



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

***CAMPUS CHAPECÓ***

**CURSO DE AGRONOMIA**

**LUIS HENRIQUE ZANETTE**

**Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes usos em unidades de produção da agricultura familiar: estudo de caso da Propriedade Zanette em Chapecó, SC.**

**CHAPECÓ-SC, 2024**

**Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes usos em unidades de produção da agricultura familiar: estudo de caso da Propriedade Zanette em Chapecó, SC.**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Chapecó, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. João Alfredo Braidá

Este trabalho foi avaliado e aprovado pela banca examinadora, em 08/02/2024.



Documento assinado digitalmente  
JOAO ALFREDO BRAIDA  
Data: 13/02/2024 14:57:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. João Alfredo Braidá  
Orientador - Presidente da banca



Documento assinado digitalmente  
FERNANDO PEROBELLI FERREIRA  
Data: 14/02/2024 13:49:59-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Fernando Perobelli Ferreira  
Avaliador - UFFS



Documento assinado digitalmente  
JOAO GUILHERME DAL BELO LEITE  
Data: 14/02/2024 12:12:07-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. João Guilherme Dal Belo Leite  
Avaliador - UFFS

## Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Zanette, Luis Henrique

Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes usos em unidades de produção da agricultura familiar: estudo de caso da Propriedade Zanette em Chapecó, SC. / Luis Henrique Zanette. -- 2024.

50 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. João Alfredo Braida

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Chapecó, SC, 2024.

1. Atributos físicos e químicos do solo. 2. Compactação do solo. 3. Manejo do solo. 4. Solos argilosos. 5. Integração lavoura pecuária. I. Braida, João Alfredo, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

# **Atributos físicos e químicos do solo sob diferentes usos em unidades de produção da agricultura familiar: estudo de caso da Propriedade Zanette em Chapecó, SC.**

Luis Henrique Zanette<sup>1\*</sup>

## **RESUMO**

A região Oeste Catarinense é caracterizada pelo predomínio de propriedades rurais de pequeno porte, nas quais os sistemas de produção predominantes combinam cultivos anuais e criação de animais, incluindo a produção de leite, que cresceu significativamente nos últimos anos. A região apresenta solos argilosos que, quando sob uso intenso e manejo inadequado, são suscetíveis à compactação excessiva. O relevo regional é acidentado e o clima é caracterizado por altos índices pluviométricos, com chuvas intensas na primavera e início do verão. Este estudo teve como objetivo avaliar o solo de uma pequena propriedade rural (Propriedade Zanette) no Oeste Catarinense, em Chapecó, cujos solos são intensamente cultivados há mais de 35 anos, com cultivos anuais e pastagens para produção de leite. As áreas avaliadas incluíram cinco talhões com diferentes usos do solo: lavoura de milho para silagem e pastagem anual de inverno; lavoura de soja e trigo; pastagem perene de grama sempre-verde, pastagem perene de tifton com sobressemeadura de pastagem de inverno anual; mata nativa. Em cada área foram coletadas as amostras em quatro trincheira, nas profundidades de 0,00 a 0,05, 0,05 a 0,10, 0,10 a 0,15 e 0,15 a 0,20 m para análises físicas e químicas, bem como foi feita a medida da resistência à penetração (RP). Os parâmetros avaliados foram: pH em água (pH), teor de matéria orgânica (MOS), porosidade (total - PT, macro - Mac e microporosidade - Mic), densidade do solo (Ds), condutividade hidráulica saturada (Ksat), granulometria e argila dispersa em água (ADA). A mata nativa apresentou menores valores de pH, Ds, Mic, RP e ADA e maiores valores de PT, Mac, Ksat e MOS do que as áreas sob uso agrícola. A área de lavoura de soja apresentou os maiores valores de pH (6,7) e Ds (1,37 Mg/m<sup>3</sup>), enquanto que a área de grama sempre-verde apresentou os maiores valores de RP (2,9 MPa) e menor de Mac (10,7 %). Os solos sob uso agrícola da propriedade apresentam compactação, com aumento da RP e redução da Ksat, indicando problemas de manejo do solo.

**Palavras-chave:** Compactação do solo; Manejo do solo; Química do solo; Solos argilosos; Integração lavoura pecuária.

---

<sup>1\*</sup> Discente do curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul. E-mail: zanette@live.com.

## Physical and chemical attributes of soil under different uses in family farming production units: case study of the Zanette Property in Chapecó, SC.

### ABSTRACT

The West Santa Catarina region is characterized by the predominance of small farms, in which the predominant production systems combine annual crops and animal husbandry, including dairy cattle production, which has grown significantly in recent years. The region has clayey soils that, when intensively used and inadequately managed, are susceptible to excessive compaction. The regional topography is rugged, and the climate is characterized by high rainfall, with intense rains in the spring and early summer. This study aimed to evaluate the soil of a small farm (Propriedade Zanette) in the West of Santa Catarina, in Chapecó, where the soils have been intensively cultivated for over 35 years, with annual crops and pastures for dairy cattle production. The evaluated areas included five plots with different land uses: corn crop for silage and winter annual pasture; soybean and wheat crops; perennial pasture of *Axonopus compressus*, pasture of *Cynodon spp.* overseeded with black oat and ryegrass; native forest. In each area soil samples were collected in four trenches, at depths of 0.00-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.15, and 0.15-0.20 m for physical and chemical analysis, and soil penetration resistance (RP) was measured. The parameters evaluated were: pH in water (pH), organic matter content (MOS), porosity (total - PT, macro - Mac, and microporosity - Mic), soil density (Ds), saturated hydraulic conductivity (Ksat), particle size distribution, and water-dispersible clay (ADA). The native forest showed lower values of pH, Ds, Mic, PR, and ADA, and higher values of PT, Mac, Ksat, and MOS than the areas under agricultural use. The soybean crop area had the highest pH values (6.7) and DS ( $1.37 \text{ Mg/m}^3$ ), while the *Axonopus compressus* grass area had the highest RP value (2.9 MPa) and the lowest Mac value (10.7%). The soils under agricultural use on the farm showed compaction, with increased RP and reduced Ksat, indicating soil management problems.

**Keywords:** Soil compaction; Soil management; Soil chemistry; Clay soils. Integrated Crop-Livestock.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
2.1 Área de estudo.....	9
2.2 Sistemas de manejo de solo.....	11
2.2.1 Talhão com pastagem de Tifton (TN).....	11
2.2.2 Talhão com Lavoura de milho (LM) em sistema de integração Lavoura-Pecuária.....	12
2.2.3 Talhão de Lavoura de soja (LS).....	13
2.2.4 Talhão com grama Sempre-verde (SV).....	13
2.2.5 Talhão de Mata nativa (MN).....	14
2.3 Coletas das amostras.....	14
2.3.1 Amostras indeformadas.....	14
2.3.2 Amostras deformadas.....	15
2.4 Análises realizadas.....	15
2.4.1 Porosidade do solo.....	15
2.4.2 Densidade do solo (Ds).....	17
2.4.3 Condutividade hidráulica saturada (Ksat).....	17
2.4.4 Resistência à Penetração (RP).....	18
2.4.5 Análise granulométrica e argila dispersa em água.....	18
2.4.6 Carbono orgânico do solo.....	19
2.4.7 pH do solo em água.....	20
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
3.1 pH do solo em água.....	20
3.2 Matéria orgânica do solo (MOS).....	23
3.3 Análise granulométrica do solo.....	25
3.4 Argila dispersa em água (ADA) e Grau de floculação (GF).....	26
3.5 Porosidade Total (PT), Macroporosidade (Mac) e Microporosidade (Mic).....	30
3.6 Densidade do solo (Ds).....	33
3.7 Condutividade hidráulica saturada (Ksat).....	34
3.8 Resistência à Penetração do Solo - RP.....	37
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>5 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tamanho médio das unidades de produção agropecuária da região Oeste Catarinense é de 16,1 hectares, sendo que 70% dos estabelecimentos rurais possuem menos de 20 hectares. Essa característica tem relação com o processo de ocupação das terras da região, no qual os “colonos” ocuparam pequenos lotes, com extensão de aproximadamente 24,2 hectares, então denominadas de “colônias” de terra (ZANIN *et al.*, 2013, JOCHIMS *et al.*, 2016).

Associado ao pequeno tamanho das propriedades, os sistemas agrícolas desenvolvidos na região se caracterizam pela associação de lavouras anuais e criação animal, com destaque para os suínos e as aves, num primeiro momento e, mais recentemente, para a produção de leite. Atualmente, a produção de leite é uma das principais fontes de renda para as propriedades rurais, especialmente porque proporciona um retorno financeiro mensal (ZANIN *et al.*, 2013). A produção de leite na região passou de 274,7 mil litros, em 1990, para 2,2 milhões de litros em 2014, um aumento equivalente a oito vezes no período (JOCHIMS *et al.*, 2016). Esse crescimento está alicerçado na produção de leite a pasto, em unidades de produção da agricultura familiar, nas quais, geralmente, em função da pouca disponibilidade de área, as pastagens perenes ocupam as áreas de maior declividade e, as pastagens anuais de inverno, ocupam as áreas utilizadas com lavouras anuais no verão, em sistema de integração lavoura pecuária.

Além disso, em função da pequena área disponível, é comum as pastagens receberem uma lotação animal elevada e/ou serem pastoreadas mesmo quando o solo está muito úmido, no período de chuvas, o que implica em maiores riscos de degradação física do solo, com compactação superficial, uma vez que o pisoteio dos animais exerce uma pressão elevada sobre o solo (DRESCHER *et al.*, 2023). O excesso de carga animal, também pode diminuir a cobertura vegetal, aumentando os riscos de perda de solo por erosão em um curto período de tempo, especialmente nas áreas mais inclinadas (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2009).

De acordo com a EMBRAPA (2004), os solos predominantes na Região Oeste de Santa Catarina, nas áreas de relevo plano a ondulado, são os Latossolos Vermelhos ou Brunos, nos planaltos, e os Nitossolos Vermelhos ou Brunos, nas encostas e nos vales. Enquanto que nas áreas de relevo mais acidentado,

predominam os Neossolos Litólicos, nos topos e encostas superiores, e Cambissolos Húmicos e Chernossolos Háplicos, nas porções da paisagem com menor declividade.

De modo geral, os solos da região apresentam textura argilosa a muito argilosa e, por isso, quando submetidos a uso e manejo intensivos, apresentam alto risco de degradação física por compactação e por erosão hídrica. A compactação do solo tem reflexos sobre a capacidade de infiltração, de armazenamento e de redistribuição da água no solo e sobre o crescimento das raízes, potencializando os riscos de prejuízos econômicos aos agricultores por frustração de safra decorrente de déficit hídrico durante o ciclo das culturas (BRAIDA & REICHERT, 2014; DRESCHER *et al.*, 2023). Além disso, por provocar um aumento do escoamento superficial de água, a compactação potencializa os riscos de problemas ambientais por erosão hídrica e inundações, em especial nas áreas de relevo mais acidentado.

Segundo GOTARDO *et al.* (2018), a região Oeste catarinense apresenta condições climáticas caracterizadas por altos índices pluviométricos, com ocorrência de chuvas de alta intensidade, especialmente na primavera e início do verão. Nessa época, o solo pode estar com pouca cobertura, seja pelo manejo inadequado das pastagens de inverno ou por conta de operações de manejo do solo para a implantação das culturas de verão.

O objetivo deste estudo foi avaliar as condições químicas e físicas do solo de uma pequena propriedade rural (Propriedade Zanette) do Oeste Catarinense, localizada no município de Chapecó, na qual os solos são manejados intensamente, há mais de 35 anos, com lavouras anuais e pastagens para produção de leite. Os parâmetros avaliados incluem: pH em água, teor de carbono orgânico, porosidade (total, macro e microporosidade) do solo, densidade do solo, condutividade hidráulica saturada, granulometria e resistência à penetração do solo, em diferentes profundidades. As áreas avaliadas consistiram em duas áreas de lavoura anual, duas áreas de pastagens perenes e uma área de mata nativa.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na propriedade do Sr. Alcir Antonio Zanette, que fica próxima à comunidade Faxinal dos Rosas, na zona rural do município de Chapecó, Santa Catarina. A família Zanette possui essa propriedade desde o ano de 1969, quando praticava agricultura de subsistência e produção de frangos, em integração com a empresa Sadia (hoje, BRF S.A.). Desde os anos 1980, a propriedade passou a contar também com bovinocultura para produção de leite, que, atualmente, ocupa uma área de aproximadamente 20 hectares, sendo que cerca de metade dessa área é utilizada de forma integrada com agricultura.

O clima da região, de acordo com o Atlas Climatológico do Estado de Santa Catarina (PANDOLFO *et al.*, 2002), é classificada como tipo Cfa na Classificação Climática de Köppen, ou seja, um clima subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes. A temperatura média anual é de 19,5 °C, com o mês de janeiro sendo o mais quente (média de 23,5 °C) e julho o mais frio (média de 13,5 °C). A altitude média na região é de 674 metros acima do nível do mar, e a precipitação média anual varia de 1.700 a 1.900 mm. Um estudo de hidrometeorologia realizado por Ludwig (2016), sobre eventos de inundação em Chapecó-SC, mostrou que no município, em alguns períodos, a precipitação pode ultrapassar 2.100 mm anuais.

A propriedade Zanette está localizada em área correspondente à Unidade de Mapeamento LBEa1 do mapa de solos do estado de Santa Catarina (EMBRAPA, 2004), a qual é caracterizada pela presença predominante de solos pertencentes às classes Latossolo Bruno e Latossolo Vermelho-Escuro, álicos, com horizonte diagnóstico superficial A proeminente ou moderado e de textura muito argilosa. Estes solos são desenvolvidos a partir da alteração de rochas efusivas, como basaltos e riodacitos, da formação geológica Serra Geral, grupo São Bento e a vegetação primária é a floresta subtropical perenifólia (EMBRAPA, 2004; UBERTI, 2005). Em observação no local foi constatado a presença de Latossolo, nas áreas mais altas da propriedade, e Nitossolo nas áreas mais baixas (áreas de deposição aluvial).

O trabalho consistiu na avaliação de cinco talhões de terra contíguos (Figura 1) da propriedade, submetidos a diferentes usos e sistemas de manejo, assim

definidos: (1) uma área de pastagem perene de tifton 85 (*Cynodon spp.*), com sobressemeadura de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.) no inverno; (2) uma área com lavoura anual de milho (*Zea mays* L.) para silagem, no verão, e pastagem anual de aveia preta e azevém, no inverno; (3) uma área de lavoura anual de soja (*Glycine max* (L) Merrill), no verão, e trigo (*Triticum spp.*), no inverno, em plantio direto; (4) uma área com pastagem perene de grama sempre-verde (*Axonopus compressus*); e (5) uma área de mata nativa, com vegetação natural.

Figura 1 - Imagem aérea da Propriedade Zanette, com a identificação das áreas utilizadas no estudo.



Fonte: Google Earth (2024).

Nota: 1 = Tifton; 2 = Lavoura de milho; 3 = Lavoura de soja; 4 = Sempre-verde; 5 = Mata nativa.  
Coordenadas geográficas da propriedade: 27°04'12.1"S 52°39'35.5"W.

Este trabalho pode ser classificado como um tipo estudo de caso (GERHARDT & SILVEIRA, 2009), que visa aprofundar, através de uma abordagem qualitativa exploratória, o conhecimento sobre uma situação específica, no caso, as condições físicas e químicas de solos argilosos do Oeste Catarinense utilizados em atividades agrícolas intensivas numa pequena propriedade rural. Esta pesquisa

qualitativa exploratória busca proporcionar uma melhor compreensão sobre as características do solo em um contexto específico de uso e manejo. Assim, a coleta e a análise de dados busca descrever a situação estudada, de modo a explorar as particularidades do solo das áreas avaliadas, sem a pretensão de fazer generalizações estatísticas. Essa abordagem é relevante para compreender o solo em seu contexto de uso e identificar padrões que podem não ser capturados por métodos quantitativos tradicionais. Nessa situação, o tratamento estatístico dos dados visa somente obter estatísticas descritivas das condições estudadas, inclusive porque não há repetições verdadeiras das condições (“tratamentos”) estudadas e nem casualização na aplicação dos tratamentos (LIRA JUNIOR *et al.*, 2012).

## **2.2 Sistemas de manejo de solo**

Como descrito acima, o estudo foi desenvolvido a partir da seleção de áreas sob diferentes usos e sistemas de manejos na propriedade escolhida e, depois, coleta de amostras de solos e avaliações de campo. A seguir, apresentamos uma breve descrição dos talhões estudados.

### **2.2.1 Talhão com pastagem de Tifton (TN)**

Trata-se de uma área de pastagem perene, com aproximadamente dois hectares de terra, cultivada com a gramínea tifton 85, dividida em dois talhões. Antes de ser utilizada com pastagem perene, essa área era usada com cultivos anuais. Há cerca de 12 anos, iniciou-se um processo gradual de transplante de mudas para transformar a área em pastagem perene, visando aumentar a disponibilidade de pasto e reduzir os custos de produção do leite.

Devido ao pastoreio frequente, o solo sofre constante compactação devido ao pisoteio dos animais, que consiste em uma média de 30 vacas leiteiras, durante o verão, sendo que os animais são alternados entre os dois talhões (o segundo talhão, também dom tifton 85 é contíguo ao talhão aqui estudado), de acordo com a disponibilidade de pasto. Normalmente, é realizada uma subsolagem, para descompactação do solo, a cada dois anos ou sempre que se identifica compactação excessiva. Além disso, por ocasião da sobressemeadura da pastagem de inverno é feito um revolvimento superficial do solo com grade de discos.

A adubação da área consiste na aplicação de esterco de gado produzido na propriedade e formulação de NPK, de acordo com a disponibilidade de recursos financeiros, ou seja, sem seguir recomendações técnicas. Há alguns anos, também foram feitas aplicações de cama de aviário, mas não há registro da quantidade e da frequência com que foi realizada.

No inverno, além desta área, são utilizadas outras áreas com pastagem anual de inverno para rotação dos animais, conforme descrito nos itens que se seguem.

### **2.2.2 Talhão com Lavoura de milho (LM) em sistema de integração Lavoura-Pecuária**

Essa área vem sendo usada para o cultivo de milho, no verão, em semeadura direta, para produção de silagem, e é utilizada com pastagem de inverno, com o cultivo mais usual de uma mistura de aveia-preta e azevém, abrangendo uma área de aproximadamente seis hectares dividida em dois talhões. Em alguns anos, são feitas duas safras de milho para silagem, como neste ano (2023). As amostras deste estudo foram coletadas durante o segundo cultivo de milho. Esta área foi utilizada exclusivamente para culturas anuais até o ano de 1990, quando passou a ser utilizado com pastagem no inverno no sistema de integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Embora seja utilizada a semeadura direta para a cultura de milho, no inverno a semeadura da pastagem é realizada a lanço, com uso de grade de discos para incorporar as sementes ao solo. No inverno, estas áreas são utilizadas em sistema de pastoreio rotativo com outras duas áreas, num sistema de rotação com quatro poteiros. No inverno, os animais permanecem em média cerca de 23 dias em cada talhão, e permanecem na área mesmo em dias de chuva.

A adubação consiste na aplicação de cama de frango (quando há disponibilidade), adubo químico NPK na semeadura do milho, mais uma aplicação de N em cobertura, todas sem seguir recomendação técnica. A última calagem foi realizada há cerca de 12 anos.

### **2.2.3 Talhão de Lavoura de soja (LS)**

Consiste de uma área de aproximadamente três hectares, utilizada com a cultura de soja, no verão, e trigo, no inverno, no sistema de plantio direto (SPD), nos últimos três anos. Antes disso, permaneceu sem uso agrícola por cerca de cinco anos. De modo geral, após a cultura da soja é realizada a semeadura de cobertura verde com aveia preta, antecedendo a semeadura da cultura do trigo.

Esta área recebeu aplicação de cama de frango (8 a 10 lotes) com frequência durante anos, inclusive no período que ficou sem ser utilizada para agricultura, quando aplicações eram realizadas mais de uma vez ao ano e em grande quantidade.

Atualmente, a adubação é realizada de acordo com a disponibilidade financeira do agricultor, utilizando principalmente cama de frango. Segundo o proprietário, no passado foi realizada ao menos uma calagem na área, mas não há registro da quantidade utilizada.

### **2.2.4 Talhão com grama Sempre-verde (SV)**

A área com grama sempre-verde é usada como pastagem e descanso, onde as vacas leiteiras permanecem após a ordenha, ali permanecendo a maior parte do dia. Este terreno de aproximadamente seis hectares inclui uma área que já foi utilizada para cultivos de subsistência na década de 1980, antes de ser gradualmente tomada pela grama. Quando era utilizada para agricultura, a área era adubada com fertilizantes orgânicos produzidos na propriedade. De acordo com o proprietário, no passado foi realizada ao menos uma calagem na área, mas não há registro da quantidade utilizada. Desde que utilizada com a pastagem de sempre-verde, não foram feitas aplicações de adubos orgânicos ou químicos, recebendo apenas o esterco e a urina dos animais que permanecem na área.

Esta área está localizada abaixo de uma estrada municipal e situa-se no sopé da encosta, sendo uma área deposicional de materiais erodidos das partes mais altas da paisagem e da estrada. Nas porções superiores da encosta encontra-se a área com tifton e, mais acima, a lavoura de milho (Figura 1).

## 2.2.5 Talhão de Mata nativa (MN)

A área de mata nativa possui aproximadamente quatro hectares de bioma Mata Atlântica, remanescente da vegetação primária do tipo Floresta Subtropical Perenifólia (EMBRAPA, 2004), sem histórico de intervenção humana registrada no período de residência da família na propriedade.

## 2.3 Coletas das amostras

### 2.3.1 Amostras indeformadas

As amostras foram coletadas em dois dias consecutivos, em janeiro de 2023, em todos os talhões de estudo, nas profundidades de 0,00 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,15, e 0,15 - 0,20 m, para a determinação da macroporosidade, microporosidade, porosidade total, condutividade hidráulica saturada e densidade do solo, utilizando cilindros volumétricos em aço inox com diâmetro de 0,06 m e altura de 0,03 m e acondicionadas em latas de alumínio para transporte até o laboratório (Figura 2). As amostras foram coletadas em duplicatas para cada profundidade, em quatro trincheiras por talhão, totalizando 20 pontos de coletas e 160 amostras indeformadas.

Figura 2 - Instrumentos utilizados para coleta de amostras indeformadas do solo.



Fonte: O autor.

### 2.3.2 Amostras deformadas

As amostras deformadas foram retiradas após a coleta das amostras indeformadas, na mesma trincheira e profundidades, com o auxílio de uma pá-de-corte (Figura 3), sendo uma amostra por profundidade, totalizando 80 amostras com peso aproximado de 0,5 Kg cada. As amostras foram levadas até o Laboratório de Física do Solo da UFFS, *Campus Chapecó*, em sacos plásticos, onde ficaram expostas com as embalagens abertas sobre uma bancada até a secagem do solo. Após a secagem ao ar, foram moídas com um moinho de martelos (Figura 4) e armazenadas em potes fechados até a realização das análises de granulometria, carbono orgânico do solo e pH em água.

Figura 3 - Coleta das amostras deformadas na área com Tifton 85.



Fonte: O autor.

## 2.4 Análises realizadas

### 2.4.1 Porosidade do solo

A porosidade total do solo refere-se à fração do volume de um determinado volume de solo que pode ser ocupado por água e/ou ar. A determinação da porosidade total é realizada pela obtenção do volume de água retida em uma amostra de solo, de volume conhecido, saturada com água, conforme descrito no

Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Assim, as amostras de solo, nos anéis volumétricos, foram pesadas após serem saturadas com água e depois de secas em estufas à 105°C. A diferença das pesagens corresponde à massa de água retida na amostra, com a qual é calculado o volume de água e, portanto, de poros.

Figura 4 - Moagem do solo em moinho de martelos - Laboratório de Física do solo UFFS - Campus Chapecó.



Fonte: O autor.

A microporosidade refere-se aos poros capilares cujo diâmetro equivalente suporta uma tensão de 0,60 m de coluna de água. Assim, a microporosidade é calculada a partir da determinação do volume de água retido em uma amostra de solo com volume conhecido, saturada com água e posta para drenar sob uma tensão equivalente a 0,60 m de coluna de água (6 kPa), utilizando-se uma caixa de areia. As amostras foram pesadas depois da drenagem e após serem secas em estufa a 105°C, obtendo-se a massa de água retida nos microporos.

A macroporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

### 2.4.2 Densidade do solo ( $D_s$ )

A densidade do solo, que consiste na relação massa/volume da amostra, foi calculada assumindo-se que o volume da amostra corresponde ao volume do cilindro metálico e determinando-se o peso seco da amostra, após secagem em estufa à 105°C, conforme descrito em (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

### 2.4.3 Condutividade hidráulica saturada ( $K_{sat}$ )

Conforme descrito por Teixeira *et al.* (2017), para determinação da condutividade hidráulica saturada, foi utilizado um método que envolve a percolação de água por uma amostra indeformada, contida em um cilindro volumétrico, sobre a qual é aplicada uma carga de água constante. O volume de água percolada é cuidadosamente recolhido e medido, anotando-se o tempo de coleta. A coleta da água percolada era iniciada quando ocorria a estabilização do fluxo de água na amostra. Com estes dados foi calculada a relação entre esse volume e o tempo de coleta e a área da seção transversal da amostra. Este método é conhecido como método do permeâmetro de carga constante (Figura 5).

Figura 5- Permeâmetro de carga constante do Laboratório de Física do solo da UFFS - *Campus* Chapecó.



Fonte: O autor.

#### 2.4.4 Resistência à Penetração (RP)

As leituras de resistência à penetração foram realizadas com uso de um penetrômetro digital manual (Marca Falker - modelo PLG1020), usando cone (tipo 2) de 1 cm<sup>2</sup> de área, com registros das leituras a cada 0,01 m de profundidade, considerado as leituras até 0,40 m de profundidade (Figura 6). As medidas foram realizadas próximas a cada uma das trincheiras de coletas de solos de cada talhão, com 5 medições para cada trincheira, totalizando 20 medições por área de estudo.

#### 2.4.5 Análise granulométrica e argila dispersa em água

Na análise granulométrica do solo, determinamos a distribuição das partículas por classe de tamanho (areia, silte e argila) para conhecer sua textura. Essa análise envolve etapas como dispersão química e mecânica, estabilização da amostra em solução dispersante, separação por peneiramento e sedimentação, e medição das frações por pesagens. O método utilizado foi o método da pipeta (Figura 7), conforme descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos da EMBRAPA (TEIXEIRA *et al.*, 2017). Para dispersão química foi utilizada solução de hexametáfosfato de sódio e para dispersão mecânica foi feita agitação das amostras, por 16 horas, em um agitador orbital com 150 rotações por minuto.

Figura 6 - Medição da Resistência à penetração na área de Mata nativa.



Fonte: O autor.

Para determinação da argila dispersa em água, para o cálculo do grau de floculação das argilas, as amostras foram submetidas ao mesmo procedimento utilizado para a determinação da granulometria, porém sem adição de dispersante químico.

Figura 7- Amostras preparadas para determinação da Argila Total através do Método da pipeta - Laboratório de Física do solo UFFS - Campus Chapecó.



Fonte: O autor.

#### 2.4.6 Carbono orgânico do solo

Neste caso, foi utilizado o método via úmida, que envolve a oxidação da matéria orgânica com uma mistura de dicromato de potássio, catalisada pelo calor gerado pelo ácido sulfúrico concentrado e de uma fonte externa (Figura 8), conforme Teixeira *et al.* (2017). O dicromato reduzido é considerado equivalente ao carbono orgânico da amostra. A determinação do carbono orgânico é feita pelo volume de dicromato de potássio usado na oxidação, obtido pela diferença entre o volume de uma prova em branco e o da amostra, por titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal.

Com os teores de carbono orgânico foi calculado o teor de matéria orgânica do solo, considerando a equação:  $MOS = Corg \cdot 1,724$  (Teixeira *et al.*; 2017). A determinação do Carbono orgânico do solo foi realizada em duplicata, ou seja, foram utilizadas duas repetições para cada amostra de solo no mesmo bloco digestor, e com a mesma sequência de soluções, totalizando 160 determinações.

### 2.4.7 pH do solo em água

A aferição do pH do solo foi realizada utilizando uma quantidade de 10 g de solo para 25 ml de água deionizada, e com o auxílio de um pHmetro de bancada efetuado as leituras, conforme Teixeira *et al.* (2017). As leituras foram feitas em duplicatas para cada profundidade, retiradas de uma amostra composta pela homogeneização de subamostras das quatro amostras de TFSA de cada profundidade, totalizando 40 leituras.

Figura 8 - Amostras no bloco digestor para determinação do carbono orgânico do solo - Capela de exaustão de gases- Laboratório análise química do solo - UFFS - Campus Chapecó.



Fonte: O autor.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

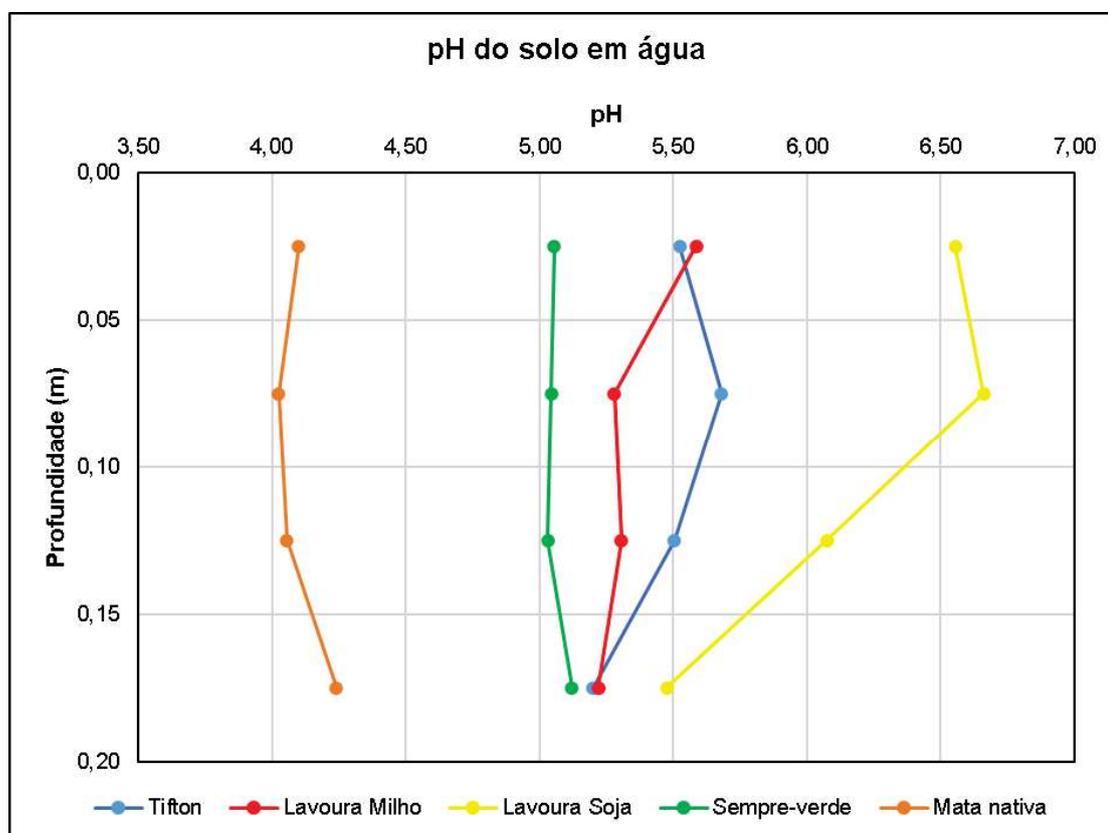
### 3.1 pH do solo em água

Como observado na Figura 9, na qual são apresentados os valores de pH, para cada talhão e profundidades estudadas, os menores valores de pH em água foram obtidos na área de mata nativa (valor médio: 4,1), seguida da área com sempre-verde (valor médio: 5,1), lavoura de milho (valor médio: 5,4), Tifton (valor médio: 5,5) e lavoura de soja (valor médio: 6,2).

Os baixos valores de pH, observado na área de vegetação natural estão de acordo com o descrito no levantamento de solos de SC (EMBRAPA, 2004), que indica que na região da propriedade estudada predominam os Latossolos Brunos e Latossolos Vermelho-Escuro álicos. Nas condições de clima subtropical, como é a região em estudo, há uma intensificação dos processos de intemperização e pedogênese, por um lado, e acúmulo de matéria orgânica em função da densa vegetação natural, o que explica a formação de solos ácidos na região, como nos ensina a CQFS (2016), vejamos:

*Os solos ácidos são produto do processo de sua formação, que se caracteriza pela alteração/decomposição do material de origem (minerais primários) e a formação de argilominerais e óxidos, causado, na sua essência, pela alta atividade do  $H^+$  em solução. À medida que a intemperização avança, cria-se condição para que, lentamente, o Al seja liberado à solução do solo ( $Al^{+3}$  - livre), ocorra a percolação de cátions alcalinos e alcalinos terrosos (lixiviação de bases) e os grupos funcionais dos colóides, em especial da matéria orgânica, permaneçam protonados. CQFS (2016, pg. 65).*

Figura 9 - Valores de pH em água do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os valores de pH do solo em água estão expressos no Apêndice I.

No talhão com grama sempre-verde, a acidez medida pelo pH em água já é um pouco menor do que a observada na área de mata natural. Considerando que não há registro de aplicação recente de calcário nesta área, o pH mais elevado pode ter relação com a posição do talhão na paisagem (sopé), que resulta em um intemperismo menos intenso. Além disso, esta é uma área de deposição de materiais erodidos das áreas de lavoura localizadas na encosta, de modo que possa ter ocorrido deposição superficial de materiais de solo corrigidos (menos ácidos) e, inclusive, parte dos corretivos aplicados naquelas áreas carregados pelas águas das chuvas.

De modo geral, nas áreas com tifton e lavoura de milho se observou pouca variação vertical do pH, do mesmo modo que nas áreas de mata nativa e grama sempre-verde. Os valores de pH são menores que 5,5 em todas as profundidades estudadas, com exceção na camada superficial (0,00 a 0,05 m) na lavoura de milho, que apresentou pH igual a 5,6. A última aplicação de calcário, nestas áreas, foi realizada há cerca de 12 anos, e, desde então, o produtor não fez monitoramento da fertilidade do solo mediante análise química. Assim, diante desses valores de pH, cabe a recomendação de realização de uma avaliação deste solo, pois, possivelmente, a acidez pode estar afetando a disponibilidade de nutrientes e conseqüentemente, a produtividade das culturas.

De acordo com CQFS (2016), o pH de referência para a maioria das culturas anuais e pastagens, como as utilizadas na propriedade deste estudo, é pH 6,0. Quando o pH é menor do que 6,0, as culturas podem estar sofrendo restrição química ao desenvolvimento e, por isso, recomenda-se a aplicação de corretivos de acidez. De modo geral, segundo CQFS (2016), as maiores restrições ocorrem quando o pH em água é menor que 5,5, como é o caso dos talhões com tifton e lavoura de milho. Com pH menor que 5,5 o Al torna-se trocável, quando presente no solo, como é o caso dos solos da região do estudo, onde predominam solos álicos, de acordo com EMBRAPA (2004).

De todo modo, mesmo sem aplicação frequente e recente de corretivos de acidez, os talhões de tifton e milho ainda apresentam valores de pH em água relativamente altos em relação aos valores naturais para estes solos. Isso tem relação, provavelmente, com o uso de cama de frango como adubação dessas áreas. A cama de frango recebe incorporação de cal virgem a cada lote, com o objetivo de controlar o odor, reduzir a umidade e ajudar a controlar a proliferação de

microorganismos. Assim, mesmo sem realizar a calagem de forma direta, a presença de cal virgem na cama de frango pode indiretamente manter o pH do solo em uma faixa próxima da adequada, especialmente na camada mais superficial, trazendo benefícios adicionais ao produtor (BARBOSA *et al.*, 2007; MOURA, 2022; ZARPELON, 2022).

A lavoura de soja, por sua vez, apresentou um pH em água médio de 6,2, o mais alto entre todas as áreas estudadas, sendo que nas camadas de 0,00 a 0,05 e 0,05 a 0,10 m, alcançou valores de 6,6 e 6,7, respectivamente. Isso sugere que a utilização de cama de frango pode estar sendo excessiva, com risco de alcalinizar o solo, como alertado por Moura (2022).

### **3.2 Matéria orgânica do solo (MOS)**

A mata nativa apresentou os maiores valores de matéria orgânica do solo (Figura 10), em todas as profundidades, exceto na camada superficial, onde a pastagem sempre-verde, com 10,5%, apresentou o maior teor, indicando que a manutenção de vegetação permanente e sem revolvimento proporciona maior acúmulo de matéria orgânica no solo, em especial na camada superficial. A área de mata nativa apresentou em todas as profundidades valores de matéria orgânica, classificados com alto (> 5,0%), de acordo com CQFS (2016), enquanto que a área de grama sempre-verde isso ocorreu somente nas duas camadas mais superficiais.

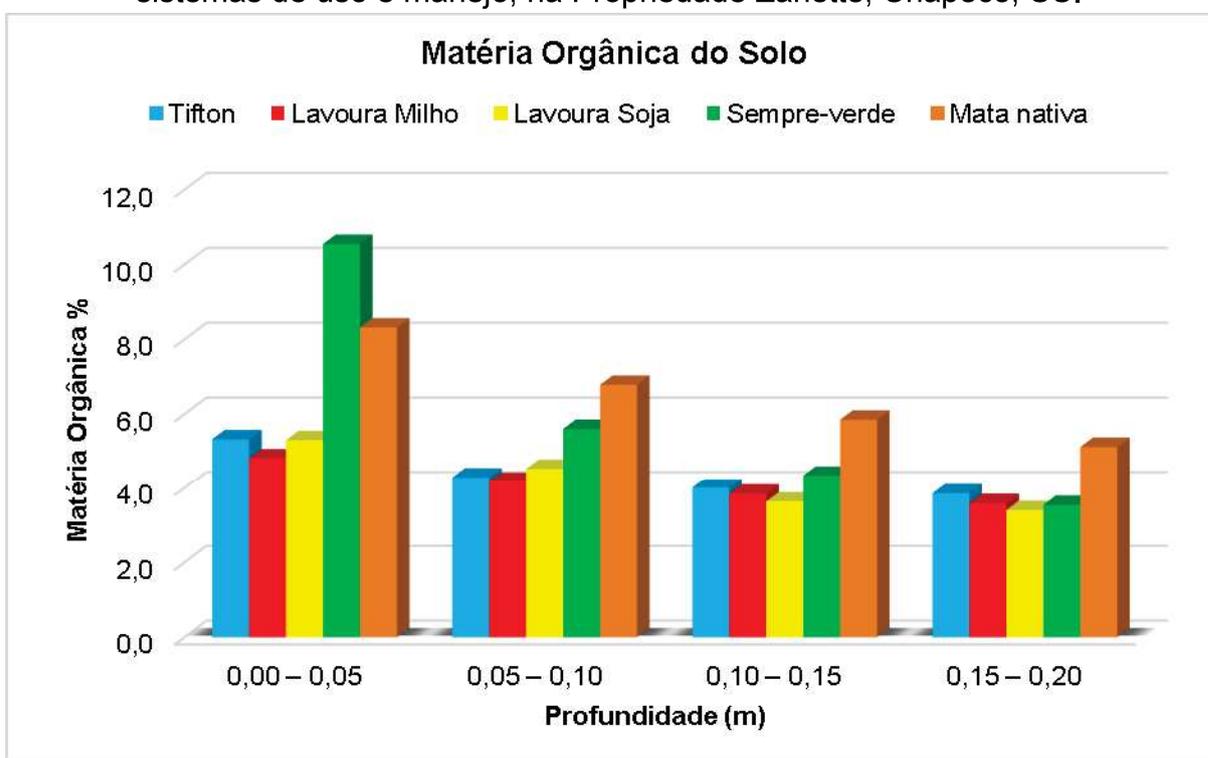
As áreas com utilização mais intensiva, de modo geral, apresentaram valores de matéria orgânica do solo classificados como médios (variando entre 2,6 a 5,0%), excetuando-se a camada superficial (0,00 a 0,05 m) das áreas de Tifton e Lavoura de Soja, que apresentaram valores classificados como altos (> 5,0%), de acordo com CQFS (2016).

A área de lavoura de milho foi a que apresentou o menor valor médio de matéria orgânica (4,1%), sendo que em todas as profundidades os valores observados foram menores que 5,0%. provavelmente, isso tenha relação com o fato do cultivo de verão deixa poucos resíduos sobre o solo, uma vez que a cultura do milho é utilizada para a produção de silagem.

A dinâmica do carbono no solo é influenciada por fatores climáticos, como temperatura e precipitação, por características do solo, como textura e mineralogia,

e pelo manejo do solo, em especial o revolvimento do solo. Em áreas como pastagens, o manejo do solo, a espécie forrageira e o rebanho também são importantes, como mostrado no trabalho de Bettiol *et al.* (2023) sobre o impacto da mudança de uso da terra no estoque de carbono (C) do solo em ambiente tropical e subtropical nas duas maiores classes de solos do país (58% - Latossolos e Argissolos). O estudo mostrou que nos Latossolos, a dinâmica de C nas áreas de pastagem é muito mais heterogênea (DP alto) do que nos Argissolos. Em suma, quando as pastagens são bem manejadas, é capaz de acumular C no solo, que em geral é atribuído ao elevado aporte de resíduos, ocorrendo mais rapidamente nas camadas superficiais (sistema radicular) podendo estender-se ao longo do perfil do solo. A quantidade de C no solo pode aumentar em até 15% em pastagens manejadas de forma racional e apresentar estoque de C similares à vegetação nativa, por outro lado as pastagens degradadas apresentam reduções estimadas de 10% ao longo de 30 anos (sem discriminar o tipo de vegetação nativa e as condições edafoclimáticas), enquanto que a estimativa de incremento de C do solo é na ordem de 23% com 30 anos, na melhoria de pastagens degradadas.

Figura 10 - Teor de matéria orgânica do solo (MOS - %) em talhões sob diferentes sistemas de uso e manejo, na Propriedade Zanette, Chapecó, SC.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os teores de Carbono orgânico e Matéria orgânica do solo estão expressos no Apêndice II.

Em um estudo realizado por Santos *et al.* (2009) avaliando alterações químicas e físicas do solo no desenvolvimento agrônomico de gramíneas perenes de verão na Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, em um Nitossolo Vermelho Eutrófico léptico argiloso, para produção de leite após duas estações de crescimento, indicou aumento de MOS em superfície comparado à mata nativa (ausência da incorporação física de restos vegetais por revolvimento), demonstrando que as pastagens perenes podem contribuir para o aumento do nível de matéria orgânica do solo, que numericamente passou dos 20%, com valores similares deste estudo, na camada superficial da sempre-verde e na mata nativa. A Tifton, uma das gramíneas utilizadas pelo autor apresentou teor de MOS média da camada 0,00 a 0,20 m de 10,9%, valor acima do encontrado neste estudo, o que pode estar relacionado às condições ambientais, ao revolvimento do solo (descompactação e sobressemeadura da pastagem de inverno), levando os restos culturais para além do perfil avaliado, ou também indicando que a pastagem está em processo de degradação.

### **3.3 Análise granulométrica do solo**

A Tabela 1 contém os resultados da análise granulométrica obtidos a partir das amostras coletadas nos talhões com diferentes usos/sistemas de manejo da propriedade em estudo. Podemos observar que em geral o teor de argila total das amostras é maior do que 40%, o que implica que os solos pertencem às classes texturais argila ou muito argilosa. A exceção foi a camada superficial do talhão com grama sempre-verde, que apresentou um enriquecimento com areia, que pode ter sido trazida por erosão de outras áreas, considerando que o talhão está no sopé da encosta.

A área que apresentou o maior teor médio de argila foi a mata nativa (55,0%) e a que apresentou o menor teor médio de argila foi a sempre-verde (48,1%). Ainda, observou-se que em todos os sistemas de manejo, o teor de argila aumentou em profundidade, sendo este aumento mais expressivo nos talhões com grama sempre-verde e com tifton.

As quantidades de argila encontradas nas amostras deste estudo, bem como sua distribuição vertical, assemelham-se às observadas em pesquisas anteriores realizadas na região oeste de Santa Catarina em Latossolos, Cambissolos e

Neossolos (SCHERER; NESI; MASSOTTI, 2010; SCHERER; BALDISSERA; NESI, 2007), bem como aos dados encontrados no Levantamento de solos do Estado de Santa Catarina (EMBRAPA, 2004).

Tabela 1 - Argila Total (%), Areia Total (%), Silte Total (%) e classe textural do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Uso/Sistema	Prof. (m)	Argila Total	DP*	Areia Total	DP	Silte Total	DP	Classe textural
Tifton	0,00 - 0,05	45,6	2,5	21,4	2,6	33,0	2,4	Argila
	0,05 - 0,10	51,0	3,4	20,2	2,4	28,9	2,1	Argila
	0,10 - 0,15	55,7	4,3	18,4	3,9	25,9	1,6	Argila
	0,15 - 0,20	64,6	7,5	13,3	5,1	22,1	2,6	Muito argilosa
<b>Média</b>	-	<b>54,2</b>	-	<b>18,3</b>	-	<b>27,5</b>	-	-
Lavoura Milho	0,00 - 0,05	48,5	3,6	22,1	3,9	29,5	0,6	Argila
	0,05 - 0,10	49,3	2,5	20,6	0,1	30,1	2,4	Argila
	0,10 - 0,15	54,9	3,2	18,9	1,1	26,2	3,1	Argila
	0,15 - 0,20	59,9	3,7	17,9	1,9	22,2	2,6	Muito argilosa
<b>Média</b>	-	<b>53,2</b>	-	<b>19,9</b>	-	<b>27,0</b>	-	-
Lavoura Soja	0,00 - 0,05	44,2	1,1	16,7	1,6	39,1	1,5	Argila
	0,05 - 0,10	47,9	2,9	15,1	1,6	37,0	2,3	Argila
	0,10 - 0,15	53,7	3,6	15,4	2,4	30,9	1,3	Argila
	0,15 - 0,20	57,1	5,0	15,0	2,5	27,9	2,6	Argila
<b>Média</b>	-	<b>50,7</b>	-	<b>15,6</b>	-	<b>33,7</b>	-	-
Sempre-verde	0,00 - 0,05	32,4	7,4	32,2	10,0	35,3	4,2	Franco argilosa
	0,05 - 0,10	47,6	6,5	14,7	3,3	37,7	5,4	Argila
	0,10 - 0,15	54,2	2,8	12,0	2,4	33,9	2,8	Argila
	0,15 - 0,20	58,3	2,6	10,4	2,0	31,2	4,4	Argila
<b>Média</b>	-	<b>48,1</b>	-	<b>17,3</b>	-	<b>34,5</b>	-	-
Mata nativa	0,00 - 0,05	47,6	3,7	22,0	7,6	30,5	5,1	Argila
	0,05 - 0,10	52,1	5,8	19,1	7,4	28,8	2,2	Argila
	0,10 - 0,15	58,2	5,2	14,0	3,3	27,8	3,3	Argila
	0,15 - 0,20	62,1	6,0	13,5	3,3	24,4	3,9	Muito argilosa
<b>Média</b>	-	<b>55,0</b>	-	<b>17,1</b>	-	<b>27,9</b>	-	-

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

### 3.4 Argila dispersa em água (ADA) e Grau de floculação (GF)

A dispersão de argila em água é um processo que ocorre em solos argilosos, no qual as partículas de argila se separam e se dispersam na água. Isso acontece devido às cargas elétricas presentes nas partículas de argila, que interagem com a

água e levam à sua dispersão. Esse fenômeno é relevante na física do solo, pois tem influência na capacidade do solo resistir à erosão hídrica, entre outros aspectos.

Como podemos observar na Tabela 2, a maior média de ADA foi na lavoura de soja (38,0%), seguido pela tifton (34,4%), lavoura de milho (31,0%), sempre-verde (31,5%) e mata nativa (25,9%). Comportamento semelhante foi observado por Gasparetto *et al.*, (2009), em estudo realizado em solos argilosos do Sudoeste do Paraná.

Tabela 2 - Argila Dispersa em Água do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Argila Dispersa em Água - %										
Prof.	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
(m)	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	30,6	2,5	26,3	3,8	33,0	1,0	21,0	2,7	23,7	6,4
<b>0,05 - 0,10</b>	34,4	3,0	30,8	5,3	38,3	2,8	30,7	3,2	24,8	11,9
<b>0,10 - 0,15</b>	34,2	6,1	33,1	2,3	41,2	2,0	37,7	4,6	26,3	12,8
<b>0,15 - 0,20</b>	38,4	5,7	33,7	2,6	39,3	3,0	36,6	5,3	28,9	10,6
<b>Média</b>	<b>34,4</b>		<b>31,0</b>		<b>38,0</b>		<b>31,5</b>		<b>25,9</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

De modo geral, a ADA é menor na camada mais superficial em todas as áreas estudadas, com aumento gradativo em profundidade. Possivelmente, esse comportamento seja em função do maior teor de matéria orgânica na camada mais superficial, que resulta em maior floculação das argilas. O mesmo efeito foi observado por Corrêa *et al.* (2010) em uso do solo com pastagem, culturas anuais com preparo convencional e vegetação nativa. No entanto, em profundidades maiores que a camada aqui estudada (0,00 a 0,20 m), especialmente quando adentrar o Horizonte B, a argila dispersa em água tende a desaparecer, como se observa na caracterização dos solos da região no Levantamento de Solos de SC (EMBRAPA, 2004).

A menor percentagem de argila dispersa em água observada na mata nativa se deve, provavelmente, aos altos teores de matéria orgânica e maior acidez, observados neste solo, o que favorece a floculação da argila (MORELLI e FERREIRA, 1987; ALBUQUERQUE *et al.*, 2003). Do mesmo modo, estas devem ser as razões que explicam os maiores valores observados na área de lavoura de soja,

que apresenta menor acidez (Figura 9) e menores valores de matéria orgânica (Figura 10).

O grau de flocculação (Tabela 3) é determinado pela relação entre a fração da argila não dispersa em água (obtida sem uso de dispersante químico) e a argila total na amostra (obtida com o uso dispersante químico). Essa relação indica a quantidade de argila flocculada presente no solo, sendo um indicador do grau de estabilidade dos agregados (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Tabela 3 - Grau de flocculação do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Prof. (m)	Grau de flocculação - %									
	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	32,9	3,6	45,8	5,6	25,3	4,1	34,0	7,3	50,5	10,6
<b>0,05 - 0,10</b>	32,7	1,8	37,7	7,8	20,2	3,5	34,6	10,5	53,3	18,0
<b>0,10 - 0,15</b>	38,7	8,4	39,8	2,6	23,1	1,8	30,1	11,0	55,9	17,2
<b>0,15 - 0,20</b>	40,6	3,8	43,7	3,3	31,0	3,6	36,9	11,7	54,3	12,5
<b>Média</b>	<b>36,2</b>		<b>41,8</b>		<b>24,9</b>		<b>33,9</b>		<b>53,5</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

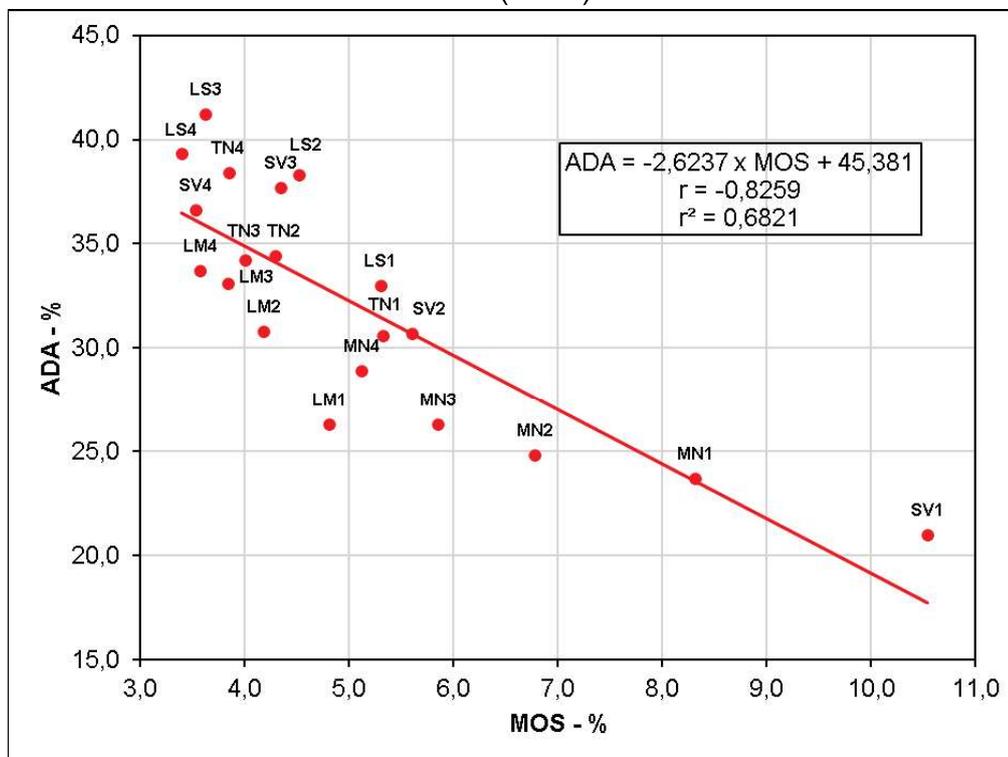
Os maiores valores para o grau de flocculação foram observados na área de mata nativa (superiores a 50% em todas as profundidades), enquanto os menores valores foram observados na área de lavoura de soja (variando de 20,2 a 31%), corroborando os dados obtidos por Gasparetto *et al.* (2009) em estudo realizado no Sudoeste do PR.

O grau de flocculação de argila refere-se à capacidade das partículas de argila de se aglomerarem em estruturas maiores, chamadas de flocos (agregados). Isso ocorre devido às forças de coesão entre as partículas de argila, que tem origem nas cargas superficiais das partículas e nos íons presentes na solução do solo. Quando as partículas de argila estão altamente flocculadas, elas se aglomeram em flocos grandes e estáveis, o que pode resultar em uma estrutura de solo mais estável e menos suscetível à erosão. Por outro lado, quando as partículas de argila se dispersam em água, temos uma estrutura do solo menos estável. O grau de flocculação da argila pode ser influenciado por vários fatores, incluindo o teor de umidade do solo, o pH da solução do solo, a presença de íons minerais e a quantidade e tipo de matéria orgânica presente. O conhecimento do grau de

floculação da argila é importante em várias aplicações, pois pode afetar a permeabilidade, a capacidade de suporte de carga e outras propriedades do solo (BARBOSA, 2013).

Considerando os efeitos da matéria orgânica e da acidez do solo na floculação das argilas, procedeu-se um estudo de correlação entre as variáveis estudadas, sendo que o melhor coeficiente de correlação para o ADA foi obtido com os teores de MOS ( $r = -0,82$ ; Figura 11), enquanto que para o grau de floculação foi com pH ( $r = -0,87$ ; Figura 12). Os coeficientes de correlação com as demais variáveis foram para ADA: Mac ( $r = -0,64$ ), Mic ( $r = 0,48$ ), Ds ( $r = 0,77$ ), PT ( $r = -0,60$ ), pH ( $r = 0,60$ ) e Ksat ( $r = -0,56$ ); e para o GF: Mac ( $r = 0,76$ ), Mic ( $r = -0,67$ ), Ds ( $r = -0,76$ ), PT ( $r = 0,62$ ), MOS ( $r = 0,26$ ), Ksat ( $r = 0,58$ ). Estas correlações confirmam que as alterações químicas do solo podem resultar em efeitos sobre a dispersão/floculação das argilas, como observado por MORELLI e FERREIRA (1987) e ALBUQUERQUE *et al.* (2003).

Figura 11 - Correlação entre Argila dispersa em água (ADA) e Matéria orgânica do solo (MOS).



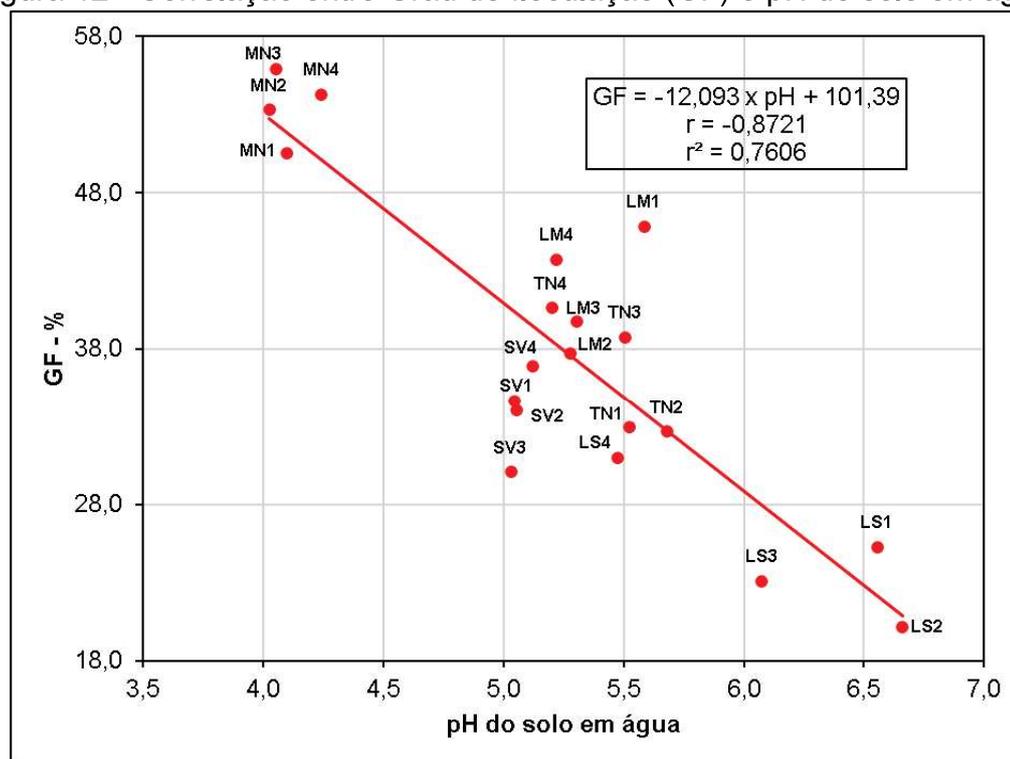
Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Nota: TN- Tifton; LM- Lavoura de milho; LS- Lavoura de soja; SV- Sempre-verde; MN- Mata nativa. O número que acompanha a abreviação remete às profundidades: 1: 0,00 - 0,05m; 2: 0,05 - 0,10m; 3: 0,10 - 0,15m; 4: 0,15 - 0,20m.

### 3.5 Porosidade Total (PT), Macroporosidade (Mac) e Microporosidade (Mic)

Os resultados obtidos para a porosidade do solo, apresentados na Tabela 6, demonstram que, de modo geral, o uso do solo produz uma alteração do espaço poroso do solo. A porosidade total média, na camada estudada (0,00 a 0,20 m), foi maior na área de mata nativa (71,1%), enquanto que nas demais áreas estudadas os valores são menores e muito próximos entre si (61,9, 63,3, 64,0 e 64,1%, respectivamente para os talhões de tifton, lavoura de milho, lavoura de soja e grama sempre-verde). A redução da porosidade total do solo em áreas sob uso agrícola é consequência do efeito compactante das cargas aplicadas sobre o solo, pelas máquinas agrícolas e pelo pisoteio animal (DRESCHER et al. 2023).

Figura 12 - Correlação entre Grau de floculação (GF) e pH do solo em água.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Nota: TN- Tifton; LM- Lavoura de milho; LS- Lavoura de soja; SV- Sempre-verde; MN- Mata nativa. O número que acompanha a abreviação remete às profundidades: 1: 0,00 - 0,05m; 2: 0,05 - 0,10m; 3: 0,10 - 0,15m; 4: 0,15 - 0,20m.

Na área de tifton, o agricultor costuma realizar a descompactação mediante o uso de subsolador. No entanto, como se vê na Tabela 6, os resultados da análise da porosidade do solo sugerem que os efeitos dessa prática não se refletem em um

aumento geral da porosidade, em comparação às demais áreas sob uso agrícola. Girardello *et al.* (2011), observou que o efeito da descompactação mecânica é efêmero, pois transcorridos apenas sete meses, verificaram decréscimo na infiltração de água no solo. Diaz-Zorita (2000) e Akinci *et al.* (2004) verificaram que os efeitos da escarificação desapareceram a partir do segundo ano. No caso em estudo, os efeitos da descompactação mecânica, aparentemente, são desfeitos em função que área de tifton é utilizada intensamente para o pastoreio de animais, inclusive em períodos de chuva.

Tabela 6 - Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade do solo na Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Porosidade Total - %										
Prof. (m)	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	59,7	3,1	64,2	1,8	66,1	3,3	69,5	6,1	68,1	6,2
<b>0,05 - 0,10</b>	62,0	1,8	63,0	1,8	63,9	3,5	63,0	1,6	68,4	5,6
<b>0,10 - 0,15</b>	62,6	1,9	63,0	1,4	63,2	2,7	62,2	1,9	72,9	2,9
<b>0,15 - 0,20</b>	63,6	2,0	62,8	2,4	62,8	2,2	61,9	2,7	74,9	2,9
<b>Média</b>	<b>61,9</b>		<b>63,3</b>		<b>64,0</b>		<b>64,1</b>		<b>71,1</b>	
Macroporosidade - %										
<b>0,00 - 0,05</b>	10,7	3,0	20,7	2,1	19,9	8,2	18,7	3,8	34,8	3,9
<b>0,05 - 0,10</b>	16,0	2,7	16,7	2,1	16,0	4,2	14,6	2,8	31,3	5,3
<b>0,10 - 0,15</b>	15,4	1,6	17,0	1,3	16,2	4,0	15,7	2,4	31,1	4,8
<b>0,15 - 0,20</b>	16,2	2,0	17,1	2,1	14,1	3,3	15,1	2,1	30,7	3,7
<b>Média</b>	<b>14,6</b>		<b>17,9</b>		<b>16,5</b>		<b>16,0</b>		<b>32,0</b>	
Microporosidade - %										
<b>0,00 - 0,05</b>	48,9	2,0	43,5	1,7	46,2	5,2	50,8	4,2	33,3	5,1
<b>0,05 - 0,10</b>	45,9	1,2	46,3	2,6	48,0	1,8	48,4	2,2	37,1	2,3
<b>0,10 - 0,15</b>	47,2	1,1	46,1	1,5	47,0	2,6	46,5	1,5	41,8	3,7
<b>0,15 - 0,20</b>	47,4	2,0	45,7	1,8	48,7	1,7	46,8	1,5	44,2	1,6
<b>Média</b>	<b>47,4</b>		<b>45,4</b>		<b>47,4</b>		<b>48,1</b>		<b>39,1</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

A macroporosidade (Tabela 6) mostra que a área de Tifton tem o menor valor na profundidade de 0,00 a 0,05 m, o que era esperado devido ao intenso pisoteio e tráfego de máquinas agrícolas. Para outras profundidades, os dados são semelhantes aos dos outros usos do solo. Nas áreas com lavoura de milho, lavoura

de soja e sempre-verde, a maior macroporosidade está na profundidade de 0,00 a 0,05 m, com uma diminuição gradual e estabilização desses valores. A lavoura de soja apresenta uma diminuição na macroporosidade na profundidade de 0,15 a 0,20 m. Por seu turno, na mata nativa, a macroporosidade é distribuída de forma mais uniforme nas profundidades avaliadas, o que pode indicar uma maior continuidade dos poros em profundidade. Resultados semelhantes foram observados por Zarpelon (2022) e Scariot *et al.* (2009).

A redução da porosidade total, de modo geral, como se pode ver na Tabela 6, é em função da redução da macroporosidade. Resultados semelhantes foram observados por Scariot *et al.* (2009), em solos do Sudeste do Paraná, e Zarpelon (2022), em solos do Oeste Catarinense. Os valores do percentual de macroporos observados nos quatro talhões sob uso agrícola gira em torno de 50% do valor observado na área de mata nativa. Por outro lado, nas áreas sob uso agrícola há um acréscimo no percentual de microporos em relação ao talhão de mata nativa, indicando que no processo de compactação os macroporos são transformados em microporos.

A principal causa da diminuição da macroporosidade em áreas sob uso agrícola é a aplicação excessiva de carga sobre o solo, pelas máquinas agrícolas ou pela ação de animais (BRAIDA & REICHERT, 2014; DRESCHER *et al.*, 2023). Quando a macroporosidade diminui, as plantas enfrentam dificuldades para se estabelecer no solo. Além disso, com o aumento da compactação na camada inferior do solo, as raízes tendem a se concentrar nos primeiros 0,10 m, o que pode resultar em problemas durante períodos de seca, já que as plantas têm uma área menor para absorver água e nutrientes.

A macroporosidade é crucial para a permeabilidade ao ar do solo, pois é pelos macroporos que o ar circula após drenagem da água pela ação da gravidade, permitindo a aeração do solo. De acordo com Leão (2002), quando a porcentagem de aeração atinge cerca de 10% ou menos, pode ocorrer prejuízos às plantas, com redução nos processos metabólicos e limitando o crescimento e desenvolvimento das raízes. Neste estudo, observamos valores próximos desse limite crítico no talhão de Tifton na camada 0,00 a 0,05 m (10,7 %). Nas demais profundidades desta área e nos demais talhões sob uso agrícola os valores de macroporosidade estão com valores razoáveis, porém são muito menores do que os observados na área de mata nativa.

### 3.6 Densidade do solo (Ds)

Os resultados de densidade do solo são apresentados na Tabela 7, na qual se observa que os menores valores foram observados no solo sob mata nativa, com valores entre 0,62 e 0,87 Mg/m<sup>3</sup>. De modo geral, nos solos sob uso agrícola a densidade do solo apresentou valores superiores 1,20 Mg/m<sup>3</sup>, com exceção da camada 0,00 a 0,05 m do talhão com grama sempre verde (Ds = 0,96 Mg/m<sup>3</sup>). Resultados semelhantes foram observados por Scariot *et al.* (2009), que avaliaram solos sob mata nativa e lavoura no Sudeste do PR, e Zarpelon (2022) em solos do Oeste de SC.

Reichert, Reinert & Braida (2003) mencionam que a densidade do solo crítica para o desenvolvimento de plantas em solos de textura argilosa é de 1,25 Mg/m<sup>3</sup>. Portanto, no presente estudo, de modo geral, nas áreas sob uso agrícola os solos estão com valores superiores a densidade crítica ou muito próximos a este valor, indicando que estes solos estão compactados, conforme os dados de porosidade (Tabela 6) já indicavam. Compactação devida ao uso agrícola de solos argilosos foram observados por Scariot *et al.* (2009), Toigo *et al.* (2007) e Zarpelon (2022).

Tabela 7 - Densidade do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Densidade do solo - Mg/m <sup>3</sup>										
Prof. (m)	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	1,34	0,11	1,21	0,06	1,24	0,15	0,96	0,17	0,62	0,06
<b>0,05 - 0,10</b>	1,26	0,07	1,30	0,09	1,37	0,09	1,31	0,12	0,74	0,11
<b>0,10 - 0,15</b>	1,26	0,08	1,29	0,08	1,34	0,08	1,32	0,10	0,80	0,11
<b>0,15 - 0,20</b>	1,24	0,09	1,26	0,05	1,37	0,04	1,36	0,07	0,87	0,05
<b>Média</b>	<b>1,28</b>		<b>1,27</b>		<b>1,33</b>		<b>1,24</b>		<b>0,76</b>	

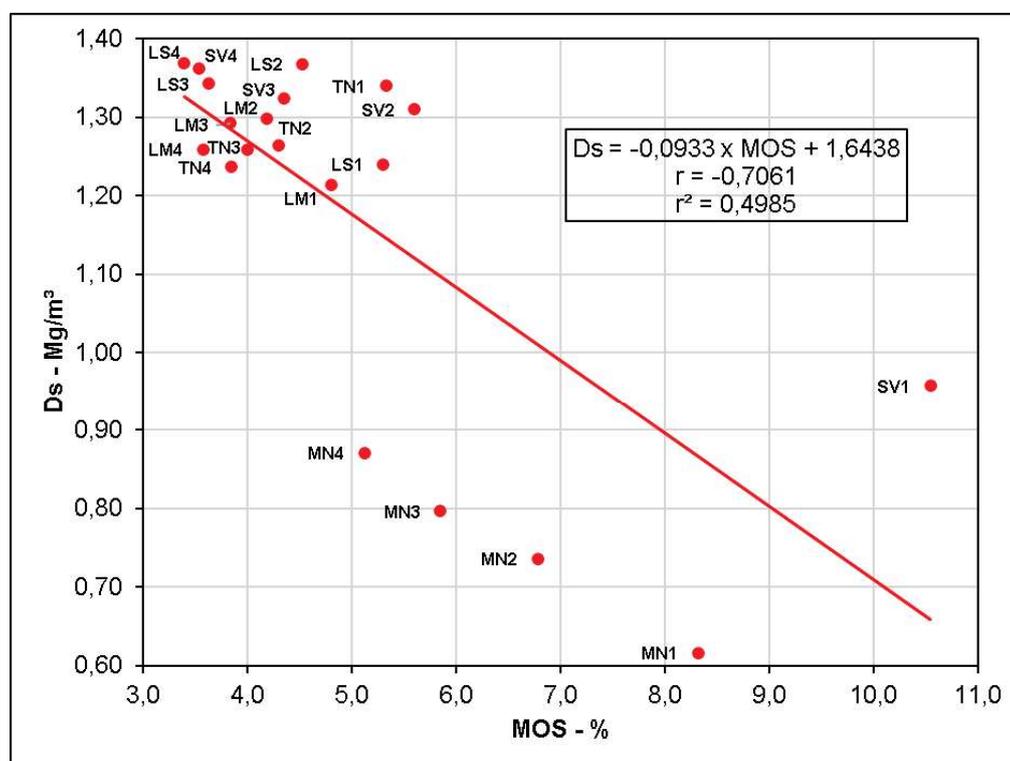
\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Considerando os efeitos da matéria orgânica sobre a densidade do solo (BRAIDA *et al.*, 2011), foi realizado um estudo de correlação entre as variáveis Ds e MOS, que está apresentado na Figura 13. Embora se observe uma correlação negativa ( $r = - 0,71$ ), deve-se observar que isso se deve, basicamente a dois grupos distintos de amostras, que são: o primeiro grupo integrado pelas amostras da área de mata nativa e a camada superficial de grama sempre verde, que possuem altos

teores de MOS (variam de 5,1 a 10,5%) e baixa Ds (variam de 0,62 a 0,96 Mg/m<sup>3</sup>); o segundo grupo, com o restante das amostras, com valores de MOS variando entre 3,4 e 5,6% e Ds variando de 1,21 a 1,37 Mg/m<sup>3</sup>. Neste segundo grupo de amostras, verifica-se que a variação de no teor de matéria orgânica pouco efeito tem sobre a Ds. Isso ocorre porque o incremento de matéria orgânica ocorre em condições de intenso tráfego de máquinas e animais sobre o solo, o que resulta em aplicação de cargas compactantes que anulam o efeito da matéria orgânica, e da atividade biológica associada, na redução da densidade do solo, conforme indicam BRAIDA & REICHERT (2014).

Figura 13 - Correlação entre Matéria orgânica do solo (MOS) e Densidade do solo.



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Nota: TN- Tifton; LM- Lavoura de milho; LS- Lavoura de soja; SV- Sempre-verde; MN- Mata nativa.

O número que acompanha a abreviação remete às profundidades: 1: 0,00 - 0,05m; 2: 0,05 - 0,10m; 3: 0,10 - 0,15m; 4: 0,15 - 0,20m.

### 3.7 Condutividade hidráulica saturada (Ksat)

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos para Ksat determinados nas amostras indeformadas coletadas nas diferentes profundidades e áreas em estudo. A Ksat variou de 1,5 cm/h (tifton, 0,10 a 0,15 m de profundidade) a 317,7 cm/h (mata

nativa, 0,00 a 0,05 m de profundidade). Além disso, podemos observar que a mata nativa teve maior média de Ksat (187 cm/h) enquanto os menores valores médios foram observados na área de tifton e na lavoura de milho (ambas com 3,4 cm/h). As áreas de lavoura de soja (17 cm/h) e pastagem sempre-verde (20,3 cm/h) apresentaram valores médios superiores às áreas de tifton e lavoura de milho, porém ainda muito inferiores àqueles observados na área da mata nativa. Redução da condutividade hidráulica em função de alterações físicas do solo resultantes do uso e manejo também foram relatados por GÓES *et al.* (2005) e TORRES *et al.* (2011). Observa-se, ainda, que os menores valores de Ksat, nas quatro áreas sob uso agrícola, foram observados nas camadas 0,05 a 0,10 e 0,10 a 0,15 m de profundidade, que, de modo geral, são as camadas em que se manifestam de forma mais intensa os efeitos da compactação do solo em solos sem revolvimento frequente.

Tabela 8 - Condutividade Hidráulica Saturada (Ksat) de amostras indeformadas no solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Ksat - cm / h										
Prof. (m)	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	1,8	1,7	5,8	5,6	58,7	97,5	21,5	12,4	317,7	335,8
<b>0,05 - 0,10</b>	3,2	3,9	1,6	0,8	4,3	4,9	8,7	2,5	246,7	344,4
<b>0,10 - 0,15</b>	1,5	1,2	3,4	2,7	3,2	2,3	13,2	8,0	133,2	141,8
<b>0,15 - 0,20</b>	7,0	6,8	2,7	2,1	1,9	1,1	37,9	65,8	50,6	18,9
<b>Média</b>	<b>3,4</b>		<b>3,4</b>		<b>17,0</b>		<b>20,3</b>		<b>187,0</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

De todo modo, observa-se que a permeabilidade à água, medida pela Ksat, em todos os talhões é maior na camada mais superficial. Essa camada, mesmo sob intenso uso agrícola, é onde há mais atividade biológica e crescimento de raízes, o que pode levar à formação de poros maiores, mesmo em situações de compactação. Esses poros maiores podem aumentar a condutividade hidráulica saturada, e podem ter pouco impacto na densidade do solo (MESQUITA; MORAES, 2004).

Considerando que a transmissão de água no perfil é limitada pela camada com menor condutividade, e que a taxa de infiltração de água no solo saturado tende a se igualar à  $K_{sat}$  (REICHARDT, 1990), se pode dizer que na área de tifton, durante um período de chuvas após a saturação do solo, a taxa de infiltração de água no solo, na camada estudada, ficará em torno de 1,5 cm/h ou 15 mm/h, enquanto que na área de mata nativa esta taxa deve ser de aproximadamente 500 mm/h. Isso significa que na área de tifton, após o solo saturar, chuvas com intensidade superior a 15 mm/h podem resultar em escoamento superficial, enquanto que na mata nativa somente chuvas com intensidade superior a 500 mm/h resultariam em escoamento superficial.

Considerando os efeitos da porosidade e da densidade do solo na  $K_{sat}$  do solo, procedeu-se um estudo de correlação entre as variáveis estudadas, sendo que o maior coeficiente de correlação para a  $K_{sat}$  foi obtido com a  $Mic$  ( $r = -0,92$ ; Figura 14), sendo as demais correlações:  $K_{sat} \times D_s$  ( $r = -0,86$ ),  $K_{sat} \times Mac$  ( $r = 0,85$ ),  $K_{sat} \times PT$  ( $r = 0,52$ ).

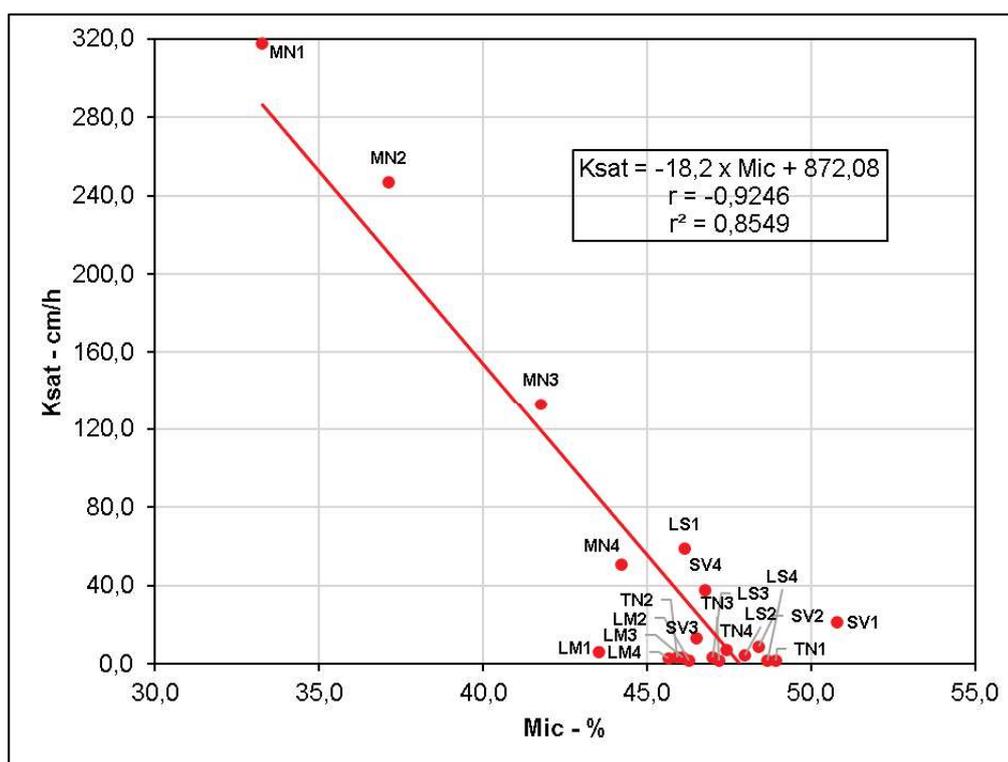
De acordo com Mesquita e Moraes (2004), a presença de um "megaporo" (poros com diâmetro  $\geq 1.000 \mu m$  - conforme descrito por Silva, Cabeda e Lima (2005)) em uma amostra de solo tem um impacto mínimo na macroporosidade do solo, mas influencia significativamente sua  $K_{sat}$ , devido ao alto fluxo de água transportada, que depende da forma e continuidade dos poros, variando consideravelmente de um local para outro. Eles destacam que a  $K_{sat}$  é mais influenciada pela estrutura do solo do que pela sua textura, o que pode levar solos argilosos a apresentarem valores de  $K_{sat}$  semelhantes aos de solos arenosos. Observam que elevados valores de  $K_{sat}$  podem ser observados mesmo em solos com densidade alta, desde que contenham alguns poucos poros grandes e contínuos, como os bioporos (galerias da mesofauna do solo ou canais de raízes).

Neste estudo, foi observada uma forte correlação negativa entre as variáveis  $K_{sat}$  e  $Mic$  (Figura 14), indicando uma redução significativa da  $K_{sat}$  com o aumento da microporosidade. Simultaneamente, foi observado que o aumento da  $Mic$  está relacionada à diminuição da macroporosidade, que é a principal responsável pelo fluxo de água no solo. Isso também pode estar relacionado à continuidade da porosidade das amostras coletadas.

### 3.8 Resistência à Penetração do Solo - RP

Os resultados da avaliação da resistência à penetração do solo (RP) são apresentados na Figura 15, que apresenta o valor médio em cada camada de 0,05 m de profundidade (o aparelho utilizado registra a RP média observada em cada 0,01 m de profundidade). Os resultados médios aqui apresentados mostram que, de modo geral, o solo sob mata nativa apresenta a menor RP, enquanto que o solo sob grama sempre-verde tem a maior RP em todas as camadas do solo, até 0,40 m de profundidade. Também é perceptível que na camada mais superficial (0,00 a 0,05 m) a RP média foi muito baixa em todos os talhões, com valores variando entre 0,2 MPa (mata nativa e lavoura de milho) e 0,9 MPa (grama sempre-verde).

Figura 14 - Correlação entre Microporosidade (Mic) e Condutividade hidráulica saturada (Ksat) do solo.



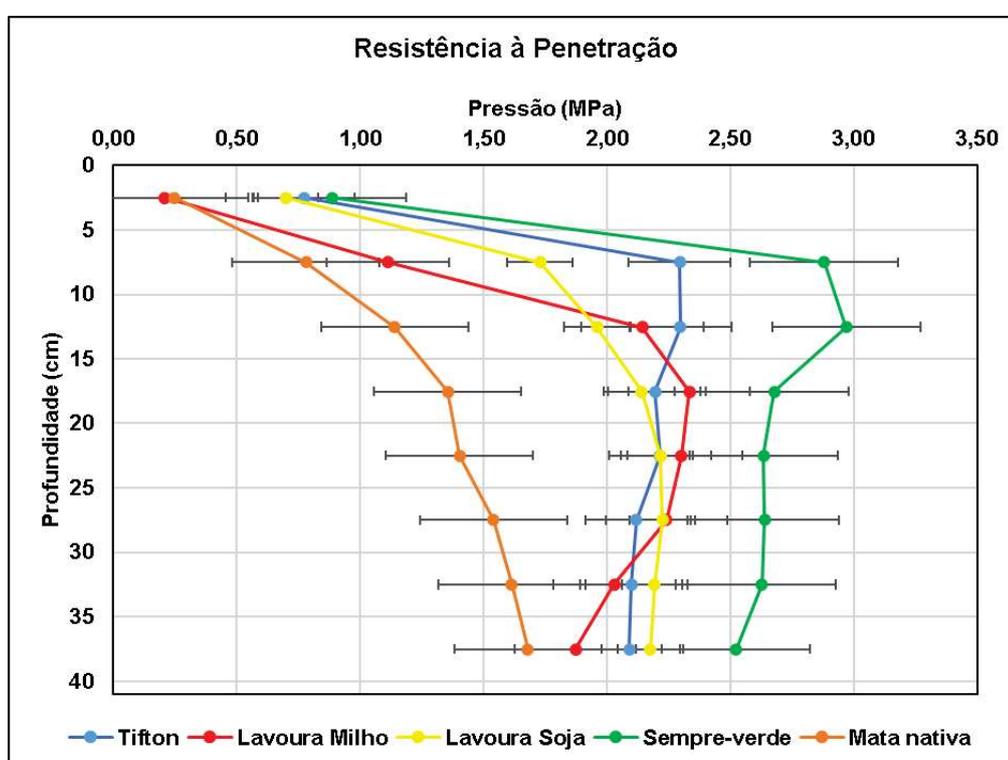
Nota: TN- Tifton; LM- Lavoura de milho; LS- Lavoura de soja; SV- Sempre-verde; MN- Mata nativa. O número que acompanha a abreviação remete às profundidades: 1: 0,00 - 0,05m; 2: 0,05 - 0,10m; 3: 0,10 - 0,15m; 4: 0,15 - 0,20m.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Na mata nativa, a RP mostra uma tendência de crescimento com a profundidade, com os maiores valores médios sendo observados na maior profundidade (0,35 a 0,40 m). Essa é a tendência natural, uma vez que com o

aumento da profundidade se observa um aumento da densidade do solo e redução da porosidade, dos teores de matéria orgânica e do desenvolvimento estrutural. Por outro lado, nos solos sob uso agrícola, observa-se uma tendência geral da RP crescer até um valor máximo, que se localiza na camada de 0,05 a 0,25 m de profundidade e, depois, torna-se decrescente. Resultados com tendências semelhantes foram observados por (TOIGO *et al.*, 2007; REINERT *et al.*, 2008; SCARIOT *et al.* 2009; STEFANOSKI *et al.*, 2013).

Figura 15 - Resistência à penetração do solo nos diferentes usos de solo e em mata nativa - Propriedade Zanette, Chapecó-SC.



As barras horizontais correspondem ao valor do desvio padrão dos valores observados em cada camada.

Os valores de Resistência à penetração estão expressos no Apêndice III.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Este aumento da RP na camada de 0,05 a 0,25 m de profundidade observado no presente estudo é o resultado da compactação desta camada, causada pelas pressões resultantes do tráfego de máquinas e animais sobre o solo. A profundidade da compactação tem relação com o sistema de manejo e tipo de cargas aplicadas sobre o solo (DRESCHER *et al.*, 2023). Em geral, nas áreas de pastagens perenes,

em que predominam as pressões pelo pisoteio animal, a maior compactação se dá na camada de 0,05 a 0,15 m de profundidade, em função da pequena área de contato das patas dos animais, associado a quase ausência de revolvimento do solo. Nas áreas de lavoura, em que predominam as cargas aplicadas pelo rodado das máquinas (maior área de contato), a compactação é um pouco mais profunda, de modo que a maior RP é observada, em geral, de 0,10 a 0,20 m de profundidade, como nos talhões aqui estudados. Além disso, nas áreas de lavoura se observa um revolvimento superficial do solo, por ocasião da semeadura das culturas.

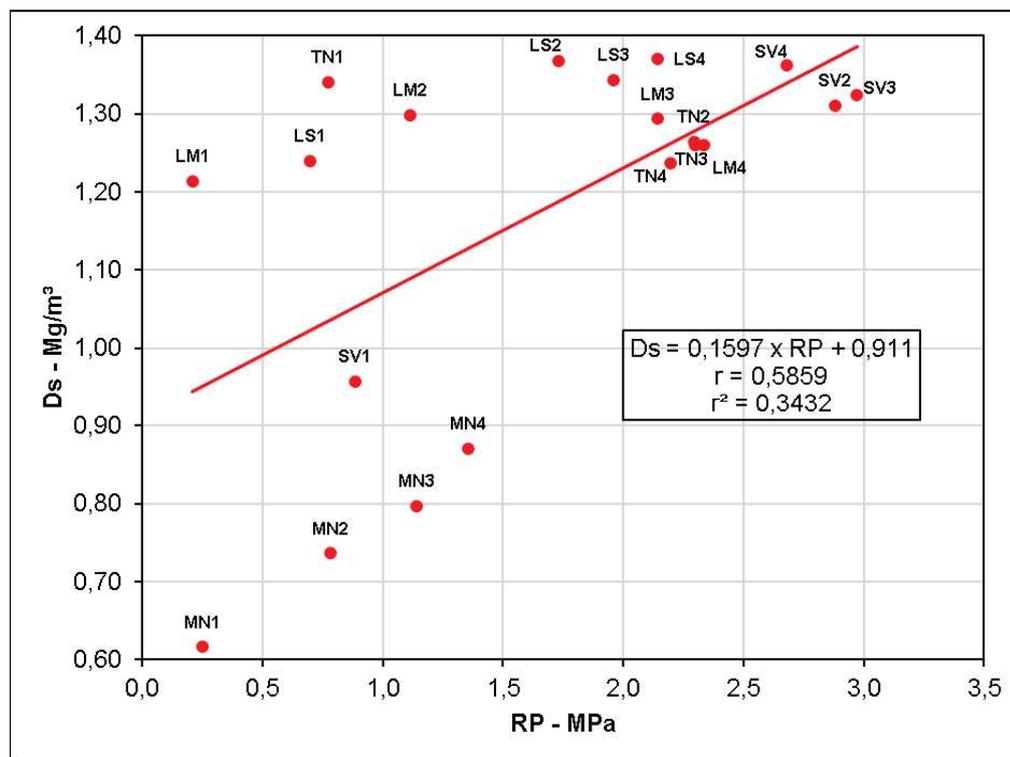
Outro aspecto a se observar é que a RP na mata nativa alcançou valores médios máximos de 1,7 MPa, na camada de 0,35 a 0,40 m de profundidade, enquanto que na área de grama sempre-verde o valor médio máximo foi de 2,9 MPa, na camada de 0,10 a 0,15 m, mantendo valores maiores do que 2,0 MPa em toda a camada de 0,05 a 0,40 m de profundidade. Considerando que os valores críticos de resistência do solo à penetração para o desenvolvimento radicular variam de 1,5 a 3,0 MPa, e que o valor de 2,0 MPa é considerado crítico para a penetração das raízes (REICHERT *et al.*, 2003), se pode dizer que a área de mata nativa o solo não oferece restrição ao crescimento radicular até, pelo menos, 0,40 m de profundidade, ao passo que na área de grama sempre-verde há restrição ao crescimento radicular em toda a camada de 0,05 a 0,40 m de profundidade. Também se observam restrições na área de tifton (camada de 0,05 a 0,40 m de profundidade), de lavoura de milho (0,10 a 0,35 m de profundidade) e lavoura de soja (0,15 a 0,40 m de profundidade).

Os dados de RP do solo observados são consistentes com os resultados obtidos nas análises relativas à densidade e à porosidade do solo, ou seja, os maiores valores de RP, grosso modo, estão associados aos locais e profundidades em que se observam os maiores valores de Ds e Mic e os menores valores de PT e Mac.

Assim, foi realizado um estudo de correlação simples entre a variável RP e as variáveis Ds ( $r = 0,58$ ; Figura 16), PT ( $r = -0,46$ ), Mic ( $r = 0,49$ ), Mac ( $r = -0,56$ ) e, ainda, com MOS ( $r = -0,57$ ). Como se pode ver, os coeficientes de correlação obtidos são relativamente baixos, em função de que, como se observa na Figura 16, as amostras podem ser divididas em dois grupos distintos, como se observou nos estudos de correlação entre Ds e MOS (Figura 13): um grupo de amostras mais

densas, das áreas sob uso agrícola, e um grupo de amostras menos densas (mata nativa e camada superficial da grama sempre-verde).

Figura 16 - Correlação entre a densidade do solo ( $D_s$ ) e Resistência à penetração do solo (RP).



Nota: TN- Tifton; LM- Lavoura de milho; LS- Lavoura de soja; SV- Sempre-verde; MN- Mata nativa. O número que acompanha a abreviação remete às profundidades: 1: 0,00 - 0,05m; 2: 0,05 - 0,10m; 3: 0,10 - 0,15m; 4: 0,15 - 0,20m.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo confirmam que o uso e manejo do solo produzem alterações significativas em suas características químicas e físicas o que, por conseguinte, as condições para o crescimento e desenvolvimento de plantas.

De modo geral, as áreas sob uso agrícola (pastagens de tifton e de grama sempre-verde, lavouras de soja e de milho) apresentaram pH mais elevado e menor teor de matéria orgânica do que a área sob mata nativa. Destaca-se aqui o talhão com lavoura de soja que apresentou pH em água igual ou superior a 6,6 na camada de 0,00 a 0,10 m de profundidade, provavelmente em função do uso excessivo de cama de frango.

As áreas sob uso agrícola apresentaram, na camada avaliada (0,00 a 0,20 m) maior percentual de argila dispersa em água e, conseqüentemente, menor grau de flocculação, em relação à área de mata nativa. A menor dispersão das argilas no solo sob mata é reflexo dos altos teores de MOS e maior acidez, que favorecem a flocculação da argila.

Com relação às características físicas, o solo sob uso agrícola apresentou valores maiores de densidade do solo e de microporosidade e menores valores de porosidade total e de macroporosidade, em relação à área sob mata natural, indicando que o tráfego de máquinas e de animais, associado ao manejo do solo, tem gerado compactação do solo. Se observou, ainda, que a alteração dessas características físicas resultou em aumento da resistência à penetração do solo, especialmente na camada de 0,05 a 0,25 m de profundidade; resultou, também, em redução da condutividade hidráulica saturada, principalmente na camada de 0,05 a 0,20 m de profundidade.

De maneira geral, os resultados aqui apresentados indicam que o manejo do solo adotado pelo agricultor é inadequado, gerando degradação física do solo que, assim, apresenta condições insatisfatórias para o adequado crescimento e desenvolvimento vegetal, com prováveis efeitos deletérios sobre a produtividade das culturas de lavoura e das pastagens. Além disso, há aumento do risco de danos ambientais em função da redução da capacidade do solo em infiltrar a água das chuvas, o que pode resultar em aumento da ocorrência de erosão hídrica acelerada e de inundações, em períodos de chuvas mais intensas.

## 5 REFERÊNCIAS

AKINCI, I. *et al.* The effect of subsoiling on soil resistance and cotton yield. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.77, n.3, p.203-210, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198704000182>. Acesso em: 30 jan. 2024.

ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **R. Bras. Ci. Solo**. 2003; 27(5):799–806. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000500004>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**. 2009, 39(6), 1925–1933. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000107>. Acesso em: 12 fev. 2024.

BARBOSA, G. M. de C. *et al.* Equilíbrio de bases no solo e produção de matéria seca de milho (*Zea mays* L.) em solos tratados com lodo de esgoto, carbonato de cálcio e cal virgem. 2007. **Acta Scientiarum**. Agronomy - Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3030/303026576018.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2024.

BARBOSA, V.. **Estudo do comportamento geotécnico de um solo argiloso de Cabrobó, potencialmente expansivo, estabilizado com cal**. 2013. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12488/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Valqu%C3%ADria%20Barbosa.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2024.

BETTIOL, W. *et al.* **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. 2023. Embrapa Meio Ambiente - Brasília, DF. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1153147/entendendo-a-materia-organica-do-solo-em-ambientes-tropical-e-subtropical>. Acesso em: 29 jan. 2024.

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.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M. **Matéria orgânica e comportamento mecânico para fins de manejo do solo**. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. de. (Org.). *Agricultura Conservacionista no Brasil*. 1ed. Brasília: EMBRAPA, 2014, v. , p. 309-340.

CORRÊA, R. M. *et al.* Atributos físicos de solos sob diferentes usos com irrigação no semiárido de Pernambuco. 2010. **R. Bras. Eng. Agríc. Amb.**, 14 (4), p.358–365. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/Bc8KgL6VtFT7j7485tMXx4K/?lang=pt>. Acesso em: 31 jan. 2024.

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.

DIAZ-ZORITA M. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dry land corn (*Zea mays* L.) productivity. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.54, n. 1/2, p.11-19, 2000. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198799001002>. Acesso em 02 de fev. 2024.

DRESCHER, M. S. *et al.* Compactação do solo. In: Jackson Adriano Albuquerque, Paulo Ivonir Gubiani. (Org.). **Física do Solo**. 1ed. Santa Maria: Pallotti, 2023. p. 145-178.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Estado de Santa Catarina**. 2004. Embrapa Solos - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Número 46. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/964417/1/BPD-46-2004-Santa-Catarina-.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

GASPARETTO, E. C. *et al.* **Grau de flocculação da argila de um Latossolo Vermelho utilizado com lavoura e mata nativa**. 2009. Synergismus scyentifica UTFPR - Pato Branco. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/290431358\\_Grau\\_de\\_floculacao\\_da\\_argila\\_de\\_um\\_Latossolo\\_Vermelho\\_utilizado\\_com\\_lavoura\\_e\\_mata\\_nativa](https://www.researchgate.net/publication/290431358_Grau_de_floculacao_da_argila_de_um_Latossolo_Vermelho_utilizado_com_lavoura_e_mata_nativa). Acesso em: 22 jan. 2024.

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

GIRARDELLO, V.C. *et al.* Alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho sob plantio direto induzidas por diferentes tipos de escarificadores e o rendimento da soja. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, MG, v.35, n.6, p.2115-2126, 2011.

GÓES, G. B. de *et al.* Efeito do cultivo da cana-de-açúcar na estabilidade de agregados e na Condutividade hidráulica do solo. **IRRIGA**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 116–122, 2005. DOI: 10.15809/irriga.2005v10n2p116-122. Disponível em: <https://energia.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3186>. Acesso em: 30 jan. 2024.

GOTARDO, R. *et al.* Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p253>. Acesso em: 08 jan. 2024.

JOCHIMS, F.; DORIGON, C.; PORTES, V.M. O leite para o Oeste Catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.29, n.3, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/rac/article/view/67>. Acesso em: 08 jan. 2024.

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

LIRA JÚNIOR, M. de A. *et al.* Uso da estatística em trabalhos baseados em amostragem na Ciência do Solo. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 20-23, 2012.

LUDWIG, C.. **Caracterização Hidrometeorológica dos eventos de inundação e alagamento ocorridos no município de Chapecó, SC**. 2016. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1354/1/LUDWIG.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.

MESQUITA, M. da G. B.s de F; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. 2004. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.3, p.963-969, mai-jun. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/rnCSHlVVgsbypCgKH4cXKJc/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jan. 2024.

MORELLI, M.; FERREIRA, F.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônico em propriedades eletroquímicas de um latossolo. **R. Bras. Ci. Solo**. V. 11 N. 1 p. 1-6, 1987.

MOURA, C. M. de. **Atributos químicos do solo e rendimento de cultivos em experimento de longa duração cultivado com níveis de calcário e de cama de aviário aplicados em superfície**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo : Manole, 1990. 188p.

REICHERT, J. M.I; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. 2003. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, p.29-48,. Disponível em: [https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao\\_Artigos/5.pdf](https://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.whoos.com.br/downloads/Producao_Artigos/5.pdf). Acesso em: 30 jan. 2024.

REINERT, D.J. *et al.* Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo vermelho. **R. Bras. Ci. Solo**. Viçosa, MG, v.32, n.5, p.805-1816, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5WjW8tsqwwWS6xRyMftbvJM/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SANTOS, H. P. dos *et al.* Atributos químicos e físicos de solo sob pastagens perenes de verão. 2009. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1037-1046. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/jwH9X47pDgNwyDZN8vZgPWb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 jan. 2024.

SCARIOT, A. V. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho utilizado com lavoura e mata nativa. 2009. **Synergismus scyentifica**, UTFPR - Pato Branco. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/290431294\\_Propriedades\\_fisicas\\_de\\_um\\_Latossolo\\_Vermelho\\_utilizado\\_com\\_lavoura\\_e\\_mata\\_nativa](https://www.researchgate.net/publication/290431294_Propriedades_fisicas_de_um_Latossolo_Vermelho_utilizado_com_lavoura_e_mata_nativa). Acesso em: 22 jan. 2024.

SCHERER, E. E; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. 2007. **R. Bras. Ci. Solo**, 31:123-131. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n1/13.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2024.

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. 2010. **R. Bras. Ci. Solo**, 34:1375-1383. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/34.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2024.

SILVA, A. J. N. da; CABEDA, M. S. V.; LIMA, J. F. W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um argissolo amarelo de tabuleiro costeiro. 2005. **R. Bras. Ci. Solo**, vol. 29, n. 6, pg. 833-842. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1802/180214053001.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2024.

STEFANOSKI, D. C. *et al.* Densidade, resistência à penetração e porosidade sob sistemas de manejo em Latossolo do Cerrado piauiense. 2013. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do solo - Florianópolis/SC. **Anais ...** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95468/1/33790.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2024.

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

TOIGO, S.; BRAIDA, J. A.; CARNIELETTO, C. E. Diagnóstico das condições químicas e físicas do solo em áreas sob plantio direto no município de Flor da Serra do Sul, PR. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado. **Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2007.

TORRES, J. L. R., FABIAN, A. J., & PEREIRA, M. G. Alterações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. 2011. **Ciência e Agrotecnologia**, 35(3), 437-445. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300001>. Acesso em: 28 jan. 2024.

UBERTI, A. A. A. **Santa Catarina: Proposta de Divisão Territorial em Regiões Edafoambientais Homogêneas**. 2005. Tese de Doutorado Curso de Engenharia Civil. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/102371/211338.pdf?sequence=1>. Acesso em: 13 fev. 2024.

ZANIN, A. *et al.* **Gestão das propriedades rurais do Oeste de Santa Catarina: as fragilidades da estrutura organizacional e a necessidade do uso de controles contábeis**. 2013. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/download/153/153/153>. Acesso em: 25 jan. 2024.

ZARPELON, Lucas. **Diagnóstico das condições químicas e físicas do solo em áreas sob adubação orgânica no município de Ibicaré-SC**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia UFFS Chapecó. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/6108>. Acesso em: 03 fev. 2024.

## APÊNDICES

## APÊNDICE I

Tabela 09 - Valores de pH em água do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

<b>pH do Solo em Água</b>					
<b>Profundidade (m)</b>	<b>Tifton</b>	<b>Lavoura Milho</b>	<b>Lavoura Soja</b>	<b>Sempre-verde</b>	<b>Mata nativa</b>
<b>0,00 – 0,05</b>	5,5	5,6	6,6	5,1	4,1
<b>0,05 – 0,10</b>	5,7	5,3	6,7	5,0	4,0
<b>0,10 – 0,15</b>	5,5	5,3	6,1	5,0	4,1
<b>0,15 – 0,20</b>	5,2	5,2	5,5	5,1	4,2
<b>Média</b>	<b>5,5</b>	<b>5,3</b>	<b>6,2</b>	<b>5,1</b>	<b>4,1</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

## APÊNDICE II

Tabela 10 - Carbono Orgânico (Corg) do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

Corg - g/Kg										
Prof. (m)	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 - 0,05</b>	30,9	1,3	27,9	0,6	30,8	1,2	61,2	13,9	48,2	3,0
<b>0,05 - 0,10</b>	24,9	1,1	24,3	2,4	26,3	1,7	32,5	6,2	39,4	5,7
<b>0,10 - 0,15</b>	23,2	2,7	22,3	1,7	21,0	2,3	25,2	2,9	33,9	3,2
<b>0,15 - 0,20</b>	22,3	3,9	20,8	1,5	19,7	1,9	20,5	2,0	29,7	2,4
<b>Média</b>	<b>25,3</b>		<b>23,8</b>		<b>24,4</b>		<b>34,9</b>		<b>37,8</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Tabela 11 - Matéria Orgânica do Solo (MOS) da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

MOS - %					
Profundidade (m)	Tifton	Lavoura Milho	Lavoura Soja	Sempre-verde	Mata nativa
<b>0,00 – 0,05</b>	5,3	4,8	5,3	10,5	8,3
<b>0,05 – 0,10</b>	4,3	4,2	4,5	5,6	6,8
<b>0,10 – 0,15</b>	4,0	3,8	3,6	4,3	5,9
<b>0,15 – 0,20</b>	3,8	3,6	3,4	3,5	5,1
<b>Média</b>	<b>4,4</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	<b>6,0</b>	<b>6,5</b>

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

### APÊNDICE III

Tabela 12 - Resistência à Penetração (RP) do solo da Propriedade Zanette, Chapecó, SC.

RP - MPa										
Camada (m)	Tifton		Lavoura Milho		Lavoura Soja		Sempre-verde		Mata nativa	
	Média	DP*	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b>0,00 – 0,05</b>	0,8	0,1	0,2	0,1	0,7	0,1	0,9	0,2	0,2	0,1
<b>0,05 – 0,10</b>	2,3	0,4	1,1	0,5	1,7	0,1	2,9	0,1	0,8	0,3
<b>0,10 – 0,15</b>	2,3	0,1	2,1	0,2	2,0	0,1	3,0	0,4	1,1	0,3
<b>0,15 – 0,20</b>	2,2	0,1	2,3	0,2	2,1	0,2	2,7	0,2	1,4	0,2
<b>0,20 – 0,25</b>	2,2	0,2	2,3	0,3	2,2	0,2	2,6	0,3	1,4	0,3
<b>0,25 – 0,30</b>	2,1	0,2	2,2	0,2	2,2	0,2	2,6	0,3	1,5	0,5
<b>0,30 – 0,35</b>	2,1	0,2	2,0	0,2	2,2	0,2	2,6	0,5	1,6	0,4
<b>0,35 – 0,40</b>	2,1	0,3	1,9	0,3	2,2	0,1	2,5	0,5	1,7	0,3
<b>Média</b>	<b>2,0</b>		<b>1,8</b>		<b>1,9</b>		<b>2,5</b>		<b>1,2</b>	

\* DP = Desvio Padrão.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, pelo apoio ao longo desta jornada acadêmica. Com o incentivo, encorajamento e suporte de vocês, alcancei este momento tão significativo em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Alfredo Braida, pela orientação excepcional, apoio constante, e amizade construída durante este período.

Aos professores do curso de Agronomia, meu sincero agradecimento pelo valioso conhecimento compartilhado durante minha graduação.

Aos meus amigos da universidade, que estiveram comigo. Suas palavras de incentivo, apoio e momentos de descontração foram essenciais para superar os desafios e manter o ânimo.