

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CHAPECÓ
CURSO DE AGRONOMIA**

LUCAS ZARPELON

**DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS
SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE IBICARÉ-SC**

Orientador: Prof. Dr. João Alfredo Braidá

**CHAPECÓ
2022**

LUCAS ZARPELON

**DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS
SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE IBICARÉ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Alfredo Braidá

CHAPECÓ

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Zarpelon, Lucas

DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO
EM ÁREAS SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE
IBICARÉ-SC / Lucas Zarpelon. -- 2022.

54 f.:il.

Orientador: Dr João Alfredo Braidá

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2022.

1. Cama de frango de corte. 2. Dejeito suíno. 3.
Dejeito bovino. 4. Análise química e física do solo. I.
Braidá, João Alfredo, orient. II. Universidade Federal
da Fronteira Sul. III. Título.

LUCAS ZARPELON

**DIAGNÓSTICO DAS CONDIÇÕES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO EM ÁREAS
SOB ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MUNICÍPIO DE IBICARÉ-SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul (UFFS), como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 16/08/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Alfredo Braidá– UFFS

Orientador

Prof. Dr. Jorge Luís Mattias– UFFS

Avaliador

Prof. Dr. João Guilherme Dal Belo Leite – UFFS

Avaliador

Dedico este trabalho para meus pais, pois é graça aos seus esforços que hoje posso concluir o meu curso.

AGRADECIMENTOS

A minha família, por todo apoio, incentivo, força e pelas oportunidades dadas, não medindo esforços para a realização desta conquista e por sempre ajudarem para que meus sonhos se tornem realidade.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Alfredo Braidão pela orientação, apoio, confiança e amizade construída durante esta vida acadêmica.

Ao corpo docente do curso de Agronomia por todo conhecimento transmitido durante esta graduação.

Aos meus amigos, que sempre se dispuseram a ajudar nos mais diversos momentos e pelo companheirismo. Obrigado pelo apoio de todos.

RESUMO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de proteína animal, destacando-se como um setor de grande importância econômica para o país que, no entanto produz grande quantidade de resíduos orgânicos. A elevação dos custos dos fertilizantes químicos, principalmente devido à importação enfatizam o uso de resíduos orgânicos na agricultura como opção para reduzir custos, além do ganho com ciclagem e reposição de nutrientes. Esses fatores geram demanda por informações precisas sobre adubos orgânicos, com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas. Desta maneira, este trabalho tem como objetivo, diagnosticar a condição química e física do solo em áreas sob adubação orgânica no município de Ibicaré-SC. Para o estudo, foram escolhidas três lavouras que recebem periodicamente, há mais de 10 anos, aplicação de cama de frango (LCF), dejetos de suínos (LDS) e dejetos de bovinos (LDB) e uma área de mata nativa (MN). As áreas foram divididas em glebas homogêneas, coletando-se as amostras em quatro trincheiras, nas profundidades de 0,00 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m. No momento da coleta foi realizado a medida da resistência à penetração (RP) até a profundidade de 0,50 m. Os parâmetros químicos avaliados foram o pH em água, teores de matéria orgânica (MOS), P, K, Al, Mg e Ca. Os parâmetros físicos avaliados foram a resistência à penetração, densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade do solo. As análises foram realizadas nos laboratórios de química e de física do solo da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó. A adubação orgânica favoreceu o aporte de MOS, P, K, Ca e Mg nas lavouras, principalmente na camada superficial. A LCF apresentou os maiores valores em P, K, Ca e Mg, observando-se migração dos nutrientes para as camadas mais profundas. A LDS e LDB apresentaram quantidades de P, K, Ca e Mg consideradas altas na camada superficial. A MN apresentou densidade abaixo de 1,19 Mg/m³ em todas as profundidades e macroporosidade de 30,6% na camada superficial. De forma geral, as três lavouras com adubação orgânica apresentaram grau de compactação que pode limitar o desenvolvimento das raízes. Com destaque negativo para a LDB que atingiu menos de 10% de macroporos nas camadas de 0,10 a 0,20 e de 0,20 a 0,30 m de profundidade. Nenhuma das áreas com adubação orgânica apresentou teor de

P acima dos limites máximos indicados pela legislação do estado de Santa Catarina, porém é necessário a realização de análise de solo anualmente, visto que, nos três sistemas de adubação orgânica o P encontra-se em níveis elevados na camada superficial.

Palavras-chave: Cama de aviário. Dejeto Suíno. Dejeto Bovino. Física do Solo. Química do Solo.

ABSTRACT

Brazil is one of the largest producers and exporters of animal protein in the world, standing out as a sector of great economic importance for the country, which nevertheless produces a large amount of organic waste. The increase in the costs of chemical fertilizers, mainly due to importation, emphasize the use of organic residues in agriculture as an option to reduce costs, in addition to the gain with cycling and nutrient replacement. These factors generate demand for accurate information on organic fertilizers, in order to assess the technical and economic feasibility for the disposal of some of these residues in agricultural soils. In this way, the work aims to diagnose chemical and physical attributes of the soil in areas under organic fertilization in Ibicaré city, state of Santa Catarina. For the study, three areas were chosen that received, for more than 10 years, periodically, application of poultry litter (LCF), swine manure (LDS) and cattle manure (LDB) and an area of native forest (MN). The areas were divided in homogeneous plots and the samples were collected in four trenches and at depths, 0.0 – 0.10, 0.10 – 0.20, 0.20 – 0.30 and 0.30 – 0.40 m. At the same time, the penetration resistance (RP) was measured up to a depth of 0.50 c. The chemical parameters evaluated are: pH in water, soil organic matter (MOS), P, K, Al, Mg and Ca contents. The physical parameters evaluated were the soil resistance to penetration, bulk density, total porosity, micro and macroporosity of the soil. The analyzes were carried out in the chemistry and soil physics laboratories of the Univeridade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó. Organic fertilization favored the increase of MOS, P, K, Ca and Mg in the crops, mainly in the superficial layer. The LCF presented the highest values in P, K, Ca and Mg, with migration of nutrients to the deeper layers. LDS and LDB showed high amounts of P, K, Ca and Mg in the surface layer. MN presented low density and high macroporosity at all depths and also presented the highest percentage of MOS among the managements. In general, the three crops with organic fertilization showed degrees of compaction, limiting root development. With a negative highlight for the LDB that reached less than 10% of macropores in the layers of 0.10 – 0.20 and 0.20 – 0.30 m of depth. All areas with organic fertilization comply with Normative Instruction 11/FATMA, with regard to maximum phosphorus levels, but it is necessary to perform soil analysis annually,

since, in the three organic fertilization systems, P it is found at high levels in the surface layer.

Keywords: Poultry litter. Pig slurry. Cattle manure. Soil Physics. Soil Chemistry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1- Localização de Ibicaré-SC.....	30
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição média de cama de frango de 7-8 lotes, em %.	19
Tabela 2 - Composição média de dejetos líquidos de suínos, em Kg/m ³ .	20
Tabela 3 – Composição média de dejetos líquidos de bovinos, em Kg/m ³ .	22
Tabela 4- Macroporosidade do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	33
Tabela 5- Microporosidade do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	35
Tabela 6 – Porosidade total do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	35
Tabela 7 - Densidades do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	36
Tabela 8 - Teor de Mehlich-P e LCA nos diferentes sistemas de cultivo com interpretação e recomendação segundo a Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resistencia à penetração do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	38
Figura 2 - Percentual (%) de matéria orgânica do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.....	40
Figura 3 – Valores de pH em água do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	42
Figura 4 – Alumínio trocável ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	42
Figura 5 – Teor de fósforo (P), em mg/dm^3 , do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.....	43
Figura 6 – Teores de potássio (K), em mg/dm^3 , no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.....	46
Figura 7 – Teores de cálcio (Ca), em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.....	47
Figura 8 – Teores de magnésio (Mg), em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.	48

LISTA DE ABREVIACOES

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CQFS	Comissão de Química e Fertilidade do Solo
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FATMA	Fundao do Meio Ambiente de Santa Catarina
K	Potássio
LCA	Limite Crítico Aceitável
LCF	Lavoura com aduo de cama de frango
LDB	Lavoura com adubao de dejetos bovino
LDS	Lavoura com adubao de dejetos suíno
Mg	Magnésio
MN	Mata nativa
MOS	Matéria Orgânica do Solo
P	Fósforo
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO GERAL	17
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1	CAMA DE FRANGO	19
4.2	DEJETO SUÍNO	20
4.3	DEJETO BOVINO	21
4.4	INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO	22
4.4.1	Matéria Orgânica	23
4.4.2	Acidez do Solo e Toxidez de Alumínio	23
4.4.3	Fósforo	24
4.4.4	Potássio	25
4.4.5	Cálcio	26
4.5	PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	26
4.5.1	Resistência do solo à penetração de raízes	27
4.5.2	Porosidade do solo	28
5	MATERIAIS E MÉTODOS	30
6	RESULTADOS	33
6.1	MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL	33
6.2	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO	37
6.3	MATÉRIA ORGÂNICA	39
6.4	pH E ALUMÍNIO	40
6.5	FÓSFORO E POTÁSSIO	43
6.6	CÁLCIO E MAGNÉSIO	46
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
8	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de proteína animal, de tal modo que este é um setor de grande importância econômica para o país. No entanto, atrelado à produção, gera-se uma quantidade significativa de resíduos orgânicos com alto potencial agrônômico ou como poluente (JUNIOR, 2014).

Com a intensificação da produção de proteína animal no meio oeste catarinense, associado ao aumento o índice de conversão alimentar e redução do tempo de criação com utilização de rações mais concentradas (GIROTTO & MIELI., 2004), há uma tendência da concentração da produção, com aumento significativo do volume de resíduo orgânico produzido em pequenas áreas. Por outro lado, os produtores locais conseguem, a baixo custo, quantidades significativas de cama de frango, dejetos suíno ou dejetos bovinos, que são usados como adubos orgânicos, utilizados de forma conjugada ou substitutiva da adubação química.

A forte dependência dos agricultores aos insumos externos aliados à pressão das grandes empresas para a comercialização de pacotes tecnológicos, faz com que, muitas vezes, o potencial do adubo orgânico seja negligenciado em detrimento da utilização de adubos químicos. Desta maneira, muitas vezes, desconsideram-se os benefícios proporcionados pelo incremento da matéria orgânica sobre as características físicas e químicas do solo, além de proporcionar um ambiente de qualidade para o desenvolvimento biológico do solo, relacionados ao uso da adubação orgânica.

Por outro lado, a elevação dos custos dos fertilizantes comerciais, principalmente devido à importação, e o aumento dos problemas de poluição ambiental, associados à disposição dos resíduos orgânicos gerados em criações animais, reforçam a necessidade de uso desses resíduos orgânicos na agricultura como uma ótima opção na ciclagem e reposição de nutrientes, na melhoria das características do solo. Esses fatores geram demanda por informações precisas sobre adubos orgânicos, com o intuito de avaliar a viabilidade técnica e econômica para a disposição de alguns desses resíduos em solos agrícolas (VALADÃO et al, 2011).

Vários estudos foram realizados para demonstrar a viabilidade da utilização dos resíduos orgânicos como fertilizante em culturas como sorgo, soja (ADELI et al.,

2005), milho (BOATENG et al., 2006) e algodão (ADELI et al., 2007). Embora os resultados sejam significativos, é necessário analisar o efeito dos dejetos orgânicos utilizados em longos períodos, sobre as condições química e física do solo.

O meio oeste catarinense apresenta grande quantidade de cama de frango, dejetos suíno e dejetos bovino, sendo utilizado na adubação anual das lavouras, sem muito controle da quantidade aplicada, tornando-se fundamental diagnosticar os aspectos químicos e físicos destes solos, para avaliar a situação real da fertilidade e verificar se não se está produzindo alterações que possam gerar problemas para as culturas e para o ambiente, gerando informações úteis para o melhor manejo dos solos nessas áreas.

2 OBJETIVO GERAL

Diagnosticar as condições químicas e físicas do solo em áreas de lavouras tratadas com adubação orgânica, há mais de 10 anos, no município de Ibicaré-SC.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar parâmetros de acidez do solo, disponibilidade de P, K, Ca, Mg e matéria orgânica do solo em áreas sob adubação orgânica, em diferentes profundidades;
- Determinar a resistência do solo à penetração em áreas sob adubação orgânica;
- Avaliar a densidade, a porosidade total, a macro e a microporosidade do solo, em diferentes profundidades, em áreas sob adubação orgânica.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 CAMA DE FRANGO

A avicultura brasileira passou por processo de intensificação, principalmente com o aumento do índice da conversão alimentar e redução do tempo de criação com a utilização de rações mais concentradas (GIROTTO & MIELI, 2004), com isso, o volume de resíduos gerados na atividade aumentou consideravelmente em uma área mais concentrada. Por estar, geralmente, disponível nas propriedades agrícolas a baixo custo, o seu principal uso, tem sido a utilização como adubo orgânico nas lavouras. A cama de frango pode contribuir para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A cama de frango é considerada a mistura de maravalha, resto de rações, fezes e penas. É importante destacar que no manejo da cama do aviário é comum a, utilização de cal virgem e gesso, o que aumenta o potencial agrônômico do adubo orgânico. De acordo com ADELI et al. (2007), a cama de frango é rica em carbono, cerca de 39%, e nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio. Na Tabela 1, é apresentada uma caracterização média da cama de frango utilizada com 7 a 8 lotes, de acordo com Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS, 2016).

Tabela 1. Composição média de cama de frango de 7-8 lotes, em %.

C orgânico	N	P₂O₅	K₂O	Ca	Mg	Matéria Seca
25,0	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75,0

Fonte: CQFS (2016).

COSTA et al. (2008) analisaram o potencial da cama de frango para recuperação física de um Latossolo Vermelho sob sistema de pastagens degradadas. Observaram redução na densidade e na porosidade total, proporcionado pelo aumento da aplicação do resíduo, porém o estudo durou poucos anos para continuar avaliando as características. ADELI et al. (2007), de forma semelhante, observaram

que com a aplicação de doses anuais de 6,7 Mg ha⁻¹, ao fim de três anos de experimento, houve aumento de até 34% no N e aumento no C e na estabilidade de agregados no solo, em comparação com a adubação mineral.

Entretanto, LUNARDI et al. (2008) não encontraram alteração no solo com a utilização desse resíduo e de acordo com VALADÃO et al. (2011), em estudo com um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico submetido a plantio direto contínuo, durante três anos, a cama de frango crua revelou-se menos eficiente em garantir a qualidade física do solo e a cama de frango compostada proporcionou atributos mais semelhantes às condições naturais.

4.2 DEJETO SUÍNO

A suinocultura destaca-se no Sul do país gerando grande valor econômico para as famílias locais, mas também, resultando em grande quantidade de resíduos com alto potencial agrônômico e poluente. O dejetos contém nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas (Tabela 2), tornando-se uma opção para substituição da adubação mineral.

Tabela 2 - Composição média de dejetos líquidos de suínos, em Kg/m³.

C orgânico	N	P₂O₅	K₂O	Ca	Mg	Matéria Seca
9,0	2,8	2,4	1,5	2,0	0,8	3,0

Fonte: CQFS (2016).

Quando manejado de forma correta, os dejetos de suínos trazem benefícios significativos para os solos, aumentando os teores de K, P, MOS e proporcionando ao solo o aumento da diversidade de microrganismos. Porém é fundamental a utilização de forma correta, seguindo um plano técnico, levando em consideração a composição química do dejetos, o solo da lavoura e a análise química do solo, assim aplicando a quantidade adequada (SCHERER et al., 2010).

A eficiência dos dejetos animais como fertilizante é semelhante à dos fertilizantes solúveis industrializados. No dejetos líquido de suínos, 80% do nitrogênio contido é disponibilizado no solo, para fósforo 90% e para potássio 100%, isso já no primeiro cultivo (CQFS, 2016).

O dejetos líquido suíno apresenta desvantagens em relação a cama de frango no sentido de baixa concentração de nutrientes, acarretando maiores custos de transporte para a distribuição do dejetos. Nesse contexto, é comum agricultores distribuírem os dejetos nas lavouras mais próximas do local de produção, muitas vezes excedendo o máximo permitido para aplicação e ocasionando problemas ambientais, principalmente devido ao acúmulo e escoamento superficial, que pode atingir os mananciais superficiais de água, como rios e lagos.

4.3 DEJETO BOVINO

A região do meio oeste catarinense destaca-se na bovinocultura leiteira em sistemas de semiconfinamento, produzindo grande quantidade de resíduos orgânicos, os quais vem sendo aplicado na produção de grãos, como forma alternativa de adubação. A aplicação traz benefícios ao solo, aumentando a matéria orgânica e o teor dos nutrientes. Contudo, o uso inadequado do dejetos líquido pode ocasionar poluição nas águas, principiante devido ao escoamento superficial de N, P e K (SILVEIRA, 2011).

Com a intensificação da produção leiteira, os produtores acabam encontrando dificuldades em destinar de forma correta os resíduos da produção. Para diminuir os custos, é comum presenciar situações nas quais os dejetos são destinados nas lavouras mais próximas da esterqueira, com altas doses, o que pode facilitar o escoamento superficial e agravar problemas ambientais daí decorrentes.

O dejetos proporciona o aumento da matéria orgânica do solo, colaborando na melhoria das características físicas, como diminuição da resistência à penetração e melhorar a infiltração da água, e das características químicas, aumentando principalmente a CTC do solo (SILVEIRA, 2011). Na Tabela 3, é apresentada a composição média de dejetos de bovinos.

Tabela 3 – Composição média de dejetos líquidos de bovinos, em Kg/m³.

C orgânico	N	P₂O₅	K₂O	Ca	Mg	Matéria Seca
13,0	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4,0

Fonte: CQFS (2016).

4.4 INDICADORES QUÍMICOS DO SOLO

O solo é um corpo natural dinâmico que desempenha várias funções no ecossistema terrestre, dentre as quais se destaca a capacidade de reter e liberar água para as plantas, rios e lençol freático, adsorver e liberar nutrientes e outros componentes químicos necessários à vida vegetal, além de sustentar o crescimento radicular das plantas (GIANELLO & BISSANI, 2004).

As características químicas do solo são de extrema importância para o desenvolvimento das plantas e da biota do solo. Em geral, são avaliadas com base em indicadores relacionados com o teor de matéria orgânica, a acidez do solo, o conteúdo de nutrientes, elementos fitotóxicos (como o alumínio Al⁺³) e determinadas relações, como a saturação por bases (V%) e por alumínio.

Os agricultores, na busca de maior produtividade, estão sempre em busca de eliminar as deficiências de nutrientes. Através da análise química do solo é possível planejar o manejo para a correção da acidez ou deficiência de algum nutriente. Através dos conhecimentos gerados pela pesquisa em fertilidade do solo, solos aparentemente improdutivos podem se tornarem destacados produtores de alimentos.

A análise química é o método mais utilizado para avaliar a fertilidade do solo, pelo fato de ser relativamente rápido, ter baixo custo, podendo ser feito em qualquer época do ano. Os resultados são facilmente interpretados, de modo a possibilitar a elaboração do levantamento da fertilidade e de recomendação da adubação (GIANELLO & BISSANI, 2004).

4.4.1 **Matéria Orgânica**

De acordo com CONCEIÇÃO (2005), a matéria orgânica é fonte primária de nutrientes às plantas, atuando na ciclagem de nutrientes e na complexação de elementos tóxicos, além de melhorar a estruturação do solo, influenciando a infiltração e a retenção de água e a suscetibilidade à erosão hídrica.

Segundo o Manual de Adubação e Calagem de SC/RS (CQFS, 2016), o teor de matéria orgânica no solo (MOS) é classificado em três classes: baixo, médio e altos, que correspondem respectivamente a valores < 2,5, de 2,5 a 5,0 e > 5,0 %. A alteração no teor da matéria orgânica têm implicações na dinâmica do nitrogênio e, por isso, o teor de MOS é considerado no sistema de recomendação da adubação nitrogenada.

Os teores de MOS na camada 0 – 0,10 m geralmente são maiores que nas camadas mais profundas, comportamento previsível, considerando que a adição de material orgânico ocorre principalmente pela superfície do solo. No diagnóstico realizado por MARTINAZZO (2006), com o objetivo de avaliar a situação da fertilidade do solo nas áreas produtoras de soja do Rio Grande do Sul, verificou-se que com o aprofundamento no perfil ocorreu diminuição dos teores de MOS.

A matéria orgânica tem efeito positivo na redução da capacidade adsortiva de P em Latossolos, demonstrado por ALMEIDA et al. (2003), onde maiores teores de MOS promoveram redução da capacidade de fixação de fósforo. Além de nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, zinco, cálcio, magnésio, ferro, cobre e outros micronutrientes, a adubação orgânica ajuda no incremento da matéria orgânica do solo, contribuindo com as propriedades físicas do solo ao aumentar a capacidade de reter água, reduzir escoamento superficial e erosão, melhora da aeração e do microclima adequado para crescimento de microrganismos.

4.4.2 **Acidez do Solo e Toxidez de Alumínio**

A maioria dos solos agrícolas das regiões tropicais e subtropicais apresentam limitações a fertilidade natural devido aos efeitos da acidez excessiva (CAIRES et al.,

1998 e 2003), tornando-se fundamental a correção da mesma, para que o máximo potencial produtivo seja atingido. A acidez em subsuperfície também tem sido apontada como aspecto limitante sobre crescimento de raízes, potencializando a ocorrência de estresse hídrico nas plantas, com reflexo sobre a produtividade agrícola.

De acordo com TEDESCO & BISSANI (2004), os efeitos da toxicidade por alumínio são observadas principalmente no sistema radicular das plantas, destacando-se o mal desenvolvimento radicular, devido à inibição da divisão celular, engrossamento do tecido com poucas ramificações. A absorção de nutrientes da planta é reduzida, devido aos danos radiculares, afetando o desenvolvimento da parte aérea.

O diagnóstico da acidez do solo é realizado pela interpretação de valores de pH em água e pela percentagem da saturação da $CTC_{pH7,0}$ por bases (V%). Em estudos mais complexos, utiliza-se também a percentagem da saturação da CTC efetiva por alumínio. O aumento de pH do solo pela calagem proporciona o aumento da CTC, o que influencia positivamente a dinâmica dos nutrientes e ameniza a ação do alumínio. Além disso, a correção da acidez promove o aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica, com conseqüente liberação de nutrientes, especialmente o P que passa a ser melhor aproveitado pelas plantas (TEDESCO & BISSANI, 2004).

A calagem beneficia os atributos químicos do solo, oferecendo aumento do volume de exploração das raízes e seu maior desenvolvimento em profundidade, de modo a aumentar a absorção de nutrientes e água. Outras vantagens apresentadas estão relacionadas com a estrutura do solo e com maior controle de erosão.

4.4.3 Fósforo

Os Latossolos derivados de basalto, de modo geral, apresentam caráter ácido e textura muito argilosa, principalmente pelo seu alto teor de óxidos de ferro. Os Latossolos desenvolvidos de basalto do Sul do Brasil apresentam elevada capacidade de fixação de P e baixo conteúdo de P disponível, sendo por esse motivo, recomendadas doses altas de adubos fosfatados para o cultivo desses solos (ANGHINONI & BISSANI, 2004).

Apesar dos solos apresentarem grandes quantidades de P total, a sua disponibilidade para as plantas é limitada devido à tendência do P em formar compostos de alta energia de ligação e baixa solubilidade no solo, já que possui grande afinidade química com os cátions Fe, Al e Ca (ANGHINONI & BISSANI, 2004). Mais de 90% do P solúvel aplicado ao solo é adsorvido/precipitado na primeira hora de contato com o solo. Com o passar do tempo, a continuidade da reação leva à fixação do P, ou seja, passa para a forma não-lábil, tornando-se indisponível para as plantas (GUARÇONI & MENDONÇA, 2003).

A matéria orgânica pode reduzir de forma expressiva os sítios de fixação de P dos óxidos de ferro, assim, nos horizontes superficiais do solo tendem a fixar menor quantidade de P do que horizontes subsuperficiais, permitindo o melhor aproveitamento das adubações fosfatadas (ALMEIDA et al., 2003).

De acordo com GUARÇONI & MEMDONÇA (2003), o P aplicado de forma inorgânica é adsorvido a compostos orgânicos, por meio de trocas ligantes, dando origem ao fósforo orgânico. As plantas não são capazes de absorver esses compostos, porém com a mineralização contínua dos compostos orgânicos, o P adsorvido tende a ser novamente convertido a formas disponíveis para as plantas, o que é mais desejável do que a fixação do P no solo.

4.4.4 Potássio

O potássio no solo está presente nas estruturas dos minerais (forma não trocável), adsorvido pelas cargas negativas dos minerais do solo por atrações elétricas (forma trocável), ou ainda pode estar presente na solução do solo. As diferentes formas apresentam-se em equilíbrio no solo, permitindo que este nutriente possua alta mobilidade, o que beneficia a planta por estar prontamente disponível, mas, por outro lado, está altamente suscetível a perdas por erosão e lixiviação nos solos com baixa CTC (BERNARDI et al., 2003).

Solos que apresentam maior CTC, retêm maior quantidade de K na fase sólida, diminuindo perdas por lixiviação e apresentam, também, maior capacidade de manter o K da solução e o gradiente de concentração. Desse modo, solos com maior

CTC podem receber adubações maiores de K que solos arenosos que apresentam baixa CTC (MEURER & JUNIOR, 2004).

4.4.5 Cálcio

O cálcio é considerado um dos macronutrientes secundários junto com magnésio e o enxofre. As formas disponíveis de Ca^{++} são adsorvidos nos colóides do solo e passam para a solução do solo pela troca de cátions, ficando prontamente disponíveis para as plantas. O calcário é a principal fonte de cálcio, sendo classificado em calcítico, magnesiano e dolomítico. É necessário realizar a análise de solo periodicamente para verificar a real necessidade de calagem, técnica simples, que traz grandes benefícios a produtividade das culturas por proporcionar melhor crescimento das raízes, aumento da atividade microbiana, aumento da disponibilidade de outros nutrientes e neutralizar o alumínio tóxico.

O gesso também é utilizado na correção de cálcio no solo, visando, principalmente, melhorar o ambiente em subsuperfície, pois apresenta maior mobilidade no perfil do solo, em relação ao calcário, por apresentar maior solubilidade, aproximadamente cerca de 150 vezes a do carbonato (PRIORI et al., 2010).

A cal virgem também é considerada fonte de cálcio, além de possuir grande poder de neutralização da acidez do solo. A cal virgem libera Ca^{2+} , Mg^{2+} , OH^- e calor. A liberação da hidroxila é imediata e total, o que confere à cal virgem o caráter de base forte e o OH^- produzido neutralizará o H^+ da solução do solo, responsável pela acidez do solo (PRIORI et al., 2010).

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

O aumento do custo dos fertilizantes químicos de elevada solubilidade e reduzida ação como condicionador do solo tem chamado a atenção de pesquisadores e agricultores para a utilização de adubos orgânicos disponíveis nas localidades. A

utilização frequente de adubos orgânicos contribui para o incremento de matéria orgânica do solo. A matéria orgânica apresenta baixa densidade (CELIK et al., 2004) e capacidade de aumentar a agregação do solo o que contribui para a elevação da macroporosidade e melhoria do solo, assim, favorece a maior disponibilidade e retenção de água (CELIK et al., 2004) e menor resistência à penetração das raízes (MOSADDEGHI et al., 2009).

As propriedades físicas do solo assumem importância fundamental por estarem relacionadas diretamente com os processos hidrológicos, tais como taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e erosão hídrica. Possuem função essencial no suprimento e armazenamento de água, de nutrientes e de oxigênio no solo (BRAIDA et al., 2011).

A qualidade física do solo está relacionada com as características de seu espaço poroso, especialmente no que se refere à distribuição do tamanho dos poros, sua continuidade no perfil do solo e sua disponibilidade no tempo (BRAIDA et al., 2011). Conforme REICHERT et al. (2003), o solo apresenta qualidade física quando: a) permite a infiltração, a retenção e a movimentação de água, disponibilizando-a à ecologia do solo; b) responde ao manejo e resiste à degradação; c) permite a troca de calor e de gases com a atmosfera, suprimindo as necessidades da biota do solo e das raízes das plantas; d) favorece a penetração e o crescimento de raízes de plantas.

4.5.1 Resistência do solo à penetração de raízes

De maneira geral, os valores de resistência do solo à penetração considerados críticos para o desenvolvimento radicular, variam de 1,5 a 3 MPa. REICHERT et al. (2003), considerou o valor de 2 MPa como a resistência crítica à penetração das raízes. Em sistemas de plantio direto os maiores problemas de resistência à penetração ocorrem em camadas a partir dos 0,10 m de profundidade. De acordo com MARTINAZZO (2006), em diagnóstico da fertilidade dos solos em áreas de plantio direto no Rio Grande do Sul, 63% das amostras apresentam valores inferiores a 0,75 MPa na camada de 0 a 0,10 m. Enquanto que nas camadas 0,10 a 0,20 e de 0,20 a 0,30 m, 76% e 96% das amostras apresentam valores maiores que 0,75 MPa, respectivamente.

A resistência à penetração é considerada uma determinação rápida e prática para indicativo do estado de compactação do solo, com relação direta com o crescimento das raízes. Entretanto, a determinação da resistência à penetração pode sofrer grandes variações em função da umidade do solo (CAVALIERI et al., 2006).

A manutenção e melhoria das condições físicas do solo podem ser proporcionadas pelo incremento da adubação orgânica nos solos, que pode resultar em aumento dos níveis de nutrientes e incrementando a matéria orgânica ao solo. A matéria orgânica melhora a estrutura dos agregados, a capacidade de reter água, reduzir o escoamento superficial e a erosão hídrica, melhora a aeração e o microclima para o crescimento de microrganismos.

4.5.2 Porosidade do solo

A porosidade total do solo é a fração do volume de um determinado volume de solo passível de ser ocupada por água e/ou ar (TEIXEIRA et al., 2017). O estudo da porosidade total se torna importante para entender o movimento de retenção de água, ar e solutos do solo. Na avaliação da porosidade do solo por classe de tamanho, separam-se os poros em macroporos, representado por poros não capilares, e microporos, para os capilares. Apesar de possuir inúmeras classificações de poros por tamanho, o diâmetro 50 μm tem sido adotado como limite entre as duas classes no país (TEXEIRA et al., 2017).

A compactação do solo acarreta a redução do espaço poroso, principalmente dos macroporos, o que afeta a condutividade hidráulica do solo. Ressalta-se a importância do espaço poroso no processo de movimentação da água presente no solo. Quando se tem um número adequado de macroporos, resulta melhores condições para que o desenvolvimento radicular ocorra (LIMA et al., 2005), e quando ocorre a diminuição dos macroporos se tem uma redução no movimento de água e de ar, o que afeta a distribuição das raízes no solo (CINTRA, 2001).

A compactação do solo pode ser considerada como o aumento da densidade do solo e a redução da porosidade total. Ocorre quando o solo é submetido a um grande esforço ou pressões contínuas com uso de implementos agrícolas e/ou

pisoteamento animal. A maioria dos solos da região do estudo apresentam textura argilosa a muito argilosa e, por isso, quando submetidos a manejos intensos, apresentam alto risco de degradação física por compactação e erosão hídrica.

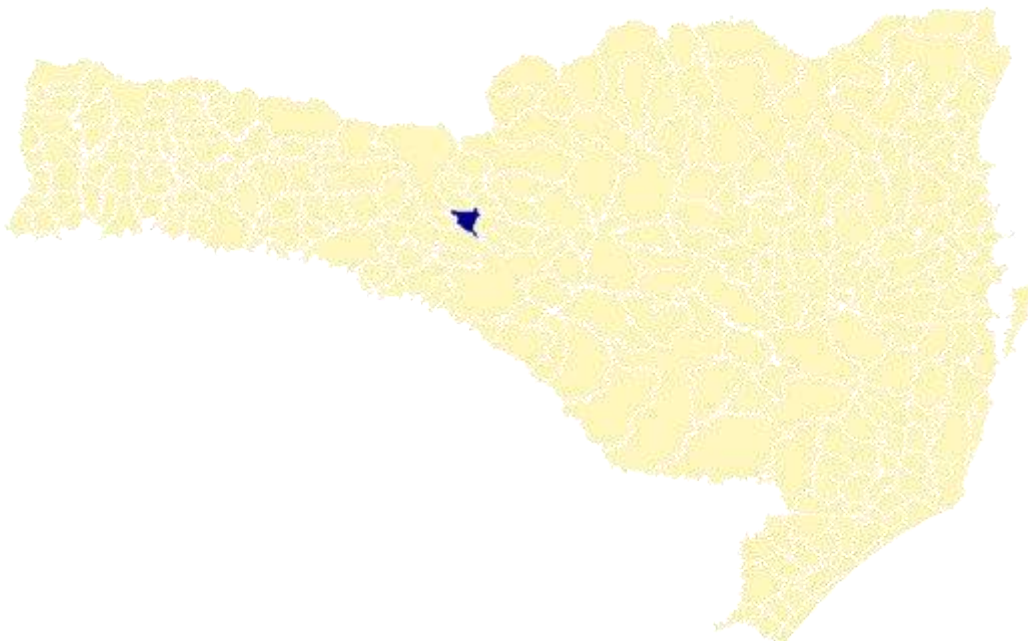
A compactação do solo tem reflexo direto sobre a capacidade de infiltração, sobre o armazenamento e redistribuição da água no solo e, também, sobre o crescimento das raízes, potencializando os riscos dos agricultores enfrentarem frustração da safra decorrente de déficit hídrico. Outro ponto, por estar relacionado ao aumento do escoamento superficial de água, a compactação aumenta os riscos de contaminação ambiental em terrenos mais declivosos, por erosão hídrica e inundações.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho se trata de uma pesquisa qualitativa exploratória do tipo estudo de caso (GERHARDT e SILVEIRA, 2009), a partir da qual se procura conhecer com mais detalhes uma determinada situação real. Dessa forma, não há aqui uma preocupação com a representatividade numérica e nem com o tratamento estatístico dos dados observados.

O estudo foi realizado no município de Ibicaré, o qual encontra-se situado na região Meio Oeste do estado de Santa Catarina, situando-se a 17 km a Norte-Leste de Joaçaba, a maior cidade nos arredores. Encontra-se a 538 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 27° 5' 25" Sul, Longitude: 51° 21' 54" Oeste, correspondente geologicamente ao derrame de rochas eruptivas como basalto, com predominância de uma associação de Nitossolos, Cambissolos hálicos e Neossolos litólicos, em relevo ondulado e forte ondulado (EMBRAPA, 2004).

Ilustração 1- Localização de Ibicaré-SC



Fonte: Fandom, (2019).

As amostras de solos foram coletadas em propriedades rurais do município de Ibicaré, SC, em glebas utilizadas com quatro sistemas de uso e manejo a saber: lavoura anual com adubação de cama de frango por mais de 10 anos; lavoura anual

com adubação de dejetos suínos por mais de 10 anos; lavoura anual com adubação de dejetos bovinos por mais de 10 anos; e mata nativa. Todas as amostras foram coletadas em dois dias no mês de novembro de 2021, quando no município se observava uma pequena estiagem com cerca de 20 dias sem chuvas. As áreas apresentam-se próximas umas das outras, em uma mesma comunidade rural, e apresentam o seguinte histórico:

- Adubação com cama de frango: lavoura com mais de 10 anos de adubação com cama de frango, apresentando plantio de milho no verão e pousio no inverno. Nunca recebeu calagem na lavoura e houve aplicação esporádica de P e K. Sistema de consolidação de plantio direto. Área localizada próxima aos aviários, recebendo adubação com a cama de frango todos os anos, sem controle de quantidade. As amostras foram coletadas com a cultura do milho quase na fase de pendoamento;
- Adubação com dejetos suínos: lavoura com mais de 10 anos com adubação com dejetos suínos, cultivando soja no verão e trigo no inverno. Não há registro de calagem no local. Sistema de consolidação de plantio direto. Área localizada ao lado dos galpões de suínos, sendo feita a distribuição do dejetos suínos sempre em que a esterqueira estava cheia, não havendo controle da quantidade aplicada. As amostras foram coletadas quando a soja estava na fase de germinação;
- Adubação com dejetos bovinos: lavoura com mais de 10 anos de adubação com dejetos bovinos, cultivando milho no verão e pastagens no inverno para pastejo com novilhas. Houve a realização de calagem no local há 2 anos. Sistema de consolidação de plantio direto. Área localizada ao lado do galpão de ordenha, sendo realizada adubação conforme a necessidade de diminuir os dejetos da esterqueira, sem controle da quantidade aplicada. As amostras foram coletadas com o milho quase na fase de pendoamento;
- Mata nativa: área de mata nativa, localizada próxima às lavouras usadas no estudo.

Em cada área, foram abertas quatro trincheiras, localizadas em glebas homogêneas de acordo com a topografia, sendo coletadas amostras em quatro

profundidades, 0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m. Em cada profundidade foram coletados duas amostras indeformadas em anéis metálicos (0,06 m de diâmetro e 0,03 m de altura) e uma amostra deformada com cerca de 0,50 kg, para análise química. Próximo a cada uma das trincheiras, foi determinada a resistência à penetração (RP), a qual foi quantificada com penetrômetro manual (Marca Falker), usando cone de 1 cm² de área, com 10 repetições, com registro das leituras a cada 0,01 m de profundidade, até a profundidade de 0,50 m.

Os parâmetros químicos avaliados foram matéria orgânica, pH em água, teores de fósforo, potássio, magnésio, alumínio e cálcio, seguindo a metodologia descrita por TEDESCO (1995). Os parâmetros físicos medidos foram a resistência à penetração, porosidade total, micro e macroporosidade e densidade do solo, seguindo a metodologia descrita por TEIXEIRA et al. (2017). As análises foram realizadas nos laboratórios de química e de física do solo da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus Chapecó.

6 RESULTADOS

6.1 MACROPOROSIDADE, MICROPOROSIDADE E POROSIDADE TOTAL

Foi observado que a distribuição do tamanho dos poros foi afetada nas três áreas manejadas com adubação orgânica, ficando evidente a diminuição da macroporosidade na camada superficial em relação à mata nativa (Tabela 4). A camada de 0,10 a 0,20 m do solo foi a mais prejudicada na macroporosidade, possivelmente devido à acumulação de cargas aplicadas na superfície do solo, no manejo das lavouras ao longo dos anos. De acordo com REICHERT et al. (2003) a redução da macroporosidade é característica de áreas que sofreram compactação do solo.

Tabela 4- Macroporosidade do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

(Macroporosidade - %				
Profundidade (m)	Cama de frango	Dejeto Suíno	Dejeto Bovino	Mata Nativa
0 – 0,1	18,6	17,5	10,7	30,6
0,1 – 0,2	12,1	8,3	8,8	25,8
0,2 – 0,3	13,1	10,3	9,1	22,0
0,3 – 0,4	15,7	14,3	10,8	22,6

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A macroporosidade é essencial para o desenvolvimento das raízes das plantas, deixando o solo menos denso e com melhores condições para uma adequada aeração. O principal motivo para sua diminuição é a aplicação de cargas excessivas sobre o solo, seja animal ou mecânica. Com a diminuição da macroporosidade, as plantas encontram dificuldades de se estabelecer no solo, e com a intensificação da compactação na segunda camada, as raízes ficam concentradas nos primeiros 0,10 m de solo, proporcionando condições em que as plantas sofrem facilmente na seca, explorando uma área menor para a absorção de água e nutrientes.

De acordo com LEÃO (2002), quando a porosidade de aeração estiver menor que 10%, as raízes são drasticamente prejudicadas na captação de O₂, e os processos fisiológicos e metabólicos da planta são afetados devido ao pouco crescimento e exploração do solo pelas raízes. Desta maneira, é possível identificar conforme se vê na Tabela 4, que a macroporosidade da lavoura com adubação com dejetos suíno (LDS), na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade apresenta-se em um nível crítico. A compactação na camada subsuperficial é um dos principais problemas encontrados na consolidação do plantio direto e pode estar associada a máquinas muito pesadas e também à falta de cobertura suficiente no solo para amenizar essas cargas.

A lavoura com adubação com dejetos bovinos (LDB) apresentou níveis críticos de porosidade nas camadas 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade. Na camada superficial, a macroporosidade se encontra um pouco acima de 10%, porém também requer cuidado. Esse fato provavelmente é devido ao histórico de uso da área. No inverno, a área é utilizada para pastejo das novilhas, o que pode estar acarretando na compactação do solo por excesso de carga animal ou pastoreio quando solo está com excesso de umidade. Outro ponto a se destacar, é o fato da área estar localizada perto do galpão de confinamento dos animais, assim sendo a área de mais fácil acesso aos animais e que demanda menos mão de obra para a família para o manejo dos animais. Quando o pastejo é realizado com carga excessiva e/ou com a pastagem em uma altura baixa e/ou com o solo muito úmido, pode resultar na compactação do solo, principalmente em camadas subsuperficiais.

A maior microporosidade foi encontrada na LDB, conforme se vê na Tabela 5. Isso corrobora a observação de que esta foi a área mais compactada, com diminuição drástica dos poros maiores, porém aumentando a microporosidade. Os solos compactados apresentam dificuldades para a infiltração de água e penetração das raízes, deixando as plantas mais susceptíveis ao estresse hídrico por dois motivos: as raízes conseguem explorar uma área menor de absorção de água e nutrientes e a planta precisa gastar mais energia para conseguir captar a água.

Tabela 5- Microporosidade do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

Microporosidade - %				
Profundidade (m)	Cama de frango	Dejeto Suíno	Dejeto Bovino	Mata Nativa
0 – 0,1	47,2	46,6	52,5	48,6
0,1 – 0,2	47,8	47,9	52,1	45,2
0,2 – 0,3	48,5	48,3	49,7	45,8
0,3 – 0,4	47,9	48,8	48,8	45,8

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

A porosidade total da MN foi a mais alta em todas as profundidades, indicando que todos os manejos apresentam certo grau de compactação, com diminuição dos macroporos e aumento da microporosidade.

A porosidade total das lavouras foram afetadas negativamente em relação à mata nativa (Tabela 6), em todas as profundidades avaliadas, especialmente em função da diminuição dos macroporos. A lavoura com cama de frango (LCF) apresentou maior porosidade total em relação aos demais manejos com adubação orgânica, principalmente na camada superficial. Provavelmente, isso tem relação com o maior aporte de material orgânico presente na cama, que refletiu em maior quantidade de matéria orgânica no solo como se verá no item 6.3, adiante.

Tabela 6 – Porosidade total do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

Porosidade Total - %				
Profundidade (m)	Cama de Frango	Dejeto Suíno	Dejeto Bovino	Mata Nativa
0 – 0,1	65,8	64,1	63,2	79,2
0,1 – 0,2	59,9	56,2	60,9	71,0
0,2 – 0,3	61,6	58,6	58,8	67,8
0,3 – 0,4	63,6	63,1	59,6	68,4

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Embora as áreas de lavoura também apresentem maior porosidade total na camada superficial, foi nesta camada que se observaram as maiores reduções da

porosidade quando comparada à área de mata nativa. Outro aspecto a destacar, é que os agricultores adotam práticas como escarificação ou subsolagem, com vistas a reduzir os problemas de compactação que percebem nas áreas de lavoura. Entretanto, os resultados da caracterização da porosidade do solo parecem indicar que os efeitos destas práticas não se refletem na ampliação da porosidade, visto que porosidade total, de forma geral, foi grandemente afetada em todas as camadas analisadas.

6.2 DENSIDADE DO SOLO

De acordo com REICHERT et al. (2003), a densidade do solo crítica para o desenvolvimento de plantas está situada entre 1,25 e 1,80 Mg/m³, sendo os valores menores aplicáveis para solos muito argilosos e os maiores em solos francos arenosos. Assim, considerando que os solos em estudo tem textura argilosa a muita argilosa, pode-se considerar que a densidade crítica deve estar entre 1,25 a 1,40 Mg/m³. Observando-se as densidades do solo obtidas no presente estudo (Tabela 7), verifica-se que as áreas de lavouras, de modo geral, estão com valores dentro da faixa de valores críticos (1,25 a 1,40 Mg/m³) em todas as profundidades.

Tabela 7 - Densidades do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

Densidade do Solo - Mg/m³				
Profundidade (m)	Cama de Frango	Dejeto Suíno	Dejeto Bovino	Mata Nativa
0 – 0,1	1,22	1,27	1,33	0,69
0,1 – 0,2	1,35	1,38	1,34	1,09
0,2 – 0,3	1,27	1,33	1,37	1,19
0,3 – 0,4	1,20	1,27	1,38	1,17

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Considerando a densidade crítica de 1,25 Mg/m³, somente a MN não apresenta problemas em relação à densidade do solo, ficando com valores todos abaixo de 1,19

Mg/m³. Na LCF, a camada superficial apresenta densidade abaixo da crítica para o desenvolvimento das principais culturas, porém o maior problema está na camada de 0,10 a 0,20 m de profundidade, onde a densidade chega a 1,35 Mg/m³, o que pode limitar o desenvolvimento das raízes em profundidade. O produtor relatou que as plantas de milho caem com facilidade com pequenos ventos e a alta densidade na camada de 0,10 a 0,20 m pode explicar esse problema.

Na LDS, observa-se que a densidade está acima de 1,25 Mg/m³ desde a camada superficial, agravando-se principalmente na camada de 0,10 a 0,20 m, chegando a 1,38 Mg/m³, dificultando melhor exploração do solo pelas plantas, no caso deste produtor, soja e trigo. Por seu turno, a LDB apresentou valores de densidade do solo acima de 1,30 Mg/m³, desde a camada superficial e agravando-se até 0,40 m de profundidade, provavelmente devido ao fato da área ser utilizada com pastoreio animal no período de inverno.

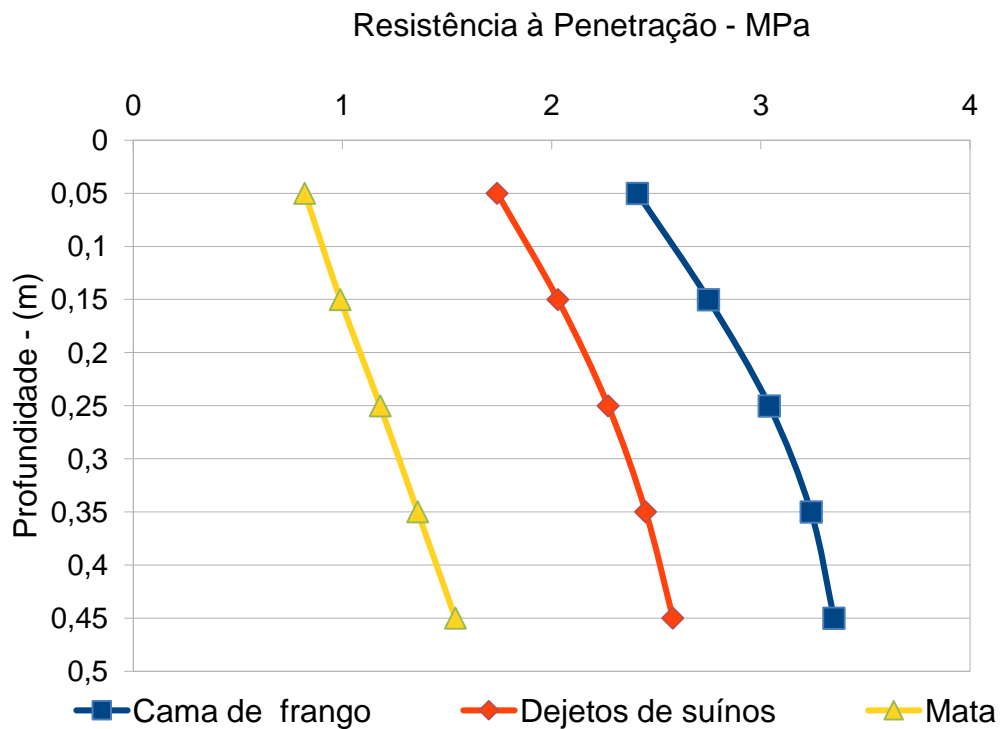
6.2 RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO

A resistência à penetração corrobora os dados de porosidade e densidade do solo, mostrando que na mata nativa o solo está mais propenso para o desenvolvimento de raízes, quando comparado com as lavouras, pois oferece menor resistência à penetração e ao crescimento das raízes das plantas, quando avaliada com o penetrômetro (Figura 1). A resistência a penetração aumentou com a profundidade em todos os manejos o que é normal devido ao não revolvimento de camadas mais profundas e ao acúmulo de cargas.

Na LDB não foi possível a realização da medida da resistência à penetração, devido ao fato do solo estar bastante compactado, conforme se viu pelos dados de porosidade e densidade do solo, apresentados anteriormente. Assim, como no dia coleta das amostras, o solo estava com pouca umidade, a medição da resistência à penetração mostrou-se inviável com o penetrômetro manual. Isso pode ser explicado pelo manejo utilizado na área, com o pastejo na época de inverno, sem controle da carga animal utilizada sobre o solo, mesmo em dias úmidos.

De maneira geral os valores de resistência do solo à penetração, considerados críticos para o desenvolvimento radicular, variam de 1,5 a 3 MPa. REICHERT et al. (2003) indica que o valor de 2 MPa pode ser considerado como crítico à penetração das raízes. Desta maneira, com exceção da mata nativa, todos os sistemas apresentaram níveis críticos de resistência a penetração, no dia da leitura realizada neste estudo. A LDS apresentou resistência abaixo de 2 MPa somente na camada superficial, enquanto que a LCF apresentou resistência a penetração acima de 2 MPa desde a camada superficial, conforme se vê na Figura 1.

Figura 1 - Resistência à penetração do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

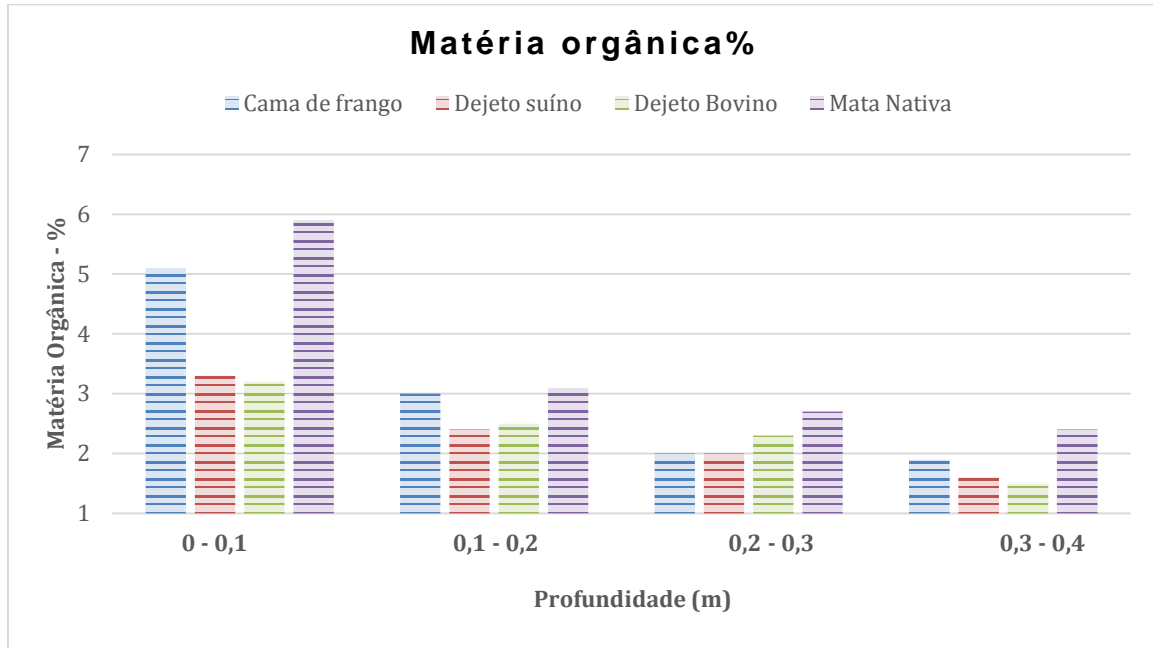
6.3 MATÉRIA ORGÂNICA

A MN apresentou os maiores valores de matéria orgânica do solo, em todas as profundidades, chegando a 5,9% na camada superficial, mostrando a eficiência de acúmulo em um solo protegido e com reposição de restos vegetais o ano todo.

A LCF apresentou os maiores resultados, entre as áreas cultivadas, principalmente nas duas primeiras camadas, apresentando 5,1% e 3,0%, com valores muito próximos àqueles observados na área de MN (Figura 2), indicando que a aplicação da cama de frango sólida anualmente favoreceu o aumento da matéria orgânica. Esse fato pode ser explicado em função do adubo ser sólido, ser rico em matéria seca e nutrientes (Tabela 1), podendo proporcionar aumento da matéria orgânica do solo. Outro ponto a ser observado é a relação C/N da cama de frango ser mais alta, uma vez que tem na sua composição a maravalha, material vegetal que tem uma relação C/N média de 391/1, de acordo com OLIVEIRA (2002). Essa relação alta de carbono por nitrogênio dificulta a decomposição da matéria orgânica, favorecendo um maior acúmulo no solo.

As lavouras de adubação com dejetos suíno e bovino apresentaram valores de matéria orgânica do solo de 3,3% e 3,2%, respectivamente, na camada superficial, considerados médios para interpretação de análises de solo (CQFS, 2016). Esses resíduos são líquidos e, por isso, são compostos basicamente de água, com baixa concentração de matéria seca (Tabelas 2 e 3). Provavelmente, as diferenças nas composições pode ajudar a explicar a diferença entre a adubação com cama de frango e com os dejetos líquidos. Além disso, o histórico da LCF, com milho no verão e pousio no inverno, pode também contribuir para o aumento da matéria orgânica, já que o milho deixa mais massa de resíduo na lavoura do que a soja, com uma relação C/N maior, dificultando a degradação por microrganismos.

Figura 2 - Percentual (%) de matéria orgânica do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

6.4 PH E ALUMÍNIO

Como se pode observar nas Figura 3 e 4, respectivamente, os menores valores do pH em água e os maiores de alumínio trocável, foram observados na área de MN, enquanto que o solo da lavoura com adubação de cama de frango apresentou os maiores valores de pH, em uma faixa maior que 5,5 até os 0,30 m de profundidade, e os menores valores de Al trocável, indicando um solo com boas condições para o desenvolvimento de raízes em profundidade. Importante observar que nesta lavoura nunca foi realizada aplicação de calcário e, mesmo assim, apresentou pH de 5,7, 5,6 e 5,5 nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade, respectivamente.

A cama de frango utilizada na propriedade é utilizada em média com 12 lotes de frangos, sendo que entre os lotes a cama recebe tratamento que inclui o acréscimo de gesso agrícola, com o objetivo de deixar a cama mais seca, e cal virgem para a eliminação de bactérias, principalmente a salmonela.

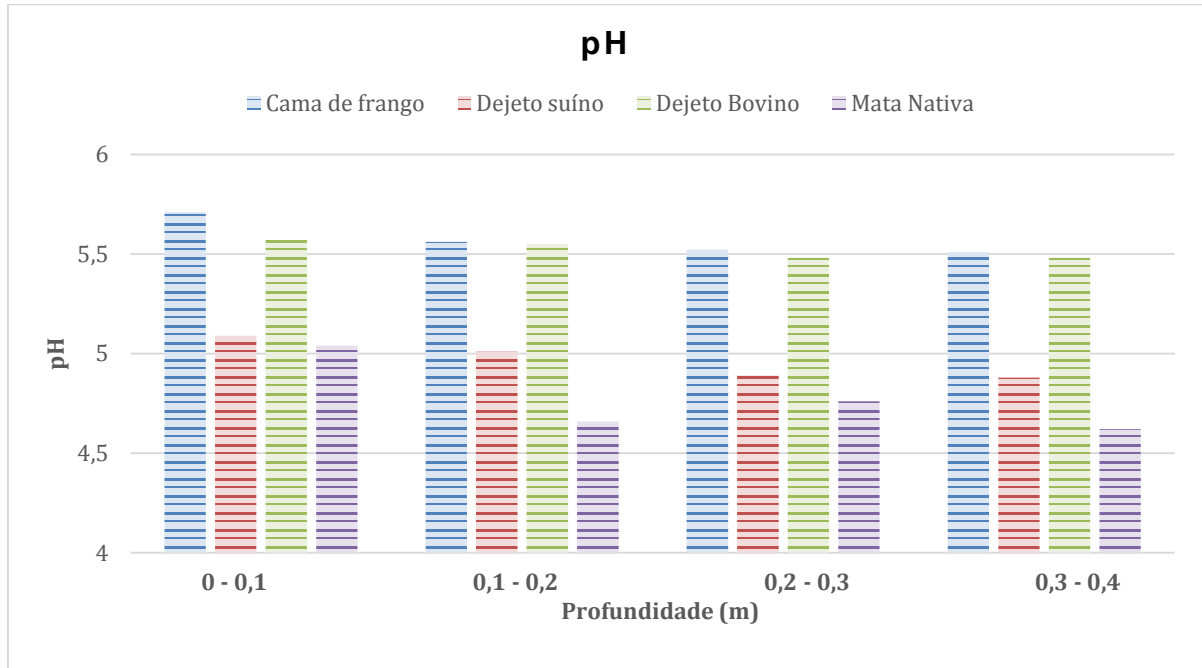
A cal virgem pode contribuir para o aumento do pH, devido a composição predominantemente dos óxidos de cálcio e magnésio. Assim, mesmo não realizando a calagem de forma direta, o pH do solo manteve-se em uma faixa adequada pela calagem indireta com a cama de frango, trazendo mais um benefício ao produtor. Já o gesso agrícola pode ajudar nas camadas mais profundas, por ser mais solúvel que a cal virgem, aumentando os efeitos benéficos sobre a disponibilidade de nutrientes como o cálcio e o enxofre e atuando na estabilização do alumínio (NEIS, 2009).

A LDB apresentou pH de 5,6, 5,5 e 5,3 nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, respectivamente. Nesta área, segundo o proprietário, foi realizada calagem em 2020, com o objetivo de elevar o pH a 5,8, na camada superficial. O pH apresenta-se em uma faixa adequada para o desenvolvimento das plantas em boa profundidade. Com o pH em uma faixa de 5,5 a quantidade de alumínio trocável no solo é insignificante, favorecendo um melhor desenvolvimento radicular e melhorando a exploração de um volume maior do solo.

A LDS apresentou pH de 5,2, 4,8 e 4,9 nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m, respectivamente. Esta área não recebeu calagem e apresenta um pH baixo, principalmente a partir dos 0,10 m de profundidade, o que pode dificultar o desenvolvimento de raízes. Além disso, o pH baixo nesse manejo, favoreceu o aumento do alumínio trocável, que pode ser tóxico para o desenvolvimento das plantas. É fundamental para o melhor aproveitamento da área a realização da calagem, aumentando o pH e naturalmente diminuindo a concentração de alumínio trocável.

Em todos os manejos, o pH e o alumínio comportaram-se de forma inversamente proporcional, sendo que o pH foi maior nas camadas superficiais e o alumínio obteve sua maior concentração em camadas mais profundas, conforme se observa nas Figuras 3 e 4. O Al apresentou-se de forma insignificante em todos os manejos, ficando abaixo de $0,5 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$, valor considerado baixo de acordo com o CQFS (2016). Nos casos da LCF e LDB, que apresentam a média de pH superior a 5,5, a presença de pequenos teores de Al podem ser explicado pelo fato de que os resultados aqui apresentados serem médias de quatro repetições, ou seja, em algumas glebas é possível que o pH esteja inferior a 5,5, que explicam a observação de teores baixos de Al trocável.

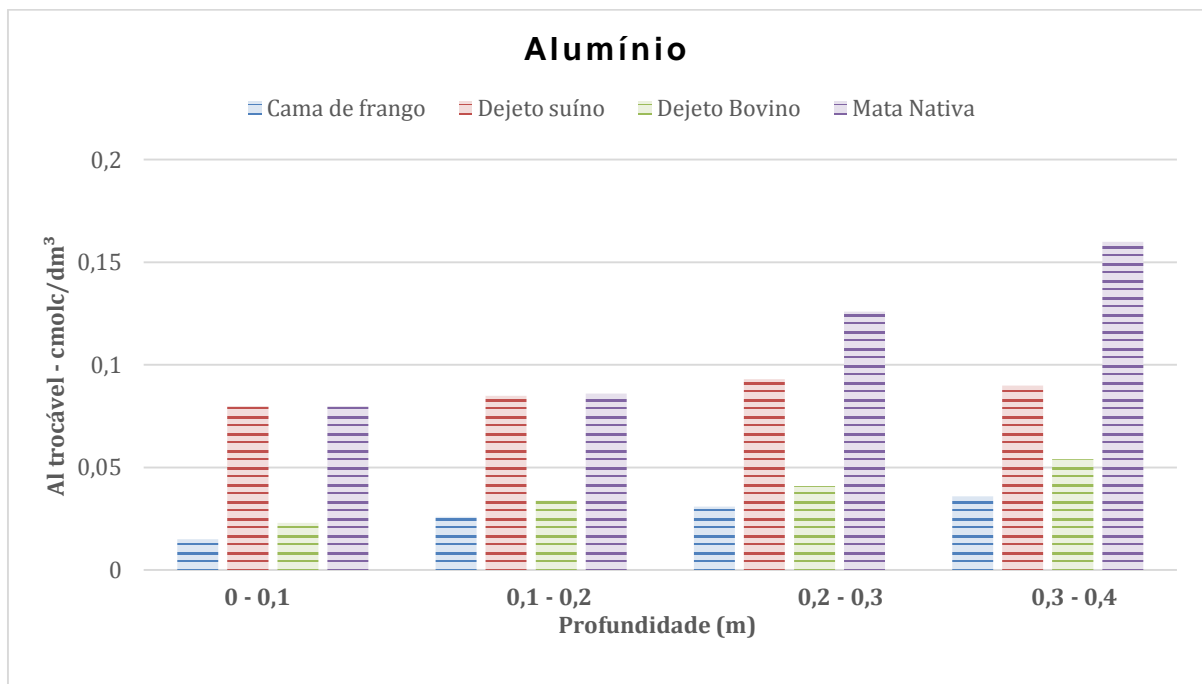
Figura 3 – Valores de pH em água do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



*Desvio padrão entre 0,1, e 0,6.

Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Figura 4 – Alumínio trocável ($\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

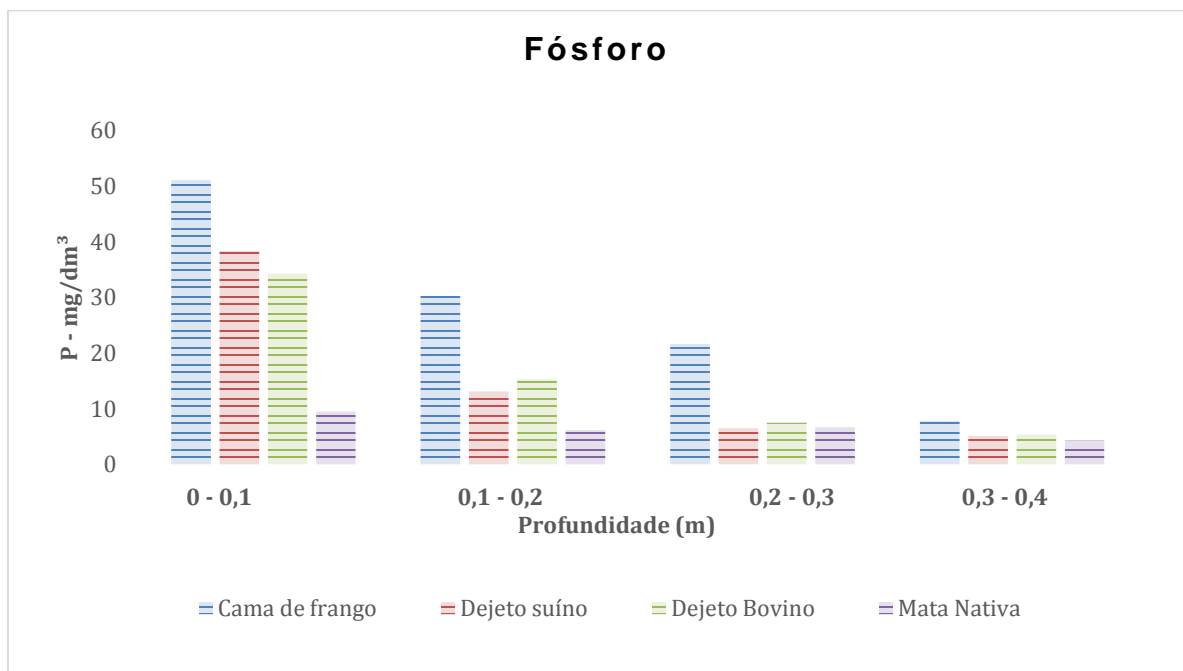


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

6.5 FÓSFORO E POTÁSSIO

De modo geral, considerando que os solos estudados são muito argilosos, as áreas cultivadas apresentaram valores médios a muito altos de P em todas as camadas avaliadas, considerando uso com culturas de grão (CQFS, 2016), enquanto que a MN apresentou teores muito baixo a baixos de P em todas as camadas, conforme se vê Figura 5.

Figura 5 – Teor de fósforo (P), em mg/dm³, do solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Um desafio na adubação orgânica constantemente é manter a concentração de P no solo de acordo com a legislação, diminuindo riscos ambientais. A LCF apresentou quantidade mais alta de P entre todos os manejos estudados, com concentrações de 51,06, 30,25, 21,31 e 7,84 mg/dm³ nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente. Observa-se, ainda, que o fósforo na LCF está migrando entre as camadas, o que pode ser explicado pelo fato da aplicação de fósforo, via cama de frango, vem acontecendo há vários anos já que o nutriente tem pouca mobilidade no solo (PEREIRA, 2006). A Migração do P para

camadas mais profundas é benéfica para o desenvolvimento das raízes e melhor utilização do solo.

A LDS apresentou quantidade de P de $38,25 \text{ mg/dm}^3$ na camada superficial, porém nas demais camadas o P está em concentrações relativamente mais baixas, com valores de 13,10, 6,54 e $5,14 \text{ mg/dm}^3$, nas camadas 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente. Isso pode ser explicado quando analisado o pH (Figura 3), onde se verifica que o pH é de 5,1 na camada superficial, mas logo fica ainda mais ácido com a profundidade, sendo que o P diminui sua disponibilidade conforme aumenta a acidez do solo (PEREIRA, 2006).

A LDB apresentou quantidade de P de $34,03 \text{ mg/dm}^3$ na camada superficial, porém nas camadas 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m o P está em concentrações mais baixas, com valores de 15,34, 7,48 e $5,39 \text{ mg/dm}^3$, respectivamente. O pH de das camadas mais profundas estão em um nível aceitável, conforme a Figura 3. O que pode explicar a menor migração para as camadas mais profundas é a alta compactação do solo nesse manejo, assim P que tem baixa mobilidade (PEREIRA, 2006), apresenta maiores dificuldades de migração para as camadas profundas.

Atualmente, o P é um dos principais nutrientes que geram preocupação com impacto negativos ao ambiente, em especial aos mananciais de água. O P acumulado na superfície do solo, pode ser carregado pela água do escoamento superficial e conseqüentemente pode provocar a eutrofização dos rios (OLIVEIRA, 2021). Na região do estudo, encontra-se o Rio do Peixe, o qual já apresenta sinais de eutrofização das águas (DELFES et al., 2015).

Com isso é importante ficar atento à legislação sobre a quantidade máxima de P no solo. A Instrução Normativa N° 11, da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (IN11/FATMA) é a legislação vigente, a qual prevê o Limite Crítico Aceitável (LCA) para o fósforo. De acordo com a IN11/FATMA, o limite crítico aceitável varia com o teor de argila do solo, sendo dado pela seguinte equação: $LCA = 40 + \text{argila}\%$, na qual argila (%) é o teor de argila na camada 0,0 a 0,10 m do solo, expresso em percentagem. De acordo com a IN11/FATMA, quando o teor de P atinge o LCA não se pode mais aplicar ao solo adubos com este nutriente.

Os teores de argila na camada superficial do solo foram de 62%, 57%, 50% e 56%, respectivamente para LCF, LDS, LDB e MN. Desse modo, para cada área

estudada, estimou-se o LCA de fósforo, pela fórmula $LCA = 40 + \text{argila}\%$, que são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Teor de Mehlich-P e LCA nos diferentes sistemas de cultivo com interpretação e recomendação segundo a Fundação do Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.

Sistemas	P mg/dm ³	LCA P mg/dm ³	Adubação com P
Cama de frango	51,06	102	Aceitável
Dejeto suíno	38,35	97	Aceitável
Dejeto bovino	34,3	90	Aceitável
Mata Nativa	9,53	96	Aceitável

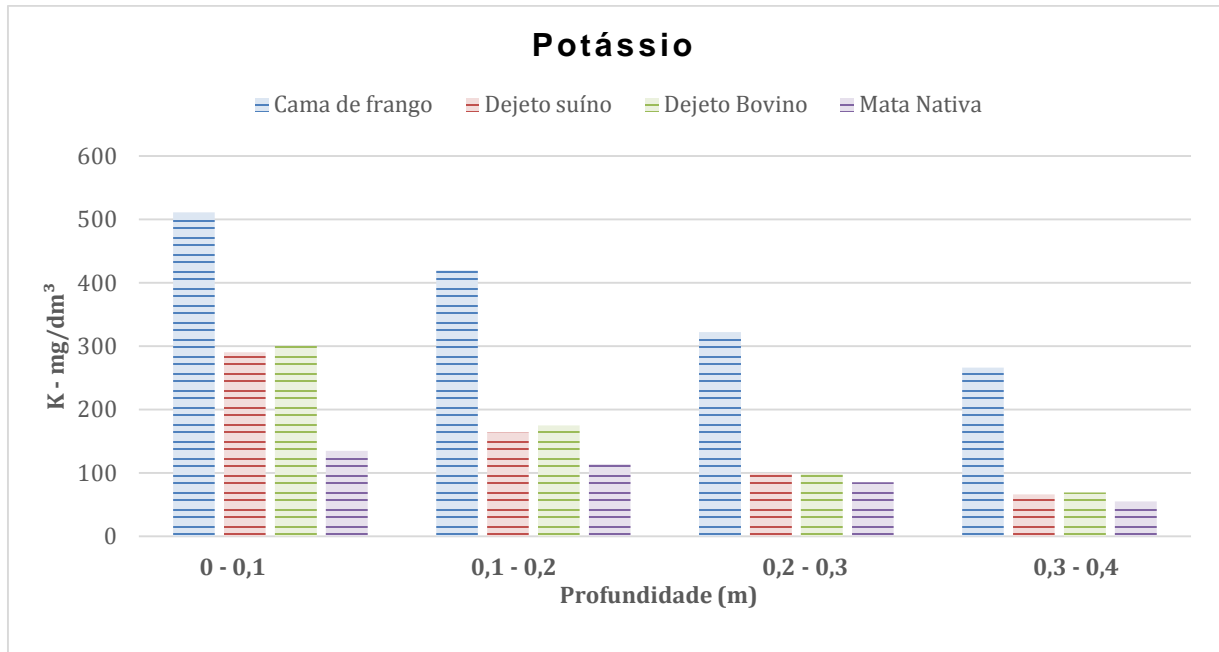
Fonte: Elaborada pelo autor, (2022).

Portanto, considerando o LCA calculado (Tabela 8), de acordo com a IN11/FATMA, ainda é possível a realização de adubação com adubos orgânicos nas lavouras estudadas. No entanto, é importante que o manejo e as práticas agrícolas sejam adequadas e que a análise de P seja feita anualmente para verificar se ainda é possível a aplicação de adubos orgânicos. Esses resultados estão de acordo com OLIVEIRA (2021), que estudou a aplicação de dejetos suínos na microrregião de Concórdia-SC, em diferentes sistemas de manejo, como pastagem, erva mate, lavoura e eucalipto. OLIVEIRA (2021), diagnosticou solos com altos teores de P, porém de acordo com a IN11/FATMA, recomendou a continuação da adubação com dejetos suínos com cuidados no manejo e periodicidade nas análises de solo.

Com relação aos teores de potássio (Figura 6), observou-se que a área de LCF apresentou valores maiores que 120 mg/dm³ em toda a camada analisada, classificados como alto ou muito alto conforme a classificação dada pela CQFS (2016), indicando migração do nutriente, tendo atingido valor de 507 mg/dm³ na camada superficial. A cama de frango apresenta em torno de 3,5% de K, assim com a adubação continuada por mais de uma década, com uma única safra de milho anual, é natural se observar este acúmulo de K. A LDS e a LDB apresentaram valores altos de K até os 0,20 m de profundidade, indicando que a adubação orgânica está sendo eficiente na reposição da exportação do nutriente pela colheita e gerando um acúmulo de K no solo. Nas três lavouras com adubação orgânica, observa-se que

altos níveis de K e, com isso, a relação K/Ca-Mg também está alta, o que pode prejudicar a absorção de Ca e Mg pelas plantas.

Figura 6 – Teores de potássio (K), em mg/dm³, no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.

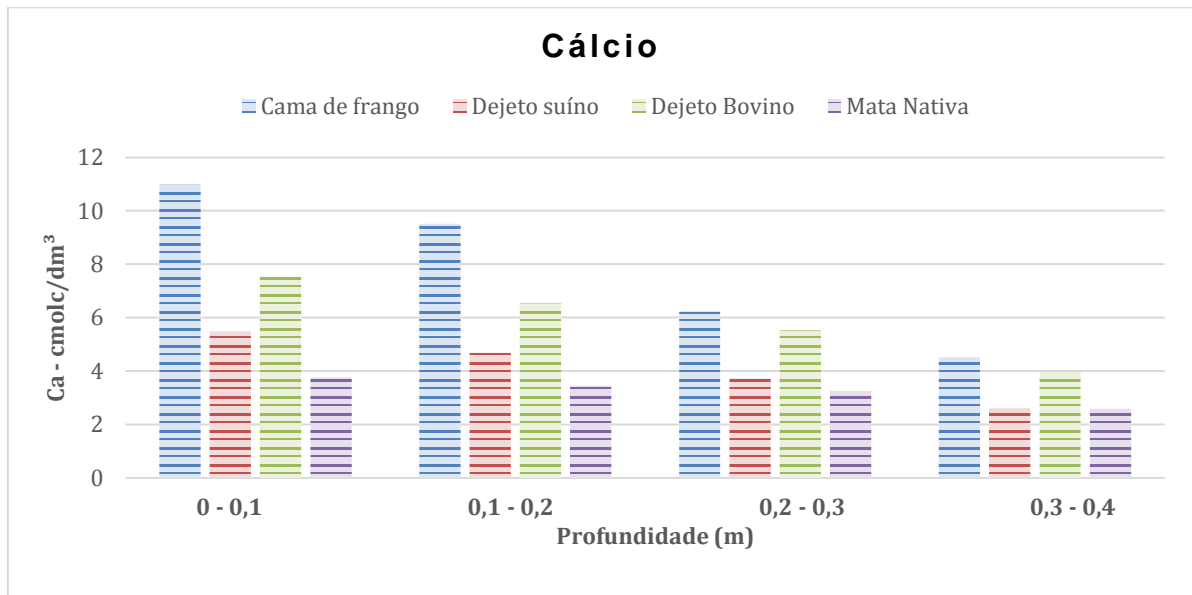


Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

6.6 CÁLCIO E MAGNÉSIO

Os dados referentes aos teores de Ca trocável encontram-se na Figura 7, na qual se observa que a LCF apresentou as maiores concentrações de Ca no solo em todas as profundidades. Nesta área, observaram-se valores de 10,9; 9,5; 6,2 e 4,51 cmol_c/dm³ de Ca nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente, indicando que há uma migração do Ca migrado para as camadas com maiores profundidades. O Ca apresentou valores altos em camadas mais profundas, assim como se observou para o pH nesta área (Figura 3). A cama de frango contém naturalmente quantidade significativa de cálcio, em torno de 4,5% (EMBRAPA, 2019). De acordo com CQFS (2016), os teores de Ca na LCF são classificados como altos até os 0,30 m de profundidade.

Figura 7 – Teores de cálcio (Ca), em $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

É importante observar que a cama de frango utilizada pelo agricultor era, em média, de 12 lotes, a qual recebi aplicação de cal virgem e gesso agrícola nas trocas de lotes de frango, para melhoria da qualidade da cama. Ambos os aditivos são ricos em cálcio, deixando a cama de frango provavelmente com uma % de Ca maior que a média observada pela Embrapa (2019), o que explica os valores observados no solo.

A LDS apresentou teores de 5,49; 4,68; 3,72 e 2,61 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente, conforme o Figura 7. O dejeito suíno é composto em média por 2 Kg/m^3 de Ca (Tabela 2), sendo considerada uma quantia significativa do nutriente. Embora, de modo geral, os valores observados sejam menores do aqueles da LCF, nesta área temos teores considerados altos até 0,20 m de profundidade, de acordo com CQFS (2016).

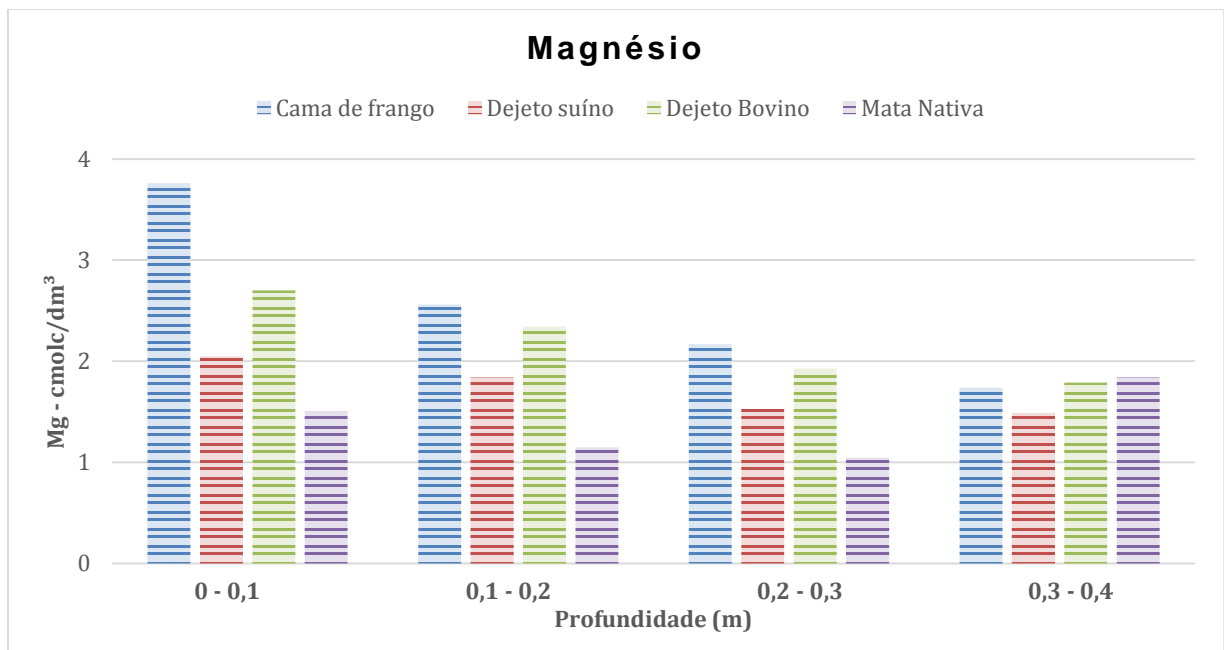
A LDB apresentou teores de 7,53; 6,52; 5,52 e 3,96 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente (Figura 7). Além do Ca presente do dejeito líquido bovino, é importante ressaltar que nesta área foi realizada calagem em 2020, o que pode explicar os valores observados que são classificados altos até na camada de 0,40 m de profundidade, corroborando, também os valores de pH observados nesta área (Figura 3).

A MN apresentou teores de 3,75; 3,45; 3,25 e 2,58 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ de Ca nas camadas de 0,0 a 0,10, 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,30 e 0,30 a 0,40 m, respectivamente.

Esses valores mais baixos de Ca e próximos entre as camadas era esperado por se tratar de uma área que nunca recebeu calagem e adubação, apresentando valores de pH mais ácido. Ainda assim, os valores observados enquadram-se como médios, de acordo com CQFS (2016).

Como se pode ver na Figura 8, a LCF apresentou os maiores valores de Mg em todas as profundidades, seguido por LDB, LDS e MN, em ordem decrescente. A maior quantidade apresentada na LCF se deve, provavelmente, à maior quantidade de Mg na composição da cama de frango. Todos os sistemas de adubação apresentaram quantidades significativas de Mg na camada superficial e mostraram migração para as demais camadas, mostrando a eficiência da adubação orgânica em aportar este nutriente ao solo.

Figura 8 – Teores de magnésio (Mg), em $\text{cmol}_e/\text{dm}^3$, no solo em lavouras tratadas com resíduos orgânicos e em mata nativa, no município de Ibicaré, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

De modo geral, em todas as áreas estudadas, incluindo as de mata nativa, os teores de Mg são classificados como altos, de acordo com CQFS (2016), provavelmente em função do material de origem (rochas basálticas) dos solos da região. De acordo com CQFS (2016) a relação ideal Ca/Mg é insignificante quando ambos os nutrientes apresentam teores altos. Desta maneira, provavelmente as

plantas estão conseguindo absorver de forma suficientemente os dois nutrientes sem acontecer antagonismo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação orgânica, independente da origem, favoreceu o aporte de MOS, P, K, Ca e Mg nas lavouras, principalmente na camada superficial.

A LCF apresentou os maiores resultados para teores de P, K, Ca e Mg, com indícios de migração desses nutrientes para as camadas mais profundas. O pH do solo está em uma faixa média de acordo com CQFS (2016), sendo aceitável para o desenvolvimento das principais culturas, até 0,30 m de profundidade. A macroporosidade está em uma faixa que requer cuidado para evitar compactação excessiva do solo, atingindo valores de críticos de porosidade.

A LDS apresentou quantidades de P, K, Ca e Mg altos na camada superficial de acordo com CQFS (2016). A lavoura apresenta o pH em uma faixa média/baixa de acordo com CQFS (2016). O solo está compactado, atingindo valores críticos de macroporosidade (menores que 10%) na segunda camada estudada (0,10 a 0,20 m).

A LDB apresentou pH médio em todas as camadas e teores de P, K, Ca e Mg em níveis altos na camada superficial (CQFS (2016)). A principal limitação nesta lavoura diz respeito à compactação, pois a macroporosidade já atingiu níveis críticos nas camadas de 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m de profundidade. A densidade do solo, em todas as camadas, teve os maiores valores entre os sistemas estudados, chegando a 1,38 Mg/m³ na camada de 0,30 a 0,40 m de profundidade.

Como era de se esperar, a MN apresentou os melhores resultados físicos entre os usos estudados, destacando-se pela densidade do solo abaixo de 1,19 Mg/m³, em todas as profundidades, e pela alta % de macroporos, chegando a 30,6% na camada superficial. A MOS foi a mais alta entre os manejos, com 5,9% na camada superficial. O pH foi baixo/médio desde a camada superficial, decaindo nas camadas mais profundas.

De forma geral, as três lavouras com adubação orgânica apresentaram problemas de compactação, apresentando densidade acima de 1,25 Mg/m³, considerada crítica para o desenvolvimento das raízes das principais culturas.

No que se refere aos limites impostos pela legislação, todos os manejos de adubação estão respeitando a Instrução Normativa 11/FATMA (FATMA, 2014), no que

se refere aos teores máximos permitidos para o fósforo. Entretanto, é necessário monitorar estes valores, mediante análise de solo anual, uma vez que já se observa, nos três sistemas, uma elevação considerável do P na camada superficial.

8 REFERÊNCIAS

- ADELI, A. et al. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. **Agronomy Journal**. J. 97:314-321, 2005.
- ADELI, A. et al. Effects of broiler litter applied to no-till and tillage cotton on selected soil properties. **Soil Science Society of America Journal**. Soc. Am. J., 71:974- 983, 2007.
- ALMEIDA, J. A. et al. Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em latossolos desenvolvidos de Basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 985-1002, 2003.
- ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p.117-137.
- BERNARDI, A. C. de C. et al. **Correção do Solo e Adubação no Sistema de Plantio Direto nos Cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.
- BEUTLER, A. N. et al. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, 2005.
- BOATENG, S.A.; ZICKERMANN, J. & KORNAHRENS, M. Poultry manure effect on growth and yield of maize. **West Africa Journal Appl. Ecol.**, 9:1-11, 2006.
- BRAIDA, J. A. et al. Matéria orgânica e seu efeito na física no solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. VII, p. 221-278, 2011.
- CAIRES, E.F. et al. Alterações das características químicas do solo e respostas da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.27-34, 1998.
- CAIRES, E. F. et al. 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**, v.27, n. 2, p. -, 2003.
- CAVALIERI, K. M. V. et al. Efeito de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 137-147, 2006.
- CELIK, I.; ORTAS, I. & KILIC, S. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilize on some physical properties of a Chromoxerert soil. **Science Direct Res.**, 78:59-67, 2004.
- CINTRA, F.L.D. Distribuição dos sistemas radicular na presença de horizontes coesos. In: Workshop coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros. **Anais ... Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2001, p. 229-239.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

CONCEIÇÃO, P. C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.

COSTA, A.M. et al. Estabilidade de agregados de um latossolo vermelho tratado com cama de peru. **Revista Ciências Agrotec.**, 32:73-79, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento nº 46. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2004, 745p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Potencial agrônomo dos dejetos bovinos**. Concórdia, EMBRAPA. 2019. p15.

FATMA - FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa para licenciamento ambiental**. FATMA: Instrução normativa n.11/ 2014.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. (Coord.). **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120p.

GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. **Avaliação da fertilidade do solo**. In: BISSANI, C. A. et al. Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas. Porto Alegre: Gênese. 2004. p. 43-48.

GIROTTI, A. F.; MIELI, M. **Situação atual e tendências para a avicultura de corte nos próximos anos**. Brasília, Embrapa, 2004.

GUARÇONI, A.; MENDONÇA, E. S. Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de fósforo pela adição de composto orgânico. **Magistra**, v. 15, n. 2, 2003.

JUNIOR, S. E. M. **Avaliação das alternativas de disposição final do resíduo da produção de frango de corte: cama de frango**. Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, 100 p. 2014.

LIMA, H. V. et al. Comportamento físico de um argissolo acinzentado coeso no estado do Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 29, p. 33-40, 2005.

Leão, T. P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2002. 58p. Dissertação Mestrado

LUNARDI NETO, A. et al. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 1379-1388, 2008.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. Santa Maria, 2006. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria.

MEURER, E. J.; JUNIOR, A. V. I. **Potássio e adubos potássicos**. In: BISSANI, C. A. et al. Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 139-151.

MOSADDEGHI, M. R.; MAHBOUBI, A. A.; SAFADOUST, A. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. **Soil Tillage Res.**, 104:173-179, 2009.

FANDOM. **MUNICÍPIOS DE SANTA CATARINA**. 2019. Disponível em: <https://sul.fandom.com/pt/wiki/Ibicar%C3%A9>. Acesso em: 15/09/2021.

NEIS, L. **Gesso agrícola em sistemas de manejo do solo e produtividade de soja na região Sudoeste de Goiás**. 2009. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. UFG/Campus Jataí.

OLIVEIRA, B. D. V. **Uso da IN 11/FATMA 2014 em uma microbacia do oeste catarinense com intensa produção de dejetos suínos**. UFFS. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Agronomia, UFFS/Campus Chapecó.

OLIVEIRA, R.V et al. Caracterização química de substratos para hortaliças. **Embrapa Hortaliças**, 295: 02-04, 2002.

DELVES, M.; PERAZZOLI, M.; GOLDBACH, A. Avaliação qualitativa a água do Rio Do Peixe na área urbana do município de Videira, SC. **Unoesc & Ciência - ACET**, 6(2), 133–140. 2015.

PEREIRA, S. H. Fósforo e potássio exigem um manejo diferente. **Fertilidade, Nutrientes**. ESALQ, 9: 01-04, 2006.

PRIORI, J.C et al. Calcário e gesso: os corretivos essenciais para o plantio direto. **Fertilidade, Correção do solo**, 9: 02-06, 2010.

RESENDE, A.V.; COELHO, A.M.; SANTOS, F.C.; JESUS, J.J. Fertilidade do Solo e Manejo da Adubação NPK para Alta Produtividade de Milho no Brasil Central. **Circular Técnica 181. Embrapa – MG**, 181: 05-09, 2011.

REICHERT, J. M. et al. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

SCHERER, E.E et al. Atributos químicos do solo influenciados por sucessivas aplicações de dejetos suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina. Seção VIII, Fertilizantes e Corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 03-07, 2010.

SILVEIRA, M.F. et al. Dejeito líquido bovino em plantio direto: perda de carbono e nitrogênio por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35:1759-1767, 2011.

TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A. Acidez do solo e seus efeitos nas plantas. In: BISSANI, C. A. et al. **Fertilidade dos Solos e Manejo da Adubação de Culturas**. Porto Alegre: Gênese. 2004. p. 75-92.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS. Boletim Técnico nº5. Segunda edição revisada e ampliada. 1995.

TEIXEIRA, C. P. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3º edição ampliada. Rio de Janeiro, EMBRAPA. 2017.

VALADÃO, A. C. F. et al. Variação dos atributos do solo em sistemas de manejo com adição de cama de frango. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. 35:2073-2082, 2011.