de 20 g de solo seco e moído em balão volumétrico de 50 ml, completando com álcool etílico até a marca do nível de 50 ml, agita-se e deixa em repouso por 24h. Caso haja redução no volume do álcool se completa novamente. A figura 7 mostra uma etapa do processo realizado em laboratório.

$$Dr = \frac{P}{(50 - Válcool)} \qquad \text{equação 2}$$

Onde:

Dr = densidade de partículas (g/cm^{-3})

P = Peso da amostra seca (g)

V álcool = Volume do álcool gasto (ml)

Figura 7 -Técnica de análise de densidade de partículas do solo

Fonte: Autora (2018).

4.5 Porosidade

Para estimar a porosidade do solo das diferentes áreas foi utilizado o método proposto pela Embrapa (1997) onde se combina os dados de densidade de partículas com a densidade aparente conforme a equação 3.

$$P_t = \frac{Dr - Da}{Dr} * 100 \qquad \text{equação 3}$$

Onde:

P_t = Porosidade total (%)

Dr = Densidade de partículas (g/cm $^{-3}$)

Da = Densidade aparente (g/cm $^{-3}$)

4.6 Estabilidade de agregados

A determinação da estabilidade de agregados foi realizada por via úmida. Para isto, foram coletadas amostras em cinco pontos (escolhidos aleatoriamente) em cada área e levadas ao laboratório. Na sequência, foram secas ao ar livre por 72 horas, pesadas e então submetidas ao peneiramento submerso em água para avaliação da estabilidade de seus agregados.

O peneiramento por via úmida foi feito de acordo com o método de Yoder (1936) descrito por Kiehl (1979). Utilizaram-se peneiras com 15 cm de diâmetro e malhas de 4,0; 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 mm.

Depois de realizado o peneiramento, os agregados foram colocados em beckers numerados e secos em estufa a 105°C durante 24 horas. Após secos foram novamente pesados, para determinação do percentual de agregados.

Após peneiramento das amostras, foi realizada a correção do teor de areia em malha de 0,053 mm. Para determinar a estabilidade de agregados foi necessário identificar o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e índice de estabilidade de agregados (IEA).

A estimativa do DMP foi realizada utilizando-se a equação 4, descrita por Youker e Macguines (1956) apud Kiehl (1979).

$$DMP = \sum (Cmm * P) \qquad \text{equação 4}$$

Onde:

DMP: Diâmetro médio ponderado (mm)

Cmm: Centro de classes de tamanhos dos agregados

P: Proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso total da amostra.

Para estimativa do DMG foi utilizada a equação descrita por Castro Filho et al. (1998), (equação 5).

$$DMG = \exp\left(\frac{Pai * \ln DMCi}{\sum PTai}\right) \qquad \text{equação 5}$$

Onde:

DMG: Diâmetro Médio Geométrico (mm)

PAi: Peso de agregado de cada classe (g)

lnDMCi: Logaritmo natural do diâmetro médio da classe

PTAi: Peso Total da Amostra (g)

O índice de estabilidade de agregados foi estimado através da equação 6, descrita por Castro Filho et al. (1998).

$$IEA = \frac{(Ps - wp0{,}25 - areia)}{(Ps - areia)} * 100$$ equação 6

Onde:

IEA: Índice de estabilidade de agregados (%)

Ps: massa da amostra seca (g)

Wp 0,25: é a massa dos agregados da classe <0,25 mm (g).

4.7 Análise dos dados

Os dados coletados foram trabalhados em laboratório, tabulados e analisados utilizando a estatística descritiva utilizando a média e desvio padrão. Ainda os dados foram submetidos ao teste de probabilidade (Teste de Tukey) a nível de 5%. Para a representação dos dados foi utilizado o *Software Statistic*®.

5. Resultados e discussão

Vale ressaltar que as atividades e o manejo realizado pelo agricultor nas áreas estudadas se resumem em:

- AC: destinada ao cultivo da soja, sendo feita a passagem de uma grade niveladora para propiciar melhores condições ao plantio que será realizado, não sendo implantada nenhuma cultura no período do inverno.

- A1: destinada ao cultivo de soja no período do verão, sendo feita a passagem da grade para nivelar o solo antes do plantio, sendo que, no período do inverno a área fica descoberta, não é feito nenhum cultivo.

- A3: cultivo de soja no período do verão, utilização de grade niveladora, a área fica sem cultivo no período do inverno.

- A5: cultivo da cultura do trigo no período do inverno, sendo feita a gradagem para nivelar o terreno como forma de preparo do solo para o plantio.

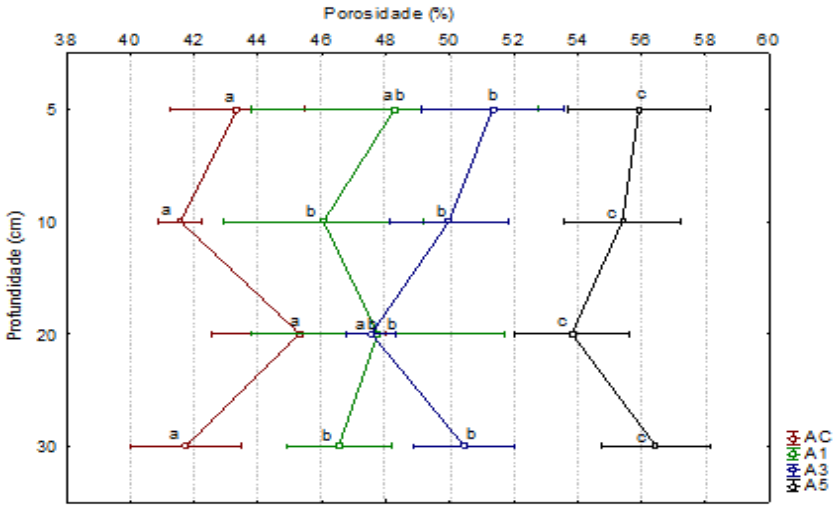
Observa-se que, nas quatro áreas o produtor realiza o revolvimento do solo, mesmo que, de forma menos intensa, utilizando apenas a grade, excluindo o processo realizado pelo arado. Consequentemente diminuindo o impacto que as máquinas exercem sobre a estrutura do solo, o qual aumenta os níveis de compactação e traz diversas consequências que influem diretamente na sua dinâmica física, comprometendo diversos processos essenciais ao desenvolvimento das culturas. Sendo assim pode-se classificar o sistema de preparo do solo da área estudada como cultivo mínimo.

Na sequência analisaremos os dados de cada variável pesquisada tendo como base os resultados da área controle, a qual serve como parâmetro para identificar possíveis alterações na qualidade do solo.

5.1 Porosidade

Os resultados da Porosidade do solo obtidos por esta pesquisa apresentaram diferenças significativas entre as quatro áreas estudadas (Figura 8), variando de 41,8% a 10 cm de profundidade na Área Controle (menor porosidade) à 56,3% na profundidade de 30 cm na área A5 (maior porosidade).

Figura 8 - Gráfico da porosidade do solo.



Fonte: Autora (2018)

Nota [1]: as letras iguais na linha horizontal não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota 2: as letras estão comparando as variações/similaridade entre as camadas das diferentes áreas. Não foram realizadas analises das camadas de cada área, pois o objetivo não era ver se há um não variações entre as áreas.

Através da figura 8, observa-se que houve um aumento gradual da porosidade à medida que foi aumentando o tempo de aplicação do DLS. A área A5 apresentou os melhores resultados, comparada as demais áreas, com porosidade média em torno de 56%, seguido da Área A3 com valor médio nas profundidades em torno de 50%. A média da área A1 foi em torno de 47,7% e a área controle em torno de 42,8%. Ou seja, quando comparada a porosidade média das áreas, observa-se que houve uma melhoria na porosidade do solo da área A5 em torno de 23,6% em relação a área controle.

As áreas A1 e A3, não apresentaram variação significativa a nível de 5% pelo teste de Tukey. Neste caso, pode-se afirmar que nos primeiros anos de aplicação do DLS não há variação significativa na porosidade do solo. Somente a partir de 5 anos de aplicação é que vai apresentar melhorias.

Como o manejo do solo foi o mesmo nas áreas de aplicação de DLS, a variação da porosidade do solo pode ser atribuída então a aplicação dos dejetos. Matias et al. (2009) vem

corroborar com esta questão ao observar em suas pesquisas que a porosidade do solo sofreu pouca influência do preparo do solo, tanto em profundidade como entre os diferentes usos. Neste caso, segundo o autor, a porosidade pode ter variado de acordo com os diferentes níveis de adição de matéria orgânica. Cabe considerar que a matéria orgânica pode reduzir a densidade do solo, elevar o volume de poros, favorecendo a infiltração e aeração para desenvolvimento das plantas (JORDAN et al., 2010)

A adição dos dejetos pode ter sido um fator importante para o aumento da porosidade do solo na área de estudos. Na literatura, encontram-se diversas pesquisas que corroboram com este resultado. Dentre elas cita-se os trabalhos de Arruda et al. (2010), no qual afirmam que os atributos físicos do solo podem sofrer alterações devido a aplicação dos DLS, destacando-se o arranjo e o volume de poros. Mecabô Júnior (2013) ao analisar o efeito da aplicação de doses de DLS, observou que o dejeto afetou positivamente as propriedades físicas do solo, dentre elas a macro porosidade bem também como a porosidade total.

Barbosa et al., (2008) ao estudarem uma área com aplicação dos DLS confirmam que os valores de porosidade total e de densidade não tiveram resultados significativos, porém a macro e a micro porosidade aumentaram na camada de 0-10 cm, o que pode ter ligação com a presença de material orgânico, o qual se encontra em maiores quantidades nas camadas superficiais de um perfil de solo.

Andreola et al., (2000) ao analisar a influência da cobertura vegetal e a aplicação de resíduos de cama de aviário sobre as propriedades físicas do solo, constataram que, houve aumento dos macroporos e diminuição da densidade na camada de 0-10 cm.

Na mesma perspectiva, Lima (2007a), analisando também a aplicação de resíduos de aves em diferentes níveis em uma área de pastagem, verificou que a profundidade de 0-20 cm foi a que melhor apresentou resultados referentes aos atributos físicos, sendo que, essa melhoria pode ser justificada também pela presença de material orgânico presente nas camadas superficiais.

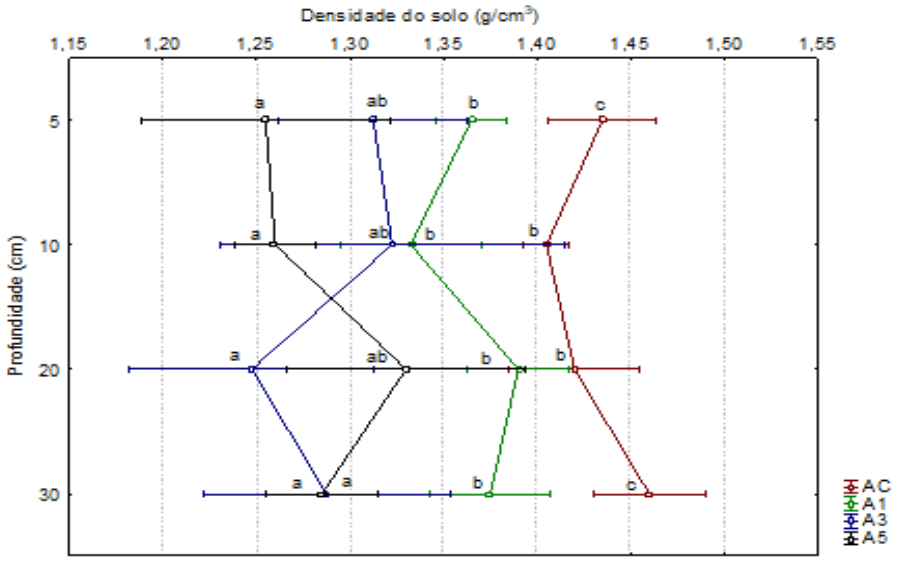
No entanto, não há um consenso entre as pesquisas encontradas na literatura com relação ao aumento significativo da porosidade do solo com a aplicação dos DLS. Porém, os resultados apontados e discutidos revelam que nas camadas superficiais as melhorias foram evidentes, sendo relacionadas com a presença em maior quantidade de MO bem como seus benefícios a qualidade do solo. Observou-se um aumento gradativo da porosidade conforme os anos de aplicação aumentaram, comprovando que, cinco anos aplicando os resíduos são suficientes para respostas positivas ao que diz respeito a porosidade.

5.3 Densidade

Nesta pesquisa, observou-se que a densidade do solo foi diferente nas quatro áreas experimentais, sofrendo um decréscimo conforme o aumento dos anos de aplicação dos DLS (Figura 9). Destaca-se que os valores foram inversos a porosidade contribuindo com a hipótese de que quanto maior o tempo em que se aplica os dejetos, mais significativos se tornam os resultados em termos de qualidade física do solo.

No entanto, apesar da redução da densidade do solo com o aumento do tempo de aplicação, observa-se que as áreas A3 e A5 não apresentam diferença significativa a nível de 5% pelo teste de Tukey. Mesmo caso acontece com a área A1 e A3, no qual não foram observadas variações significativas entre as áreas. Isso significa que a melhoria da qualidade do solo é gradativa e que depende do intervalo de aplicação do DLS.

Figura 9 - Gráfico da densidade do solo.



Fonte: Autora (2018).

Nota [1]: as letras iguais na linha horizontal não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota 2: as letras estão comparando as variações/similaridade entre as camadas das diferentes áreas. Não foram realizadas analises das camadas de cada área, pois o objetivo não era ver se há um não variações entre as áreas.

A Área Controle indicou maior valor de densidade do solo (média de 1,42 g/cm^3) em relação às áreas com aplicação de DLS. Este valor encontra-se pouco abaixo daquele considerado restritivo ao crescimento das raízes em áreas agrícolas. O crescimento normal das raízes das plantas pode ocorrer até o limite de densidade de 1,75 g/cm^3. Entre a faixa de 1,75 e 1,85 g/cm^3, haverá restrição, com deformações na morfologia das raízes em grau médio, e,

acima de 1,85 g/cm^3, as raízes podem indicar alto grau de deformação (MELO et al., 2010). Valores críticos da densidade do solo variam entre 1,55 g/cm^3 para solos com textura argilosa e 1,85 g/cm^3 para solos com textura arenosa (PEREIRA JUNIOR, 2006).

Em solos agrícolas, os valores de densidade variam em torno de 0,9 a 1,8 g/cm^3, valores estes que dependem da textura e do teor de matéria orgânica destes solos. Solos com teores maiores de argila e também maiores teores de matéria orgânica apresentam naturalmente valores de densidade mais baixos (KLEIN, 2012).

O valor elevado de densidade do solo observados na Área Controle (AC) significa que os espaços utilizados para infiltração de água, desenvolvimento radicular, trocas gasosas e outros inúmeros fatores está reduzido ou limitado, concordando com a afirmação proposta pela literatura de que os valores referentes a porosidade são inversamente proporcionais aos de densidade. A medida que os valores de densidade diminuem, aumenta-se os ocupados por poros, favorecendo vários processos relacionados a condições favoráveis para o desenvolvimento das plantas.

Ao traçar um comparativo das quatro áreas, observa-se que os valores foram diminuindo gradativamente conforme aumentaram os anos de aplicação dos DLS. Área Controle (AC) comparada com a A5 apresentou uma diferença significativa de 0,20 g/cm^3. Neste caso, as áreas onde os resíduos são aplicados por mais tempo há melhores condições para infiltração de água, trocas gasosas, crescimento de raízes.

Na A1, observa-se pouca diferença com a área controle, corroborando com a hipótese de que um ano não é o suficiente para fazer com que o solo apresente respostas positivas com relação a seus atributos físicos, sendo que, a partir de três anos de aplicação, os resultados se mostram eficientes no que diz respeito as propriedades físicas estudadas.

Em um estudo realizado por OLIVEIRA, (2015) onde foram analisadas cinco áreas com diferentes formas de manejo do solo, sendo uma testemunha, e as demais com aplicação dos DLS aliada a adubação química, os resultados obtidos referentes aos valores de densidade sofreram alterações nas três profundidades que foram analisadas, porem tais alterações foram promovidas pelo sistema de manejo adotado, sendo relacionados com o nível de revolvimento sofrido pelo solo das áreas experimentais.

Segundo o mesmo autor, embora os valores de densidade tenham sido alterados, a aplicação dos DLS não foi considerada significativa, pois ao ser feita uma análise com e sem a aplicação dos resíduos os valores se comportaram de maneira semelhante, concluindo-se então, que o fator responsável pelas alterações dessa variável seria o sistema de manejo do solo

adotado, o qual é o mesmo nas quatro áreas de estudo, e promove o revolvimento do solo, mesmo que em pequenas proporções.

Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2011), quando os autores avaliaram atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações e concluíram que o uso de DLS não apresentou potencial para melhorar as condições físicas do solo, inclusive valores de densidade.

Dortzbach (2009) ao estudar a influência da aplicação de DLS, cama sobreposta e ureia, sobre atributos físicos de um Argissolo concluiu que após cinco anos da implantação do experimento não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos no que se refere à densidade do solo, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e retenção de água. No entanto, de Barilli (2005), observou que a aplicação de DLS reduziu a densidade do solo.

Os resultados obtidos nesta pesquisa condizem com os obtidos por Veiga et al. (2009) que após nove anos de aplicações em áreas onde os resíduos aplicados eram de aves, suínos e bovinos, sendo de 5 m^3/ha/ano de cama de aviário, e 40 m^3/ha/ano de DLS e 60 m^3/ ha/ano de dejeto líquido de bovinos num solo muito argiloso, não encontraram diferenças na densidade e na porosidade do solo. Apesar de alguns estudos observarem que a aplicação de DLS promoveram melhorias na estrutura do solo, refletidas em decréscimos na densidade e resistência à penetração (RAUBER et al., 2012); ZHAO et al., 2009).

Portanto na literatura os resultados da influência da aplicação do DLS são controversos. No caso desta pesquisa, observou-se redução da densidade do solo entre as áreas, havendo uma redução da densidade com o aumento do período de aplicação. O resultado encontrado corrobora com pesquisas realizadas por Arruda et al. (2010); Comin et al. (2013), dentre outros que a aplicação de DLS influenciam na melhoria da qualidade física do solo, destacando-se a densidade, o arranjo e o volume dos poros.

5.4 Estabilidade de Agregados

A estabilidade de agregados se constitui basicamente na resistência que os agregados possuem quando submetidos a forças externas, que podem ser passagem de implementos, pisoteio por animais, fenômenos naturais que venham a degradar sua estrutura.

Um solo bem estruturado está apto a desenvolver todas as funções necessárias para o crescimento das plantas e outras inúmeras funções referentes ao ambiente onde o mesmo está inserido, influenciando todo o ecossistema. Esta variável possui ligação direta com as alterações positivas causadas pela presença de matéria orgânica, como agente que une as partículas do

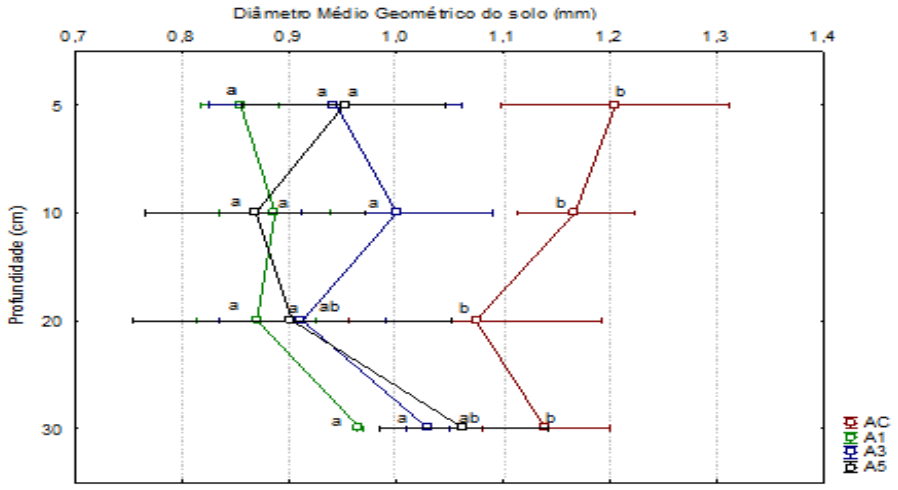
solo, camada de proteção, controle de temperatura. Tais fatores tornam o solo estruturado e resistente a fatores que possam vir a desestabilizar seus agregados.

Os níveis de estabilidade de agregados são obtidos através de três variáveis, diâmetro médio geométrico (DMG), diâmetro médio ponderado (DMP) e índice de estabilidade de agregados (IEA), os quais são analisados na sequência.

O diâmetro médio geométrico é definido pela classe textural de maior ocorrência no solo estudado, ou seja, se partículas de maior tamanho (argila) ou menor (areia) tem maior predominância, classificando o solo como argiloso ou arenoso.

O diâmetro médio geométrico observado nesta pesquisa indica que nas áreas de aplicação de DLS não foi observado variação significativa. No entanto, ambas as áreas de aplicação de DLS se diferem da área controle nas duas primeiras camadas (até 10 cm de profundidade) (Figura 10).

Figura 10 - Gráfico DMG do solo.



Fonte: Autora (2018).

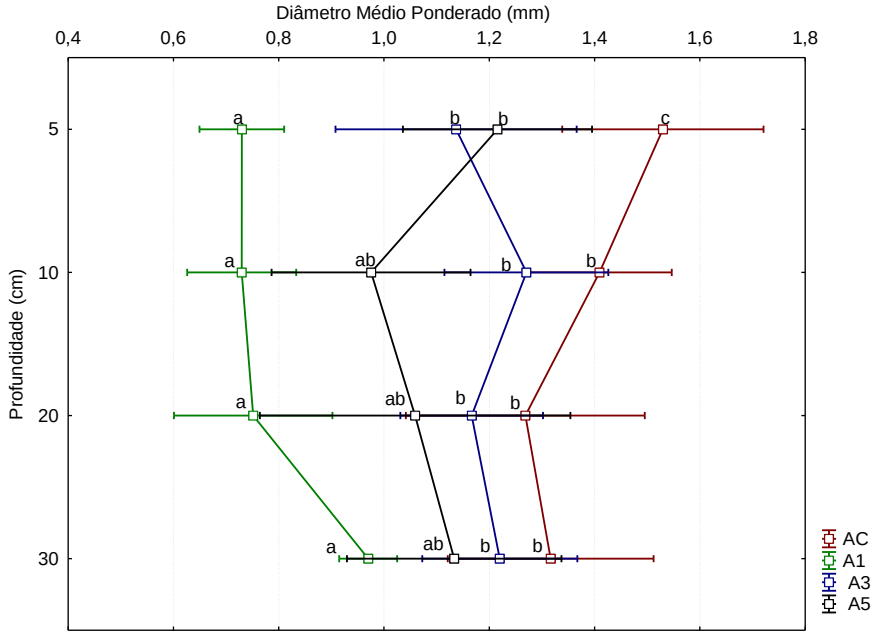
Nota [1]: as letras iguais na linha horizontal não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota 2: as letras estão comparando as variações/similaridade entre as camadas das diferentes áreas. Não foram realizadas analises das camadas de cada área, pois o objetivo não era ver se há um não variações entre as áreas.

Quando analisada a figura 10, observa-se que o diâmetro médio geométrico áreas de aplicação do DLS não indicou sequencia similar entre as profundidades. Cita-se como exemplo, a áreas A5 e a Área A3, no qual o DMG da superfície foi similar, no entanto à 10 cm de profundidade houve variação significativa. Portanto, o tempo de aplicação do DLS não foi dominante na variação do DMG do solo. O mesmo caso acontece quando analisado o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) (Figura 11), onde a aplicação da DLS parece não ter influenciado de

forma efetiva, apesar de Correia et al. (2011) afirmar que a utilização dos DLS altera o Diâmetro Médio Ponderado.

Figura 11 - Gráfico DMP do solo.



Fonte: Autora (2018).

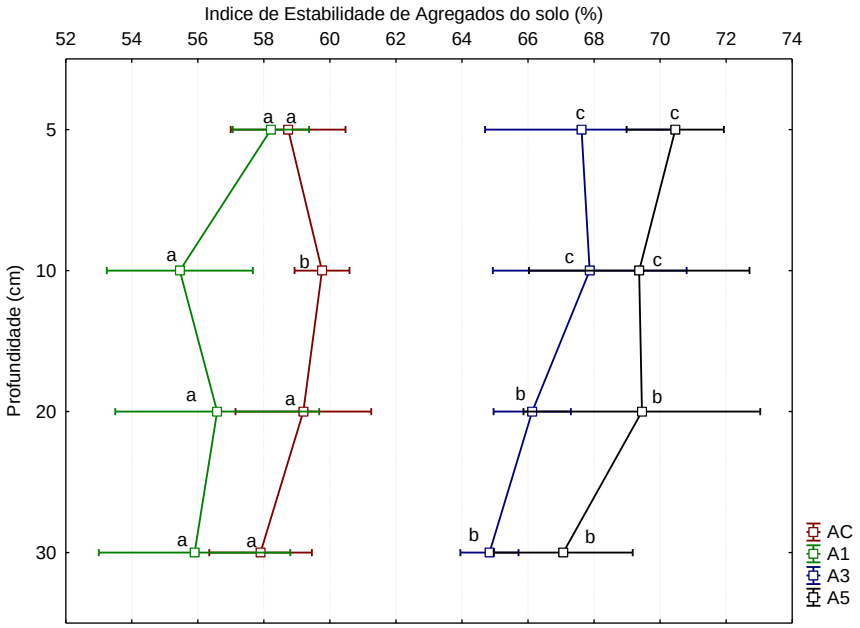
Nota [1]: as letras iguais na linha horizontal não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota 2: as letras estão comparando as variações/similaridade entre as camadas das diferentes áreas. Não foram realizadas analises das camadas de cada área, pois o objetivo não era ver se há um não variações entre as áreas.

O Diâmetro Médio Ponderado da superfície do solo indicou sequência similar aos valores encontrados no DMG. As áreas A3 e A4 indicaram valores semelhantes entre si e diferiram a 10cm de profundidade. A variação do DMP a 10 cm de profundidade entre essas duas áreas é similar a variação do DMG na mesma profundidade. A área A1 e a Área Controle também indicaram sequencia similar do DMP com o DMG.

O Índice de Estabilidade dos Agregados (IEA) que representa uma medida da agregação total do solo e não considera a distribuição por classes de agregados, indicou dois blocos similares (Figura 12). A área Controle indicou valores similares com a Área A1, variando entre 55,8 a 58,9 %. No entanto, a 10 cm de profundidade houve diferença significativa entre as duas áreas. Já as áreas A3 e A5 indicaram outro bloco, no entanto não houve variação significativa com comparadas as profundidades.

Figura 12 - Gráfico IEA do solo.



Fonte: Autora (2018).

Nota [1]: as letras iguais na linha horizontal não diferem a nível de 5% pelo teste de Tukey.

Nota 2: as letras estão comparando as variações/similaridade entre as camadas das diferentes áreas. Não foram realizadas analises das camadas de cada área, pois o objetivo não era ver se há um não variações entre as áreas.

O Índice de Estabilidade dos Agregados das áreas A3 e A5 indicaram similaridade em todas as profundidades, variando de 65 a 71%. Apesar da similaridade entre os valores, observa-se que a Área A5 indicou aumento da IEA. Esta questão indica que a aplicação de DLS aumenta a estabilidade de agregados do solo, este aumento pode estar relacionado ao aumento da matéria orgânica do no solo, pois os efeitos dos DLS são cumulativos no solo (AGNE & KLEIN,2014). Neste caso, quanto maior o tempo de aplicação de DLS no solo, maior a tendência de melhorias na qualidade física do mesmo.

Pesquisas desenvolvidas por Castro Filho et al. (2003); Andreola et al. (2000); (SIX et al., 2000), dentre outras, corroboram com os dados obtidos por esta pesquisa. Ambas, observaram que houve melhoria na qualidade física do solo com aumento na estabilidade dos agregados após aplicação de DLS. Esta melhoria pode ser atribuída ao aumento da Matéria Orgânica do solo.

No entanto, algumas pesquisas observam que a aplicação de DLS não alteram de forma significativa a agregação do solo. Arruda et al., (2010) corrobora com esta questão ao constatarem que a aplicação de DLS nas doses 50 e 100 m^3 ha-1 ano reduziu, porém em pequena relevância a estabilidade de agregados do solo. Os autores não observaram variação

significativa quando comparados os dados da qualidade física do solo da área com aplicação de DLS com áreas testemunha (sem aplicação dos dejetos).

Em determinados casos, o DLS pode não apresentar diferença significava na melhoria da qualidade física do solo devido a forma de manejo do solo. Segundo Zhao et al. (2009) ao avaliarem os atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo encontraram diferenças significativas e melhoria na qualidade física do solo após aplicação de DLS, durante 25 anos em áreas onde são utilizadas práticas conservacionistas.

6. Atributos Químicos

6.1 Matéria Orgânica do Solo (MOS)

Os DLS são um composto orgânico, oriundos de restos animais, portanto, fonte direta de material orgânico para o solo, trazendo inúmeros benefícios para qualidade do solo, conforme já foi exposto.

Os resultados obtidos através das análises realizadas apresentaram valores com diferenças significativas em determinadas áreas (Tabela 5).

Tabela 5 - Dados Matéria Orgânica do solo.

Área	Profundidade	MO(g/dm3)
AC	0-10	40,22 aA
AC	10-20	28,37 aB
AC	20-30	22,19aC
A1	0-10	40,21 aA
A1	10-20	34,58 bB
A1	20-30	23,69 aC
A3	0-10	42,84 aA
A3	10-20	36,54 bB
A3	20-30	29,07 bC
A5	0-10	41,89 aA
A5	10-20	40,24 cA
A5	20-30	30,72 bB

Fonte: Autora (2018)

Nota: as letras minúsculas comparam os valores de cada profundidade entre as áreas; as letras minúsculas comparam dos valores entre as profundidades apenas de cada área. Ambas são analisadas pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Os maiores teores de material orgânico foram encontrados nas camadas superficiais, explica-se esse fato devido a presença de restos em decomposição oriundos da adubação feita com os DLS e do sistema de manejo, onde restos culturais da cultura anterior são deixados sob o solo. No entanto, não apresentaram variação significativa a nível de 5% de probabilidade.

Conforme a profundidade aumenta os valores de matéria orgânica passam a sofrer um decréscimo. Esta variação pode ser percebida quando algumas profundidades apresentaram variação significativa a nível de 5% de probabilidade.

As diferentes escalas de anos de aplicação não aumentaram significativamente os valores de matéria orgânica, vários fatores podem ter contribuído para esse resultado, podendo ser destacada a hipótese de que cinco anos aplicando os DLS não foram o suficiente para alterar os valores referente ao teor de material orgânico, e também não menos importante o fato de que como os dejetos são de consistência liquida, seu teor de matéria seca é menor, em torno de 3% (SCHERER, 2010), tendo uma adição anual baixa, consequentemente sendo necessário várias aplicações para que os valores venham ser relevantes.

Resultado semelhante foi encontrado por SILVA et al., 2015 que avaliaram alguns atributos químicos de um solo fertilizado com uma dose de DLS e posteriormente implantado uma espécie de pastagem. Segundo os mesmos autores, os valores de matéria orgânica não apresentaram alterações nas áreas comparadas, corroborando para a hipótese de que apenas uma aplicação não é suficiente para resultados significativos.

Agne e Klein (2014) verificaram a influência dos DLS durante quatro anos de aplicação em diferentes dosagens, constatando que os teores de matéria orgânica tiveram maiores valores nas camadas superficiais do perfil e na medida que a profundidade aumenta os valores diminuíram.

Portanto, os resultados encontrados por essa pesquisa indicam que houve pequeno aumento na quantidade de M.O na camada superficial do solo. No entanto, 5 anos de aplicação parece ser insuficiente para observar variação significativa na concentração de matéria orgânica no solo, apesar dessa questão ser bastante controversa na literatura. Cita-se como exemplo resultados apresentados por Lourenzi (2010) no qual a aplicação de dejeto líquido de suínos (DLS) nas doses de 20 a 80 m^3 ha^{-1} promoveu, durante oito anos, aumento no teor de matéria orgânica (MO) enquanto que no estudo desenvolvido por Scherer et al. (2010) em propriedades rurais que haviam recebido DLS por um período entre 15 e 20 anos, não ocorreu incremento nos teores.

Foi observado também que a aplicação dos DLS não interferiu de forma significativa no pH do solo (Tabela 6).

Tabela 6 - Dados pH do solo.

Área	Profundidade	pH
AC	0-10	5,77aA
AC	10-20	5,74 aA
AC	20-30	5,63aA
A1	0-10	5,61 aA
A1	10-20	4,96 aA
A1	20-30	4,73 bA
A3	0-10	6,10 aA
A3	10-20	5,92 aA
A3	20-30	5,48 aA
A5	0-10	5,91 aA
A5	10-20	5,86 aA
A5	20-30	5,58 aA

Fonte: Autora (2018)

Nota: as letras minúsculas comparam os valores de cada profundidade entre as áreas; as letras minúsculas comparam dos valores entre as profundidades apenas de cada área. Ambas são analisadas pelo Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

A Área A3 indicou maior valores de pH camada superficial, no entanto a Área A5 os valores da camada superficial foram similares a Área Controle. Esses resultados são similares àqueles obtidos por Schlegel (2017) no qual o pH do solo não mudou ao longo do tempo com a aplicação de DLS. A baixa variação do pH no solo pode ser em decorrência da calagem (adição de calcário dolomítico) no solo para corrigir o mesmo para melhoria na produtividade.

O aumento do pH na superfície do solo em relação as demais camadas pode ser em decorrência da calagem, pois o agricultor faz análises do solo com frequência. Caires et al. (2003) contribui com esta questão ao observarem que aumentos no pH com a calagem foram maiores na camada superficial do solo (0-5 cm), independentemente do modo de aplicação do calcário, e decresceram com o aumento da profundidade do solo. Neste caso, o DLS não indicou mudança significativa no pH do solo nos diferentes anos de aplicação.

7. Conclusões

Esta pesquisa mostrou a importância a utilização dos Dejeto Líquido Suínos como fertilizantes para as áreas agrícolas melhorando as condições físicas do solo.

Ao que diz respeito aos valores relacionados a porosidade, a aplicação dos DLS aumentou significativamente o espaço poroso na área onde se aplica os dejetos a cinco anos (A5). As áreas com menor tempo de aplicação, A1 e A3 não apresentaram valores significativos. Portanto, menos de cinco anos de aplicação dos dejetos não é suficiente para indicar melhoria significativa na porosidade do solo.

Conforme os anos de aplicação do DLS foram aumentando, observou-se uma redução na densidade do solo. No entanto as áreas A3 e A1, não apresentaram variação significativa.

Quanto a estabilidade de agregados, os valores relacionados ao DMG e DMP não diferiram significativamente nas profundidades avaliadas e nas diferentes escalas de aplicação, porém o IEA apresentou aumento na A5 concluindo que os DLS contribuem para o aumento da estabilidade dos agregados do solo.

Portanto, a qualidade física do solo das áreas estudadas apresentou diferenças relevantes em todos os atributos físicos avaliados após cinco anos de aplicação, as escalas de tempo menores não foram suficientes para alterar as variáveis estudadas.

Os atributos químicos avaliados, pH e matéria orgânica não apresentaram valores significativos, concluindo que o período de cinco anos de aplicação dos DLS não é suficiente para alterar as propriedades químicas do solo.

Diante do exposto, conclui-se com esta pesquisa que os dados obtidos comprovam a hipótese de que, quanto maior a escala de tempo de aplicação dos DLS maiores são as probabilidades de se atingir índices positivos na qualidade física do solo. No entanto, refuta-se a hipótese de que nos 5 primeiros anos de aplicação de DLS há melhorias significativas em algumas propriedades físicas.

Ao término dessa pesquisa, abre-se algumas lacunas de pesquisa a respeito da temática pois a aplicação de DLS na agricultura como fertilizante ainda é insipiente. Há a necessidade de novas pesquisas a respeito da qualidade dos dejetos que são aplicados na área de estudos; da possível influencia (conectividade) dos dejetos aplicadas na área agrícola com os corpos hídricos; da possível redução da aplicação de adubo químico durante o cultivo. Dentre tantas outras possibilidades de pesquisa.

8. Referências Bibliográficas

AGNE, S.A.; KLEIN, V.; Matéria orgânica e atributos físicos de um Latossolo Vermelho após aplicações de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 18, n. 7, p. 720-726. 2014.

AITA, C.; PORT, O.; GIACOMINI, S. J. Dinâmica do nitrogênio no solo e produção de fitomassa por plantas de cobertura no outono/inverno com o uso de dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 901-910, 2006.

ALENCAR, T.L.; CHAVES, A.F.; SANTOS C.L.A.; JÚNIOR, R.N.A.; MOTA, J.C.A. Atributos Físicos de um Cambissolo Cultivado e Tratado com Biofertilizante na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** p. 737-749, 2015.

AMARAL Sobrinho, N. M. B.; MAZUR, N. Soil preparation and nutrient losses by erosion in the culture cucumber. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 572- 577. 2005.

AMIN, M.G.M.; FORSLUND, A.; BUI, X.Z.; JUHLER,R.K.; PETERSEN, S.O.; LAEGDS MAND, M. Persistence and leaching potential of microorganisms and mineral N in animal manure applied to intact soil columns. **Appl Environ Microbiol**, 79 (2) (2013), pp. 535-542.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEVSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 857-865, 2000.

ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; MACDONALD, J. D.; ROCHETTE, P.; COTE, D. Differential retention of carbon, nitrogen and phosphorus in grassland soil profiles with long-term manure application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Heidelberg, v. 86, n. 2, p. 225-229, jun. 2010.

ARAÚJO, E.A.; KER, J.C.; NEVES, J.C.L.; LANI, J.L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação, **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias,** v.5, n.1, p.187-206, 2012.

ARRUDA, C.A.O.; ALVES, M.V.; MAFRA, A.L.; CASSOL, P.C.; ALBUQUERQUE, J.A.; SANTOS, J.C.P. Aplicação de dejeto suíno e estrutura de um latossolo vermelho sob semeadura direta. **Ciência e Agrotecnologia,** v.34, n.4, p. 804-809, 2010.

ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.88, n.2, p.153-160, 2002.
Associação Brasileira de Criadores de Suínos. (ABCS). **Produção de suínos: teoria e prática** / Coordenação editorial Brasília, p 908, 2014.

BARBOSA, G.M.D.; DE OLIVEIRA, J.F.; MIYAZAWA, M.; RUIZ, D.D.; TAVARES, J. Aggregation and clay dispersion of an oxisol treated with swine and poultry manures. **Soil &Tillage Research**, 2015.

BARBOSA, M.P. Calagem. **Embrapa,** 2011.

BARILLI, J. Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos. 2005. 77 p. **Tese** (Doutorado). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
BENJAMIN, J.G.; NIELSON, D.C.; VIGIL, M.F. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. **Geoderma**, v. 116, p. 137-148, 2003.

BERWANGER, A. L. Dejeto líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1296 - 1304, nov - dez, 2005.

Betioli Júnior, E.; Moreira, W. H.; Tormena, C. A.; Ferreira, C. J. B.; Silva, A. P.; Giarola, N. F. B. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.971-982, 2012.

BOCHNER, J.K. et al. Matéria orgânica e agregação de um planossolo sob diferentes coberturas florestais. Cerne, v.14, n.1, p.46-53, 2008.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. Porto Alegre: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2013.

BRADY, N.; WEIL, R. R. **The nature and properties of Soils** (12 ed). Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1999, p. 321-766.

BRUNETTO, B. Physical properties and organic carbon content of a Typic Hapludult 372 soil fertilised with pig slurry and pig litter in a no-tillage system. **Soil Research**, v. 51, n. 373 5, p.459-471, 2013.

CAIRES, E. J.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27:275-286, 2003.

CARDOSO, B.F.; OYAMADA, G.C.; SILVA, CARLOS MAGNO. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Desenvolvimento em questão.** n.32, p. 127-145, 2015.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.

CASTRO, A.M.C.; ALMEIDA, Y.F.R.; ARLANCH A.B.; BAPTISTA, J.P. Tempo de reacao de calcário e gesso no desenvolvimento da planta de milho. **Cultivando o Saber,** v.6, p. 10-25,2013.

CELIK, I.; GUNAL, H.; BUDAK, M.; AKPINAR, C.; Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions**.** **Geoderma,** v. 160, p. 236-243, 2010.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; MOREIRA, I.DA SILVA, C.M; DE FRANÇA, M.T; OYAMADA, G.C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao meio ambiente. **Revista eletrônica do Univag,** n.2, 2015.

COELHO, A.M. Cultivo do Sorgo. Embrapa Milho e Sorgo, sistemas de produção, 2007.

COMIN, J. J.; LOSS, A.; VEIGA, M. da; GUARDINI, R.; SCHMITT, D. E.; OLIVEIRA, 370 P. A. V. de; FILHO, P. B.; COUTO, R. da R.; BENEDET, L.; JÚNIOR, V. M.; 371

CORRÊA, J. C.; BARILLI, J.; REBELLATTO, A.; VEIGA, M. da. Aplicações de Dejetos de Suínos e as Propriedades do Solo. EMBRAPA. **Circular Técnica** n. 58, 2011.

Costa, M. S. S. M.; Pivetta, L. A.; Costa, L. A. M.; Pivetta, L. G.; Castoldi, G.; Steiner, F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.810-815, 2011. http:// dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000800007

DAGA, J.; CAMPOS, A.T.; FEIDEN, A.; KLOSOWSKI, E.S.; CÂMARA, R.J. Análise da adequação ambiental e manejo dos dejetos de instalações para suinocultura em propriedades na região oeste do Paraná. **Engenharia Agrícola,** v.27, n.3, p. 587-595, 2007.

DE SOUZA COSTA, F.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; MIELNICZUK, J. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, 2008.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. **Soil & Till. Res**., 11:199-238, 1988.

DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologias,** 2003.

DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

EMBRAPA CENTRO DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. Glossário. Goiânia. 2005. Disponível em: Acesso em: 03 de nov. 2010.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa do solo. **Manual de métodos de análise do solo.** 2ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Central de inteligência de aves e suínos,** 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas > Acesso em: 09/10/2017.

FATMA. Suinocultura. Instrução normativa n 11. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>Acesso em: 20/11/2018

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; JÚNIOR, J.M.T.S. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Ciência Agronômica,** v.37, n.3, p-250-257, 2006.

GABRIEL FILHO, A.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L.; HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 6, p. 953-957, 2000.

GIACOMINI, D.A.; AITA, C.; PUJOL, S.B.; GIACOMINI, S.J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R.R.; DESBESELL, A.; LUDTKE, R.C.; SILVEIRA, C.A.P. Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos. **Pesquisa agropecuária brasileira,** v.49, p. 521-530, 2014.

GOMES, M. A. F.; FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Jaguariúna, 2006. 8p.

GRECO, A.M.F.; MUNARETO, J.D.; POZZEBON, B.C.; MUNARETO, G.S.; GALON, L.; BEUTLER, A.N. Influencia do manejo nas propriedades fisicas do solo. **Anais do Salao Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensao.** v.4, n.2, 2012.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Can. J. Soil Sci.**, 367-375, 1994.

GRINGS, V.H.; WOLOSZYN, N.; Animais. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/suinos/arvore/CONTAG01_16_1012200293742.html> Acesso em: 15/11/2018.

GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do instituto de geociências,** v.19, 1996.

HAMZA, M.A. & ANDERSON, W.K. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil Till. Res**., 82:121-145, 2005.

HAO, X.; CHANG, C. Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? **Agric Ecosyst Environ** 94:89–103. 2003.

HOUNTIN, J.A.; KARAM, A.; COUILLARD, D. & CESCAS, M.P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 78:77-84, 2000.

IAP, (s.d.). Cartilha para licenciamento ambiental. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Atividades/cartilha_suino.pdf >Acesso em: 22/11/2018.

IAP/DIRAM. Instrução normativa 105.006, 2009. Disponível em: < http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/Instrucao_normativa/IN_105_006_SUINOS_VERSAO23JUN2009.pdf >

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **DNDES Setorial,** v.44, p. 125-156, 2016.

JOKELA, W.E.; GRABBER, J.H.; KARLEN, D.L.; BALSER, T.C.; PALMQUIST, D.E. Cover Crop and Liquid Manure Effects on Soil Quality Indicators in a Corn Silage System. **Agronomy Journal,** v.101, 2009.

Jordan, A.; Zavala, L. M.; Gil, J. Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain. **Catena,** v.81, p.77-85, 2010.

JÚNIOR, E.B.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; FERREIRA, C.J.B.; SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. Intervalo Hídrico Ótimo e Grau de Compactação de um Latossolo Vermelho Após 30 Anos Sob Plantio Direto. **Revista brasileira de Ciência do Solo,** p.971-982, 2012.

KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS,R.F.; SCHUMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society America Journal**, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia:** Relações solo planta. São Paulo: Ceres, 1979. 276p.

KIEHL, Edmar J. Fertilizantes Orgânicos. Piracicaba: **Ceres**, 1985.
KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um Latossolo Roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 945-953, 2002.

KLEIN, V., A. - Física Do Solo. 2 ed. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2012. 240p.

KONZEN, E.A. Viabilidade Ambiental e Econômica de Dejetos de Suínos. **Embrapa, documentos online,** 2006.

KUNZ, A. Impactos sobre a disposição inadequada de dejetos de animais sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. **Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia, 2007.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M.M.; OLIVEIRA, P.A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de ciência e tecnologia,** Brasília, v.22, n.3, p.651-665, 2005.

LAL, R. & PIERCE, F.J. The vanishing resource. In: LAL, R. & PIERCE, F.J., eds. Soil management for sustainability. **Ankeny, Soil Water Conservation Society**, 1991. p.1-5.
LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia, São Paulo: **Oficina de textos**, 2013. 456p.

LACERDA, R.D.; MENDES, J.S.; CHAVES, L.H. Manejo de solos ácidos: comparação de métodos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do estado da Paraíba. **Revista de biologia e ciências da terra,** 2006.

Lima, H. V.; Oliveira, T. S.; Oliveira, M. M.; Mendonça, E. S.; Ferreira Lima, P. J. B. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1085- 1098, 2007.

LIMA, Leomar P. Avaliação física de um latossolo vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária. 2007. 175 f. **Dissertação** (Mestrado em

Agronomia, área de concentração em Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

LLANILO, R. F.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M. F.; FERREIRA, R. R. M. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina**, v.27, n.2, p.205-220, 2006.

LOURENZI, C.R,; SCHERER, E.E.; CERETTA, C.A.; TIECHER, T.L.; CANCIAN,A.; FERREIRA,P.A.A.; BRUNETTO. G. Atributos químicos de Latossolo após sucessivas aplicações de composto orgânico de dejeto líquido de suínos. **Pesquisa agropecuária brasileira,** v.51, p. 233-242, 2016.

MAWDSLEY, J. L. BARDGETT, R.D.; MERRY, R, J.; PAIN, B. F.; THEODOROU. M. K. Pathogens in livestock waste, their potential for movement through soil and environmental pollution. Appl. Soil Ecol. 2:1–15. 1995.

MECABÔ JÚNIOR, José. Influência de uma aplicação de dejeto líquido de suínos sobre atributos do solo e erosão hídrica em um nitossolo bruno. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2013.

MEGDA, M. M.; et. al. Correlação linear e espacial entre a produtividade de feijão e a porosidade de um Latossolo vermelho de Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32, p.781- 788, 2008.

MENEZES, CEG. Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ. 2008. p.164 **Tese** (Doutorado em Agronomia em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2008.

MHLONTLO, S.; MUCHAONYERWA, P.; MNKENI, P.N.S. Effects of sheep kraal manure on growth, dry matter yield and leaf nutrient composition of a local amaranthus accession in the central region of the Eastern Cape Province, South Africa. Water SA 33(3):363–368. 2007.

MONTEIRO, R.T. Indicadores da qualidade do solo. **Agrociência,** v.9, n.2, p. 255-257, 2005.

NOLASCO, M.A.; BAGGIO, R.B.; GRIEBELER, J. Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v.3, n.2, p.19-26, 2005.

OLIVEIRA, A.R. de Jr. *Manejo de dejetos*. 1994. Disponível em:www.conpassu.com.br/dejetos. Acesso em: 16 out. 2005.

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

PALHARES, J.C.P. Licenciamento ambiental na suinocultura: os casos brasileiros e mundial. Concórdia: **Embrapa Suínos e Aves**, 2008.

PANACHUKI, E; ILDEGARDIS, B; ALVES SOBRINHO, T; SANCHES DE OLIVEIRA, P.T; RODRIGUES, D.B.B. Perdas de solo e de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, 2011.

PARANÁ, 1998. RESOLUCAO SEMA 031/98. Disponível em: <http://www.oads.org.br/leis/1077.pdf> Acesso em: 05/11/2018.

PARIZOTTO, A.A.; BISOGNIN, J.V.; LORBEN, F.; LIRA, J.L.; LIMBERGER, L.; FOWLER, R.B.; CHAVES, I.C.S. Cartilha para licenciamento ambiental. **Cartilha Cuidados no Tratamento de Dejetos,** 1998.

PEREIRA JUNIOR, E. B. Efeito do pisoteio ovino sobre os atributos do solo, em área de coqueiral. 2006. 35p. **Dissertação do Mestrado.** Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Patos - UFCG, 2006.

PIEPER, N.A. Controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Rio Grande do Sul: **manual técnico**. Recursos Hídricos. Porto Alegre: SEMA, 2006.

Rauber, L. P.; Piccolla, C. D.; Andrade, A. P.; Friederichs, A.; Mafra, A. L.; Corrêa, J. C.; Albuquerque, J. A. Physical properties and organic carbon content of a Rhodic Kandiudox fertilized with pig slurry and poultry litter. **Revista Brasileira de Ciência do** Solo, v.36, p.1323-1332, 2012.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E.A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em Ciência do Solo**: Viçosa, v. 5, p. 49-134, 2007.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; MARTIN, M.C.A. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, 2008.

RIOS, DE MATOS, T. S. et al. Lixiviação de cálcio, magnésio e potássio em colunas de um Latossolo Amarelo distrófico textura média, de Luis Eduardo Magalhães - BA em resposta as doses de óxido de magnésio combinadas com gesso. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO DE CONSERVAÇÃO DOS SOLOS E DA ÁGUA, 17. 2008. Rio de Janeiro, RJ. Anais... Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro, RJ: SBCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008. (CD ROOM).

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.11-21, 2008.

SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ, J. L. The fertilizer value of pig slurry: I. Values depending on the type of operation. ***Bioresource Technology***, Palencia, v. 96, n. 10, p. 1117-1123, 2005.

SANTIAGO, A. D; ROSSETTO, R. Preparo convencional. Brasília, DF, 2007a. Disponível em: Acesso em: 03 de nov. 2010.

SANTOS, H. P. dos; REIS, E. M. **Rotação de culturas em plantio direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 212 p.

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

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, 2010.

SCHLEGEL, A. J.; ASSEFA, Y.; BOND. H.D.; LUCAS HAAG, A. H.; STONE,L.R. Changes in soil nutrients after 10 years of cattle manure and swine effluent application. **Soil and Tillage Research** Volume 172, September 2017, Pages 48-58.

SEBRAE/ESPM, Estudos de mercado Suinocultura, 2008.

SEGANFREDO, M.A. Os dejetos de suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Cadernos de ciência e tecnologia,** Brasília, v.16, n.3, p.129-141, 1999.

SILVA, C.M.; FRANÇA, M.T.; OYAMADA, G.C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **Revista eletrônica da Univar,** n.12, 2015.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; Mielniczuk, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, p.544- 552, 2005.

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

SOUZA, C. F.; CARVALHO, C. C.; CAMPOS, J.A,; MATOS, A.T.; FERREIRA, W.P.M. Caracterização de dejetos suínos em fase de terminação. **Revista Ceres,** v.56, p. 128-133, 2009.

SOUZA, J.C.P.V.S.; AMARAL, A.L.; MORÉS, N.; TREMÉA, S.L.; MIELE.M.; FILHO, J.I.S. Sistema de produção de leitões baseado em planejamento, gestão e padrões operacionais. **Sistema de produção/ EMBRAPA suínos e aves,** 2013.

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1301- 1309, 2013.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S DA.; GONÇALVES, C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia agrícola**, v.59 n.4. 2002.

VEIGA, M.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; Aggregate stability as affected by short and long-term effects of tillage systems and nutrient sources of a Hapludox in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 767-777, 2009.

VEIGA, S.N. Desenvolvimento de um protótipo de um separador de sólidos de dejetos, destinado a propriedade rural. **Dissertação de mestrado**, Florianópolis, 1999.

VEZZANI, F.M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** 2009.

WESTERMAN, P. W.; BICUDO, J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture. Bioresour Technol 2005;96:215–21.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** v.28, n.5, p.891-900, 2004.

WÜRSCHE, W.; DENARDIN, L.E. Conservação e manejo dos solos - I. Planalto Rio-grandense. Considerações gerais. **Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo**, Passo Fundo, n. 2, p. 1-20. 1980.

XIAOYONG, Q.; GENXIANG, S.; ZHENGI, W.; XINLIANG Z., ZUXI H.; Effect of swine liquid manure application in paddy field on water quality, soil fertility and crop yields. **Paddy and Water Environment**, 2018, Volume 16, Number 1, Page 15

ZHAO, Y.; WANG P.; LI, J.; CHENE, Y.; YINGF, X.; LIU, S. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system. **European Journal of Agronomy**, v.31, p.36-42, 2009