

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS DE FREDERICO WESTPHALEN
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

Suzane Rodrigues

**VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E
PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREA COM
FERTIRRIGAÇÃO**

Frederico Westphalen, RS
2023

Suzane Rodrigues

**VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E PROPRIEDADES
FÍSICAS DO SOLO EM ÁREA COM FERTIRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista**.

Orientador: Prof. Dr. Willian Fernando de Borba

Frederico Westphalen, RS, Brasil
2023

Suzane Rodrigues

**VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E PROPRIEDADES
FÍSICAS DO SOLO EM ÁREA COM FERTIRRIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito para obtenção do grau de **Engenheira Ambiental e Sanitarista.**

Aprovado em 23 de Janeiro de 2023.

Willian Fernando de Borba, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Malva Andrea Mancuso, Dra. (UFSM)

Raphael Corrêa Medeiros, Dr. (UFSM)

Frederico Westphalen, RS
2023

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste estudo, passei por várias dificuldades, mas também obtive muito ajuda e colaboração de diversas pessoas, às que quero agradecer agora:

- Primeiramente a Deus, por nunca me abandonar nas horas difíceis, pela sabedoria e saúde para conseguir realizar este trabalho;

- À Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen, pela oportunidade de estudo gratuito e de qualidade;

- Aos meus pais Artidore Rodrigues e Maria Lorena Rodrigues pelo apoio incondicional durante estes 5 anos de graduação sempre me incentivando a não desistir dos meus sonhos;

- Ao meu marido Geovane da Rosa, por sempre estar ao meu lado me apoiando e me ajudando a nunca desistir do grande sonho a formatura, e por me ajudar nas coletas de solo;

- Ao meu amigo, professor e orientador de Trabalho de Conclusão de Curso, Dr. Willian Fernando de Borba, pela paciência, apoio, ajuda e conselhos em diversos períodos de dificuldade na graduação;

- À professora e amiga Jaqueline pela ajuda e disposição para que eu conseguisse entregar este trabalho.

- As minhas amigas de 5 anos de graduação Ingrid, Milena, Caroline, Tailine e Gabriela, por toda a ajuda e apoio que até os últimos dias estavam ao meu lado, sem vocês eu não me formaria. Muito Obrigada!

- E a todos que de alguma forma não mediram esforços de me ajudar de alguma forma.

EPÍGRAFE

**“A persistência é o menor caminho do êxito”
(Charles Chaplin)**

RESUMO

VARIABILIDADE DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS E PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO EM ÁREA COM FERTIRRIGAÇÃO

AUTOR: Suzane Rodrigues

ORIENTADOR: William Fernando de Borba

A utilização de efluentes suínos como fertilizante líquido é uma prática agrícola comum na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Considerando que a atividade pode ocasionar um eventual impacto ao ambiente onde é aplicado, este estudo tem por objetivo analisar as propriedades químicas e físicas de solos onde se realiza a aplicação de dejetos suínos como fertilizante líquido e comparar as características dos mesmos com outros de área onde essa prática não ocorre. Para isso, foram analisadas amostras de solo de duas zonas agrícolas do Município de Pinheirinho do Vale - RS. As amostras foram coletadas em cinco locais de amostragem, nas profundidades de 0, 50 e 100 cm. Para cada local, foram determinadas as concentrações dos elementos químicos (cádmio, cobalto, cobre, cromo, manganês e zinco), utilizando a técnica de espectrometria de absorção atômica, além de parâmetros físicos (condutividade hidráulica saturada e granulometria). Os resultados obtidos indicaram que o solo da área 1 (com aplicação de dejetos suínos) apresentou valores médios de 34% de argila, 41% de silte e, apenas, 25% de areia, sendo classificado como franco argiloso. Já a área 2 (sem aplicação de dejetos suínos) o solo apresentou valores médios de 18% de argila, 46% de silte e 36% de areia, sendo classificado como franca. A condutividade hidráulica saturada foi de $1,4 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ para a área 1 e de $2,4 \times 10^{-4} \text{ cm.s}^{-1}$ para a área 2. Em relação às análises dos parâmetros químicos de solo, os resultados indicaram valores acima do estabelecido pela legislação vigente, sendo que os elementos Cobre e Cádmio apresentaram valores acima em todos os pontos e profundidades analisadas. Ocorreu diferença significativa entre as áreas somente para a profundidade de 1 metro para os elementos Zinco, Cobalto e Manganês. Conclui-se a partir disso, que o uso do dejetos líquidos de suínos não alterou a qualidade natural do solo, onde alguns elementos podem ser de origem natural do meio (Geologia local). Para alguns elementos químicos, ocorreu a lixiviação pelo perfil e/ou translocação da fração argila em profundidade.

Palavras-chave: Contaminação. Lixiviação. Metais pesados.

ABSTRACT

VARIABILITY OF METAL CONCENTRATIONS AND SOIL PHYSICAL PROPERTIES IN AREA WITH FERTIRRIGATION

AUTHOR: Suzane Rodrigues
ADVISOR: William Fernando de Borba

The use of swine effluents as liquid fertilizer is a common agricultural practice in the northwest region of the state of Rio Grande do Sul. Considering that the activity may cause an eventual impact to the environment where it is applied, this study aims to analyze the chemical and physical properties of soils where pig manure is applied as liquid fertilizer and compare their characteristics with others in the area where this practice does not occur. For this, soil samples from two agricultural zones in the municipality of Pinheirinho do Vale - RS were analyzed. Samples were collected at five sampling sites, at depths of 0, 50 and 100 cm. For each location, the concentrations of chemical elements (cadmium, cobalt, copper, chromium, manganese and zinc) were determined using the atomic absorption spectrometry technique, in addition to physical parameters (saturated hydraulic conductivity and granulometry). The results obtained indicated that the soil of area 1 (with application of swine manure) presented average values of 34% of clay, 41% of silt and, only, 25% of sand, being classified as clayey loam. In area 2 (without application of swine manure) the soil presented average values of 18% clay, 46% silt and 36% sand, being classified as frank. The saturated hydraulic conductivity was $1.4 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ for area 1 and $2.4 \times 10^{-4} \text{ cm.s}^{-1}$ for area 2. Regarding the analysis of soil chemical parameters, the results indicated values above those established by current legislation, and the elements Copper and Cadmium showed values above at all points and depths analyzed. There was a significant difference between the areas only for the depth of 1 meter for the elements Zinc, Cobalt and Manganese. It follows from this that the use of liquid swine manure did not alter the natural quality of the soil, where some elements may be of natural origin in the environment (local geology). For some chemical elements, leaching by the profile and/or translocation of the clay fraction in depth occurred.

Keywords: Contamination; Heavy metals; Leaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forma mais comum de aplicação do DLS no solo.	18
Figura 2 - Principais fatores que envolvem o uso dos dejetos suínos na fertirrigação.....	20
Figura 3 - Classes de textura dos solos.....	21
Figura 4 - Localização do município de Pinheirinho do Vale no Brasil.	25
Figura 5 - Delimitação das áreas estudadas.....	26
Figura 6 - Coleta solo superficial com a enxada e coleta do solo em profundidade, com o trado holândes.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os elementos químicos analisados neste estudo, a metodologia utilizada e o limite de detecção do equipamento Shinadzu modelo AA-6200.....	28
Tabela 2 - Granulometria do solo coletado nas áreas 1 (uso de fertirrigação com plantação de pastagem) e na área 2 (sem uso de fertirrigação com plantação de Eucalipto).....	29
Tabela 3 - Resultado da Condutividade Hidráulica Saturada nas duas áreas analisadas.	29
Tabela 4 - Concentração de metais nos pontos e profundidades analisados na área 1 (uso de fertirrigação) e na.....	31
Tabela 5 - Valores médios encontrados para os elementos químicos analisados nos solos de área com uso de fertirrigação (área 1) e área sem uso de fertirrigação (área 2) de suinocultura.	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	13
1.2. Objetivo Geral	13
1.3. Objetivos Específicos	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. SUINOCULTURA NO BRASIL, NO RIO GRANDE DO SUL E NO MUNICÍPIO DE PINHEIRINHO DO VALE	14
2.2. APLICAÇÃO DE DEJETO SUÍNO COMO FERTILIZANTE	15
2.3. IMPACTOS AMBIENTAIS	19
2.3.1. Uso da água	19
2.3.2. Produção de dejetos	20
2.4. PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS	20
2.5. LEGISLAÇÃO	23
2.6. SOLO E SUA RELAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE DEJETO SUÍNO	23
2.6.1. Latossolo	24
3. METODOLOGIA	25
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
3.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO	26
3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE	27
3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS ANALISADAS	28
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	29
4.1. PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO	29
4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO VARIÁVEIS ANALISADAS	32
5. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Após a década de 1970, a suinocultura no Brasil se expandiu e modernizou-se na forma de criação de grandes quantidades e confinamento. Com isso, teve-se um aumento no manejo de dejetos na forma líquida, gerando uma problemática quanto à captação, armazenagem, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos. Assim, faz-se necessário implantar um manejo adequado para estes resíduos (ITO, 2016).

A produção brasileira de carne suína apresenta-se com crescente destaque a cada ano, devido à busca por suprir a demanda interna e, sobretudo, a do mercado externo, o qual é cada vez mais exigente quanto a qualidade da matéria-prima e ao cuidado com o meio ambiente (DEBORTOLLI et al., 2018). A produção de suínos é basicamente concentrada na pequena propriedade rural (CERETTA et al. 2005), destacando-se na região noroeste do Rio Grande do Sul, oeste e extremo oeste de Santa Catarina, como uma das atividades mais importantes praticadas pelos produtores.

O rápido crescimento da indústria de criação de suínos ocasionou problemas ambientais na geração de grandes quantidades de resíduos potencialmente contaminantes (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015). Para minimizar esse problema, uma das formas mais racionais de destinar definitivamente esses resíduos é utilizá-los como fertilizante orgânico.

O dejetos suíno contém alguns nutrientes como: nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), zinco (Zn) e boro (B). Qualificando para o uso agrícola para melhoramento do solo e nutrição das plantas (KRAJESKI; POVALUK, 2014). O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de proteína animal. Neste cenário, a suinocultura se desenvolveu significativamente nas últimas décadas, destacando-se como uma das principais atividades de renda no meio rural, principalmente na região Sul do Brasil (BARROS et al., 2019). Todavia, quanto ao manejo e utilização dos dejetos proveniente dessa atividade, são uma boa fonte de fertilizante orgânico, pois são ricos em nutrientes que podem ser utilizados na substituição da adubação mineral, porém, o uso indiscriminado destes resíduos, pode causar danos ambientais, principalmente, no solo e na água (PALHARES et al., 2016).

A suinocultura tem papel de grande importância no cenário econômico brasileiro atual, não só pelo grande número de produtores envolvidos, mas também pelo significativo número de empregos diretos e indiretos criados e pela capacidade de produzir grande quantidade de proteína animal de alta qualidade em pouco espaço e tempo reduzido (OLIVEIRA, 1993). No entanto, embora as atividades suínolas proporcionem o desenvolvimento econômico e

social, os resíduos gerados da agropecuária possuem alto potencial poluidor, sendo assim, faz-se necessário refletir sobre alternativas de mitigar os efeitos negativos ao meio ambiente (RESENDE et al, 2015).

Já bem consolidada, a suinocultura brasileira ocupa a 4ª posição mundial em relação à produção e comercialização de carne suína mundial (EMBRAPA, 2021). Assim, os dejetos, após certo tempo de fermentação, os resíduos são transportados e espalhados pela lavoura por bombas ou máquinas. Este sistema pode dar bons resultados com um manejo adequado e se houver terras agrícolas suficientes para absorver a quantidade de águas residuais geradas (VICTÓRIA, 1994).

Conforme Oliveira (2004), para o uso do dejetos suíno como fertilizante para as plantas requer conhecimentos específicos e investimentos significativos em função da armazenagem, transporte, distribuição e ainda quanto à adequação nas legislações vigentes. Sendo que, os pequenos e médios produtores muitas vezes não possuem capacidade financeira para custear.

Com base nisso, compreender os efeitos do solo que utilizam o dejetos suíno como fertilizante, ajuda a desenvolver estratégias para modificar o sistema de produção, visando aumentar a sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, essa pesquisa teve por objetivo, avaliar o efeito da aplicação de dejetos de suínos nas propriedades químicas e físicas do solo em uma propriedade da cidade de Pinheirinho do Vale - RS.

1.1. OBJETIVOS

1.2. Objetivo Geral

Analisar parâmetros físico-químicos do solo em uma área agrícola com utilização de fertirrigação de dejetos suíno e em uma área sem o uso de fertirrigação do município de Pinheirinho do Vale - RS, visando identificar possíveis alterações nas características naturais do solo.

1.3. Objetivos Específicos

- Determinar a granulometria e a condutividade hidráulica do solo das duas áreas;
- Analisar as concentrações dos elementos químicos zinco, cobre, cromo, cobalto, cádmio e manganês no solo e a sua associação com os usos;
- Avaliar os eventuais efeitos da aplicação de dejetos suínos, como prática de fertirrigação, no solo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse item irá tratar, de forma sucinta, alguns aspectos relacionados á suinocultura, bem como preceitos de solo, além de suas principais fontes de contaminação provenientes da atividade em estudo.

2.1. SUINOCULTURA NO BRASIL, NO RIO GRANDE DO SUL E NO MUNICÍPIO DE PINHEIRINHO DO VALE

De acordo com ABCS e SEBRAE (2016), a suinocultura no cenário Brasileiro apresenta diversos cenários, seja na escala de produção, o nível de adoção tecnológica e o arranjo produtivo entre o produtor e a empresa de processamento. Sendo que, segundo os autores, no Sul há predomínio de pequenos suinocultores integrados ou cooperados, especializados em determinada fase da produção, já a região sudeste é marcada por produtores independentes com produção de ciclo completo.

A EMBRAPA (2021) disponibilizou dados estatísticos quanto ao ranking do Brasil em 2021 na suinocultura:

- 2.015.000 matrizes alojadas;
- 4,701 milhões de toneladas produzidas [4º lugar mundial];
- 5,97% de aumento na produção nacional [em relação a 2020] destino da produção: mercado interno 76%, exportação 24%;
- 1,137 milhão de toneladas exportadas [4º lugar mundial].

Este sistema de produção agropecuário ganha relevância ainda maior na região Sul do país, onde a criação de suínos tem sua maior representação numérica, econômica e tecnológica (CORREA et al., 2011). A maior produção suinícola do país está localizada em Santa Catarina, com aproximadamente 32,00 % do abate nacional e o Rio Grande do Sul está em 2º lugar com aproximadamente 21,00 % e com número de cabeças aproximadamente 17,24 % do rebanho nacional (EMBRAPA, 2021).

Segundo ABCS e SEBRAE (2016), as principais regiões produtoras dentro do Estado em 2015 são o Noroeste Rio-Grandense, a região Centro Oriental Rio-Grandense e o Nordeste Rio-Grandense, correspondem respectivamente, a 59,00 %, 18,00 % e 11,00 %. Ainda se estima que 82,00 % dos suinocultores do Rio Grande do Sul produzem integrados com agroindústrias e cooperativas.

Na região do Médio Alto Uruguai, Mantelli (2006) elucida que a criação de suínos predomina nas propriedades rurais de porte médio e pequeno, que possuem uma ou mais atividades direcionadas à geração de renda para o sustento da família.

A Associação de Criadores de Suínos do Rio Grande do Sul (ACSURS) disponibilizou o ranking de municípios gaúchos e respectivas quantias de suínos produzidos para abate no Estado em 2021 (ACSURS, 2021). Segundo os autores, o município de Rodeio Bonito ocupa a primeira colocação no ranking, desta vez pelo quinto ano consecutivo. Aparecem ainda entre os 10 primeiros colocados os municípios de: Palmitinho, com 227.748 suínos abatidos; Aratiba com 212.950 animais; Nova Candelária com 208.188 animais; Três Passos com 200.174 animais; Rondinha com 198.113 animais; Camargo com 195.114 animais; Boa Vista do Buricá com 182.835 animais; Santo Cristo com 180.198 animais; e Pinheirinho do Vale, com 148.183 animais.

De acordo com a Prefeitura Municipal de Pinheirinho do Vale (2017), no ano de 2017 o Município se destacou com 62,00 % da produção primária, representa grande importância social e econômica para o município, ocupa a 16ª posição entre os 100 maiores produtores de suínos do Rio Grande do Sul. Assim, percebe-se a importância da atividade no setor econômico do Município.

2.2.APLICAÇÃO DE DEJETO SUÍNO COMO FERTILIZANTE

O dejetos suíno (mistura de fezes, urina e água de lavagem) é caracterizado pela alta capacidade de tamponamento e pela variedade de nutrientes, fundamentais para o crescimento dos micro-organismos responsáveis pela digestão anaeróbica (MLADENOVSKA et al., 2006). Normalmente, apresenta coloração escura, consistência normalmente líquida, mas podendo ser também pastosa ou sólida, com odor desagradável (BARROS et al., 2019).

O dejetos suíno líquido contém matéria orgânica, os elementos N, P, K, Ca, Sódio (Na), Mg, Manganês (Mn), Ferro (Fe), Zn, Cu além de outros elementos que podem estar inclusos na alimentação dos animais (DEBORTOLLI et al., 2018). Complementando, Krajcski e Povaluk (2014), dizem que os elementos N, P e K favorecem a nutrição do solo, contudo deve-se ser utilizado como adubo orgânico de forma correta e de acordo com a legislação.

A adição de matéria orgânica no solo amplia a capacidade de troca de cátions, tendo-se uma evolução da estrutura do solo, aumento da porosidade e da taxa de infiltração de água (ANGERS et al., 2010). Ainda conforme Krajcski; Povaluk (2014), a maioria dos

microrganismos presentes no solo podem ser classificados como mesófilos, pois possuem uma faixa de temperatura onde seu nível de crescimento é maior.

Estes microrganismos podem padecer com o aparecimento de secas, geadas ou intemperismos súbitos, causando a morte de grande parte deles. Sendo assim, a aplicação dos dejetos suínos mantém o solo por mais tempo úmido, uma vez que pode proteger a microfauna ali presente (KRAJESKI; POVALUK, 2014).

Segundo Pinto, Bassoi e Soares (2004), a fertirrigação é uma técnica de aplicação combinada de fertilizantes e água por meio de sistemas de irrigação. Essa técnica torna-se mais eficaz quando são utilizados fertilizantes orgânicos, como os dejetos da suinocultura (SEGANFREDO; JÚNIOR, 2008). Esta é a forma mais comum, principalmente nas pequenas propriedades, para se utilizar como adubo nas pastagens para alimentação de vacas leiteiras (CARDOSO, 2001). Devido às suas propriedades químicas, o esterco suíno apresenta alto potencial de fertilidade, podendo substituir parcial ou totalmente os fertilizantes químicos, o que contribui consideravelmente para aumentar a produtividade das lavouras e reduzir os custos de produção (SEGANFREDO; JUNIOR, 2008).

De acordo com Pellegrini et al. (2021), nos últimos anos a atenção se concentrou na necessidade de desenvolver técnicas para a devolução dos resíduos oriundos da suinocultura. Visto que essa atividade é caracterizada pelos altos níveis de poluição e a produção está aumentando constantemente. Devido à alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o esterco suíno é um poluente, principalmente para os recursos hídricos. No entanto, as pesquisas que utilizam o esterco como fertilizante mostram que ele pode e deve ser utilizado como um insumo útil e econômico na produção agrícola (KONZEN, 2006).

Alguns experimentos têm sido realizados evidenciam o efeito da aplicação de Dejeito Líquido de Suínos (DLS) na produção de grãos. Segundo Konzen (2002), a dose a ser aplicada de DLS deve seguir o princípio de exportação de nutrientes para a produção das culturas. O autor cita que, em pesquisa realizada em Patos de Minas - MG, foram obtidas produtividades crescentes, variando de 5.179 a 7.657 kg.ha⁻¹ de milho, com aplicação de 45 a 180 m³.ha⁻¹ de dejetos de suínos, respectivamente.

Ainda conforme a pesquisa de Konzen (2002), não ocorreu efeito da aplicação de nitrogênio em cobertura, levando à conclusão de que as quantidades de dejetos aplicadas supriram as necessidades de nitrogênio para produções de 7.000 a 8.000 kg.ha⁻¹ de milho. A pesquisa demonstrou, ainda, que os dejetos de suínos apresentam baixo efeito residual, mesmo com doses de 180 m³.ha⁻¹.

Oliveira (2004) afirma que, para tanto é fundamental a elaboração de um plano técnico de manejo e adubação que considere a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade, o tipo de solo e as exigências da cultura a ser implantada, prevendo também a adoção das boas práticas de manejo do dejetos nas estrumeiras ou lagoas de contenção, bem como os cuidados na aplicação em lavouras. O autor ainda diz que, a problemática quanto à suinocultura provém do excesso de dejetos gerado, assim ocasionando a saturação dos solos, elevados custos no tratamento dos efluentes e a contaminação dos recursos naturais. Esta contaminação ocorre através dos nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e, do ar, pelas emissões de NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S .

O nutriente de maior concentração presente nos dejetos de suínos é o N ainda, na sua forma líquida (DLS) e armazenado em esterqueira anaeróbica se define pela baixa proporção de matéria seca e pela alta percentagem de N amoniacal, entre 40 e 70,00 % do N total (SÁNCHEZ; GONZÁLEZ, 2005). Após a aplicação DLS, é possível ocorrer perdas significativas de nitrogênio pela volatilização de amônia, isso se dá pela influência das condições ambientais, das características físicas e químicas do dejetos e na maneira da aplicação no solo (DENDOOVEN et al., 1998; PORT; AITA, GIACOMINI; 2003; BASSO et al., 2004). A melhor maneira de disposição dos dejetos no solo é por via de aplicações aéreas com distribuidores específicos, por injeção no solo ou por fertirrigação (BARROS et al., 2019), sendo que até o horário de aplicação pode interferir no melhor aproveitamento dos componentes do dejetos (BASSO et al., 2004).

A forma mais utilizada é a aplicação aérea, na qual os dejetos são retirados da estrumeira através de um equipamento chamado de distribuidor de esterco (Figura 1) para então o dejetos ser lançado ao solo. Por esse método, todos os nutrientes presentes no dejetos são depositados na superfície do solo e, portanto, sujeitos à ocorrência de intemperismo.

Com o acontecimento de uma chuva intensa, associado a uma carga maior do que o solo suporta, o escoamento superficial iria carregar os dejetos até as áreas mais baixas do terreno, onde geralmente estão localizados os corpos d'água, assim gerando possíveis contaminações ao lençol freático e aos organismos que ali vivem (BARROS et al., 2019).

Figura 1 - Forma mais comum de aplicação do DLS no solo.



Fonte: AGROBIL (2022).

Segundo Konzen (2000), na atualidade, um dos maiores desafios para a sobrevivência das zonas de produção intensiva é estabelecer um manejo adequado para os dejetos suínos. Visto, que, as atividades agrícolas, visando o aumento da produtividade, aplicam-se compostos nitrogenados (NIA et al., 2022), sendo o dejetos suíno um deles. Assim, Cadoná (2017) afirma que o efluente gerado possui em sua constituição elementos como N, P, Cu, Zn e Mn, além de bactérias do grupo coliformes.

Conforme Oliveira (2004), uma indicação técnica para o manejo desses resíduos líquidos seria utilizar o depósito e tratamento em esterqueiras ou lagoas para mais tarde utilizar nas lavouras como fertilizante. A utilização dos dejetos como fertilizantes para o solo tem como principal objetivo de obter maior rendimento nas culturas agrícolas, sendo a aplicação realizada em quantidades suficientes para suprir adequadamente os nutrientes nas culturas. Para isso exige-se ter conhecimento da disponibilidade de nutrientes do referido dejetos para as plantas e quais os serão os efeitos residuais (SCHEER, 2002; STRECK et al., 2018).

O fertilizante quando aplicado em elevadas e repetidas aplicações o solo tende a ter altas quantidades de nutrientes e a planta não conseguirá absorver além do que precisa. Além de acarretar a saturação dos nutrientes do solo, pode ocasionar a degradação da estrutura do solo e afetar significativamente as plantas (SILVA et al., 2006; STRECK et al., 2018; MORINO, 2021)

Outro ponto de importante análise é o fornecimento de nitrogênio em quantidade superior à necessidade das plantas, que implica na lixiviação de nitrato e na possível contaminação da água subterrânea. Podendo provocar às propriedades, danos ambientais, econômicos e de produção (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015; STRECK et al., 2018).

Logo, se a quantidade de dejetos a ser aplicado no solo for baseada no nutriente em menor concentração e apenas corrigindo deficiências com fertilizantes químicos, os danos ambientais decorrentes do uso do solo serão minimizados a curto e em longo prazo (STRECK et al., 2018). Berwanger et al. (2008) relatam que os dejetos líquidos suínos podem ser considerados um fertilizante não balanceado, por se tratar de um meio difícil de ajustar às diferenças entre as necessidades das plantas (quantitativa e temporalmente) e à oferta dos nutrientes.

O uso de dejetos animais também pode resultar na aplicação excessiva de outros nutrientes, além do N. Aplicações repetidas do dejetos de animais resultam na combinação de P e de elementos traço (Zn e Cu) no solo. Assim, havendo a demanda de aplicação dos dejetos suínos em áreas agricultáveis, devem ser feitas análises específicas para não gerar qualquer malefício ao solo e as plantas (ASSIS, 2004; STRECK et al, 2018).

2.3. IMPACTOS AMBIENTAIS

2.3.1. Uso da água

A suinocultura é uma atividade que necessita de um grande consumo de água, pois é o insumo fundamental na criação dos suínos, assim gerando uma grande preocupação com o uso racional da água, perante o desenvolvimento crescente da suinocultura (ITO, 2006). De acordo com FATMA (2014), estima-se que o consumo de água por animal ao dia seria de 72,9 litros no ciclo completo e este consumo de água não se deve apenas pela ingestão do animal, mas também pelo desperdício causado pelo manejo, pelo tipo de bebedouro e pelas limpezas periódicas realizadas.

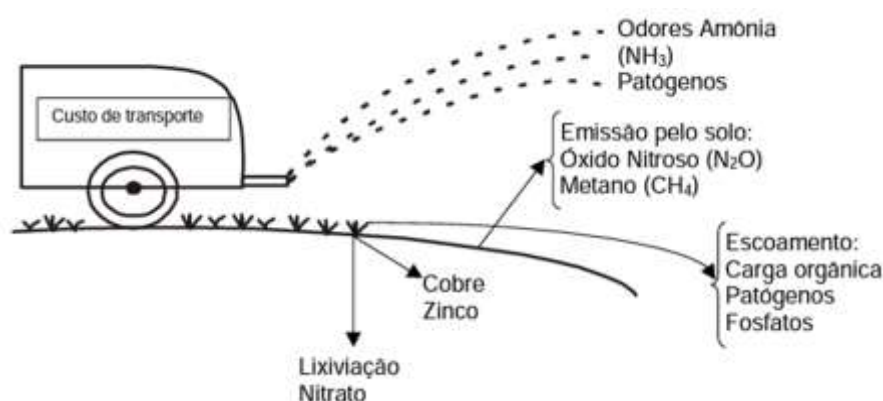
Segundo Ito (2006), mediante a preocupação com o uso da água, atualmente já são implantadas algumas alternativas para com a economia da mesma na produção de suínos. A mais utilizada é a captação da água da chuva, através de calhas instaladas no telhado da granja, coletando esta água e sendo armazenada em cisternas, alternativa mais indicada para períodos de estiagem (SOUZA et al., 2016). Esta água pode ser reaproveitada para a limpeza das instalações e ainda, se tratada, na dessedentação dos animais (LIMA et al., 2012).

2.3.2. Produção de dejetos

Os dejetos são constituídos de esterco, urina, pelos, resíduos de ração, medicamentos e água. Um suíno gera em média de 6,7 kg de dejetos por dia, tratando-se de uma geração alta por animal (OLIVEIRA, 1993). As principais preocupações em relação ao Meio Ambiente devido ao manejo inadequado dos dejetos de suínos são representadas na Figura 2.

O destino dos dejetos, na maior parte dos casos, é o uso como fertilizante agrícola, gerando um risco grande de poluição ambiental. Conforme Ito (2006), como ocorre à presença de diversos elementos químicos, além de medicamentos veterinários, manejo inadequado dos dejetos causa sérios impactos ambientais na água, terra e no ar.

Figura 2 - Principais fatores que envolvem o uso dos dejetos suínos na fertirrigação.



Fonte: Oliveira (2004).

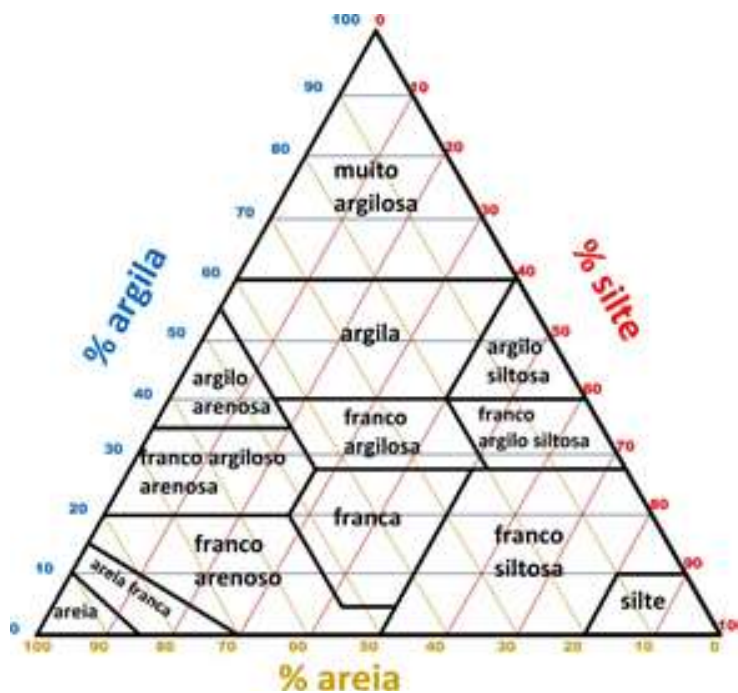
2.4. PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DOS SOLOS

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), a classificação estrutural entre horizontes dos solos é expressa por notação binária ou ternária, na forma de frações, como, “textura média/argilosa” (binária) e “textura arenosa/média/muito argilosa” (ternária). As variações das classes texturais em profundidade e composição são descritas a seguir e demonstrada na Figura 3 (EMBRAPA, 2018).

- Textura arenosa – material que compreende as classes texturais areia e areia franca, ou seja, teor de areia menos teor de argila $> 700 \text{ g.kg}^{-1}$;
- Textura média – material com menos de 350 g.kg^{-1} de argila e mais de 150 g.kg^{-1} de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca;

- Textura argilosa – material com conteúdo de argila entre 350 g.kg⁻¹ e 600 g.kg⁻¹;
- Textura muito argilosa – material com conteúdo de argila superior a 600 g.kg⁻¹;
- Textura siltosa – material com menos de 350 g.kg⁻¹ de argila e menos de 150 g.kg⁻¹ de areia.

Figura 3 - Classes de textura dos solos.



Fonte: Streck et al. (2018).

A qualidade física do solo se manifesta de várias formas: na infiltração, retenção e disponibilidade de água para as plantas, na resposta ao manejo e resistência à degradação, na ocorrência de trocas de calor e gases com a atmosfera e com a raiz da planta em crescimento (STRECK et al., 2008).

Segundo Carpenedo e Mielniczuk (1990), algumas práticas de manejo do solo alteram as propriedades físicas do solo, principalmente sua estrutura, sendo que tais alterações podem ser permanentes ou temporárias e ainda influenciam fortemente o processo erosivo. Assim, a estrutura inicial do solo cultivado de forma intensiva muda à medida que os agregados são fracionados em unidades menores e, como resultado, o volume dos macroporos diminui e o volume dos microporos e a densidade do solo aumentam (PANACHUKI et al., 2006).

Segundo o CETESB (2023), a física do solo interfere nos processos químicos e biológicos e, por consequência, desenvolve estudos sobre a qualidade do solo. Assim, essa propriedade abrange várias características como: textura, densidade, estrutura, resistência

mecânica à penetração, consistência, agregados, disponibilidade de água, infiltração e a condutividade hidráulica (KLEIN, 2014). Onde cada uma irá reagir de um jeito com a aplicação de dejetos suíno.

A densidade é um dos atributos mais utilizados para avaliação do estado estrutural do solo, pois através da densidade permite-se avaliar a porosidade, condutividade hidráulica, difusividade do ar, entre outros, além de ser utilizada como indicador do estado da compactação do solo (CAMARGO; ALLEONI, 1997). Os valores de densidade dos solos agrícolas variam de 0,9 a 1,8g.cm⁻³ (KLEIN, 2014).

A textura é um dos principais indicadores de qualidade e produtividade do solo (WANG; OTSUBO; ICHINOSE, 2005), isso porque afeta a dinâmica de adesão e coesão entre as partículas, no manejo do solo, na resistência do solo à tração e na dinâmica do solo. Além do mais, pode ser usado como um fator ambiental, pois influencia diretamente os processos ecológicos, como ciclagem de nutrientes e troca iônica (HE et al., 2014).

Por conseguinte, a granulometria do solo está associada às porcentagens das partículas primárias (areia, silte e argila), divididas em diferentes tamanhos definidos por diâmetros específicos (KLEIN, 2014). A retenção de água no solo é considerada uma avaliação adequada para estimar sua qualidade física e estrutural (MARCHÃO et al., 2007). A retenção de água do solo é característica específica de cada solo, sendo resultado de ação conjunta e complexa de vários fatores, como o teor e mineralogia da fração argila (FERREIRA; FERNANDES; CURI, 1999), teor de matéria orgânica, estrutura e densidade do solo (BEUTLER et al., 2001). Para Klein (2014), a capacidade de infiltração de água no solo é influenciada pelo tempo, umidade inicial, porosidade e textura, pela condutividade hidráulica, entre outros fatores.

E por fim, CETESB (2023) relata que a condutividade hidráulica é caracterizada pela capacidade com que a água consegue movimentar-se ao longo do perfil do solo. O movimento da água no solo ocorre em um meio poroso heterogêneo, onde o tamanho, a forma e a conexão entre a porosidade do solo e a viscosidade do fluido determinam a taxa de infiltração. Portanto, o transporte e a movimentação de contaminantes no solo também dependem da forma e tamanho das partículas que compõem o solo e do grau de sua compactação.

Sendo assim, conforme Streck et al. (2018), as aplicações desses dejetos melhoram as propriedades físicas do solo aumentando a agregação, reduzindo a densidade de solo, aumentando a capacidade de retenção de água e matéria orgânica no solo. Os processos físico-químicos que ocorrem no solo envolvem a matriz, de maneira mais importante as partículas menores, e os solutos basicamente pela sua atividade elétrica. As trocas de cargas entre os

compostos do solo são responsáveis pela retenção ou movimentação dos materiais, entre eles os nutrientes, óxidos e ácidos, matéria orgânica, resíduos e efluentes (PEREIRA, 2020).

2.5.LEGISLAÇÃO

Existem normas federais e estaduais quanto ao manejo dos dejetos líquidos para serem seguidos, como a Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e as diretrizes ambientais e também as condições e os padrões de lançamentos de efluentes. E ainda, cada estado possui a sua legislação quanto ao lançamento de dejetos.

No Estado, o licenciamento ambiental é regulamentado pelas Leis Estaduais nº 10.330, de 27 de 1994 (RIO GRANDE DO SUL, 1994), Lei 11.520, de 3 de agosto de 2000 (RIO GRANDE DO SUL, 2000), Lei Complementar 140, de 08 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011) e Resolução CONSEMA 288, de 02 de outubro de 2014 (CONSEMA, 2014), podendo ser de incumbência do Estado ou do Município, dependendo do porte da unidade. A definição do âmbito do licenciamento ambiental das unidades de produção de suínos envolve a observação da quantidade de suínos das unidades.

Quando ultrapassado o número máximo de animais, o licenciamento ambiental passa a ser de âmbito estadual, sendo realizado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS (FEPAM). Para a categoria Terminação, por exemplo, acima de 1.000 suínos, o licenciamento passa de municipal para estadual, enquanto na fase de Creche, este limite é de 3.000 suínos.

2.6. SOLO E SUA RELAÇÃO COM A APLICAÇÃO DE DEJETO SUÍNO

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta quatro grandes províncias geomorfológicas que têm origens geológicas distintas, são elas: Planalto, Depressão Periférica, Escudo-Sul-grandense e Planície Costeira, sendo que Pinheirinho do Vale se encontra na província geomorfológica do Planalto (STRECK et al., 2018).

A província do Planalto que ocupa metade norte e uma porção no sudoeste do Rio Grande do Sul é formada por uma sucessão de pacotes de rochas vulcânicas. Essas rochas se apresentam em um relevo aproximadamente tabular, muito escovado pelos rios, e, em alguns pontos, formando escarpas e vales profundos (SIMIELLI, 2009). O município de Pinheirinho do Vale pertence à região do Alto Uruguai, nas porções mais dissecadas pelas calhas dos afluentes do rio Uruguai, todos originados de rochas basálticas e ocupando um relevo

ondulado a forte ondulado ocorrem Latossolos Vermelhos Distroféricos e Eutroféricos, além de Nitossolos Brunos e Vermelhos Distroféricos (LEMOS, 1973). Portanto, na vertente estudada, os solos das parcelas foram classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico.

2.6.1. Latossolo

Segundo Streck et al. (2018), o latossolo é muito profundo e poroso, altamente intemperizado, são solos bem drenados, constituídos de pouca argila na sua profundidade, por isso mostra um perfil muito homogêneo, onde é difícil diferenciar os horizontes. Por serem solos muito intemperizados, apresentam cores vermelhas acentuadas devido aos teores mais altos e à natureza dos óxidos de ferro presentes no material originário o que lhes confere uma baixa atividade da argila (SANTOS; ZARONI, 2021; STRECK et al, 2018).

Este solo pode ser tóxico para as plantas em função do alumínio, no entanto, as profundidades do solo aliadas ao relevo plano tornam-na apta para o cultivo, desde que corrigida a fertilidade química, podendo ser utilizada tanto para cultivos de inverno quanto de verão (ATLAS, 2022).

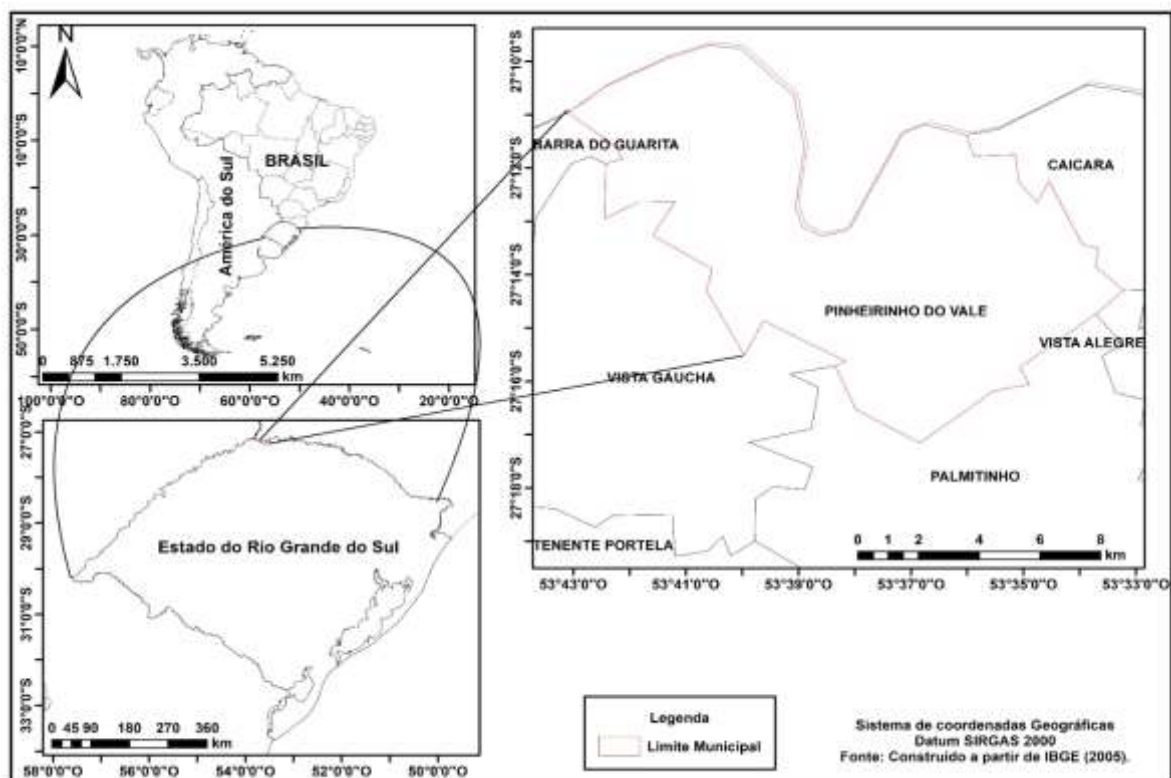
3. METODOLOGIA

A metodologia irá tratar de forma clara e sucinta a forma que foi realizada o estudo, como caracterização do local, métodos de coleta e análise.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Pinheirinho do Vale está localizado no norte gaúcho, na região do Médio Alto Uruguai, onde faz divisa com Santa Catarina (Figura 4). O município é banhado pelos rios Guarita, Pardo e Uruguai. É um dos municípios da região com maior número de suinícolas, gerando a economia do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHEIRINHO DO VALE, 2022).

Figura 4 - Localização do município de Pinheirinho do Vale no Brasil.



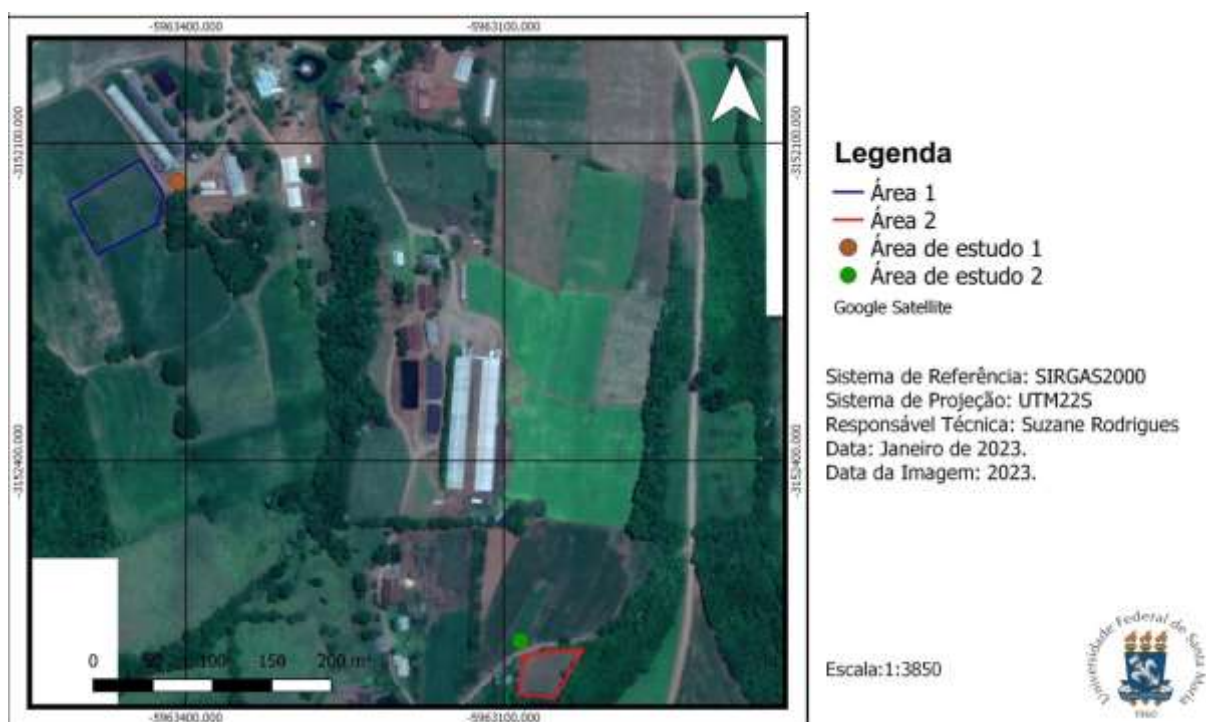
Fonte: Construído a partir de IBGE (2005).

3.2. COLETA DAS AMOSTRAS DE SOLO

As amostras de solo foram coletadas no dia 19 de outubro de 2021 e para estas coletas foram selecionadas duas áreas, sendo uma onde ocorre a utilização de dejetos suínos (área 1) e outra em zona de plantio de eucalipto, nas proximidades, sem a utilização de dejetos (área 2) (Figura 5). Em cada área, foram coletadas amostras de solo em cinco pontos de coleta a profundidades de 0 (Superficial), 0,50 m e 1,00 m.

A área 1 está localizada em uma propriedade da linha União, sendo um terreno plano com aplicação frequente de dejetos suínos e que sofre compactação de máquinas agrícolas para realização de plantio de milho. A área 2 está localizada num terreno com declive acentuado em que nunca houve aplicação de dejetos suínos e nem compactação do solo, e onde atualmente possui plantio de Eucalipto.

Figura 5 - Delimitação das áreas estudadas.



Fonte: Construído a partir de Google Earth (2023).

As amostras foram coletadas com auxílio de um trado holandês para atingir as profundidades desejadas e com enxada para a coleta em superfície (Figura 6). Após a coleta, os materiais eram lavados, evitando possíveis alterações em profundidade. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificados de acordo com a área e a sua respectiva

profundidade. Para a análise granulométrica e Condutividade Hidráulica Saturada (k), foram coletadas em apenas um ponto de coleta.

Figura 6 - Coleta solo superficial com a enxada e coleta do solo em profundidade, com o trado holandês.



Fonte: Autora (2021).

3.3. METODOLOGIA DE ANÁLISE

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos, da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, campus Frederico Westphalen/RS. Além das informações químicas do solo, foram coletadas amostras para determinar a condutividade hidráulica saturada (k) e a granulometria do solo. Para a determinação da granulometria, utilizou-se a NBR 7.181/1984 (ABNT, 1984), onde foram obtidas as frações areia, silte e argila. Já para a k, foi utilizado o parâmetro de carga constante (MARQUES et al., 2008).

Para cada profundidade coletada foram determinadas as concentrações dos elementos químicos Cu, Co, Cd, Cr e Zn por meio da técnica *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), seguindo o proposto pela USEPA (1998), modificado por Silva (2009), sendo o equipamento utilizado o Shinadzu modelo AA-6200. Posteriormente, as concentrações dos elementos foram comparadas com os Valores de Referência de Qualidade (VRQ) propostos pela Portaria FEPAM 085/2014 (FEPAM, 2014) para a região da província Geológica Geomorfológica das rochas vulcânicas do Planalto no percentil 75, sendo este o percentil com os valores mais

restritivos para cada elemento químico analisado. Os VRQ para os elementos analisados, junto com o Limite de Detecção (LD) do equipamento utilizado neste estudo são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Os elementos químicos analisados neste estudo, a metodologia utilizada e o limite de detecção do equipamento Shinadzu modelo AA-6200.

Elemento químico	Metodologia	*LD (mg.kg⁻¹)	**VRQ (mg.kg⁻¹)
Zn		0,01	102,00
Cu	USEPA (1998) modificado por Silva (2009)	0,04	165,00
Cr		0,12	64,00
Cd		0,01	0,48
Co		0,06	49,00

Legenda: * Limite de Detecção e ** Valor de Referência de Qualidade.
Fonte: Autora (2023).

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS VARIÁVEIS ANALISADAS

Com base nos resultados da concentração de Zn, Cd, Co, Cu e Cr nos cinco pontos amostrais e considerando os resultados nas diferentes profundidades, foram calculadas as estatísticas descritivas de tendência central e de variabilidade. Os resultados de cada variável foram comparados entre as três profundidades (0, 0,5 e 1 m) e estimada a média. Após foram realizadas comparações entre as áreas de coleta através da análise de variância (ANOVA), de uma via, seguida do teste de *Tukey*. Os valores foram expressos como média \pm erro padrão no programa utilizado, ESTATÍSTICA 7.0, com nível mínimo de significância ($P < 0,05$).

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesse item, serão apresentados os principais resultados obtidos nessa pesquisa, além da discussão e comparação com outras pesquisas realizadas.

4.1. PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS DE SOLO

O solo tanto na área 1 (Com aplicação de DLS) quanto na área 2 (Sem aplicação de DLS) prevaleceu a granulometria de silte em maior porcentagem, conforme Tabela 2, mas a porcentagem de argila varia entre uma área e outra, havendo na área 1 solo franco argiloso e na área 2 como solo franco (LEMOS; SANTOS, 1984).

Tabela 2 - Granulometria do solo coletado nas áreas 1 (uso de fertirrigação com plantação de pastagem) e na área 2 (sem uso de fertirrigação com plantação de Eucalipto)

Áreas	Argila	Silte (%)	Areia	Classificação (LEMOS; SANTOS, 1984)
1	34,00	41,00	25,00	Franco argiloso
2	18,00	46,00	36,00	Franco

Fonte: Autora (2022)

Os solos que possuem uma fração argila média em razão das suas propriedades químicas e físicas são melhores para fins agrícolas. O tamanho das partículas do solo interfere diretamente no grau de compactação, na disponibilidade de água, na capacidade de troca de cátions, e na dosagem de nutrientes, corretivos e de herbicidas (CENTENO et al., 2017).

A compactação do solo e a descontinuidade dos poros reduzem consideravelmente a condutividade hidráulica do solo saturado, por isso a compactação exerce grande influência na condutividade hidráulica (KLEIN, 2014). Sendo assim, conforme a Tabela 3, com os resultados da análise da k para as áreas, pode-se observar a variação entre as áreas, sendo nítida a diferença da quantidade de água infiltrada nos solos de cada área. Na área 1, a percolação da água foi bem inferior que na área 2. Isso pode ser em decorrência do manejo do solo ou ainda do tráfego de máquinas agrícolas.

Tabela 3 - Resultado da Condutividade Hidráulica Saturada nas duas áreas analisadas.

Áreas	K (cm.s ⁻¹)
1	$1,4 \times 10^{-5}$
2	$2,4 \times 10^{-4}$

Fonte: Autora (2022)

A permeabilidade do solo depende, dentre outros fatores, da quantidade, da continuidade e do tamanho de poros, sendo a compactação e a descontinuidade dos poros responsáveis pela redução significativa da permeabilidade do solo à água (BEUTLER et al., 2001). No caso da aplicação de DLS, pode interferir na percolação do material pelo perfil do solo, ou ainda no aumento do escoamento superficial.

Conforme Mancuso et al. (2014), o tipo de manejo do solo afeta fortemente a infiltração, o revolvimento do solo ajuda para a penetração da água no perfil devido à maior rugosidade da superfície e menor escoamento. Assim, o manejo do solo pode interferir na infiltração, e conseqüentemente escoamento superficial local.

Em relação aos parâmetros químicos de solo, a Tabela 4 apresenta as concentrações dos metais analisados nas áreas 1 e 2. Considerando todos os pontos de coleta, cada qual com três profundidades, os cinco parâmetros avaliados, foram observados 112 valores acima do VRQ (FEPAM, 20014). Em resumo, foram observadas quatro amostras acima do VRQ de Zn (Pontos 2, 3, 4), 15 amostras com valores acima do permitido de Cu, em todos os pontos e profundidades, 12 com valores acima do permitido de Co (em todos os pontos), 11 com presença de Cr acima do permitido (em todos os pontos), e 15 amostras com Cd acima do permitido, em todos os pontos e profundidades.

Na área 2, seis amostras apresentaram valores acima do permitido de Zn (Pontos 1, 3, 4), 14 amostras com Cu acima do permitido (em todos os pontos), 12 amostras apresentaram Co acima do permitido (em todos os pontos), oito amostras de Cr acima do permitido (em todos os pontos), e 15 apresentaram Cd acima do permitido (em todos os pontos e profundidades).

Tabela 4 - Concentração de metais nos pontos e profundidades analisados na área 1 (uso de fertirrigação) e na área 2 (sem uso de fertirrigação).

Ponto	Prof. ¹	Zn mg/kg	Cu mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cd mg/kg	Mn mg/kg
Área 1							
P1	0,00	90,38	250,76*	75,14*	74,28*	2,16*	2.025,26
	0,50	85	226,86*	69,84*	62,78	1,20*	2.406,38
	1,00	89,06	249,06*	55*	76,20*	4,12*	2.073,34
P2	0,00	175,24*	253,48*	104,06*	64,90*	1,08*	4.131,80
	0,50	115,58*	268,78*	81,44*	80,58*	2,52*	2.260,28
	1,00	61,64	230,62*	31,88	38,26	3,42*	816,64
P3	0,00	72,72	218,30*	43,80	62,78	0,72*	1.369,38
	0,50	184,16*	274,20*	76,88*	72,32*	2,70*	2.464,90
	1,00	98,18	240,20*	62,56*	69,68*	1,20*	2.336,12
P4	0,00	161,06*	273,86*	56,92*	65,58*	2,88*	2.353,70
	0,50	94,94	226,52*	56,28*	78,10*	1,98*	2.377,70
	1,00	59,50	277,26*	43,80	78,10*	3,96*	1.398,50
P5	0,00	91,60	203,88*	51,12*	69*	0,90*	1.950,18
	0,50	54,22	202,52*	49,16*	30,80	1,26*	1.534,06
	1,00	73,84	296,20*	56,92*	66,96*	1,20*	1.437,32
Área 2							
P1	0,00	75,66	237,80*	64,40*	69*	1,98*	1.797,58
	0,50	59,92	229,60*	23,72	39,14	0,72*	1.657,78
	1,00	104,46*	230,28*	93,02*	66,96*	2,70*	2.366,28
P2	0,00	90,28	261,98*	88,68*	56,96	2,52*	2.339,64
	0,50	98,68	369,24*	45,82	62,78	0,90*	1.510,54
	1,00	101,02	222,08*	66,82*	72,98*	2,16*	2.380,62
P3	0,00	100,20	259,26*	63,78*	59,92	2,52*	1.734,16
	0,50	110,62*	249,74*	72,80*	59,92	0,90*	2.075,10
	1,00	175,74*	254,16*	102,52*	72,98*	2,80*	3.741,6
P4	0,00	107,18*	216,24*	84,26*	71,66*	2,34*	2.507,32
	0,50	110,02*	280,30*	122,40*	83,64*	2,52*	4.362,40
	1,00	163,88*	298,22*	108,14*	96,30*	2,52*	4.480,80
P5	0,00	54,22	139,54	49,16*	34,60	3,42*	995,66
	0,50	71,30	254,16*	55,64*	78,10*	2,70*	2.086,24
	1,00	77,50	249,74*	41,76	59,92	0,72*	1.725,64
VRQ ²		102	165	49	64	0,48	-

* Destacados valores acima do VRQ, percentil 75, para a região da província Geológica Geomorfológica das rochas vulcânicas do Planalto.

Legenda: ¹ Profundidade; ² Valor de Referência de Qualidade (FEPAM, 2014)

Fonte: Autora (2023).

4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO VARIÁVEIS ANALISADAS

A Tabela 5 ilustra a análise estatística ao nível de 5% de probabilidade para as variáveis analisadas. Para o elemento Zn, não houve diferença significativa entre as áreas com dejetos de suinocultura e sem dejetos nas profundidades de coleta de solo de zero e 0,50 m. Já na profundidade de 1 m houve diferença significativa entre as áreas, com valor médio superior na área 2 (sem aplicação de dejetos suínos).

Ernani et al. (2001) realizaram um trabalho com aplicação de DLS e óxido de zinco e constataram que a adição de até 150 mg.kg^{-1} de Zn em Latossolo Vermelho distroférico não causou danos algum desse nutriente no estado inicial de desenvolvimento do milho, confirmando assim que a faixa entre suficiência e toxidez de Zn nesse solo é ampla. No caso da suinocultura, o Zn pode ser adicionado à dieta em dosagens de até 2.400 mg.kg^{-1} para eliminar os distúrbios gastrointestinais induzidos pelo desmame (MENTEN et al., 1992), sendo assim a maioria é excretada nas fezes. Ainda conforme Scherer et al. (2010), em solos argilosos o nutriente Zn se acumula predominantemente na superfície do solo, principalmente na presença de altos teores de matéria orgânica. Essa condição esteve presente na área 1.

Para o elemento Cu, os valores médios encontrados não apresentaram variação significativa entre as áreas com aplicação e sem aplicação em todas as profundidades. No estudo desenvolvido por Motta et al. (2019), no Parque Estadual do Turvo - RS, o valor encontrado para esse elemento foi de $131,80 \text{ mg.kg}^{-1}$, valor este bem inferior aos encontrados nessa pesquisa. O Cu e Zn são micronutrientes importantes para a nutrição animal e estão presentes nos complexos minerais usados na formulação de rações (MENTEN et al., 1992) e na formulação de antibióticos (BARILLI, 2005). Além disso, pode ocorrer a presença de Cu nativo na região (CPRM, 2006).

No elemento químico Co, os valores encontrados no solo variaram de 50,03 a $82,45 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Tabela 5). Não houve diferença significativa entre as áreas, nas profundidades de coleta de solo de 0,0 e 0,50 m (Tabela 5). Já na profundidade de 1,00 m ocorreu diferença significativa entre as áreas, com valor médio superior na área 2 (sem aplicação de DLS). Motta et al. (2019) analisando o solo do Parque Estadual do Turvo - RS, encontraram valores de *background* desse elemento de $61,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ valor este, inferior a maioria dos encontrados em ambas as áreas nessa pesquisa. Esses dados são semelhantes aos obtidos por Pereira (2020) que determinou também os efeitos nas propriedades físico-químicas do solo com a aplicação de dejetos suínos no mesmo tipo de solo que o do presente estudo, encontrando, também, teores de Cr e Cd maiores na área sem aplicação de dejetos suínos.

Para o elemento Cr os valores médios encontrados não apresentaram variação significativa entre as áreas em todas as profundidades analisadas. Foi verificado que as maiores concentrações ocorreram na área com aplicação de DLS. Brandão (2021) afirma que esse elemento é prejudicial às plantas em qualquer concentração e não se enquadra como elemento essencial ou útil. No que se refere ao Cd os valores médios encontrados no solo não apresentaram variação significativa entre as áreas e profundidades analisadas. Todas as concentrações estiveram acima VRQ estabelecido pela FEPAM (2014). O Mn é o segundo micronutriente absorvido em maiores quantidades pelas plantas na forma oxidada (Mn^{+2}), predominante em solos ácidos. Sendo assim, em situações de calagem excessiva, pode ocorrer deficiência de Mn decorrente do pH elevado (BRANDÃO, 2021).

Na área de estudo, ocorreu variação significativa somente na profundidade de 1,00 m. No que se refere ao VRQ, a FEPAM (2014) não define valores para esse elemento, porém Motta et al. (2019) no Parque Estadual do Turvo - RS, encontraram *Background* de 3.981 $mg.kg^{-1}$, valor este superior às encontradas em ambas as áreas e profundidades analisadas nessa pesquisa.

Tabela 5 - Valores médios encontrados para os elementos químicos analisados nos solos de área com uso de fertirrigação (área 1) e área sem uso de fertirrigação (área 2) de suinocultura.

Profundidade¹	0,0	0,50	1,00
Zinco (Zn) ²			
	Média¹ ± EP	Média¹ ± EP	Média¹ ± EP
Área 1	118,20±20,79 a	106,78±21,73 a	76,44 ±7,57 b
Área 2	85,51 ±9,45 a	90,11 ±9,29 a	124,52±19,15 a
Cobre (Cu) ²			
Área 1	240,06±12,69 a	239,78±13,71 a	258,67±12,20 a
Área 2	222,96±22,43 a	276,61±24,53 a	250,90±13,24 a
Cobalto (Co) ²			
Área 1	66,21±10,79 a	66,72±6,11 a	50,03±5,47 b
Área 2	70,06±7,27 a	64,06±16,60 a	82,45±12,40 a
Cromo (Cr) ²			
Área 1	67,31±12,42 a	64,92±9,06 a	65,84±7,19 a
Área 2	58,43±6,55 a	64,71±7,80 a	73,83±6,11 a
Cádmio (Cd) ²			
Área 1	1,55±0,42 a	1,93±0,31 a	2,78±0,66 a
Área 2	2,56±0,24 a	1,55±0,44 a	2,18±0,38 a
Manganês (Mn) ²			
Área 1	2366,06±469,07 a	2208,66±171,91 a	1612,38±268,88 b
Área 2	1874,87±265,97 a	2338,41±518,56 a	2938,99±506,62 a

Fonte: Autora (2023). Valores expressos em média ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes (na coluna) demonstram diferença significativa entre as áreas estudadas (P < 0,05). ¹Profundidade: m ; Elementos químicos: mg/kg^{-1} .

Aliado, aos resultados apresentados (Tabelas 4 e 5), nota-se que, no geral, ocorreu a redução da concentração dos elementos Zn, Co, Cr e Mn em profundidade na área 1 o que pode ser decorrente do escoamento superficial, baixa permeabilidade baixa ou ainda do cultivo de plantas, onde ocorre a sintetização desses elementos pelas plantas. Já na área 2 ocorreu o incremento da concentração de todos os elementos analisados em profundidade, o que pode estar relacionado com a lixiviação dos elementos pelo perfil do solo, translocação da fração argila ou de óxidos de ferro presente neste tipo de solo (STRECK et al., 2008).

5. CONCLUSÃO

O uso racional do dejetos líquido de suíno apresenta benefícios, não somente ao produtor, mas também ao meio ambiente. Assim, conclui-se que na área de estudo, o solo apresenta baixa permeabilidade, e a maioria dos elementos analisados apresentaram concentrações acima do valor estipulado pela legislação vigente, principalmente Cobre, Cobalto e Cádmio em ambas as áreas. Ocorreu diferença significativa entre as áreas somente nas amostras mais profundas de solo (1 metro) para os elementos Zinco, Cobalto e Manganês.

Nesse sentido, na área com aplicação de dejetos, no geral, as maiores concentrações dos elementos ocorreram nas camadas superficiais de solo, podendo ser em decorrência da aplicação do dejetos, com redução em profundidade. Já na área sem aplicação, ocorreu o aumento da concentração em profundidade, podendo ser em decorrência da translocação desses elementos pela fração argila. Destaca-se a importância desses estudos, visando analisar os possíveis impactos da atividade no meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCS/SEBRAE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE SUÍNOS. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Mapeamento da suinocultura brasileira**. Brasília: ABCS/SEBRAE, 2016. 376p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo-Análise granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.

ACSURS. ASSOCIAÇÃO DE CRIADORES DE SUÍNOS DO RIO GRANDE DO SUL. **ABATE DE SUÍNOS NO RS 2021**. Disponível em: <https://acsurs.com.br/wpcontent/uploads/2022/03/Abates-Suinos-RS-2021.pdf>. Acesso em: 07 out. 2022.

AGROBIL. **Distribuidor de Esterco Líquido DELN 12000 Tandem a vácuo / Kit Abertura Hidráulica / Sem Pneus – Incomagri > Novo**. 2022. Disponível em: <https://www.agrobill.com.br/produtos/distribuidor-de-esterco-liquido-deln-12000-tandem-a-vacuokit-abertura-hidraulica-sem-pneus-incomagri-novo-26686/>. Acesso em: 10 out. 2022.

ANGERS, D. A. et al. Differential retention of carbon, nitrogen and phosphorus in grassland soil profiles with longterm manure application. **Nutrient Cycling in Agroecosystems, Heidelberg**, v. 86, n. 2, p. 225-229, jun. 2010.

ASSIS, F. O. Bacia hidrográfica do rio quilombo: dejetos de suínos e impactos ambientais. **R. RA E GA**, n. 8, p. 107-122, 2004.

ATLAS SOCIOECONÔMICO RIO GRANDE DO SUL. **Tipos de solo: o RS apresenta grande variedade de tipos de solos**. O RS apresenta grande variedade de tipos de solos. 2022. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/solos>. Acesso em: 10 nov. 2022.

BARILLI, J. **Atributos de um Latossolo Vermelho sob aplicação de resíduos de suínos**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2005.

BARROS, E. C. et al. **Potencial agrônômico dos dejetos de suínos**. INFOTECA Embrapa Suínos e Aves, v. 1, 2019.

BASSO, C. J. et al. Perdas de nitrogênio de dejetos líquidos de suínos por volatilização de amônia. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1773-1778, dez. 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782004000600016>.

BEUTLER, A. N. et al. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 167-177, mar. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832001000100018>.

BEUTLER, A. N. et al. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos Cerrados no Estado de MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 129-136, 2001.

BERWANGER, A. L. et al. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, n. 6, 7p, v. 32, nov./dez. 2008.

BRANDÃO, D. S. et al. **Química e Fertilidade do Solo**. Grupo A, 2021. *E-book*. ISBN 9786556901763. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556901763/>. Acesso em: 09 dez. 2022.

BRASIL. **Lei Complementar 140**. Fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora. Dezembro de 2011.

CADONÁ, E. A. **Contaminação da água pelo uso agrícola de dejetos de suínos na bacia hidrográfica Rio Coruja/Bonito, Braço do Norte/SC**. 2017. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba, 1997.132p.

CARDOSO, J. L. **Política de financiamento rural: antecedentes e perspectivas**. Campinas: Feagri/Unicamp, 2001.

CARPENEDO, V.; Mielniczuk, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.14, n.1 p.99-105, 1990.

CENTENO, L. N. et al. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n. 1, p. 31-37, 2017.

CERETTA, C. A. et al. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1287-1295, 2005.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do solo: propriedades**. Propriedades. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/propriedades/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 288, de 03 de Outubro de 2014. **Atualiza e define as tipologias, que causam ou que possam causar impacto de âmbito local, para o exercício da competência Municipal para o licenciamento ambiental, no Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, POA, 2014.

CORREA, J. C. et al. **Aplicações de dejetos de suínos e as propriedades do solo**. 2011. (Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 58). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46895/1/circular-tecnica-58.pdf>. Acesso

em: 10 nov. 2022.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geológico do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: CPRM, 2006.

DEBORTOLLI, V. F. et al. **Aplicação de dejetos líquidos de suínos e a produção de pastagens**. 2018. Disponível em: https://eventos.uceff.edu.br/eventosfai_dados/artigos/agrotec2018/955.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

DENDOOVEN, L. et al. Injection of pig slurry and its effects on the dynamics of nitrogen and carbon in a loamy soil under laboratory conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v.27, p.5-8, 1998. DOI: 10.1007/s003740050391.

EMBRAPA. **Embrapa Suínos e Aves: abates e exportação**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas/suinos/brasil>. Acesso em: 10 out. 2022.

EMBRAPA. **Embrapa Suínos e Aves: Estatísticas**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>. Acesso em: 10 out. 2022.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

ERNANI, P. R. et al. Influência de adições sucessivas de zinco, na forma de esterco suíno ou de óxido, no rendimento de matéria seca de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 905-911, 2001.

FATMA. FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Instrução Normativa 1. Suinocultura. **Recomendações técnicas para aplicação de fertilizantes orgânicos de suínos e monitoramento da qualidade do solo adubado**. Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/ckfinder/userfiles/arquivos/ins/11/IN%2011%20Suinocultura.pdf>. Acesso em: 16 jun.2016.

FEPAM. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. Portaria FEPAM nº 85/2014 - **Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de 50 Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAM, 2014. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>. Acesso em: 05 Out. 2022.

FERREIRA, M. M. et al. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolo da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 513- 524, 1999.

HE, Y. et al. A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition. **Scientific reports**, v. 4, p. 1-12, 2014. <https://doi.org/10.1038/srep05736>

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha digital municipal**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 27 de Jan. 2023.

ITO, M.; GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 44 , p. [125]-156, set. 2016.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3.ed.- Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2014. 263p.

KONZEN, E. A. **Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

KONZEN, E. A. Aproveitamento do adubo líquido da suinocultura na produção agropecuária. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2002. **Anais [...]**. Uberlândia: ABID, 2002.

KONZEN, E. A. Viabilidade Ambiental e Econômica de Dejetos de Suínos. **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-Mg, v. 1, 27p, jan. 2006.

KRAJESKI, A.; POVALUK, M.. **Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos dejetos suínos**. Saúde e Meio Ambiente, v. 3, n. 1, p. 3-18, jan. 2014.

LEMOS, R. C. de (coord.). **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p.

LEMOS, R. C; SANTOS, R. D **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1984. 46p.

LIMA, G. J. M. M. et al. **Como racionalizar o uso da água e evitar desperdícios de ração em granjas de suínos**. 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PROCI2012.00276%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/PROCI2012.00276%20(1).pdf). Acesso em: 15 dez. 2022.

MANTELLI, J. **O setor agrário da região noroeste do Rio Grande do Sul**. 2006.

MANCUSO, M. A. et al. Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n.1, Edição Especial p. 2890–2998, fev, 2014.

MARCHÃO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 6, p. 873-882, 2007.

MARQUES, J. D. et al. Avaliação da condutividade hidráulica saturada utilizando dois métodos de laboratório numa topossequência de solos amazônicos com diferentes coberturas vegetais. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 2, p. 193-206, 2008.

MENTEN, J. F. M.; MIYANDA, V. S.; CITRONI, A. R. Suplementação de alto nível de zinco na dieta de leitões. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Lavras, 1992. Anais. Lavras, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p. 368.

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C. **Dejeto líquido de suíno como fertilizante orgânico: método simplificado**. Londrina-Pr: Instituto Agronômico do Paraná - Iapar, 2015. 26 p.

MORINO, C. C. A Aplicação de dejetos de suínos no solo como insumo. **Escola Superior da CETESB**, 2021.

MLADENOVSKA, Z. et al. Thermal pretreatment of the solid fraction of manure: Impact on the biogas reactor performance and microbial community. **Water Science and Technology**, v. 53, n. 8, p. 59–67, 2006.

MOTTA, J. A. M. et al. **Construção do background e avaliação da qualidade dos sedimentos dos sistemas hídricos da unidade de conservação do Parque Estadual do Turvo - Derrubadas/RS** In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz de Iguaçu.

NIA, A. E. et al. Solid-phase denitrification and denitritation of swine manure-contaminated waters: Bioreactor performance and microbial community profiles. 2022. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 109209.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos suínos**. Documentos / Embrapa, n. 27, p. 188, 1993.

OLIVEIRA, P. A. V. **Produção e manejo de dejetos de suínos**. 2004. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/8-PauloArmando_Producao.pdf. Acesso em: 05 out. 2022.

PALHARES, J. C. P. et al. **Produção animal e recursos hídricos**. Embrapa Pecuária Sudeste-Livro científico (ALICE), 2016.

PANACHUKI, E. et al. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 261-268, jun. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662006000200003>.

PELLEGRINI, M. et al. Fertirrigação com Dejetos de Suínos: Uma análise de custos do Sistema Autopropelido x Sistema Tratorizado. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 25, n. 52, p. 155-167, 9 fev. 2021.

PEREIRA, D. C. **Aplicação de dejetos líquidos suínos e seus efeitos nas propriedades físico-químicas do solo**. 2020. 83 f. Tese (Doutorado em geografia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2020.

PORT, O.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Perda de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 857-865, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHEIRINHO DO VALE. **Localização**. 2021. Disponível em: <https://www.pinheirinhodovale.rs.gov.br/menu-pinheirinho-do-vale/localizacao>. Acesso em: 10 ago. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PINHEIRINHO DO VALE. **Município investe na expansão da suinocultura e prevê um aumento de 30% da produção de suínos**. 2017. Disponível em: <http://pinheirinhodovale.rs.gov.br/noticias/27-geral/1026-municipio-veste-na-expansao-da-suinocultura-e-preve-um-aumento-de-30-da-producao-de-suinos#:~:text=No%20ano%20de%202017%20Pinheirinho,do%20Rio%20Grande%20do%20Sul>. Acesso em: 10 out. 2022.

RESENDE, J. A. et al. **Dejetos bovinos para produção de biogás e biofertilizante por biodigestão anaeróbica**. EMBRAPA - Circular Técnica - 110, p. 5, 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual 10.330**. Dispõe sobre a organização do Sistema Estadual de Proteção Ambiental. Dezembro de 1994.

RIO GRANDE DO SUL. Lei Estadual 11.520. **Institui o Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências**. Agosto de 2000.

SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ, J. L. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. **Bioresource Technology**, v.96, p.1117-1123, 2005. DOI: 10.1016/j.biortech.2004.10.002.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. **Latossolos Vermelhos**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelhos>. Acesso em: 10 nov. 2022.

SCHERER, E. E. Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante. **Curso de Capacitação em Práticas Ambientais Sustentáveis: treinamentos. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves**, p. 91-101, 2002.

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

SEGANFREDO, M. A.; JUNIOR, V. **Dejetos suínos: adubo ou poluente**. 2008. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/down.php?tipo=artigos&cod_artigo=210. Acesso em: 27 Nov. 2022.

SILVA, A. A. et al. Efeito da aplicação de dejetos líquidos de suínos e fertilizantes minerais na absorção de nutrientes em pastagem de *Brachiaria decumbens*. **10ª Encontro Latino Americano de Iniciação Científica**, 2006.

SILVA, F. C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília-DF, 2.ed.re.ampl. 627p, 2009.

SIMIELLI, M. E. **Geoatlas**. São Paulo: Ática. 2009.

SOUZA, J. C. P. V. B. et al. Gestão da água na suinocultura. **Embrapa Suínos e Aves**, Concórdia - Sc, 32p., 2016.

STRECK, C. A. et al. Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas de solos do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2603-2612, dez. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000700001>.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2018. 252p.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Method 3050 B - Acid digestion of sediments, sludges, and soils**. (1998). Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/epa-3050b.pdf>>. Acesso em: 20 de nov 2022.

VICTÓRIA, F. R. B. Transporte e distribuição de dejetos de suínos nas lavouras. In: DIA DE CAMPO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1994, Concórdia. **Anais...**Concórdia: Embrapa Suínos e Aves/EPAGRI/FATMA, 1994, p. 43-47.

WANG, Q.; OTSUBO, K.; ICHINOSE, T. **Digital map sets for evaluation of land productivity**. 2005. Disponível em: <http://www.iscgm.org/html4/pdf/forum2000/DrQinxueWang.pdf>