



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGROECOSSISTEMAS

Thiago Stacowski dos Santos

Uso de indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar sistemas de manejo de solo

Florianópolis - SC

2020

Thiago Stacowski dos Santos

Uso de indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar sistemas de manejo de solo

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

Coordenador: Prof. Dr. Arcângelo Loss

Florianópolis - SC

2020

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

Santos, Thiago Stacowski dos
Uso de indicadores qualitativos e quantitativos para
avaliar sistemas de manejo de solo / Thiago Stacowski dos
Santos ; orientador, Jucinei José Comin, 2020.
75 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós
Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Sistema de Plantio Direto. 3.
Qualidade do solo. 4. Indicadores de Qualidade do Solo. 5.
Agregação. I. Comin, Jucinei José. II. Universidade Federal
de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em
Agroecossistemas. III. Título.

Thiago Stacowski dos Santos

Uso de indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar sistemas de manejo de solo

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Cledimar Rogério Lourenzi, Dr.

Instituição UFSC

Prof. Fernando Joner, Dr.

Instituição UFSC

Dr. Milton da Veiga

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Agroecossistemas

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof.(a) Jucinei José Comin, Dr.(a)

Orientador(a)

Florianópolis, 2020.

Dedico esse trabalho a minha família, amigos e minha
companheira.

GRATIDÃO

Aos meus pais, João Batista e Elenir, que mesmo não estando próximos, se fizeram presentes sempre me dando suporte e força para seguir em frente com os meus sonhos e consequentemente meus estudos. A minha irmã Karina e meu cunhado, Douglas, que me apoiaram nas minhas decisões. A minha namorada Ana, que nessa última fase me escutou muito e esteve presente pra me tranquilizar.

Aos professores Jucinei José Comin, Cledimar Rogério Lourenzi, Arcângelo Loss, Paulo Emílio Lovato, pelas conversas e sugestões em relação a pesquisas e estudos como aos conselhos para a vida em si. Principalmente ao professor Jucinei que me orientou nesse início de trajetória de pós-graduação com seu conhecimento e experiência.

Aos amigos e colegas do Núcleo de Ensino, Pesquisa e Extensão em Agroecologia (NEPEA-SC): Alcenir, Andria, Bárbara, Daniel, Fernanda, Gabriel, Gildean, Guilherme, Juliana B., Lucas, Luis, Monique, Talita, Vilmar, dentre tantos outros que contribuíram para o meu crescimento, auxiliaram nos dilemas do dia a dia de laboratório e fortalecerem nossos laços de amizade.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Itajaí e, em especial, aos pesquisadores Dr. Rafael Ricardo Cantu e Dr. Euclides Schallenberger.

Ao programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA), por contar com um corpo docente de extrema qualidade e por gerar mestres e doutores de excelência, capazes de contribuir para transformar a sociedade ao nosso redor em um local melhor de viver.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado, que me possibilitou a dedicação exclusiva a essa pesquisa.

A Universidade Federal de Santa Catarina, que vem sendo ameaçada no seu caráter público, plural e laica, por ser de extrema importância para a construção de uma sociedade melhor em mais igualitária.

“Se a educação sozinha, não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”
(FREIRE, 2000)

RESUMO

As hortaliças são amplamente utilizadas na alimentação humana como fonte de nutrientes e fibras, além de que no Brasil essas culturas se concentram nos agricultores familiares. No cultivo de hortaliças, em geral, é utilizado o Sistema de Preparo Convencional (SPC) do solo, que causa prejuízos à qualidade do solo. Na busca por sistemas de produção que não causam essas externalidades, estudos mostram que o Sistema de Plantio Direto (SPD) vem se tornando uma alternativa viável. Para melhor identificar os benefícios do SPD sobre a qualidade do solo em comparação ao SPC são utilizados indicadores de qualidade do solo, que podem ser de natureza química, física ou biológica, ou ainda serem avaliados sob uma perspectiva qualitativa ou quantitativa. O objetivo geral do trabalho foi avaliar por meio de indicadores qualitativos ou quantitativos o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo e fontes de adubação sobre a qualidade do solo em solo cultivado com hortaliças. O experimento foi desenvolvido na estação experimental da Epagri em Itajaí, e contou com cinco tratamentos, sendo eles: T1 - SPD + adubação verde + adubação orgânica; T2 - SPD + vegetação espontânea + adubação orgânica; T3 - SPD com palhada + adubação orgânica; T4 - SPC + adubação orgânica; e T5 - SPC + adubação mineral. O adubo orgânico utilizado foi um composto de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), e no T3 com palhada de arroz (*Oryza sativa*). Após 13 anos de condução do experimento, foram coletadas amostras indeformadas e deformadas de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Após a coleta, foram determinados os macros, meso e microagregados, Diâmetro Médio Geométrico (DMG) e Ponderado (DMP). A partir da Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), foram analisados outros indicadores quantitativos como: Matéria Orgânica Leve (MOL), Carbono Orgânico Total (COT), Particulado (COp) e Associado aos Minerais (COam), teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). A avaliação qualitativa foi feita por meio do Guia Prático de avaliação participativa da qualidade do solo, e os avaliadores foram estudantes e pesquisadores que elencaram 6 indicadores para a análise do efeito dos tratamentos, sendo eles: matéria orgânica, enraizamento, estrutura do solo, compactação, erosão, umidade, macrofauna e palhada. Os dados quantitativos foram analisados por meio do teste de Scott-Knott ($\alpha=5\%$). Ao final, todos os parâmetros (quantitativos e qualitativos) foram submetidos a uma análise de componentes principais (ACP) para melhor entender as relações e apontar a diferenciação dos tratamentos. Os manejos sob SPD, em geral, elevaram o DMG de agregados, assim como a massa de agregados de maior tamanho nas camadas de 0-5 e 10-20 cm, se comparados ao SPC, em que predominam mesoagregados (0-5 cm) e microagregados (10-20 cm). Também, nesses tratamentos sob SPD, a MOL apresentou maiores valores. Este comportamento se repetiu para os demais indicadores quantitativos, como COT, COp, COam, P, K, Ca e Mg. Para esses mesmos parâmetros, o T4 (SPC + adubação orgânica) demonstrou diferença em relação ao T5 (SPC + adubação mineral), indicando que a adubação orgânica melhora aspectos da qualidade do solo. Para os indicadores qualitativos avaliados, os resultados foram similares aos apresentados pelos indicadores quantitativos, em que manejos conservacionistas se destacaram perante o manejo convencional. A ACP mostrou a diferença na qualidade do solo entre os tratamentos conduzidos por SPD e SPC + adubação mineral e o SPC + adubação orgânica entre os manejos. O trabalho mostrou que análises qualitativas apresentam resultados semelhantes aos métodos quantitativos que exigem um aparato laboratorial, demonstrando o benefício de difundir esses conceitos entre os agricultores afim de avaliarem os impactos das práticas de manejo sobre a qualidade do solo.

Palavras-chave: Plantio direto; Qualidade do solo; Indicadores de qualidade do solo; Agregação.

ABSTRACT

Vegetables are widely used in human food as a source of nutrients and fiber, and in Brazil, these crops are concentrated in family farmers. In vegetable cultivation, in general, the Conventional Tillage System (CTS) of the soil is used, which causes damage to the soil quality. In the search for production systems that do not cause these externalities, studies show that the No-Tillage System (NTS) has become a viable alternative. To better identify the benefits of SPD on soil quality compared to SPC, soil quality indicators are used, which can be of a chemical, physical or biological nature, or be evaluated from a qualitative or quantitative perspective. This study aimed to evaluate, through qualitative or quantitative indicators, the effect of different soil management systems and sources of fertilization on the quality of soil cultivated with vegetables. The experiment was carried out at Epagri's experimental station in Itajaí and included five treatments, namely: T1 - NTS + green manure + organic manure; T2 - NTS + spontaneous vegetation + organic fertilization; T3 - NTS with straw + organic fertilizer; T4 - CTS + organic fertilization; and T5 - CTS + mineral fertilization. The organic fertilizer used was a compound of elephant grass (*Pennisetum purpureum*), and in T3 with rice straw (*Oryza sativa*). After 13 years of conducting the experiment, undisturbed and deformed soil samples were collected in the 0-5, 5-10, and 10-20 cm layers. After soil sampling, the macros, meso, and micro aggregates, mean weight diameter (MWD) and mean geometric diameter (MGD) indexes were determined. From Air-Dried fine soil (ADFS), other quantitative indicators were analyzed, such as Light Organic Matter (LOM), Total Organic Carbon (TOC), Particulate (OCp) and Associated with Minerals (OMam), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) contents. The qualitative evaluation was carried out through the Practical Guide for participatory evaluation of soil quality, and the evaluators were students and researchers who listed 6 indicators for the analysis of the effect of treatments, namely organic matter, rooting, soil structure, compaction, erosion, humidity, macrofauna, and straw. Quantitative data were analyzed using the Scott-Knott test ($\alpha = 5\%$). In the end, all parameters (quantitative and qualitative) were subjected to a principal component analysis (PCA) to better understand the relationships and point out the differentiation of treatments. Management under NTS, in general, increased the MGD index, as well as the mass of larger aggregates in the 0-5 and 10-20 cm layers, when compared to the CTS, in which mesoaggregates (0-5 cm) and microaggregates (10-20 cm) predominate. Also, in these treatments under NTS, LOM showed higher values. This behavior was repeated for the other quantitative indicators, such as TOC, OCp, OCam, P, K, Ca, and Mg. For these same parameters, T4 (CTS + organic fertilization) showed a difference in relation to T5 (CTS + mineral fertilization), indicating that organic fertilization improves aspects of soil quality. For the qualitative indicators evaluated, the results were similar to those presented by the quantitative indicators, in which conservation management stood out compared to conventional management. The PCA showed the difference in soil quality between treatments conducted by NTS and CTS + mineral fertilization and CTS + organic fertilization between managements. The study showed that qualitative analyzes show results similar to quantitative methods that require a laboratory apparatus, demonstrating the benefit of spreading these concepts among farmers to assess the impacts of management practices on soil quality.

Keywords: No-till system; Soil quality; Soil quality indicators; Aggregation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de macroagregados, mesoagregados e microagregados em diferentes profundidades e manejos do solo. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Tukey ($p < 0,05$).....	38
Figura 2 - Avaliação participativa da qualidade do solo.....	49
Figura 3 - Biplot dos indicadores quantitativos, pH (Acidez Ativa), COT (Carbono Orgânico Total), COP (Carbono Orgânico Particulado), COam,(Carbono Orgânico Associado aos Minerais), MOL (Matéria Orgânica Leve), DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (Diâmetro Médio Geométrico), MACRO (Macroagregados), MESO (Mesoagregados), MICRO (Microagregados), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), nos diferentes tratamentos em Itajaí – SC.	51
Figura 4 - Biplot entre os indicadores quantitativos e qualitativos da qualidade do solo, nos diferentes tratamentos em Itajaí – SC, sendo os quantitativos: pH (Acidez Ativa), COT (Carbono Orgânico Total), COP (Carbono Orgânico Particulado), COam,(Carbono Orgânico Associado aos Minerais), MOL (Matéria Orgânica Leve), DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (Diâmetro Médio Geométrico), MACRO (Macroagregados), MESO (Mesoagregados), MICRO (Microagregados), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), e os qualitativos: MO (Matéria Orgânica), UM (Umidade), COMP (Compactação), MACROF (Macrofauna), Estrutura, Raiz, Erosão e Palha (Palhada).....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de acidez ativa (pH7,0), teores de fósforo (P) e potássio (K), em mg.kg-1 e, cálcio (Ca), magnésio (Mg), em cmolc.kg-1, no perfil de solo do primeiro ano (2006) de condução do experimento submetido a diferentes manejos e adubações em Itajaí –SC.	30
Tabela 2 - Valores médios de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados, em mm, e matéria orgânica leve (MOL), em g kg-1, nos diferentes tratamentos em Itajaí – SC.	35
Tabela 3 - Carbono orgânico total (COT), Carbono orgânico particulado (COp) e Carbono orgânico associado aos minerais (COam), em g.kg-1 no perfil de solo submetido a diferentes sistemas de manejo em Itajaí – SC.	42
Tabela 4 - Teores de Fósforo (P) em mg.kg-1 e Potássio (K), cmolc kg ⁻¹ , respectivamente, no perfil de solo submetido a diferentes manejos e adubações em Itajaí – SC.....	45
Tabela 5 - Teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), em cmolc.kg-1, no perfil de solo submetido a diferentes manejos e adubações em Itajaí – SC.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACP – Análise dos componentes principais
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- Cfa – Clima Subtropical mesotérmico úmido – Classificação climática de Koppen-Geiger
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- COam – Carbono orgânico associado aos minerais
- COp – Carbono orgânico particulado
- CQFS – Comissão Química de Fertilidade do Solo
- CTC – Capacidade de troca de cátions
- DMG – Diâmetro médio Geométrico
- DMP – Diâmetro médio Padrão
- EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MO – Matéria orgânica do solo
- MOL – Matéria Orgânica Leve
- NEPEA – Núcleo Estudo, Pesquisa e Extensão em Agroecologia
- pH – Potencial hidrogeniônico
- SC – Santa Catarina
- SPC – Sistema de preparo convencional do solo
- SPD – Sistema de Plantio Direto
- UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
- UR – Umidade relativa do ar

LISTA DE SÍMBOLOS

% – percentagem

°C – Grau(s) Celsius

Al – Alumínio

Ca – Cálcio

Cl - Cloro

cm – Centímetros

cmol_c.kg⁻¹ – Centimol de carga por quilograma de solo

CO₂ – Dióxido de carbono

Cu – Cobre

g.m⁻² – Grama(s) por metro quadrado

ha – Hectare

K – Potássio

kg – Quilograma(s)

kg.ha⁻¹ – Quilograma(s) por hectare

L.ha⁻¹ – Litro(s) por hectare

m – Metro(s)

m² – Metro(s) quadrado(s)

Mg – Magnésio

mg.dm⁻³ – Miligrama(s) por decímetro cúbico

Mg.ha⁻¹ – Megagrama(s) por hectare

mm – Milímetro(s)

mm.ha⁻¹ – Milímetro(s) por hectare

mol.L⁻¹ – Mol por litro

P – Fósforo

SO₄ – Sulfato

Zn – Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	IMPORTÂNCIA DAS HORTALIÇAS	18
2.2	QUALIDADE DO SOLO	20
2.3	INDICADORES QUANTITATIVOS	20
2.4	INDICADORES QUALITATIVOS	23
2.5	SISTEMA DE PLANTIO DIRETO X SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL	24
2.6	FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÕES	25
2.7	PLANTAS DE COBERTURA	27
3	HIPÓTESES	28
4	OBJETIVOS	28
4.1	Objetivo Geral	28
4.2	Objetivos Específicos	28
5	MATERIAL E MÉTODOS	29
5.1	Localização, caracterização da área de estudo	29
5.2	Coletas de solo e análises	30
5.2.1	Estabilidade dos agregados	31
5.2.2	Teores de carbono orgânico total (COT)	31
5.2.3	Fracionamento granulométrico da matéria orgânica	32
5.2.4	Matéria orgânica leve (MOL)	32
5.2.5	Fertilidade do solo	32
5.2.6	Avaliação qualitativa participativa	33
5.3	Análises estatísticas	33
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
6.1	Diâmetro médio ponderado (DMP) e geométrico (DMG), matéria orgânica leve (MOL) E Distribuição da massa de agregados	35

6.2	Carbono orgânico total (COT), particulado (CO _p) e associado aos minerais (CO _{am}).	41
6.3	Macronutrientes	44
6.3.1	Fósforo (P) e Potássio (K).....	44
6.3.2	Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg).....	46
7	AVALIAÇÃO QUALITATIVA PARTICIPATIVA.....	48
8	ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS	50
9	CONCLUSÃO.....	54
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
11	REFERÊNCIAS.....	55

1 1 INTRODUÇÃO

2
3 Os agricultores familiares são responsáveis pelo abastecimento do mercado interno de
4 alimentos e, desta forma, contribuem para a segurança alimentar da população brasileira.
5 (AMARO et al., 2007). Dentre os diversos tipos de produtos cultivados, as hortaliças se
6 destacam por fornecerem não apenas variedade de cor e textura às refeições, mas são ricas em
7 fibras, vitaminas, sais minerais, fitoquímicos e níveis significativos de micronutrientes à dieta
8 (CARVALHO et al., 2006). O repolho (*Brassica oleracea* var. capitata) e o pepino (*Cucumis*
9 *sativus*), por exemplo, estão situados entre os 10 produtos hortícolas de maior expressão
10 econômica nacional (GALVANI et al., 2000; OLIVEIRA, 2001).

11 A organização da produção e o uso do Sistema de Preparo Convencional (SPC), com a
12 difusão de pacotes tecnológicos - uso de monoculturas e de maquinários de grande porte - aliado
13 a utilização de insumos ditos modernos -que englobam sementes híbridas e organismos
14 geneticamente modificados, fertilizantes solúveis de síntese química e agrotóxicos - impõem
15 globalmente modelos de produção convencionais que procuram obter maior desempenho
16 econômico, independentemente das suas externalidades (SCHMIDT, 2018).

17 A produção convencional, para obter um ambiente adequado para as plantas, revolve o
18 solo com uso de aração e gradagens (MAGDOFF E VAN ES, 2009). As práticas de manejo do
19 solo, utilizadas no sistema de preparo convencional, contribuem para diminuição ou ausência
20 da sua cobertura, favorecendo a erosão (SO et al., 2009) e afetando negativamente a
21 macroporosidade do solo, estabilidade dos agregados (SHEEHY et al., 2015) e teores de
22 carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (NT) (MAZZONCINIA et al., 2016), ou seja,
23 afetam negativamente a qualidade do solo (QS).

24 A QS é entendida como a capacidade de um solo de funcionar dentro dos limites de um
25 ecossistema natural ou manejado de forma que sustente a produtividade de plantas e animais,
26 mantendo ou aumentando a qualidade do ar e da água e promovendo a saúde das plantas, dos
27 animais e dos homens (DORAN, 1997) integrando, ainda, as propriedades biológicas, físicas e
28 químicas do solo, permitindo o desempenho de suas funcionalidades (VEZANNI &
29 MIELNICZUK, 2009). As funções acima citadas estão baseadas na importância do suporte
30 físico adequado, porosidade para percolar e reter água e ar nas quantidades satisfatórias para o
31 desenvolvimento das plantas e dos organismos edáficos, ou seja, para que haja vida (VEZZANI
32 et al., 2019).

33 A maioria das funções do ecossistema do solo são difíceis de avaliar diretamente e,
34 portanto, são frequentemente inferidas de propriedades mensuráveis do solo, como indicadores
35 de qualidade do solo, que podem abranger uma ampla gama de características físicas, químicas
36 e biológicas do solo (ZORNOZA et al., 2015; MUÑOZ-ROJAS et al., 2016). Nas últimas três
37 décadas, diversos autores destacaram a importância do uso de indicadores de natureza diversa
38 (físicos, químicos e biológicos) para se obter um entendimento claro da qualidade do solo
39 (ZORNOZA et al., 2015; MUÑOZ-ROJAS et al., 2016a; MUÑOZ-ROJAS et al., 2016b).
40 Tradicionalmente, o carbono orgânico do solo, N total e pH, entre as propriedades químicas, e
41 distribuição de tamanho de partícula, densidade do solo, água disponível, estrutura do solo e
42 estabilidade de agregados, entre as características físicas (RABOT et al., 2018), têm sido os
43 principais indicadores utilizados para avaliar a qualidade do solo.

44 Em um sentido biológico, ecossistemas saudáveis e prósperos são geralmente
45 considerados altamente diversos (METTING & BLAINE, 1993), e solos manejados
46 organicamente tinham uma maior diversidade de bactérias (DRINKWATER et al., 1995,
47 MÄDER et al., 2002), fungos micorrízicos arbusculares (OEHL et al., 2003), nematóides
48 (MULDER et al., 2003), minhocas (MÄDER et al., 2002) e insetos e artrópodes (ASTERAKI
49 et al., 2004, DRINKWATER et al., 1995, MÄDER et al., 2002) do que solos convencionais.
50 Também foram encontradas em solos orgânicos uma maior atividade microbiana (MÄDER et
51 al., 2002, WORKNEH et al., 1993) e biomassa microbiana (MÄDER et al., 2002, MULDER et
52 al., 2003).

53 A estrutura do solo, presença de macro, meso e microagregados, desempenha um papel
54 fundamental no controle de processos químicos e biológicos (DEXTER, 2004). Agregados
55 estáveis mantêm uma variedade de tamanhos de poros e promovem aeração do solo, infiltração
56 de água e drenagem (KEMPER & ROSENAU, 1986), bem como melhor trabalhabilidade,
57 qualidade do leito de sementes (TOPP et al., 1997) e penetração das raízes (CZYZ, 2004). A
58 estabilidade de agregados representa a capacidade de um solo de resistir à energia destrutiva da
59 água (TOPP et al., 1997; AMEZKETA, 1999), e sua formação envolve raízes, hifas fúngicas,
60 outras frações de carbono lábeis, populações microbianas e composição catiônica do complexo
61 de troca (JASTROW et al., 1998). A agregação é altamente sensível ao manejo (BLANCO-
62 CANQUI & LAL, 2004) e, portanto, um indicador útil da qualidade do solo.

63 Dentre os indicadores que podem expressar a QS de forma eficiente, a matéria orgânica
64 do solo (MOS) é um parâmetro sensível às modificações no ambiente de cultivo (CONCEIÇÃO
65 et al., 2006; NASCENTE et al., 2013). Sabe-se que existe uma forte relação entre a MOS e as

66 atividades enzimáticas (GARCIA et al., 1994) e entre a MOS e a biomassa microbiana
67 (POWLSON et al., 1987). Os solos armazenam pelo menos três vezes mais carbono (na MOS)
68 do que na atmosfera ou nas plantas vivas (FISCHLIN, 2007) e este grande reservatório de
69 carbono orgânico é sensível às mudanças no clima ou no ambiente local.

70 Individualmente indicadores microbiológicos e bioquímicos não são medidas úteis de
71 qualidade do solo (VISSER & PARKINSON, 1992), porque, não apenas variam sazonalmente
72 e espacialmente, mas também muitas propriedades físicas, químicas e biológicas afetam a
73 qualidade do solo (ARSHAD & MARTIN, 2002). A abordagem adequada na definição de
74 indicadores de qualidade do solo deve ser holística, não reducionista, portanto, os indicadores
75 devem descrever os principais processos ecológicos do solo (DORAN e SAFLEY, 1997).

76 Nessa perspectiva, abordagens qualitativas como metodologias de avaliação da QS,
77 que utilizam indicadores de fácil medição e não exigem a realização de análises de laboratório
78 vêm ganhando espaço, pois permitem comparar a evolução do solo através do tempo ou
79 comparar dois ou mais agroecossistemas sob diferentes manejos (ALTIERI & NICHOLLS,
80 2002).

81 Essas abordagens também se baseiam na escolha de indicadores, por exemplo, observar
82 a estrutura do solo, pois conforme a intensidade do uso da terra aumenta, a quantidade de
83 cobertura do solo e as contribuições de raízes associadas diminuem, a qualidade e a quantidade
84 de carbono orgânico do solo diminuem e a qualidade do solo é reduzida (LAL et al., 1999;
85 SINGH & KHERA, 2009). A observação da macrofauna também é útil, uma vez que as
86 minhocas são bastante vulneráveis a perturbações (químicas e físicas) no ambiente do solo
87 (LINDEN et al., 1994) e, portanto, fornecem um indicador sensível de mudança na qualidade
88 do solo (DANG, 2007). Observar a densidade do solo e a resistência mecânica (através de uma
89 faca ou um penetrômetro por exemplo), foram indicadores de qualidade do solo sensíveis à
90 compactação do solo (CHEN, 1999).

91 Uma das alternativas encontradas para melhorar e/ou manter as propriedades físicas,
92 químicas e biológicas do solo, propriedades estas que compõem o tripé sobre o qual se sustenta
93 a QS (LISBOA et al., 2012), tem sido o uso do Sistema de Plantio Direto (SPD). Neste sistema,
94 além do revolvimento do solo ser restrito às linhas de plantio ou berços de semeadura, são
95 usadas plantas de cobertura que proporcionam o incremento de fitomassa depositada na
96 superfície do solo, reduzindo, desta forma, a erosão e aumentando a infiltração e retenção de
97 água no solo (PANACHUKI et al., 2011).

98 Mesmo o SPD sendo um sistema que contribui para a autonomia do agricultor e
99 melhoria do tripé da QS, em muitas propriedades são utilizados somente fertilizantes
100 inorgânicos (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) como fonte de nutrientes para as
101 plantas de interesse. Tais fertilizantes, quando adicionados no solo, passam por processos de
102 dissolução e contribuem para a acidificação da camada superficial do solo, principalmente ao
103 se considerar longos períodos de cultivo sem reaplicação de calcário, ou quando altas doses de
104 fertilizantes são aplicadas (CIOTTA et al., 2004). Para contornar essa problemática, estudos
105 mostram que o pH do solo ficam ligeiramente mais alto nos solos manejados organicamente
106 (CLARK et al., 1998, MÄDER et al., 2002).

107 Nos últimos anos tem havido um interesse renovado no uso de adubos orgânicos (AO)
108 para solos agrícolas como substitutos parciais ou totais para fertilizantes inorgânicos (FI), a fim
109 de gerenciar nutrientes de forma mais econômica (QUILTY AND CATTLE 2011), diminuir a
110 dependência de recursos não renováveis (por exemplo, P de rocha fosfática) (WITHERS et al.
111 2015), reduzir e reciclar resíduos que seriam descartados em aterros (MISSELBROOK et al.
112 2012) e aumentar a MOS (BRUCE et al. 1999).

113 Assim como os adubos orgânicos, as plantas de cobertura também desempenham um
114 papel essencial na condução dos sistemas em plantio direto, pois seus resíduos protegem o solo,
115 promovem a ciclagem e disponibilidade de nutrientes para as culturas sucessoras (MARCELO;
116 CORÁ; FERNANDES, 2012), pois a decomposição gradual libera nutrientes para a cultura
117 comercial (KAPPES, 2012). Plantas de cobertura com maior produção de biomassa, além de
118 garantirem a ciclagem de nutrientes, minimizam a incidência de plantas espontâneas, pois a
119 biomassa vegetal tem efeito físico e limita a passagem de luz, criando dificuldades para que
120 haja a germinação das sementes (ALVARENGA et al., 2001).

121 Pelo exposto, destaca-se a importância de estudar o efeito de diferentes sistemas de
122 manejo do solo e fontes de adubação em solo cultivado com hortaliças sobre a qualidade do
123 solo por meio de indicadores qualitativos e quantitativos.

124

125 **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

126 **2.1 IMPORTÂNCIA DAS HORTALIÇAS**

127 O ramo da horticultura vem aumentando, havendo a necessidade de produzir mais e
128 com qualidade (GUALBERTO et al., 2009). As hortaliças são bastante recomendadas nas dietas
129 alimentares, uma vez que apresentam baixo valor calórico e alto conteúdo de fibra dietética,
130 vitaminas e sais minerais (OHSE et al., 2009). A necessidade nutricional requerida pelo

131 organismo humano nos estados de saúde e doença tem sido objeto de intensa investigação nos
132 últimos anos, uma vez que a obesidade e as doenças crônico-degenerativas (doenças
133 cardiovasculares, diabetes mellitus e câncer) passam a ser destaque em saúde pública (DUTRA
134 de OLIVEIRA; MARCHINE, 2000).

135 O repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) pertence à família Brassicaceae, sendo
136 uma espécie herbácea que possui a característica das folhas aparecerem encaixadas umas nas
137 outras, formando o que é designado como uma “cabeça” compacta (FILGUEIRA, 2013). Tem
138 como origem a Costa Norte Mediterrânea, Ásia Menor e Costa Ocidental Europeia (RUIZ
139 JÚNIOR et al., 2012), que são regiões de clima temperado. Entretanto, com o tempo, foram
140 obtidas cultivares adaptadas a temperaturas elevadas, ampliando consequentemente os períodos
141 de plantio e de colheita (FILGUEIRA, 2013).

142 Os maiores produtores da cultura em nível mundial são China, Índia e a Rússia,
143 enquanto a Rússia é o maior país consumidor (FAOSTAT, 2017). Reis et al. (2017) explicam
144 que, no Brasil, a cultura se destaca economicamente devido ao alto volume de produção e
145 consumo. Segundo Cassol, Lenhardt e Gabriel (2017), a produção do repolho tem se destacado
146 pela grande importância socioeconômica, pois exige mão de obra intensiva em pequenas áreas
147 de cultivo, sendo muito produzidas principalmente por agricultores familiares. Os autores ainda
148 explicam que as olerícolas são consideradas mais lucrativas que outras culturas, como as de
149 grãos, por exemplo. Neste sentido, Silva et al. (2012) acrescentam que a estimativa é que para
150 cada hectare plantado com hortaliças gere entre 3 a 6 empregos diretos e um número idêntico
151 de indiretos.

152 Pertencente à família das Cucurbitáceas, o pepino (*Cucumis sativus* L.) é a oitava
153 cultura olerícola com maior volume de produção brasileira, dos quais tem destaque o do tipo
154 japonês, especialmente em mercados mais exigentes. De acordo com Santana, Vieira e Barreto
155 (2009), de modo geral, o desenvolvimento das hortaliças é bastante influenciado pela umidade
156 do solo, sendo que a deficiência hídrica é normalmente o fator que mais limita tanto a aquisição
157 de produtividades elevadas quanto de produtos de boa qualidade. Porém, afirmam que o excesso
158 também pode causar prejuízos. Neste cenário a irrigação surge como um importante fator de
159 produção, além de promotor da máxima produtividade e da qualidade do produto.
160 (RODRIGUES et al., 2018).

161

162 2.2 QUALIDADE DO SOLO

163 No início da década de 80, começou a se discutir o que seria qualidade do solo (QS) e
164 após alguns anos Karlen et al. (1997), tendo como base os conceitos de Larson & Pierce (1991)
165 e Doran & Parkin (1994), publicaram um relatório em que nele está posto que a “QS é a
166 capacidade do solo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado,
167 para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a quantidade do ar
168 e da água e promover a saúde de plantas, dos animais e dos homens”.

169 Solo é um recurso resultado de um conjunto de componentes e relações. Entende-se
170 como um sistema vivo, em que minerais, plantas e organismos constituem sua estrutura
171 organizada em forma de rede, em que as relações internas dos componentes interagem entre si
172 e conduzem o seu funcionamento. É por meio de rede de relações que passa o fluxo de energia
173 e matéria e, somente por isso, o solo se mantém organizado da forma que é, logo, o manejo do
174 mesmo deve favorecer processos que promovam a vida e a avaliação da QS deve ser tal qual
175 possa identificar as propriedades resultantes dos processos diferenciados pela vida no sistema
176 solo. (VEZANNI et al., 2019).

177 Nos últimos tempos as avaliações da qualidade do solo e mensuração do impacto do
178 manejo práticas destinadas a melhorá-lo têm sido o tema de considerável discussão na
179 agricultura (ANDREWS, KARLEN, & CAMBARDELLA, 2004), com esforços para avaliar a
180 dinâmica do solo (qualitativamente ou quantitativamente). O que é considerado boa qualidade
181 do solo em uma lavoura, dependendo do contexto pode não ser tão bom em outro e isso torna a
182 avaliação da qualidade do solo uma grande tarefa (ADEYOLANU & OGUNKUNLE, 2016).

183 Existem duas abordagens comuns para avaliar a qualidade do solo: qualitativa e
184 quantitativa. Harris & Bezdicek (1994) definiram avaliação qualitativa e quantitativa com base
185 nas características das propriedades diagnósticas da qualidade do solo, como descritiva e
186 analítica. As abordagens descritivas usam palavras como descritores e, portanto, são
187 inerentemente qualitativas ou semi-quantitativas, pois podem apresentar certa subjetividade. Em
188 contraste, as abordagens quantitativas usam medidas analíticas e unidades específicas como
189 descritores. (VAN DANG, 2007).

190

191 2.3 INDICADORES QUANTITATIVOS

192 Para auxiliar no entendimento da QS, os indicadores quantitativos promovem um papel
193 importante. Dentre alguns indicadores, a estrutura do solo é relevante para a sustentabilidade
194 dos agroecossistemas (SIX et al., 2004), pois compreende a disposição e distribuição dos

195 agregados no solo e influencia aspectos bióticos, físicos e químicos (DEXTER, 1988). Os
196 agregados são unidades naturais secundárias compostas das partículas primárias do solo (areia,
197 silte e argila) que são ligadas entre si por substâncias orgânicas, óxidos de ferro e de alumínio,
198 carbonatos, sílica (SANTOS et al., 2015). Podem ser agrupados em três classes conforme o seu
199 tamanho: macroagregados (diâmetro > 2,00 mm), mesoagregados (diâmetro entre 2,00 e 0,25
200 mm) e microagregados (diâmetro menor que 0,25 mm). Dentre essas classes, os
201 microagregados oferecem maior proteção do C e N do solo, e os macro e mesoagregados são
202 mais sensíveis para indicar mudanças decorrentes do manejo do solo, tais como ocorre no SPC
203 e SPD (COSTA JUNIOR et al., 2012).

204 Além do que já foi apresentado, a MOS proporciona melhora na estrutura do solo
205 (VASCONCELOS et al. 2010), e por isso é outro indicador que influencia diretamente na
206 formação e dinâmica da estrutura do solo. Por ser considerada o principal agente de ligação dos
207 agregados em regiões de clima temperado (CARTER, 2004), os agregados protegem
208 fisicamente a MOS e evitam perdas de carbono para a atmosfera (LOSS et al., 2009).

209 O teor de MOS é expresso pelo conteúdo de COT, no qual associa-se com as partículas
210 minerais do solo de diferentes maneiras, resultando em diferentes velocidades de decomposição
211 e, conseqüentemente, em diferentes potenciais de emissão de CO₂ para a atmosfera, oferecendo
212 uma estimativa das proporções de Carbono Orgânico do Solo (COS) nos diferentes
213 compartimentos do solo (MACHADO, 2002) assim proporcionando um outro indicador para
214 QS. Em seu estudo Shuckla (2006) teve o objetivo de identificar o IQS apropriado a partir da
215 análise fatorial (FA) de cinco tratamentos de plantio direto e apontou que, no geral, o carbono
216 orgânico do solo (COS) foi o mais dominante atributo medido como um IQS para todas as
217 profundidades de solo avaliadas.

218 A MOS, apresenta compartimentos que se baseiam na complexidade estrutural dos
219 compostos (biomoléculas, substâncias húmicas e carvão) ou na localização e, ou, interação com
220 a matriz do solo e estes compartimentos podem ser fracionados química ou fisicamente (DICK
221 et al., 2009).

222 Quanto às frações granulométricas da MOS, o CO_p (> 53µm) é derivado de resíduos de
223 plantas e hifas, que permanecem no solo devido à proteção física nos agregados, sendo por este
224 motivo, uma fração lábil que apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos.
225 Já o CO_{am} (< 53µm) está associado às frações silte (2-53 µm) e argila (0-2 µm) e interage com
226 a superfície dos minerais, formando complexos organominerais protegidos pela fração coloidal
227 (LOSS, et al., 2008) Além disso, a MOS é um parâmetro sensível às modificações no ambiente

228 de cultivo, que pode expressar de forma eficiente a QS (LOSS et al., 2015). Loss et al. (2008)
229 observaram que o COp pode funcionar como indicador da QS em relação às alterações de
230 manejo e a curto prazo. Já o COam é, normalmente, menos modificado pelas diferentes formas
231 de manejo adotadas, principalmente a curto prazo.

232 Em dois experimentos de longa duração em Argissolo Vermelho Distrófico conduzidos
233 no estado do Rio Grande do Sul, Conceição et al. (2005) avaliaram o potencial da MOS e de
234 atributos relacionados em detectar alterações da QS induzidas pela adoção de sistemas de
235 manejo. Os autores concluíram que a MOS e seus atributos relacionados foram eficientes na
236 detecção da QS induzida pelos diferentes sistemas de manejo. Os autores destacaram ainda a
237 eficiência do COT e NT (camada de 0-5 cm) em discriminar o impacto dos sistemas de manejo
238 sobre a QS, além do COp, que foi a fração da MOS mais sensível em detectar mudanças em
239 função do manejo adotado. Também verificaram que a utilização do COT e NT em áreas com
240 manejos adotados recentemente pode não retratar os impactos destes na QS e que a utilização
241 de frações da MOS (COp) pode ser uma alternativa na escolha de atributos a serem avaliados.
242 Outros estudos também observaram a importância da MOS (COT, NT) e de suas frações (tais
243 como a COp, fração leve livre da MOS) para evidenciar diferenças provenientes do efeito dos
244 sistemas de manejo e uso do solo (LOSS et al., 2009; NASCENTE et al., 2013; GARCIA-
245 FRANCO et al., 2015).

246 Atributos da fertilidade também servem para auxiliar no entendimento da QS, visto que
247 há uma degradação gradual da fertilidade inerente do solo à medida que o “excedente de
248 nutrientes” (VAN KOOTEN 1993) se esgota. O esgotamento dos nutrientes do solo,
249 particularmente P e K disponíveis, devido ao cultivo contínuo com fertilização desequilibrada
250 causa uma degradação da qualidade do solo (DANG, 2007).

251 Embora os atributos dinâmicos, como a MOS, sejam mais sensíveis às mudanças de
252 qualidade do solo (DORAN & PARKIN, 1996), a importância dos atributos inerentes, como os
253 nutrientes, é reconhecida como um componente importante da qualidade do solo (KARLEN et
254 al., 1997). Em um estudo desenvolvido por Murage et al (2009), através de questionários de
255 agricultores e análises de laboratório apontaram que a qualidade do solo ficou comprometida
256 com o uso inadequado de fertilizantes orgânicos e inorgânicos. Li et al (2017) conduziram um
257 estudo de campo durante duas safras de arroz para investigar o efeito da aplicação de diferentes
258 composições de adubos (NPK, NPK + adubo verde, NPK + esterco de porco, NPK + palhada)
259 e identificaram que os aditivos orgânicos produziram efeitos mais favoráveis na produtividade
260 do solo e isso resultou num maior índice de qualidade do solo.

261

262 2.4 INDICADORES QUALITATIVOS

263 Os indicadores qualitativos são frequentemente descritos e registrados por meio de
264 observação direta, utilizando conhecimento indígena e da experiência dos agricultores,
265 fornecendo uma abordagem simples para caracterizar a situação e diagnosticar quaisquer
266 mudanças na qualidade do solo (ROMIG et al., 1995). O conhecimento indígena e dos
267 agricultores, que se desenvolve a partir de sua experiência prática, pode ser usado para calibrar
268 os valores medidos, fornecendo uma descrição mais significativa da qualidade do solo
269 (HARRIS & BEZDICEK, 1994). Os agricultores geralmente descrevem as propriedades do
270 solo com base na aparência, cheiro, tato e sabor (HARRIS & BEZDICEK, 1994).

271 No sudoeste da Nigéria, por exemplo, os agricultores reconheceram o teor de argila
272 como uma medida da qualidade do solo para a produção de cacau, pois acreditavam que quanto
273 maior o teor de argila (barro), maior será a qualidade do solo para a produção de cacau. Da
274 mesma forma, os agricultores também usaram a cor do solo como uma medida da matéria
275 orgânica do solo. Quanto mais escura for a cor do solo, maior será o conteúdo de matéria
276 orgânica para a produção agrícola. No entanto, esta abordagem é altamente subjetiva (ROMIG,
277 GARLYND, & HARRIS, 1996).

278 Embora a abordagem quantitativa seja mais precisa, é mais cara e demorada
279 (ADEYOLANU, 2016). Já a abordagem qualitativa permite a interação entre pesquisadores,
280 extensionistas e agricultores (ANDREW & CARROLL 2011), é rápida, pode ser repetida várias
281 vezes e é de fácil apropriação pelos envolvidos no processo de avaliação. Na África, vários
282 estudos mostram que usando o conhecimento local, os pequenos agricultores são capazes de
283 prever com precisão as diferenças de qualidade do solo de campos produtivos e não produtivos
284 (BARRIOS et al., 2006). O principal desafio é desenvolver padrões de qualidade do solo para
285 avaliar mudanças que sejam práticas e útil para os agricultores. (ADEYOLANU, 2016).

286 A estrutura do solo é uma chave biológica, química e física dos processos do solo (da
287 SILVA & KAY, 2004; LIN et al., 2005; KAY et al., 2006). A estrutura está relacionada ao
288 transporte de água e solutos, e estrutura desfavorável pode resultar em menores rendimentos de
289 safra e maiores perdas por lixiviação (KAVDIR & SMUCKER, 2005). Tem sido verificado que
290 as características da estrutura do solo atendem à percepção do agricultor sobre a qualidade do
291 solo (SHEPHERD, 2000; BATEY & BALL, 2005).

292 Existem algumas metodologias participativas desenvolvidas para avaliação e
293 monitoramento do desempenho dos sistemas de produção com uma abordagem interdisciplinar,

294 como por exemplo, o MESMIS, idealizado no México, em 1994, por um grupo multidisciplinar
295 e multi-institucional (LÓPEZ RIDAURA, et al., 2000). Em áreas de cultivo de café (*Coffea* sp.)
296 na Costa Rica, Altieri e Nicholls (2002) observaram que a avaliação participativa da QS
297 também poderia ser aplicável em vários agroecossistemas e em uma série de contextos
298 geográficos e socioeconômicos, de acordo com os sistemas de cultivo. Nos sistemas de cultivo
299 em transição para o agroecológico, como o SPD, Comin et al. (2016), com base no trabalho de
300 Altieri e Nicholls (2002) e de Gautronneau e Manichon (1987), propuseram um Guia Prático
301 para avaliação participativa da QS.

302 Pelo este método Guia Prático para avaliação participativa da QS é possível identificar
303 e caracterizar a campo, juntamente com os agricultores, técnicos, estudantes ou pesquisadores,
304 indicadores de solo associados ao perfil cultural. Como reportado em Vezzani & Mielniczuk
305 (2009), compilando a proposta de vários autores, deve-se buscar uso de indicadores que
306 integrem as propriedades biológicas, físicas e químicas do solo, que apresentem processos
307 relevantes para as funções do solo e que sejam sensíveis a mudança decorrentes das práticas de
308 manejo.

309 A avaliação SQ com indicadores qualitativos enriquece o debate sobre a qualidade e
310 recuperação do solo devido à participação das partes interessadas nos processos de produção,
311 sejam agricultores ou equipe técnica. O SQ também contribui para processos de transformação
312 social e ambiental em ecossistemas agrícolas. Pessoas envolvidas em processos participativos
313 de avaliação de QS podem questionar modelos de produção agrícola e uso do solo, e também
314 podem buscar usos de recursos para cumprir adequadamente as funções do solo e melhorar seu
315 bem-estar (VEZZANI et al., 2019).

316 Utilizando indicadores qualitativos e quantitativos, Adeyolanu & Ogunkunle, (2016)
317 identificaram relações positivas significativas ($r = 0,64$ a $0,93$) entre os métodos. Os dois
318 métodos podem ser usados alternadamente para avaliação da qualidade do solo, mas onde os
319 recursos financeiros são limitados, como acontece com os camponeses, a abordagem qualitativa
320 é preferível.

321

322 2.5 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO X SISTEMA DE PLANTIO CONVENCIONAL.

323 A disseminação do pacote tecnológico advindo da revolução verde, a agricultura dita
324 moderna, alterou os agroecossistemas, transformando paisagens complexas em desenhos
325 simplificados, e quanto mais simplificado, mais graves são os desequilíbrios ecológicos
326 (ALTIERI & NICHOLLS, 2004). A simplicidade do SPC, é entendida como as monoculturas,

327 que como já mencionado, comprometem a biodiversidade. Além disso, são altamente
328 dependendo de insumos externos e suscetíveis a surtos de pragas e doenças (THIESSEN
329 MARTENS et al., 2015).

330 Os agricultores familiares, para produzirem hortaliças, comumente utilizam práticas
331 de aração e gradagem, promovendo a pulverização, a compactação e a perda de solo, além da
332 degradação química e biológica do solo (LOSS et al., 2015; PANACHUKI et al., 2011;
333 BARROS et al., 2013). As práticas do SPC acabam reduzindo os teores de matéria orgânica e
334 comprometendo o ciclo do carbono, pois aceleram a oxidação da matéria orgânica, provocando
335 sua mineralização e, frequentemente, intensificam as perdas por erosão (PORTUGAL et al.,
336 2008).

337 Pesquisadores têm sugerido estratégias para alterar o cenário visto até agora. Buscam
338 usar manejos que favoreçam a diversidade e também a heterogeneidade da paisagem, sendo
339 este o caminho mais viável para aumentar a produtividade, sustentabilidade e resiliência dos
340 agroecossistemas (ALTIERI, 1995). Esta recomendação se justifica com base em observações
341 e experimentos os quais evidenciam que quanto maior for a diversidade dos agroecossistemas,
342 maior será a capacidade do mesmo em regular pragas e doenças, bem como de se adaptar a
343 padrões de mudanças climáticas (FOLKE, 2006).

344 Com o uso de práticas como preparo restrito, rotação de culturas, consórcio de espécies
345 vegetais, adubação verde e plantas de cobertura, o SPD influi principalmente no incremento
346 dos teores de MOS, o que por sua vez afeta positivamente os teores de carbono orgânico total
347 (COT), além da disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiônica, a complexação
348 de elementos tóxicos, a infiltração e a retenção de água, a aeração, a atividade e biomassa
349 microbiana do solo e a agregação do solo (LIU et al., 2005; LOSS et al., 2015; TIVET et al.,
350 2013).

351 Em um estudo conduzido na Califórnia – EUA, pesquisadores encontraram 16 de 18
352 indicadores de qualidade do solo com diferenças significativas entre os sistemas de manejo do
353 solo. A comparação incluiu campos orgânicos, convencionais e de transição. A partir dos
354 resultados os pesquisadores sugerem a compreensão da dinâmica e relação entre os fatores para
355 compor a avaliação da qualidade do solo (ANDREWS et al. 2002)

356

357 2.6 FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÕES

358 Nos últimos anos tem havido um interesse renovado no uso de adubos orgânicos como
359 substitutos parciais ou totais para fertilizantes inorgânicos, a fim de gerenciar nutrientes de

360 forma mais econômica (QUILTY AND CATTLE 2011), diminuir a dependência de recursos
361 não renováveis (por exemplo, P de rocha fosfática) (WITHERS et al. 2015), reduzir e reciclar
362 resíduos que seriam descartados em aterros (MISSELBROOK et al. 2012) e aumentar a matéria
363 orgânica do solo (BRUCE et al. 1999).

364 O fornecimento adequado de nutrientes é um dos fatores que contribui
365 significativamente para que as plantas aumentem seu rendimento, sendo a otimização da
366 eficiência nutricional fundamental para melhoria do rendimento, redução do custo de produção,
367 proteção dos cultivos contra insetos-praga e doenças e manutenção da fertilidade do solo
368 (EPAGRI, 2004).

369 No trabalho apresentado por Vidigal et al. (2015) os autores apresentaram dados sobre
370 aumento na produtividade e na concentração de nutrientes em plantas de alface após a aplicação
371 de adubos orgânicos. O destaque de sistemas de cultivo orgânico no rendimento pode estar
372 relacionado às funções que os adubos orgânicos exercem sobre as propriedades físicas,
373 químicas e biológicas do solo, uma vez que elas apresentam efeitos condicionadores e
374 aumentam nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2010).
375 Clark et al. (1998) verificaram que as entradas de C, P, K, Ca e Mg no solo eram maiores em
376 sistemas orgânicos e de baixo consumo como resultado de aplicações de esterco e incorporações
377 de plantas de cobertura, isso sendo positivo levando em consideração as exigências das culturas
378 para não haver acúmulo de nutrientes.

379 O baixo rendimento da agricultura orgânica é um fenômeno que acontece com vários
380 agricultores do Brasil e do mundo, no Japão por exemplo, Xu et al. (2002) fizeram um estudo
381 com duas espécies folhosas de brássicas (*Brassica rapa* L. cv. Kairyō e *Brassica campestris* L.
382 cv. Shinbansei) cultivadas com adubos orgânicos em comparação com adubos químicos e,
383 identificaram que o crescimento inicial das folhosas em sistema orgânico foi menor do que no
384 químico, entretanto em estágios finais, as duas hortaliças sob fertilização orgânica tiveram um
385 rendimento maior, assim como a concentração de açúcares e baixo teor de nitrato em
386 comparação as plantas adubadas quimicamente, isso apresenta que o rendimento poderá ser
387 maior se o fornecimento de nutrientes for suficiente.

388 Outro fato interessante em relação ao rendimento das culturas é que a diminuição da
389 disponibilidade de nitrogênio, como em cultivos com adubos orgânicos, para as plantas
390 resultará num aumento do teor de compostos fenólicos de defesa, o que aumenta a resistência
391 contra pragas e doenças, levando a um custo de crescimento inferior e portanto em um
392 rendimento menor se comparado aos cultivos com adubos químicos (BRANDT &

393 MOLGAARD, 2001). Entretanto esses adubos orgânicos proporcionam alimento de melhor
394 qualidade, como é o exemplo que Lehesranta et al. (2007) apresentaram num estudo sobre a
395 expressão de proteínas de batatas cultivadas, em que aproximadamente 14% das proteínas
396 foram expressadas nas batatas que foram submetidas a fertilização orgânica em comparação as
397 batatas cultivadas com adubos químicos.

398

399 2.7 PLANTAS DE COBERTURA

400 Em sistemas de plantio direto a utilização de plantas de cobertura ajuda na ciclagem
401 de nutrientes (TORRES et al., 2008), absorvendo nutrientes de camadas mais profundas e
402 acumulando nas raízes ou parte aérea, assim quando são depositadas na superfície do solo os
403 processos de decomposição acontecem e os nutrientes são novamente disponibilizados para a
404 solução do solo para as próximas culturas (SOUZA et al., 2012; SILVA et al., 2002). O uso de
405 plantas de cobertura é uma prática que tem sido utilizada na tentativa de diminuir a erosão,
406 incrementar o teor de MOS (TORRES et al., 2011). Além disso, o acréscimo contínuo de
407 matéria seca proporciona uma melhor estrutura ao solo para o desenvolvimento das culturas de
408 interesse (SILVA & MIELNICZUK, 1997), recuperando a qualidade do solo, ou seja, sua
409 capacidade de exercer suas funções na natureza (DORAN, 1997).

410 O sistema radicular das plantas interferem nos atributos físicos do solo, como por
411 exemplo uma gramínea que possui um sistema radicular ramificado aumentando a estabilidade
412 dos agregados em comparação as leguminosas, estas contribuem para a qualidade do solo
413 através de seu sistema de fixação biológica do nitrogênio, muito importante para as plantas
414 (NASCIMENTO et al., 2005).

415 Em estudos com algumas plantas de cobertura como milheto (*Pennisetum americanum*
416 L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), mucuna-preta
417 (*Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Merr.), solteiras e em consórcio, Pina da Silva et al. (2017)
418 avaliaram o seu efeito sobre os atributos químicos e físicos de um solo da região do cerrado sob
419 SPD. Os autores apontaram que o sistema radicular dessas espécies auxilia na estabilização do
420 solo, pois ao se decompor atua no desenvolvimento de bioporos, o que favorece a formação
421 novos agregados e estabilidade dos já existentes.

422 Em outro estudo, Viana et al. (2003) avaliaram a eficiência da adubação verde, de
423 composto orgânico e de biofertilizante na cultura da cenoura, frente à adubação mineral e o
424 maior comprimento da raiz foi verificado nas plantas tratadas pelas dosagens de composto

425 orgânico, adubo verde e biofertilizante, pois a adição de matéria orgânica no solo favorece o
426 desenvolvimento das plantas por disponibilizar um maior teor de sólidos solúveis totais no solo.

427

428 **3 HIPÓTESES**

429 O sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica e/ou plantas de cobertura
430 e/ou matéria seca como cobertura do solo melhora a qualidade do solo em comparação ao
431 sistema de preparo convencional do solo com adubação orgânica e química.

432 Os indicadores qualitativos são tão precisos quanto os indicadores quantitativos para
433 avaliar a qualidade do solo em sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica e/ou
434 plantas de cobertura e/ou matéria seca como cobertura do solo e em sistema de preparo
435 convencional do solo com adubação orgânica e química.

436

437 **4 OBJETIVOS**

438 4.1 OBJETIVO GERAL

439 Avaliar por meio de indicadores qualitativos e quantitativos o efeito de diferentes
440 sistemas de manejo do solo e fontes de adubação sobre a qualidade do solo em solo cultivado
441 com hortaliças.

442

443 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

444 a) Avaliar o efeito do sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica e plantas
445 de cobertura ou matéria seca como cobertura do solo e do preparo convencional do solo com
446 uso de adubação orgânica e química sobre a qualidade do solo por meio de indicadores
447 quantitativos;

448 b) Avaliar o efeito do sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica e plantas
449 de cobertura ou matéria seca como cobertura do solo e do sistema preparo convencional do solo
450 com uso de adubação orgânica e química sobre a qualidade do solo por meio de indicadores
451 qualitativos;

452 c) Comparar a acurácia do uso dos indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar
453 a qualidade do solo em sistema de plantio direto com uso de adubação orgânica e plantas de
454 cobertura ou matéria seca como cobertura do solo e em sistema de preparo convencional do
455 solo com uso de adubação orgânica e química por meio de análise de componentes principais.

456

457

458 5 MATERIAL E MÉTODOS

459 5.1 LOCALIZAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

460 O experimento foi implantado em 2006, no município de Itajaí, SC, na Estação
461 Experimental da EPAGRI (Empresa de Pesquisa e Extensão Agropecuária de Santa Catarina).
462 O solo foi classificado como Cambissolo Háplico Distrófico típico.

463 A área era homogênea e estava em pousio por cerca de cinco anos antes do início do
464 experimento. Os principais cultivos de hortaliças ao longo dos anos foram de repolho (*Brassica*
465 *oleracea* var. capitata) (todos os anos) e pepino (*Cucumis sativus*) (2008, 2009 e 2010). O
466 espaçamento de plantio do repolho foi 0,80m entre filas e 0,7m entre plantas e do pepino de
467 1,0m entre filas e 0,3m entre plantas. Também houve a sucessão com a cultura do milho (*Zea*
468 *mays*) (às vezes colhido todo material para compostagem e às vezes deixado na área para
469 cobertura do solo ou adubação verde). A irrigação foi feita por gotejamento e o plantio das
470 hortaliças foi feito com mudas. A adubação orgânica usada foi um composto à base de capim
471 elefante nos tratamentos que receberam a fonte orgânica e N, P e K nos tratamentos que
472 receberam a fonte química.

473 A recomendação de adubação para a cultura do repolho foi de 140 kg.ha⁻¹ N; 120 kg.ha⁻¹
474 ¹ P₂O₅ e 120 kg.ha⁻¹ K₂O, partir da recomendação do manual de adubação e calagem do RS e
475 SC (CQFS-RS/SC, 2016), equivalente a uma dose de 32 t.ha⁻¹ de composto, de composição:
476 1,75 %N; 2,75 % P₂O₅; 2,24 % K₂O e teor de umidade 50%. A adubação química de base foi
477 100 kg ha⁻¹ de ureia; 210 kg.ha⁻¹ de cloreto de potássio e 300 kg.ha⁻¹ de Superfosfato Triplo e,
478 adubação de cobertura foi 210 kg.ha⁻¹ de ureia aplicado em três vezes.

479 Para a cultura do pepino a recomendação foi de 180 kg.ha⁻¹ N; 180 kg.ha⁻¹ P₂O₅ e 160
480 kg.ha⁻¹ K₂O, partir da recomendação do manual de adubação e calagem do RS e SC (CQFS-
481 RS/SC, 2016), equivalente a uma dose de 41 t.ha⁻¹ de composto, de composição: 1,77%N;
482 2,31%P₂O₅; 2%K₂O e teor de umidade 50%. A adubação química de base foi de 100 Kg.ha⁻¹
483 de ureia; 440 Kg ha⁻¹ de Superfosfato Triplo e 280 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e, adubação
484 de cobertura de 400 Kg ha⁻¹ de sulfato de amônio e 400 Kg ha⁻¹ de nitrato de cálcio aplicado
485 em três vezes.

486 O experimento foi composto por três tratamentos sob SPD e dois sob SPC (arado e
487 rotativa). Nos tratamentos com SPD a vegetação espontânea foi roçada antes do plantio, sendo
488 aberto apenas um sulco de 30cm de largura onde foi colocado o adubo orgânico (composto).
489 Cerca de 40 dias após o plantio foi feito a roçada das plantas espontâneas nas entrelinhas de
490 plantio. Nos tratamentos sob SPC, antes do plantio, a área foi arada e rotativada, e nas linhas e

491 entrelinhas de plantio foi feito a capina das plantas espontâneas cerca de 40 dias após o plantio,
492 repetindo-se esta operação aos 60 dias após o plantio das hortaliças.

493 Os tratamentos foram: T1- SPD com utilização de plantas de cobertura (crotalária ou
494 feijão de porco no verão e aveia consorciada com ervilhaca no inverno); T2 - SPD em área com
495 vegetação espontânea; T3 - SPD em área com cobertura de palha (palha de arroz ou capim
496 elefante triturado). Depois do plantio foi colocada cobertura de palha em toda área,
497 permanecendo assim até a colheita; T4 - SPC com adubação orgânica (composto) aplicado em
498 sulco de 30cm de largura; T5 - PC com adubação química (ureia, cloreto de potássio e
499 superfosfato triplo), em sulco de 30 cm de largura. No cultivo do repolho, aos 15 e 35 dias após
500 o plantio e na formação da cabeça de repolho foi feita adubação de cobertura com ureia. No
501 cultivo de pepino foi feita adubação de cobertura com sulfato de amônio na emissão das
502 primeiras guias e depois aos 15 e 30 dias.

503

504 **Tabela 1** - Valores de pH (pH7,0), teores de fósforo (P) e potássio (K), e cálcio (Ca) e magnésio
505 (Mg), na camada de 0-20 cm no primeiro ano (2006) de condução do experimento submetido a
506 diferentes manejos e adubações em Itajaí

Tratamentos	pH	Atributo do Solo			
		P --- mg.kg ⁻¹ --	K ----- cmol.c.kg ⁻¹ -----	Ca	Mg
T1	5,78	250	386,56	7,06	3,01
T2	5,70	373,38	378,13	7,58	3,13
T3	5,65	444,25	363,75	7,20	2,28
T4	5,80	379,39	349,56	6,35	2,79
T5	5,80	388,56	335,00	6,58	2,70

507 T1 – SPD c/ adubação verde; T2 – SPD c/vegetação nativa; T3 – SPD c/ palhada; T4 – SPC c/ adubação orgânica;
508 T5 – c/ adubação mineral. Fonte: Autor (2019).

509

510 5.2 COLETAS DE SOLO E ANÁLISES

511 Para a determinação dos indicadores quantitativos da qualidade do solo, em agosto de
512 2017, 11 anos após o início do experimento, foram coletadas amostras de solo de cada um dos
513 tratamentos. Para tanto, uma trincheira de 40 x 40 x 40 cm foi aberta em cada parcela com o
514 auxílio de uma pá de corte e foram coletadas amostras indeformadas (estabilidade de agregados)
515 e deformadas (carbono orgânico total – COT, fracionamento granulométrico da matéria
516 orgânica, matéria orgânica leve – MOL e atributos da fertilidade) de solo nas profundidades de
517 0-5, 5-10 e 10- 20 cm. Para cada tratamento foram coletadas 4 repetições.

518 As amostras deformadas de solo foram processadas no Laboratório de Análise de Solo,
519 Água e Tecidos Vegetais do NEPEA (Núcleo de Ensino Pesquisa e Extensão em Agroecologia)
520 no Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

521 As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com
522 abertura de 2mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi separada para a
523 caracterização química.

524

525 **5.2.1 Estabilidade dos agregados**

526 As amostras indeformadas foram secas ao ar, destorroadas manualmente, seguindo as
527 linhas de fraqueza entre os agregados e, posteriormente, passadas em um conjunto de malhas
528 de 8,00 e 4,00 mm. Dos agregados retidos na peneira de 4,00 mm, foram pesados 25 gramas
529 que foram transferidos para uma peneira de 2,00 mm, que compõe um conjunto de peneiras
530 com diâmetro de malha decrescente, a saber: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25, 0,105 e 0,053 mm,
531 conforme Embrapa (1997). Os agregados inicialmente colocados na peneira de 2,00 mm foram
532 umedecidos com borrifador de água e, posteriormente, o conjunto de peneiras foi submetido à
533 tamisação vertical via úmida por 15 minutos no aparelho de Yoder (YODER, 1936).
534 Transcorrido esse tempo, o material retido em cada peneira foi retirado, separado com jato
535 d'água, colocado em placas de pétri previamente pesadas e identificadas, e levado à estufa até
536 a obtenção de massa seca constante.

537 A partir da massa de agregados foram calculados o diâmetro médio ponderado (DMP)
538 e o diâmetro médio geométrico (DMG) de agregados, segundo Embrapa (1997), e com a massa
539 dos agregados foi avaliada a sua distribuição nas seguintes classes de diâmetro médio, conforme
540 Costa Junior et al. (2012): $8,00 > \emptyset \geq 2,0$ mm (macroagregados); $2,0 > \emptyset \geq 0,25$ mm
541 (mesoagregados) e $\emptyset < 0,25$ mm (microagregados).

542

543 **5.2.2 Teores de carbono orgânico total (COT)**

544 O carbono orgânico total (COT) foi quantificado segundo Yeomans e Bremner (1988)
545 em que foram pesadas 0,25 g das amostras de TFSA. O material foi colocado em tubos de
546 digestão de 250 mL e, em seguida, adicionados 10 mL de Dicromato de Potássio 0,4 N.
547 Posteriormente, elevou-se a temperatura do bloco digestor à 150°C por 30 min. Após os tubos
548 esfriarem, adicionou-se 10 mL de água destilada. Com o auxílio de um Elemeyer, foi
549 adicionado 2 mL de ácido ortofosfórico e 3 gotas de difenillamina na amostra e, o Sulfato
550 Ferroso Amoniacal 0,1 N para fazer a titulação.

551

552 5.2.3 Fracionamento granulométrico da matéria orgânica

553 Para o fracionamento granulométrico da MOS seguiu-se a metodologia descrita por
554 Cambardella & Elliott (1992), na qual foram utilizados 20 g de TFSA e 60 mL de solução de
555 hexametáfosfato de sódio (5 g L^{-1}), sendo as amostras agitadas durante 15 horas em agitador
556 horizontal. A seguir, a suspensão foi passada em peneira de $53 \mu\text{m}$ com auxílio de jato de água.
557 O material retido na peneira, que consiste no carbono orgânico particulado (COp), foi seco em
558 estufa a 60°C , quantificado em relação à sua massa, moído em gral de porcelana e analisado em
559 relação ao teor COT segundo Yeomans e Bremner (1988). O material que passou pela peneira
560 de $53 \mu\text{m}$, que consiste no carbono orgânico associado aos minerais (COam) foi obtido por
561 diferença entre o COT e COp.

562

563 5.2.4 Matéria orgânica leve (MOL)

564 Para determinação da matéria orgânica leve (MOL), utilizou-se 50g de TFSA em
565 solução de $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol L}^{-1}$, que ficou em repouso durante 12h. Após esse período, o material
566 foi agitado com bastão de vidro e passado através de uma peneira de $0,25\text{mm}$, onde o material
567 flotado ficou retido. Repetiu-se esse procedimento até todo material flotado com a agitação da
568 água ser removido. Posteriormente, a matéria retida na peneira foi transferida para cadinhos
569 numerados e com peso conhecido, levados para estufa a 65°C até atingir peso constante (72
570 horas). Em seguida, o material seco foi pesado (ANDERSON & INGRAM, 1989, modificado
571 por MENDONÇA & MATOS, 2005).

572

573 5.2.5 Fertilidade do solo

574 Da TFSA obtida foram realizadas as seguintes determinações: fósforo (P) (extração
575 Mehlich-1) e potássio (K) disponíveis, cálcio (Ca), magnésio (Mg), segundo metodologia de
576 Tedesco et al. (1995). Para a leitura da determinação de fósforo foi utilizada a metodologia
577 descrita por Murphy & Riley (1962). Para determinar Ca e Mg, foi utilizado o cloreto de
578 potássio (KCl), sendo determinados por espectrometria de absorção. E para a determinação de
579 K o elemento foi extraído com uma solução ácida composta por ácido clorídrico (HCl) e ácido
580 sulfúrico (H_2SO_4) e determinado através de fotômetro de chama.

581

582 **5.2.6 Avaliação qualitativa participativa**

583 Por conta da semelhança entre os tratamentos sob SPD e entre os tratamentos sob SPC,
 584 a avaliação participativa foi realizada somente nos tratamentos T1, T3, e T5 por um grupo de
 585 oito estudantes e dois pesquisadores da EPAGRI-Itajaí. Após a abertura das trincheiras em cada
 586 tratamento foram avaliados oito indicadores. A avaliação foi efetuada com base na metodologia
 587 elaborado por Comin et al. (2016), em que se atribui notas de 1 a 10 conforme as características
 588 de qualidade de cada indicador, em que a nota 1 é uma situação indesejável, 5 é o mínimo
 589 aceitável e 10 é a situação ideal de qualidade do solo (QS). Para o indicador MO: 1 (coloração
 590 mais clara, odor desagradável, teor muito baixo de MO); 5 (coloração mais escura, sem odor
 591 marcante, pouca MO); 10 (coloração escura, odor de terra de mata, muita MO). Enraizamento:
 592 1 (camada de solo explorada não ultrapassa 10 cm); 5 (camada explorada entre 10 e 20 cm); 10
 593 (camada explorada superior a 40 cm). Estrutura: 1 (solo sem a presença de agregados visíveis;
 594 5 (solo com poucos agregados visíveis, que se rompem com leve pressão); 10 (solo com muitos
 595 agregados, que mantém a forma após leve pressão). Compactação (Compactação): 1 (camada
 596 muito compactada, com elevada resistência à penetração da ponta da faca); 5 (camada
 597 compactada, com média resistência à penetração da ponta da faca); 10 (sem presença de camada
 598 compactada, a ponta da faca penetra facilmente no solo). Erosão: 1 (erosão severa, presença de
 599 sulcos e canais de erosão); 5 (erosão pouco visível); 10 (sem sinais visíveis de erosão).
 600 Umidade: 1 (o solo seca rápido após uma chuva); 5 (baixa capacidade de retenção de umidade
 601 durante estiagem prolongada); 10 (alta capacidade de retenção de umidade mesmo durante
 602 estiagem). Macrofauna: 1 (sinais da presença de minhocas e, ou, artrópodes); 5 (presença de
 603 algumas minhocas e, ou, artrópodes); 10 (abundância de minhocas e, ou, artrópodes). Palhada:
 604 1 (pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição); 5 (fina camada de palhada,
 605 cobertura do solo inferior a 50%); 10 (espessa camada de palhada, restos vegetais em diferentes
 606 estágios de decomposição, cobertura do solo superior a 90%). Após a atribuição das notas aos
 607 indicadores, os resultados (média aritmética de diferente avaliadores) foi plotado em um gráfico
 608 do tipo radar ou teia. Este recurso permite aos avaliadores, uma fácil visualização do estado da
 609 QS, pois os valores mais próximos do lado externo do gráfico representam o sistema que mais
 610 se aproxima da condição ideal.

611

612 **5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

613 Os resultados das análises de estabilidade de agregados, COT, fracionamento
 614 granulométrico, MOL e fertilidade foram submetidos à análise de variância e, quando os efeitos

615 foram significativos entre tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott
616 ($\alpha= 5\%$) pelo programa Sisvar 5.6. Para comparação e análise entre as camadas, foi utilizado
617 Tukey ($p<0,05$).

618 O conjunto dos dados dos indicadores qualitativos e quantitativos foi analisado por meio
619 de uma Análise Multivariada, mais especificamente, uma Análise dos Componentes Principais
620 (ACP). Essa análise tem por objetivo descrever os dados contidos num Tabela indivíduos-
621 variáveis numéricas: p variáveis serão mediadas com n indivíduos. Esta é considerada um
622 método fatorial, pois a redução do número de variáveis não se faz por uma simples seleção de
623 algumas variáveis, mas pela construção de novas variáveis sintéticas, obtidas pela combinação
624 linear das variáveis iniciais, por meio dos fatores (BOUROCHE, 1982).

625 A ACP é uma técnica matemática da análise multivariada que possibilita investigações
626 com um grande número de dados disponíveis, o que se enquadra na proposta desse projeto.
627 Também possibilita a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os
628 resultados, sem perdas significativas de informações. Além disso, transforma um conjunto
629 original de variáveis em outro conjunto: os componentes principais (CP) de dimensões
630 equivalentes (VANCINI & SOUZA, 2005). Essa transformação, em outro conjunto de
631 variáveis, ocorre com a menor perda de informação possível, busca eliminar algumas variáveis
632 originais que possuam pouca informação. Essa redução de variáveis só será possível se as p
633 variáveis iniciais não forem independentes e possuírem coeficientes de correlação não-nulos.

634 A ideia central da análise baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado,
635 principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-
636 relacionadas (VANCINI & SOUZA, 2005). Conforme Regazzi (2001, p.1), “procura-se
637 redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de
638 eixos não correlacionados”. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis
639 originais em um novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do
640 conjunto. Isto é, com a menor perda possível de informação. Além disso, esta técnica nos
641 permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões
642 gráficas no espaço bi ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica, permitindo assim,
643 validar ou rejeitar a hipótese do projeto que os indicadores qualitativos e quantitativos são
644 igualmente adequados para avaliar a qualidade do solo.

645

646 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

647 6.1 DIÂMETRO MÉDIO PONDERADO (DMP) E GEOMÉTRICO (DMG), MATÉRIA 648 ORGÂNICA LEVE (MOL) E DISTRIBUIÇÃO DA MASSA DE AGREGADOS.

649

650 O efeito dos tratamentos no diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio
651 geométrico (DMG) de agregados e matéria orgânica leve (MOL) estão apresentados na Tabela
652 2. Os maiores valores de DMP foram encontrados nos tratamentos T1, T2 e T3 nas
653 profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Resultados semelhantes foram verificados para os valores de
654 DMG, em que na camada de 0-5 cm o tratamento T1 apresentou os maiores valores e T2 e T3
655 valores intermediários. Na camada de 5-10 cm, T1 e T2 apresentaram maiores valores de DMG
656 e T3 valor intermediário. Isso é devido às práticas do SPD que são aplicadas nesses tratamentos,
657 como o revolvimento do solo restrito às linhas de plantio, o que favorece que os agregados se
658 mantenham mais estáveis. Esse fato é corroborado por TIVET et al. (2013), que avaliaram os
659 efeitos do SPD com plantas de cobertura implantado após a área ser usada com longo prazo em
660 SPC. Os autores verificaram maiores valores de macroagregados no tratamento com
661 revolvimento do solo localizado e com uso de plantas de cobertura. Outros autores obtiveram
662 resultados semelhantes (SOMASUNDARAM, et al., 2017).

663 Trabalhando com um experimento de longa prazo (14 anos), Fernández et al. (2010)
664 compararam o efeito do plantio direto com o preparo convencional na distribuição dos
665 agregados e também encontram que o sistema mais conservacionista obteve maior massa de
666 macroagregados, com valores até 25% superior ao do preparo convencional em superfície e em
667 profundidade.

668

669 **Tabela 2** - Valores médios de diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico
670 (DMG) de agregados, e matéria orgânica leve (MOL), nos diferentes tratamentos em Itajaí –
671 SC.

Tratamentos	DMP	DMG	MOL
	-----mm-----	-----	-----g.kg ⁻¹ -----
		0-5cm	
T1	4,300 a	4,368 a	20,88 a
T2	3,901 a	3,414 b	25,39 a
T3	4,193 a	3,602 b	18,77 a
T4	2,076 b	1,250 c	11,27 b
T5	3,022 b	1,684 c	3,92 c
CV (%)	29,73	29,32	36,73
		5-10cm	
T1	4,392 a	4,225 a	6,30 b
T2	3,790 a	2,943 a	10,30 a

T3	4,358 a	3,714 b	13,11 a
T4	3,199 b	2,072 c	7,14 b
T5	3,045 b	1,995 c	2,49 c
CV (%)	14,98	31,42	39,58
10-20cm			
T1	4,058 a	2,519 a	2,97 b
T2	3,970 a	2,908 a	2,65 b
T3	3,226 a	1,809 a	1,84 c
T4	3,553 a	1,929 a	8,74 a
T5	3,221 a	1,791 a	0,90 c
CV (%)	10,71	23,51	25,23

672 T1 – SPD c/ adubação verde; T2 – SPD c/vegetação nativa; T3 – SPD c/ palhada; T4 – SPC c/ adubação orgânica;
 673 T5 – SPC c/ adubação mineral. CV=Coefficiente de Variação. Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não
 674 difere entre si pelo teste Skott-knott a 5%. Fonte: Autor (2018).

675

676 Esses resultados se assemelham aos encontrados por PINHEIRO et al. (2004) que
 677 verificaram menores modificações na agregação do solo em áreas de cultivo de oleráceas sob
 678 SPD. Os menores valores de DMP nos tratamentos T4 e T5 nas camadas de 0-5 e 5-10 cm
 679 podem ser explicados pelo uso de arado e rotativa no SPC, o que ocasiona o rompimento dos
 680 agregados. LOSS et al. (2009) também compararam SPD e SPC, cultivos consorciados,
 681 sistemas agroflorestais (SAFs) e áreas de plantio de figo, e encontraram menores valores de
 682 DMP e DMG no SPC.

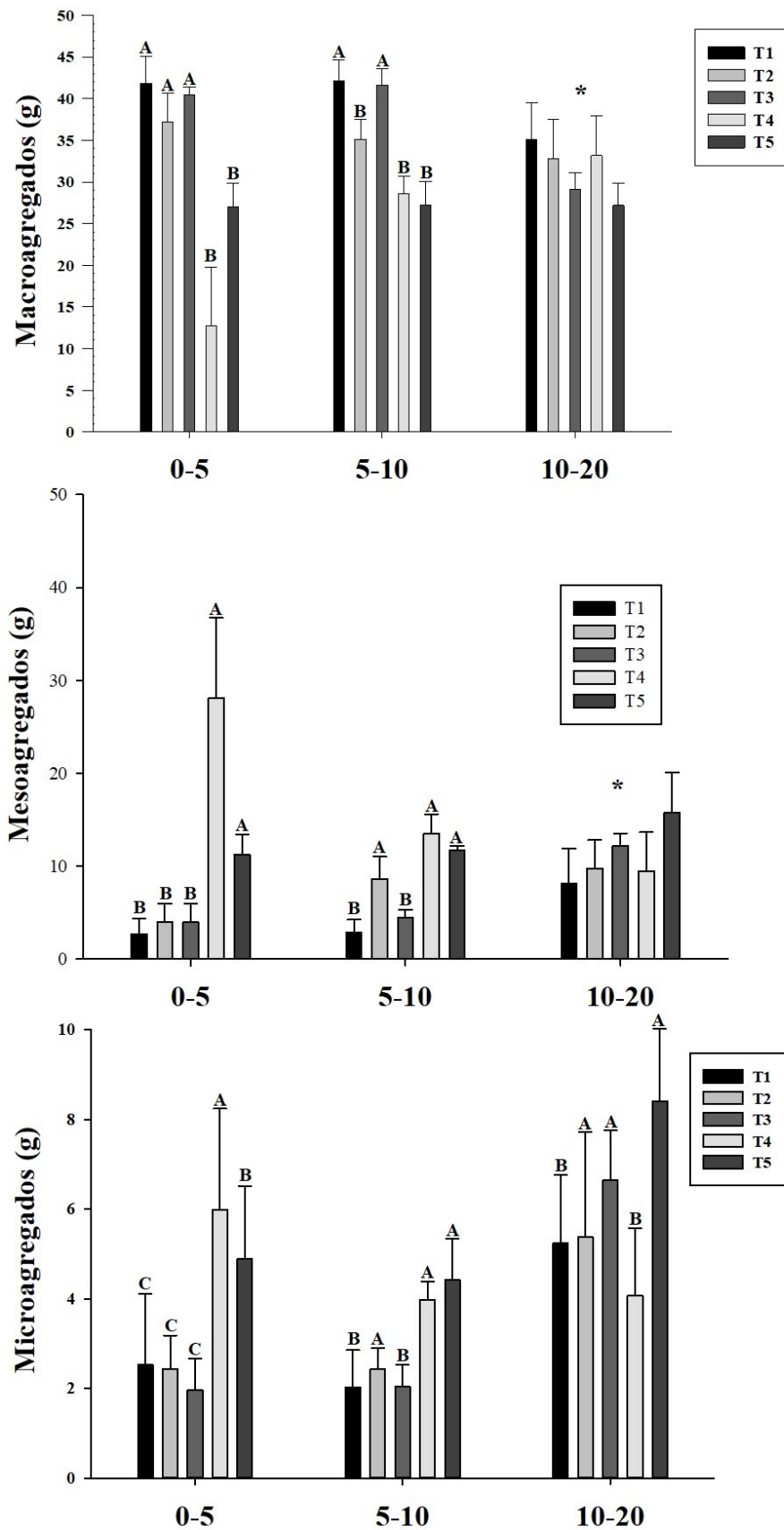
683 Na camada de 10-20 cm não foram encontradas diferenças entre tratamentos para o
 684 DMP e DMG (Tabela 2). No entanto, verificou-se maior valor de MOL no tratamento T4, o
 685 que decorre do acúmulo de MOL nessa camada por conta do revolvimento do solo por arado e
 686 rotativa, o que faz com os adubos orgânicos e resíduos vegetais sejam incorporados nas
 687 camadas mais subsuperficiais do solo.

688 Em relação à MOL, ocorreu maior acúmulo nos tratamentos T1, T2 e T3 nas camadas
 689 0-5 e 5-10 cm devido à deposição de restos vegetais decorrente do uso de plantas de cobertura
 690 implantadas, plantas espontâneas e de cobertura morta, respectivamente. Em T4 e T5, em que
 691 foi utilizado o SPC, verificou-se os menores valores de MOL nas camadas de 0-5 e 5-10 cm,
 692 pois houve a incorporação da MS, o que acelera a decomposição por conta da maior
 693 fragmentação do material, aumento do contato com o solo, e também por conta dos ciclos de
 694 umedecimento e secagem e maiores temperaturas e oscilações ao longo do dia (SILVA et al.,
 695 2006; MARTORANO et al., 2009) (Tabela 2). A manutenção desse compartimento da MO
 696 torna-se fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, uma vez que a MOL
 697 representa, em curto e médio prazo, potencial para ciclagem de nutrientes (COMPTON e
 698 BOONE, 2002). Assim, é desejável manejos que promovam aumentos dos valores de MOL no

699 solo. Em alguns casos, os sistemas de cultivo orgânico possuem maiores conteúdos de MOL,
700 até mesmo maiores que as área de mata nativa, que são consideradas condições de referência
701 (XAVIER et al., 2006).

702 Em relação à massa de agregados (Figura 1), os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram
703 os maiores valores de macroagregados nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, à exceção de T2 (5-10
704 m). É constatado que práticas de manejo conservacionistas promovam a estabilização dos
705 macroagregados já que o aumento da matéria orgânica, proveniente de raízes e hifas, está
706 associada a sua formação (TISDALL; OADES, 1982). Nas mesmas camadas de solo, T4 e T5
707 apresentaram os maiores valores de massa de meso e microagregados. Na camada de 10-20 cm
708 não foram verificadas diferenças entre tratamentos para macro e microagregados. As diferenças
709 ocorreram para a classe mesoagregados, com os maiores valores no tratamento T5, fato que
710 pode estar relacionado a aração e rotativagem que ocorreu nessas áreas, ocasionando a quebra
711 e desestruturação dos macroagregados (Figura 1).

712



713 **Figura 1** - Distribuição da massa de macros, meso e microagregados em diferentes manejos e
 714 profundidades do solo. Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste Skot-Knot ($p < 0,05$).

715 Estes resultados estão de acordo com aqueles obtidos por MENDES et al. (2003), que
716 avaliaram o efeito do SPD e SPC sobre classes de agregados e teores de matéria orgânica em
717 diferentes profundidades em um Latossolo Vermelho argiloso, verificaram que ambos sistemas
718 tiveram menos agregados do que a área de vegetação nativa, mas o SPD apresentou agregados
719 mais estáveis em superfície do que o SPC. O acúmulo de MOL em T2 e T3 (tabela 2) pode ser
720 devido ao efeito das raízes da vegetação espontânea em T2 e ao menor tamanho das partículas
721 em T3 (palha de arroz ou capim elefante triturados) contribuindo para a formação de
722 mesoagregados.

723 Em estudos comparando as diferentes classes de agregados, foi constatado que as
724 menores classes (diâmetro < 1,00 mm) estão presentes em maiores proporções quando é
725 realizado o preparo convencional do solo, enquanto as maiores proporções de macroagregados
726 (diâmetro > 2,00 mm) estão presentes quando é adotado o sistema de plantio direto (LACERDA
727 et al., 2005). Assim sendo, os macroagregados são tidos como estruturas complexas que
728 apresentam a capacidade de reter e proteger o carbono adicionado ao solo na forma de matéria
729 orgânica, sendo que altas proporções de macroagregados são consideradas um bom indicador
730 de qualidade do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011).

731 A correlação positiva entre a matéria orgânica e a estabilidade dos agregados foi
732 verificada por VASCONCELOS et al. (2010) e SHEEHY et al. (2015), pois o preparo do solo
733 rompe os agregados e expõe a matéria orgânica que estava protegida no seu interior ao ataque
734 microbiano, acelerando a sua perda (AMEZKETA, 1999) e, por consequência, diminui a
735 estabilidade dos agregados. Loss et al. (2014) estudaram os efeitos do SPD, SPC, floresta
736 secundária e pastagem (*A. compressus*) na agregação do solo, e nos teores de MOL em água e
737 COT em um Nitossolo Vermelho no Paraná, e encontraram menores índices de agregação e
738 teores de COT no SPC em comparação ao SPD. Entretanto, ambos os sistemas tiveram menores
739 teores em relação a floresta secundária e a pastagem.

740 Ao comparar o efeito do SPC e SPD durante 14 anos sobre as propriedades físicas do
741 solo e conteúdo de COT, So et al. (2009) encontraram maior índice de agregação no SPD. Ou
742 seja, a camada superficial do solo estava estável e melhor agregada devido ao maior teor de
743 COT no SPD (33,7 g Kg⁻¹), em comparação ao SPC (16,7 g Kg⁻¹).

744 Em outro estudo, em um Latossolo Vermelho Acriférico típico (Santo Antônio do
745 Goiás-GO), SANTOS et al. (2012) avaliaram os efeitos de oito culturas cultivadas por cinco
746 anos em SPD sobre os atributos químicos e a estabilidade dos agregados do solo. Os autores
747 concluíram que na camada de 0-10 cm, as espécies gramíneas foram mais eficientes em formar

748 agregados estáveis maiores que 2 mm de diâmetro se comparado às espécies leguminosas. Em
749 geral, as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade dos agregados do
750 solo por apresentarem um sistema radicular extenso, eficiente na exploração do solo e renovado
751 constantemente se comparado às leguminosas que têm um sistema radicular pivotante
752 (NASCIMENTO et al., 2005; LIMA FILHO et al., 2014).

753 Nessa mesma lógica, em um Chernossolo e em um Vertissolo dos pampas argentinos
754 sob SPD com seis sequências diferentes de cultivo, Novelli et al. (2016) avaliaram o acúmulo
755 de COT e a agregação do solo e verificaram que na camada superficial (0-5 cm) a agregação do
756 solo foi menor no tratamento com monocultura de soja e maior nos tratamentos que envolveram
757 rotações mais complexas (com gramíneas e leguminosas).

758 Sistemas agrícolas que favorecem a QS são aqueles que possibilitam que o sistema solo
759 se organize em macroagregados (estruturas complexas e diversificadas) em detrimento de
760 microagregados (estruturas menores e mais simples), e que essa condição é alcançada quando
761 se cultivam plantas constante, de preferência de espécies diferentes no espaço e no tempo, sem
762 o revolvimento do solo (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009).

763 Avaliando os efeitos de SPD, SPC, floresta secundária e pastagem (*Axonopus*
764 *compressus*) na agregação do solo, teor de MOS na água, COT e carbono mineralizável de um
765 Nitossolo Vermelho, em Marmeleiro PR, Brasil, Loss et al. (2014) encontraram menores
766 índices de agregação, índice de diâmetro médio e conteúdo de COT no SPC, quando comparado
767 ao SPD. Loss et al. (2015) também encontraram resultados semelhantes ao avaliar
768 características físicas dos agregados do solo depois de cinco anos de SPD com cebola em um
769 Cambissolo húmico. O uso de plantas de cobertura solteiras e consorciadas no SPD aumentou
770 a agregação do solo e o conteúdo de COT, em comparação com SPC.

771 O uso de do SPD, seja com plantas de cobertura, vegetação espontânea ou com cobertura
772 morta, favoreceu os maiores valores de MOL e a maior agregação no solo nas camadas de 0-5
773 e 5-10 cm de profundidade. Padrão contrário foi observado no SPC, que apresentou os menores
774 valores de MOL e de agregação nestas camadas, provavelmente correlacionados com
775 revolvimento do solo. Convém destacar que o SPC com adubação orgânica favoreceu o
776 aumento de MOL em comparação ao SPC com adubação química.

777 A manutenção da MOL é fundamental para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas,
778 uma vez que representa, em curto e médio prazo, alto potencial para ciclagem de nutrientes
779 (COMPTON & BOONE, 2002). Ao avaliar o efeito da *Gliricidia sepium* sobre a
780 disponibilidade dos nutrientes no solo, microclima e produtividade da cultura do milho em

781 sistema agroflorestal no agreste paraibano, Pérez Marin et al. (2006) verificaram que a MOL
782 foi melhor indicador do que o COT para detectar mudanças causadas pelo manejo da cobertura
783 vegetal.

784

785 6.2 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT), PARTICULADO (CO_p) E ASSOCIADO 786 AOS MINERAIS (CO_{am}).

787

788 Na camada de 0-5 cm, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram os maiores valores de
789 COT em comparação ao T4 e T5 (Tabela 3). Estes resultados demonstram que o uso do SPD,
790 com a adição de coberturas tanto verde quanto morta elevam os teores de COT nas camadas
791 mais superficiais. Resultados semelhantes foram encontrados por Lovato et al. (2004) e Tivet
792 et al. (2013), com maiores teores de COT no SPD em comparação ao SPC.

793 Para a camada de 5-10 cm, T2 e T3 apresentaram os maiores teores de COT, seguidos
794 de T1 e T4 e, por último, o T5. Os maiores valores de COT podem ser decorrentes do
795 revolvimento localizado do solo em T2 e T3. A diferença entre os dois tratamentos sob preparo
796 convencional (T4 e T5) se devem ao tipo de adubação, sendo o T4 com adubação orgânica e o
797 T5 com adubação química.

798 Observando os valores da Tabela 3, na camada superficial (0-5cm), os tratamentos sob
799 SPD possuem maior valor de CO_p do que os tratamentos que utilizam o SPC, com destaque
800 para o tratamento T3, que utiliza cobertura morta com casca de arroz ou capim elefante triturado
801 para cobrir o solo. T1 e T2 não diferem entre si e os tratamentos em SPC apresentaram os
802 menores valores de CO_p. Porém, assim como ocorreu para o COT, o CO_p foi maior no T4, o
803 que se deve ao uso da adubação orgânica em comparação ao T5, com adubação mineral. Estes
804 mesmos resultados também foram observados para o CO_{am} na camada de 0-5 cm, onde os
805 tratamentos em SPD apresentaram os maiores valores e, no SPC, T5 apresentou os menores
806 valores. Ou seja, o SPD também favorece o aumento dos teores de CO_{am}, visto que nessa fração
807 os tratamentos conservacionistas não diferem.

808 Na camada de 5-10 cm, T2, T3 e T4 não diferem para CO_p (Tabela 3). Merece destaque
809 que o T4, mesmo sendo manejado sob SPC, apresentou teores de CO_p equivalentes aos outros
810 tratamentos sob SPD. Isso se justifica pelo fato deste tratamento ser manejado com adubos
811 orgânicos, que também proporcionam incrementos de COT. Para o CO_{am}, nessa camada, os
812 maiores valores foram encontrados no T3, seguido do T2 que tem como cobertura a vegetação

813 espontânea. Novamente, o tratamento T5, sob SPC e com adubação química apresentou os
814 menores valores, diferindo do SPC com adubação orgânica (T4).

815 Na camada de 10-20cm, as diferenças foram menos pronunciadas entre os tratamentos,
816 tendo o T1 o valor mais baixo de todos para o COam e, T1 e T3, para o COp. Entretanto, é um
817 comportamento que também ocorreu para o COT (Tabela 3). E novamente se destaca o SPC
818 com adubação orgânica com maiores valores para COam em comparação ao SPC com adubação
819 química.

820

821

822 **Tabela 3** - Carbono orgânico total (COT), Carbono orgânico particulado (COp) e Carbono
823 orgânico associado aos minerais (COam), no perfil de solo submetido a diferentes sistemas de
824 manejo em Itajaí – SC.

Tratamentos	COT	COp	COam
	g.kg ⁻¹		
0-5cm			
T1	18,96 a	5,69 b	13,28 a
T2	19,77 a	5,93 b	13,84 a
T3	22,10 a	7,73 a	14,36 a
T4	14,89 b	2,23 c	11,16 b
T5	8,90 c	1,33 d	7,58 c
CV (%)	12,45	11,35	3,7
5-10 cm			
T1	13,13b	2,63 b	10,30 c
T2	16,97 a	3,05 a	13,91 b
T3	18,74 a	3,18 a	15,55 a
T4	13,90 b	3,19 a	10,70 c
T5	7,34 c	1,83 c	5,05 d
CV (%)	13,88	10,6	2,8
10-20 cm			
T1	6,30 b	0,76 b	5,54 c
T2	9,11 a	1,09 a	8,02 a
T3	8,78 a	0,88 b	7,90 a
T4	8,36 a	1,25 a	7,09 a
T5	7,89 b	1,27 a	6,77 b
CV(%)	12,77	7,5	3,6

825 Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos, para
826 TSFA, pelo teste de Scott-Knott a 5%. CV=Coeficiente de Variação. T1 – SPD c/ adubação verde; T2 – SPD
827 c/vegetação nativa; T3 – SPD c/ palhada; T4 – SPC c/ adubação orgânica; T5 – c/ adubação mineral. Fonte: Autor
828 (2018).

829 Semelhante ao que foi observado nesse estudo, Leite et al. (2003) apontam em seu
830 trabalho que os aportes de resíduos nos sistemas que receberam adubação orgânica são maiores
831 do que aqueles com adubação química, ou sem adubação. Este aumento nos teores de COT nos
832 sistemas que receberam adubação orgânica está relacionando ao maior aporte de resíduos
833 vegetais retornando ao solo (LEITE, 2002).

834 Em trabalho desenvolvido por Bayer et al. (2004) verificou-se que o manejo com SPD
835 promoveu aumento no estoque de COT em comparação ao SPC, assim como os maiores
836 aumentos no estoque de COT ocorreram nas camadas superficiais do solo. Os valores variaram
837 de 39% a 53% na camada de 0-2,5 cm no solo sob SPD com culturas outonais e estivais
838 anualmente, em comparação à mesma camada de solo em SPC apenas com culturas.

839 Gramíneas por serem plantas C4 contribuem para elevar e manter os aportes de C no
840 solo e seu sistema radicular também aporta grande quantidade de C. Barreto et al. (2008)
841 destacam que essas plantas podem contribuir pela maior estabilização do C pelo aumento na
842 fração humina. Isso pode ser uma explicação para a diferença do tratamento T3 para o T1, pois
843 em T3 há adição de cobertura com casca de arroz e capim elefante triturado, o que proporciona
844 maior disponibilização de C orgânico.

845 O uso do SPD favorece a formação e estoque da MOS ao longo dos anos, sendo que
846 essa é a principal fonte de carbono orgânico para o solo. No entanto, a MOS pode ser perdida
847 rapidamente quando o solo é submetido a sistemas de preparo com revolvimento intensivo, pois
848 isso eleva a temperatura superficial do solo e acaba por enterrar os restos de culturas anteriores,
849 aumentando seu contato com a biota do solo, acelerando sua mineralização (SILVA et al.,
850 1994).

851 Em experimento em um Cambissolo Húmico, em Ituporanga, SC, avaliaram-se os
852 efeitos do SPD de cebola, após cinco anos de implantação do experimento, com diferentes
853 plantas de cobertura consorciadas ou solteiras sobre o COT e a agregação do solo em
854 comparação a uma área em SPC de cebola e área de mata secundária (LOSS et al., 2015).
855 Concluiu-se que a utilização das plantas de cobertura (consorciadas ou solteiras) em SPD de
856 cebola aumentou o COT (0-5 cm), a agregação do solo e a quantidade de macroagregados em
857 comparação ao SPC de cebola. O maior teor de COT no SPD deve-se a manutenção da
858 fitomassa das plantas de cobertura na superfície do solo e a incorporação biológica de C via
859 sistema radicular.

860 De acordo com Boddey et al. (2010), que avaliaram os estoques de COT provenientes
861 de três experimentos com soja em rotação de culturas a longo prazo em Latossolos do sul do
862 Brasil sob SPD e SPC, aumentos significativos nos estoques de COT foram obtidos para os
863 solos manejados no SPD, e com o uso de leguminosas na rotação de culturas.

864 Em outro estudo envolvendo sistemas de rotação e sucessão de culturas com espécies
865 leguminosas e gramíneas, utilizadas como adubação verde e cobertura morta, Jantalia et al.
866 (2003) verificaram que os sistemas de rotação de culturas com espécies vegetais de famílias

867 diferentes em relação à sucessão trigo-soja, aumentaram os estoques de carbono e nitrogênio
868 no SPD em comparação ao SPC e, neste sistema, os efeitos das plantas de cobertura foram nulos
869 em relação ao aumento dos estoques de COT e NT. Em experimento com plantas de cobertura
870 conduzido por 18 anos com SPD e SPC, Costa et al. (2008) verificaram que a adição
871 diferenciada de resíduos vegetais ao solo afetou os estoques de COT na camada de 0-20 cm, os
872 quais variaram de 27,8 t ha⁻¹ no SPC com aveia/milho a 36,1 t ha⁻¹ no SPD com ervilhaca/milho.
873 Os autores destacaram o efeito da leguminosa que, pelo fornecimento de nitrogênio,
874 aumentaram a produção de fitomassa na área.

875 Os menores valores de COp na camada de 0-5 cm foram observados nos tratamentos
876 sob SPC (T4 e T5) (Tabela 3). Estes resultados corroboram com os menores valores de COT.
877 Devido ao manejo do solo adotado nestes tratamentos, caracterizado pela utilização de arado e
878 enxada rotativa, tem-se a ruptura e posterior fragmentação dos agregados. Deste modo, expõe-
879 se a MOS que estava protegida no interior dos agregados à decomposição microbiana (LOSS
880 et al., 2014). Isto acarreta na diminuição do COp, o que confirma que o manejo no SPC do solo
881 desfavorece a agregação do solo e aumenta a taxa de decomposição da MOS, causando a
882 diminuição dos teores de COp e COam em comparação aos tratamentos com SPD.

883 Os menores valores de COp no T2 são decorrentes dos menores aportes de resíduos vegetais
884 provenientes das plantas espontâneas, que apesar de serem mais rústicas são menos eficientes em
885 acumular massa seca se comparadas as plantas de cobertura utilizadas ou mesmo a própria casca de
886 arroz ou palhada de capim elefante em T3 (MAIA & OLIVEIRA, 2015). Duval et al. (2016)
887 avaliaram o efeito da combinação dos resíduos vegetais de leguminosas e gramíneas
888 depositados na superfície do solo sobre a fração COp e encontraram uma relação C/N em torno
889 de 20, o que proporcionou mineralização mais lenta pelos microrganismos, e elevou os teores
890 de COp no solo. Lima et al. (2016) constataram aumento nos teores de COp e COam na camada
891 0-30 cm de solos manejados sob SPD e Preparo mínimo em comparação ao SPC, e atribuíram
892 esse fato a adição da palhada e rizodeposição das plantas de cobertura, assim como
893 mineralização mais lenta dos resíduos devido ao menor revolvimento do solo.

894

895 6.3 MACRONUTRIENTES

896 6.3.1 Fósforo (P) e Potássio (K)

897 As concentrações tanto de P quanto de K disponíveis foram menores no tratamento T5
898 quando comparado com os demais tratamentos. Já no T2, em geral, ambos os elementos apresentam
899 as maiores concentrações em todas as camadas (Tabela 4).

900

901 **Tabela 4** - Teores de Fósforo (P) e Potássio (K), no perfil de solo submetido a diferentes
 902 manejos e adubações em Itajaí – SC.

Camada/ Tratamentos	P mg kg ⁻¹					CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	
0-5	635,84 A	685,08 A	626,79 A	598,89 B	170,07 C	14,36
5-10	476,78 B	671,70 A	509,08 B	583,22 B	136,25 C	10,25
10-20	163,39 B	281,10 A	230,84 A	261,04 A	71,66 C	9,36
CV (%)	12,36	15,20	7,3	14,93	8,23	

	K cmolc kg ⁻¹					CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	
0-5	1,85 B	2,17 A	2,13 A	2,32 A	0,85 C	15,4
5-10	1,59 A	1,98 A	1,95 A	1,75 A	0,60 B	9,36
10-20	1,32 B	1,52 B	1,90 A	1,40 B	0,40 C	7,5
CV (%)	17,36	14,20	10,26	12,10	8,41	

903 P=Fósforo (mg.kg⁻¹). K=Potássio (cmolc.dm⁻³). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não diferem
 904 entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. T1 – SPD c/ adubação verde; T2 – SPD c/vegetação nativa; T3 – SPD c/
 905 palhada; T4 – SPC c/ adubação orgânica; T5 – c/ adubação mineral. Fonte: Autor (2018).

906

907 Cabe destacar que os valores de P e K do T4 foram semelhantes e em algumas
 908 profundidades, superiores aos de SPD, principalmente em relação ao T1. Nota-se que os teores
 909 do tratamento T3 é semelhante aos do T2, porém com uma tendência de maior concentração de
 910 K em profundidade.

911 Verifica-se que quanto maior o teor de carbono orgânico, maior a concentração de
 912 fósforo disponível. Um incremento elevado de COT (Tabela 3) também reflete em um aumento
 913 proporcional de P disponível. Embora os valores de fósforo disponível obtidos por meio da
 914 extração com Mehlich-I sejam do fósforo inorgânico. Os resultados encontrados no
 915 experimento ratificam o que expõem Lopes et al. (2005), que verificaram que o comportamento
 916 do fósforo no SPD difere do SPC pelo revolvimento localizado, que reduz o contato dos
 917 coloides organo-minerais e os íons fosfatos, diminuindo as reações de adsorção, como também
 918 a mineralização lenta e gradual da matéria orgânica proporcionando a formação de P-orgânicos
 919 menos suscetíveis às reações de adsorção.

920 Após a implantação do SPD, Sousa e Lobato (2000) destacam que devido a aplicação
 921 de fertilizantes fosfatados em sulco ou a lanço, com o passar do tempo ocorre acúmulo de
 922 fósforo superficial, principalmente nos primeiros 10cm, fruto da reciclagem dos resíduos
 923 vegetais deixados na superfície e da menor fixação de fósforo propiciada pelo menor contato
 924 desse nutriente com os constituintes inorgânicos passíveis de alta complexação.

925 Com a adoção de sistemas de manejo que proporcionem aumento do COT e
 926 consequentemente suas frações, Pereira et al. (2010) afirmam que essa característica pode

927 promover a redução na adsorção de fósforo por conta da formação de complexos na
 928 superfície dos óxidos de ferro e de alumínio, favorecendo o aumento nos teores de P
 929 remanescente.

930 A adição de esterco bovino e de calcário proporciona aumentos significativos dos
 931 valores de P-remanescente, como observado por Souza et al. (2006), o que pode ser atribuído
 932 ao poder do solo adsorver ácidos orgânicos com grande energia, competindo com sítios de
 933 adsorção de P e aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas. A matéria
 934 orgânica também pode originar ligantes orgânicos que são liberados durante o processo de
 935 mineralização, que podem formar complexos com Al ou complexos solúveis com o P da
 936 solução do solo, evitando que o mesmo seja adsorvido.

937 De modo análogo, analisando a relação dos valores de K (Tabela 4) com o teor de COT
 938 (Tabela 3), nota-se que, de maneira geral, quanto maior a concentração de COT, maior a
 939 concentração de K disponível. A única exceção é para o T5, assim como foi para o P.

940 O SPD e a adubação orgânica proporcionaram um aumento do COT, e também um
 941 aumento da Capacidade de Troca de Cátions (CTC), o que se reflete nos teores de potássio
 942 disponível no solo. Deste modo, este sistema tem o benefício de manter o K disponível por
 943 meio da reciclagem do nutriente via plantas de cobertura do solo, bem como reduzir perdas por
 944 lixiviação – devido a menor concentração na solução do solo causada pelo aumento da CTC
 945 (OLIVEIRA, 2001).

946

947 6.3.2 Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

948 Os valores de cálcio na primeira camada de solo (0-5 cm) foram elevados, exceto para
 949 o T5. Estes resultados mostram que os tratamentos T1, T2, T3 e T4 apresentam teores muito
 950 alto de Ca, acima de 8 cmolc.kg^{-1} , e segundo a recomendação do manual de adubação e calagem
 951 do RS e SC (CQFS-RS/SC, 2016), valores acima de 4 cmolc.kg^{-1} são considerados alto.
 952 Entretanto, no T5, esse valor já é considerado médio, $3,4 \text{ cmolc.kg}^{-1}$, o que representou a metade
 953 do apresentado nos demais tratamentos (Tabela 5).

954

955 **Tabela 5** - Teores de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), no perfil de solo submetido a diferentes
 956 manejos e adubações em Itajaí – SC.

Camada/ Tratamentos	Ca cmolc.kg ⁻¹					CV (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	
0-5	9,30 A	9,88 A	9,96 A	8,29 A	3,40 B	14,26
5-10	19,2 B	23,7 A	19,2 B	18,7 B	9,0 B	14,12
10-20	10,3 B	14,4 A	9,9 B	7,4 C	2,5 D	10,3

	Mg cmolc.kg ⁻¹					
0-5	4,25 A	4,46 A	4,63 A	3,99 A	1,79 B	15,62
5-10	3,12 A	3,39 A	3,13 A	3,04 A	1,28 B	10,26
10-20	2,21 B	2,92 A	2,66 A	3,08 A	1,60 C	11,23

957 Ca=Cálcio (cmolc.kg⁻¹). Mg=Magnésio (cmolc.kg⁻¹). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, não
 958 diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%. T1 – SPD c/ adubação verde; T2 – SPD c/vegetação nativa; T3 – SPD
 959 c/ palhada; T4 – SPC c/ adubação orgânica; T5 – c/ adubação mineral. Fonte: Autor (2018).
 960

961 Essa diferença pode ser explicada pela menor quantidade de matéria orgânica no
 962 tratamento T5, uma vez que o Ca tem afinidade com a mesma, e tende a formar complexos de
 963 esfera externa com a MO. O incremento de MO se dá pela adição de compostos orgânicos, que
 964 acontece em quase todos os tratamentos, exceto em T5. Ao encontro dos resultados obtidos,
 965 Almeida et al. (2005), observaram aumento de Ca em sistemas de semeadura direta com rotação
 966 de culturas, comparado ao sistema convencional. Já os teores de Magnésio (Mg), se mostraram
 967 relativamente equilibrados nos tratamentos, com ligeira alta nos tratamentos com práticas
 968 conservacionistas.

969 Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Silveira et al. (2000), que constataram
 970 maior presença de Ca e Mg na camada de 0-5cm do solo, devido à afinidade desses elementos
 971 pelas cargas negativas presentes na MO, favorecendo a sua manutenção nessa camada. Além
 972 disso, vem-se observando que a cobertura do solo, quando decomposta, tendem a favorecer com
 973 que haja a mobilização de elementos carregados positivamente e disponibilidade para cultivos
 974 subsequentes (MERLIN et. al. 2009).

975 A adubação orgânica na produção do repolho fornece nutrientes necessários para o
 976 desenvolvimento ideal da planta, favorecendo, também, compostos químicos, físicos e
 977 biológicos do solo. Uma das grandes vantagens da utilização de esterco e outros compostos
 978 orgânicos comparados aos adubos industriais é que, ao serem aplicados ao solo, parte desses
 979 tem efeito imediato e a maior parte tem efeito residual, ocorrendo um processo mais lento de
 980 decomposição (ANDRADE, 2019). É possível verificar na Tabela 5 que o T4, mesmo tendo
 981 um manejo convencional, por receber adubação orgânica, possui índices maiores do que
 982 comparado com o T5, com adubação química.

983 Em um trabalho feito por Oliveira (2001), identificou-se que a adubação suplementar
 984 em cobertura com “cama” de aviário promoveu aumento significativo, diretamente
 985 proporcional às doses empregadas, na produção de massa fresca da parte aérea, no peso médio
 986 da “cabeça” do repolho, na produtividade, no diâmetro vertical e horizontal, nos teores de N, P,
 987 K, Ca e Mg do solo, além de promover o encurtamento do ciclo do repolho, que também foi

988 proporcional às doses empregadas. Isso reforça o fato dos teores de Ca e Mg em T4 serem
989 maiores do que em T5, pois o mesmo recebeu adubação orgânica, e isso leva uma liberação
990 mais gradativa dos nutrientes.

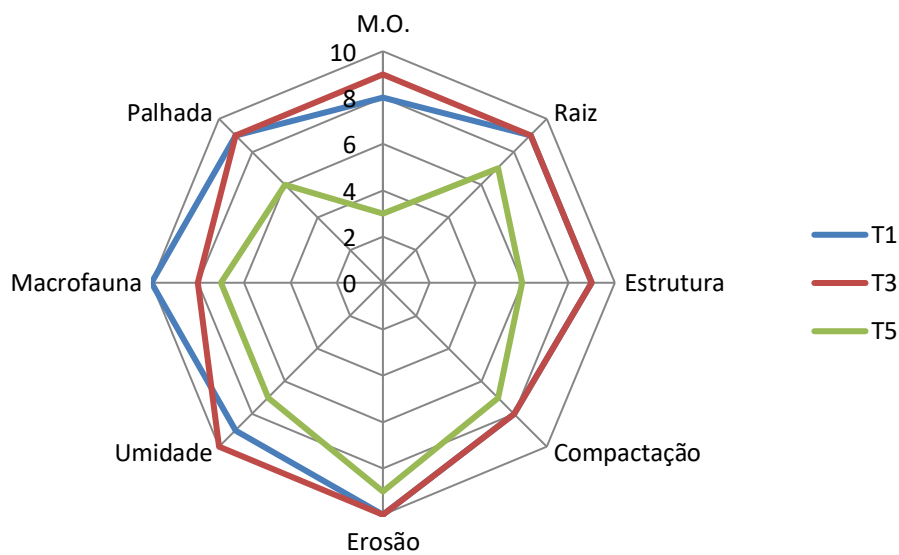
991 Sabendo que a adubação orgânica, além de proporcionar melhorias das características
992 do solo (física, química e biológica), os adubos orgânicos contribuem com o aumento da
993 produção de biomassa seca e maior desenvolvimento de plantas, também contribuem com a
994 diminuição dos custos de produção, já que esta fonte de nutrientes é encontrada na maioria das
995 propriedades rurais (VEZZANI et al., 2008).

996

997 **7 AVALIAÇÃO QUALITATIVA PARTICIPATIVA**

998

999 Na avaliação da qualidade do solo com indicadores qualitativos verificou-se que os
1000 tratamentos T1 e T3 (SPD) obtiveram os melhores resultados em todos os indicadores avaliados
1001 em comparação ao T5 (SPC). Os tratamentos sob SPD receberam notas para os indicadores que
1002 variaram de 8 a 10. O tratamento sob SPC apresentou nota 3,0 para o indicador MO, que se
1003 situa abaixo do mínimo aceitável, e notas 6,0, pouco acima do mínimo aceitável, para os
1004 indicadores estrutura e palhada (Figura 2). Para os demais indicadores no SPC as notas foram
1005 9 para enraizamento, 7 para compactação, 9 para erosão, 7 para umidade e 7 para macrofauna.
1006 Em condições de campo, a semelhança entre os tratamentos T1, T2 e T3, principalmente para
1007 os indicadores qualitativos MO e estrutura do solo foi considerada para optar por fazer a
1008 avaliação da QS apenas em T1 e T3, fato que foi confirmado por meio dos indicadores
1009 quantitativos MOL, COT, proporção de macroagregados, COam, Ca, Mg e P na camada
1010 superficial do solo, demonstrando correspondência entre as avaliações com indicadores
1011 qualitativos e quantitativos.



1012

1013 **Figura 2 - Avaliação participativa da qualidade do solo.**

1014

1015

1016

1017

1018

1019

1020

1021

1022

1023

1024

1025

1026

1027

1028

1029

1030

1031

1032

1033

1034

Importante ressaltar que os dados quantitativos avaliados neste estudo mostraram a mesma tendência da avaliação qualitativa, pois ambas apontam que os tratamentos em SPD sobressaíram-se em relação aos com SPC. Resultados semelhantes foram os obtidos por Valani et al. (2020) que demonstram que o método de avaliação da Qualidade do Solo proposto por Comin et al. (2016) possui precisão semelhante àquela dos indicadores quantitativos do método laboratorial SMAF (Procedimento para Avaliação do Manejo do Solo, sigla em inglês - ANDREWS et al., 2004), que utiliza um conjunto mínimo de indicadores quantitativos de Qualidade do Solo (carbono orgânico total, carbono da biomassa microbiana, estabilidade de macroagregados, densidade do solo, pH e teor de fósforo). As avaliações foram efetuadas entre sistemas de preparo convencional, plantio direto, orgânico, agroflorestais e vegetações nativas em Cambissolos na região Leste do Estado do Paraná. Os resultados do Guia prático permitiu diferenciar mais amplamente os sistemas de manejo que a outra metodologia qualitativa testada e apresentou maior força de correlação com o SMAF, especialmente em solos argilosos e franco-argilosos. Assim, os resultados evidenciaram a acurácia dos métodos de avaliação da Qualidade do Solo em campo. Portanto, é um método adequado para distinguir a QS em áreas sob distintos sistemas de uso do solo.

Em avaliação realizada por Couto et al. (2017) da qualidade do solo no município de Águas Mornas, situado na Grande Florianópolis, sob um Cambissolo Háplico, em uma lavoura de tomate manejada em SPC e outra de cana de açúcar, manejada segundo os princípios e eixos do SPD, os participantes da avaliação levantaram e utilizaram oito indicadores da QS, (1)

1035 cobertura do solo; (2) matéria orgânica; (3) estrutura; (4) compactação; (5) enraizamento; (6)
1036 macrofauna; (7) umidade e (8) erosão. A lavoura de tomate em SPC não apresentou nenhum
1037 dos indicadores de QS acima da nota 5, o que demonstra valores abaixo do mínimo aceitável.
1038 Por outro lado, a lavoura de cana de açúcar conduzida sob SPD apresentou todos os valores dos
1039 indicadores de qualidade do solo mais próximos ao lado externo do gráfico, condição que
1040 demonstra um sistema mais próximo do ideal.

1041 Usando os indicadores qualitativos: atividade biológica do solo; compactação e
1042 infiltração; cor, odor e teor de matéria orgânica; volume e qualidade de biomassa forrageira;
1043 diversidade vegetal; e estrutura do solo, seguindo a mesma metodologia proposta por Comin et
1044 al. (2016), Bourshcheid et al. (2015) aplicaram essa avaliação para identificar a sustentabilidade
1045 de pastagens manejadas sob o Pastoreio Racional Voisin com e sem Árvores (PRVCA e
1046 PRVSA, respectivamente), e o PRVCA apresentou melhores índices.

1047 Schmitz et al. (2018) afirmam que o método do perfil cultural do solo foi eficiente na
1048 identificação de problemas físicos em solos de vinhedos e é uma ferramenta acessível e de baixo
1049 custo para os produtores, permitindo que os mesmos identifiquem os efeitos de práticas
1050 inadequadas para a manutenção da qualidade estrutural do solo em vinhedos.

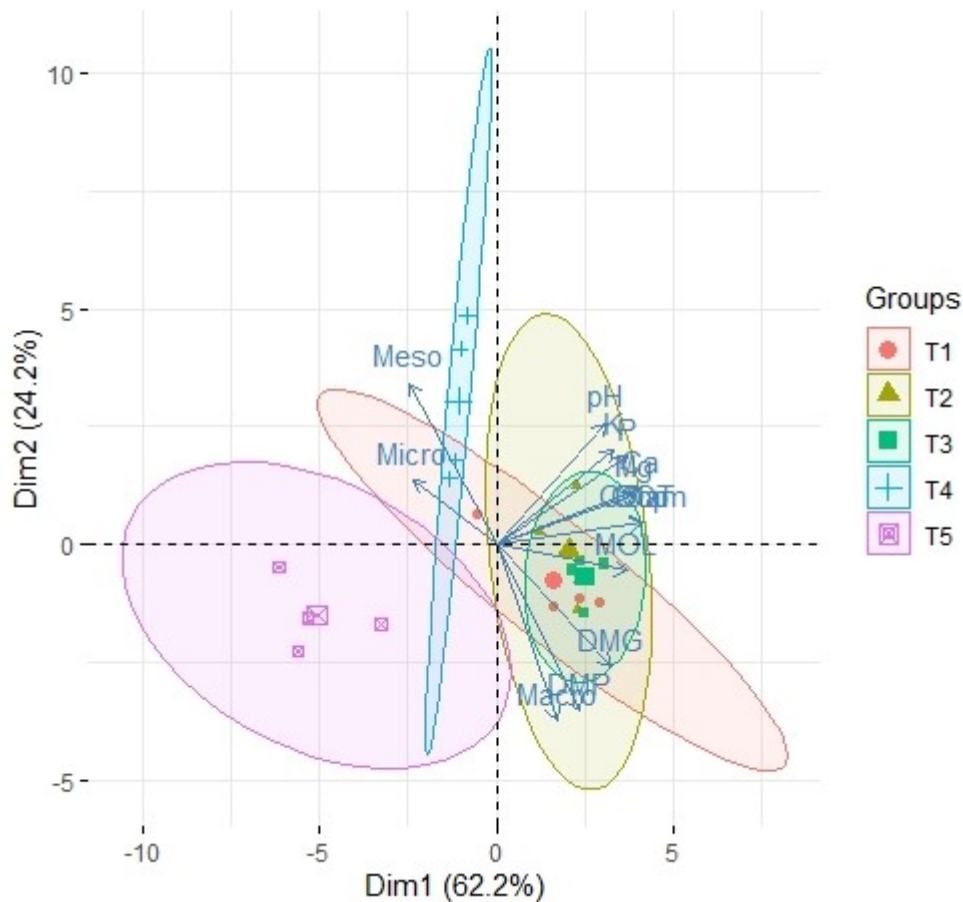
1051 Em um estudo feito por Karlen et al (1994), os autores demonstram que a adoção de
1052 práticas de plantio direto pode melhorar várias características biológicas, químicas e físicas de
1053 solo. Essas melhorias presumivelmente permitem ao solo resistir à degradação através da água
1054 e erosão eólica, aceitar e reter mais água e apoiar a produção agrícola em níveis comparáveis
1055 aos alcançados pelo uso de arado de aiveca ou de cinzel como práticas primárias de lavoura.

1056

1057 **8 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS**

1058

1059 Com base nos resultados obtidos pela técnica dos componentes principais, Dim1 e
1060 Dim2 foram capazes de explicar 86% das variâncias, em que o componente 1 foi responsável
1061 por 62,2% e o componente 2 por 24,2%.



1062

1063 **Figura 3** - Biplot dos indicadores quantitativos, pH, COT (Carbono Orgânico Total), COp
 1064 (Carbono Orgânico Particulado), COam,(Carbono Orgânico Associado aos Minerais), MOL
 1065 (Matéria Orgânica Leve), DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (Diâmetro Médio
 1066 Geométrico), MACRO (Macroagregados), MESO (Mesoagregados), MICRO
 1067 (Microagregados), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), nos diferentes
 1068 tratamentos em Itajaí – SC.

1069

1070 De acordo com a Figura 3, no primeiro componente principal (Dim1) destacaram-se
 1071 as variáveis relacionadas à matéria orgânica (MOL, COT, COp e COam) e no segundo
 1072 componente (Dim2) a distribuição das classes de agregados. As variáveis relacionadas à matéria
 1073 orgânica apresentaram contribuições importantes para Dim1, devido ao fato de serem os
 1074 maiores vetores e estarem bem próximos o eixo do primeiro componente.

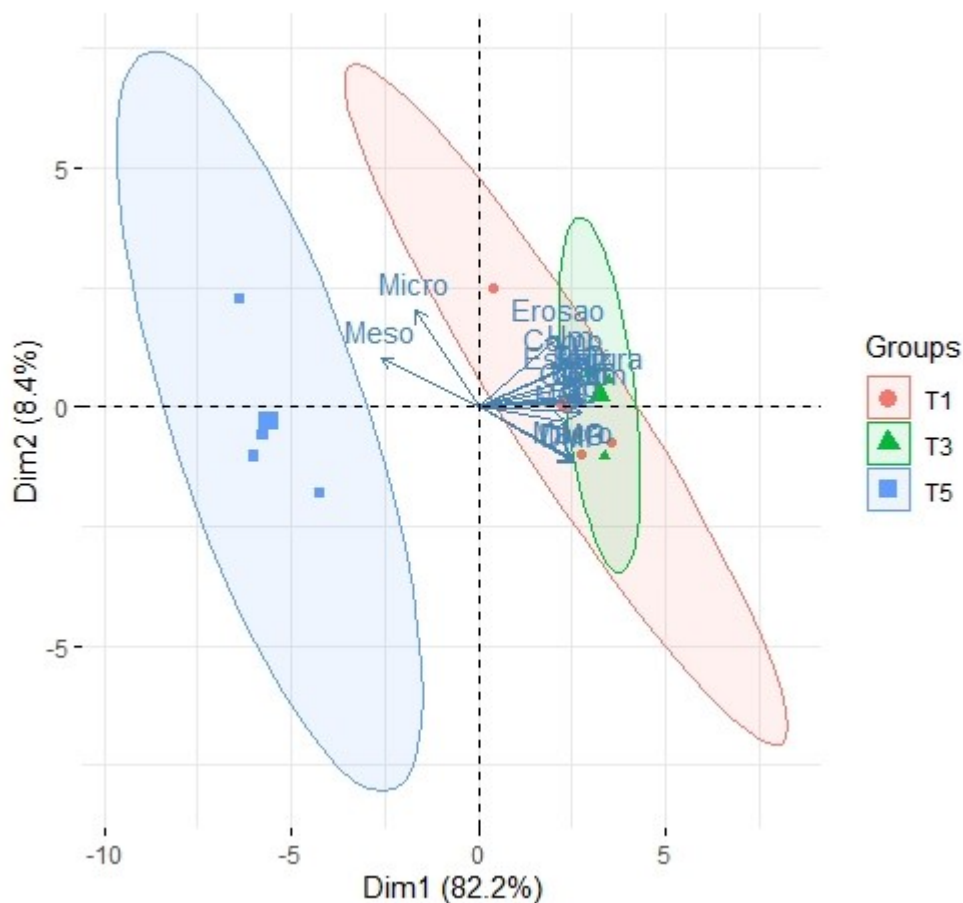
1075

1076 Por meio do diagrama de ordenação construído por meio da análise de componentes
 1077 principais (ACP), é possível verificar a formação de cinco grupos, que representam os
 1078 tratamentos, sendo T1, T2 e T3 os tratamentos sob SPD (com plantas de cobertura, com
 1079 vegetação espontânea e cobertura morta, respectivamente) e T4 e T5 sob SPC (com adubação
 orgânica e adubação mineral, respectivamente). É interessante observar a disposição dos

1080 grupos, sendo que os tratamentos sob SPD estão em sobreposição, e o T5 (SPC + adubação
 1081 mineral) está em oposição. Assim como na situação deste estudo, o SPD com cobertura morta
 1082 (T3) e SPD com vegetação nativa (T2) proporcionaram maiores respostas frente aos indicadores
 1083 avaliados. Outro fator importante a observar é o T4 (SPC + adubação orgânica) que se apresenta
 1084 sobreposto aos tratamentos T1 e T5, sendo uma situação intermediária frente aos manejos.

1085 Hongy et al. (2015) em sua análise de CP descartaram cinco das sete variáveis que
 1086 estavam analisando, pois estas apresentaram baixa variabilidade ou foram redundantes por
 1087 estarem correlacionadas com as de maior importância para dois componentes principais. Assim,
 1088 um menor número de variáveis foi necessário para explicar a variação total, resultando em
 1089 economia de tempo e de recursos em trabalhos futuros que utilizarão essa mesma base de dados.

1090 O componente principal 1 (Dim1) (Figura 4), que somado ao componente principal 2
 1091 (Dim2) (Figura 4) explicou 90,6% da variabilidade acumulada, sendo só para o componente 1,
 1092 uma variabilidade de mais de 82%. Para os demais componentes houve pouca influência na
 1093 variabilidade explicada, com menos 2,7% para o componente 3 e os demais ficaram abaixo
 1094 dessa porcentagem.



1095

1096 **Figura 4** - Biplot entre os indicadores quantitativos e qualitativos da qualidade do solo, nos
 1097 diferentes tratamentos em Itajaí – SC, sendo os quantitativos: pH, COT (Carbono Orgânico
 1098 Total), COp (Carbono Orgânico Particulado), COam,(Carbono Orgânico Associado aos
 1099 Minerais), MOL (Matéria Orgânica Leve), DMP (diâmetro médio ponderado), DMG (Diâmetro
 1100 Médio Geométrico), MACRO (Macroagregados), MESO (Mesoagregados), MICRO
 1101 (Microagregados), P (Fósforo), K (Potássio), Ca (Cálcio) e Mg (Magnésio), e os qualitativos:
 1102 MO (Matéria Orgânica), UM (Umidade), COMP (Compactação), MACROF (Macrofauna),
 1103 Estrutura, Raiz, Erosão e Palha (Palhada).
 1104

1105 Por meio do diagrama de ordenação construído por meio da análise de componentes
 1106 principais (ACP), é possível verificar a formação de três grupos, sendo um relacionado ao SPD
 1107 com plantas de cobertura (T1), outro SPD com palhada (T3) e o SPC com adubação mineral. É
 1108 interessante observar a disposição dos grupos formados, sendo verificado que os tratamentos
 1109 em SPD estão em sobreposição, e o SPC está em oposição. Assim como na situação deste
 1110 estudo, o SPD com palhada (T3) proporcionou maior resposta frente aos indicadores avaliados,
 1111 tanto para indicadores quantitativos como para qualitativos.

1112 Esse padrão indica o efeito negativo do SPC sobre os indicadores de qualidade do solo,
 1113 sejam eles quantitativos como qualitativos, e as variáveis que estão separando o tratamento em
 1114 SPC dos demais são os meso e microagregados, presentes em maior proporção no SPC (Tabela
 1115 2), pois os macroagregados deste tratamento apresentam baixa estabilidade física em água
 1116 (Tabela 3). Em contrapartida, no SPD as plantas de cobertura e a cobertura morta, ou seja,
 1117 cobertura do solo seja ela viva ou morta, favorecem os processos químicos, físicos e biológicos,
 1118 que acarretam na formação e estabilização dos agregados do solo, com ênfase na
 1119 macroagregação (Tabela 2). Dessa forma, têm-se maiores índices de DMP e DMG (Tabela 2).

1120 Em estudo sobre a dinâmica da formação e estabilização dos agregados, Tivet et al.
 1121 (2013) ilustraram as perdas de C nos agregados após a conversão de áreas de floresta nativa
 1122 para áreas de SPC, em que demonstraram que o SPC interrompeu a formação de novos
 1123 agregados do solo por meio da dispersão das partículas de argila e silte + microagregados de
 1124 argila; posteriormente, com a substituição do SPC pelo SPD, ocorreu a formação de novos
 1125 agregados e a redistribuição do C entre esses agregados por meio da entrada de diversos
 1126 resíduos vegetais. Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo para
 1127 COT e suas frações granulométricas, principalmente na camada de 0-5 cm, e a distribuição dos
 1128 agregados em macro, meso e microagregados, além dos demais indicadores, inclusive, os
 1129 qualitativos.

1130

1131 **9 CONCLUSÃO**

1132 Os indicadores quantitativos DMP, DMG, distribuição de macroagregados, MOL, COT,
1133 COp, Coa, P, Ca e Mg nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, em geral, demonstram que o sistema de
1134 plantio direto melhora os atributos físicos e químicos do solo em relação ao sistema de preparo
1135 convencional.

1136 Os indicadores quantitativos MOL, COT, COp, Coam, K, Ca e Mg, nas três camadas
1137 avaliadas, em geral, demonstram que o sistema de preparo convencional com adubação
1138 orgânica é menos prejudicial que o sistema de preparo convencional com adubação química.

1139 Os indicadores qualitativos e quantitativos são igualmente eficientes para avaliar a
1140 qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo do solo com diferentes fontes de adubação
1141 cultivados com hortaliças.

1142

1143 **10 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1144 Como visto no presente trabalho, as avaliações da qualidade do solo são importantes para
1145 prosseguir com ações e tomadas de decisões dos agricultores familiares frente aos desafios da
1146 agricultura. Elas podem ser realizadas tanto por meio de indicadores qualitativos como
1147 quantitativos.

1148 Entretanto, o uso de indicadores quantitativos requer a coleta de amostras de solo por
1149 estudantes e/ou profissionais capacitados, disponibilidade de estruturas laboratoriais, demanda
1150 tempo para se obter os resultados, envolve certa complexidade para gerar e interpretar os dados
1151 e os custos podem ser elevados, o que exclui a maioria dos agricultores, que são os mais
1152 interessados na avaliação.

1153 Por isso, ferramentas de avaliação participativa com base em indicadores qualitativos
1154 têm grande potencial para essa tarefa, pois permitem obter respostas rápidas e confiáveis, e com
1155 baixo custo. A avaliação exposta no presente trabalho, através da avaliação participativa,
1156 permite a escolha dos indicadores que serão usados para avaliar a qualidade do solo e, assim,
1157 atende os anseios dos agricultores.

1158 A abordagem apresentada no presente trabalho auxilia o interessado em relação à
1159 tomada de decisões sobre o manejo do solo para promover a sua qualidade. Ela envolve troca
1160 de conhecimentos e experiências dos envolvidos na avaliação e permite diagnosticar com
1161 antecedência processos que degradam o solo, preveni-los e recuperá-los.

1162

1163

1164 **11 REFERÊNCIAS**

- 1165 ADEYOLANU, O. D., & OGUNKUNLE, A. O. Comparison of qualitative and quantitative
1166 approaches to soil quality assessment for agricultural purposes in South-western Nigeria.
1167 Cogent Food & Agriculture, 2(1), 1149914. 2016.
- 1168 ALMEIDA, J.M.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J. & ZOLDAN JR., W.A.
1169 Propriedades químicas de um cambissolo húmico sob preparo convencional e semeadura direta
1170 após seis anos de cultivo. R. Bras. Ci. Solo, 29:437- 445, 2005.
- 1171 ALTIERI, M A. Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus*
1172 *persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. Agriculture, ecosystems
1173 & environment, v. 52, n. 2-3, p. 187-196, 1995.
- 1174 ALTIERI, M A. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in
1175 marginal environments. Agriculture, ecosystems & environment, v. 93, n. 1-3, p. 1-24, 2002.
- 1176 ALTIERI, M A.; Funes-Monzote, F R.; P, Paulo. Agroecologically efficient agricultural
1177 systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. Agronomy for Sustainable
1178 Development, v. 32, n. 1, p. 1-13, 2011.
- 1179 ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de
1180 la sostenibilidad de cafetales. 2002.
- 1181 ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de
1182 la sostenibilidad de cafetales. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica, 64:17-
1183 24, p. 19 e 24, 2002.
- 1184 ALVARENGA, R. C.; CABEZAS, W. A. L.; CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P. Plantas de
1185 cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 22, n.
1186 208, p. 25-36, 2001.
- 1187 AMARO, G.B., SILVA, D.M. DA, MARINHO, A.G., NASCIMENTO, W.M. Recomendações
1188 técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. Embrapa Hortaliças, Circular
1189 Técnica, 47, Brasília, DF, 2007.
- 1190 AMEZKETA, E. Soil aggregate stability: A review. J. Sustain. Agric. 14:83–151. 1999
- 1191 AMEZKETA, E. Soil aggregate stability: a review. Journal of sustainable agriculture, v. 14, n.
1192 2-3, p. 83-151, 1999.
- 1193 ANDERSON, JONATHAN MICHAEL, AND J. S. I. INGRAM, eds. Tropical soil biology and
1194 fertility. Wallingford: CAB international, 1989.
- 1195 ANDRADE, W. F. Produção de mudas de repolho (*Brassica oleracea*) em diferentes substratos
1196 orgânicos. 2019
- 1197 ANDREWS, S. S., & CARROLL, C. R. Designing a soil quality assessment tool for sustainable
1198 agroecosystem management: Soil quality assessment of a poultry litter management case study.
1199 Ecological. Applications, 11, 1573–1585. 2011

- 1200 ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management
1201 assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Science Society of*
1202 *American Journal*, v. 68, p. 1945-1962, 2004.
- 1203 ANDREWS, S.S.; MITCHELL J P.; MANCINELLI, R.; KARLEN, D. L.; HARTZ, T K.;
1204 HORWATH, W R.; PETTYGROVE, G. S; SCOW, K M.; MUNK, D S. Avaliação da qualidade
1205 do solo na fazenda no Vale Central da Califórnia. Published in *Agron. J.* 94:12–23 (2002).2002.
- 1206 ARSHAD, M. A., & MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-
1207 ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 153-160. 2002
- 1208 ARSHAD, M; AKBAR, G. Benchmark of plant communities of Cholistan desert. *Pak. J. Biol.*
1209 *Sci*, v. 5, p. 1110-1113, 2002.
- 1210 ASTERAKI, E. J., HART, B. J., INGS, T. C., & MANLEY, W. J. Factors influencing the plant
1211 and invertebrate diversity of arable field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment*,
1212 102(2), 219-231. 2004
- 1213 BARRERA-BASSOLS, N., & ZINCK, J. A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil
1214 knowledge of local people. *Geoderma*, 111(3-4), 171-195, 2003.
- 1215 BARRETO, A. C.; FREIRE, M. B. G. S.; NACIF, P. G. S.; ARAUJO, Q. R.; FREIRE, F. J.;
1216 INACIO, E. S. B. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de
1217 mata submetido a diferentes usos. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1471-1478, 2008.
- 1218 BARRIOS, E., DELVE, R. J., BEKUNDA, M., MOWO, J., AGUNDA, J., RAMISCH, J.,
1219 TREJO, M.T., THOMAS, R.J. Indicators of soil quality: A south–south development of a
1220 methodological guide for linking local and technical knowledge. *Geoderma*, 135, 248–259.
1221 2006
- 1222 BARROS, J.D.S., CHAVES, L.H.G., CHAVES, I.B., FARIAS, C.H.A., PEREIRA, W.E.
1223 Estoque de carbono e nitrogênio em sistemas de manejo do solo, nos tabuleiros costeiros
1224 paraibanos. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 26, n. 1, p. 35-42, jan.-mar., 2013.
- 1225 BATEY, T., BALL, B.C. The Peerlkamp method, In: “Visual Soil Examination and
1226 Evaluation”, short report on FIELD MEETING “VISUAL SOIL structure assessment”, Held
1227 at the INRA Research Station, Estre´es-Mons, France, May 25–27, unpublished. 2005.
- 1228 BATISTA, M. A.V., ALVES VIEIRA, L., PEREIRA DE SOUZA, J., BATISTA DE
1229 FREITAS, J. D., BEZERRA NETO, F. Efeito de diferentes fontes de adubação sobre a
1230 produção de alface no município de Iguatu-CE. *Revista Caatinga*, 25(3). 2012.
- 1231 BAYER, C., MARTIN-NETO, L., MIELNICZUK, J., PAVINATO, A. Armazenamento de
1232 carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto.
1233 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(7), 677-683. 2004.
- 1234 BAYER, C.E.; MIELNICZUK, J. DINÂMICA E FUNÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA. In:
1235 SANTOS, G. A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds) *Fundamentos*
1236 *da Matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre. *Metrópole*, p.
1237 7-18. 2008.

- 1238 BERAZNEVA, J.; MCBRIDE, L.; SHEAHAN, M.; GÜEREÑA, D. Empirical assessment of
1239 subjective and objective soil fertility metrics in east Africa: Implications for researchers and
1240 policy makers. *World Development*, 105, 367-382, 2018.
- 1241 BLANCO-CANQUI, H., & LAL, R. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates.
1242 *Crit. Rev. Plant Sci.* 23:481–504. 2004
- 1243 BODDEY, R, ZATORRE, N. P., FRANCHINI, J., ALVES, B. Influência do manejo do solo
1244 no estoque de carbono do solo. In Embrapa Soja-Artigo em anais de congress. In: Reunião
1245 brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 29.; Reunião brasileira sobre micorrizas,
1246 13.; Simpósio brasileiro de microbiologia do solo, 11.; Reunião brasileira de biologia do solo,
1247 8., 2010, Guarapari. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: anais.
1248 Viçosa: SBCS, 2010. 4 p. Trab. 821. FERTBIO 2010
- 1249 BORGES, J. A, PIRES, L. F., ROSA, J. A., COOPER, M., HECK, R. J., PASSONI, S.,
1250 ROQUE, W. Soil structure changes induced by tillage systems. *Soil and Tillage Research*,
1251 165, 66-79. 2017
- 1252 BOUROCHE, J. M.& SAPORTA, G. Análise de dados. Rio de Janeiro: Zahar, 1982.
- 1253 BOURSCHEID, C. A., LOSS, A., COMIN, J. J. Avaliação da arborização de pastagens sob
1254 Pastoreio Racional Voisin por meio de indicadores qualitativos de qualidade do solo. In V
1255 Congresso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA. 2015
- 1256 BRANDT, K. & MOLGAARD, J. P. Organic agriculture: does it enhance or reduce the
1257 nutritional value of plant foods?. *J. Sci. Food Agric.*, 81: 924–931. 2001.
- 1258 BRUCE JP, FROME M, HAITES E, JANZEN H, LAL R, PAUSTIAN K. Carbon sequestration
1259 in soils. *J Soil Water Conserv* 54:382–389, 1999
- 1260 BUCKLEY, D. H., & SCHMIDT, T. M. The structure of microbial communities in soil and the
1261 lasting impact of cultivation. *Microbial ecology*, 42(1), 11-21. 2001
- 1262 BURGER JA, KELTING DL. Soil quality monitoring for assessing sustainable forest
1263 management. In Gigham J.M. (ed). *The Contribution of Soil Science to the Development and*
1264 *Implementation of Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management.* SSSA Special
1265 Publication U.S.A. 53: 17-45. 1998
- 1266 CAMBARDELLA, C. A., & ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a
1267 grassland cultivation sequence. *Soil science society of America journal*, 56(3), 777-783. 1992
- 1268 CAPRA, F., & LUISI, P. L. *The systems view of life: A unifying vision.* Cambridge University
1269 Press. 2014
- 1270 CARTER, M. R. Researching structural complexity in agricultural soils. *Soil and Tillage*
1271 *Research*, v. 79, n. 1, p. 1-6, 2004.
- 1272 CARVALHO P.G.B.; MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L.; FONSECA, M.E. Hortaliças
1273 como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira* 24: 397-404. 2006.

- 1274 CASSOL, S.P.; LENHARDT, E.R.; GABRIEL, V.J. Caracterização dos estádios fenológicos e
1275 a exigência de adubação do repolho. *Ciências agroveterinárias e alimentos*, n.2, p.1-12, 2017.
1276 Disponível em: < [ttp://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/cava/article/view/389/244](http://revista.faifaculdades.edu.br/index.php/cava/article/view/389/244)
- 1277 CAUDURO, F. A., & DORFMAN, R. Taxa de infiltração. *Manual de ensaio de laboratório e*
1278 *de campo para irrigação e drenagem*. Porto Alegre: PRONI-IPH-UFRGS, 159-174. 1988
- 1279 CAVERO, J., PLANT, R.E., SHENNAN, C., FRIEDMAN, D.B. The effect of nitrogen source
1280 and crop rotation on the growth and yield of processing tomatoes. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47,
1281 271– 282. 1997
- 1282 CERDA, A., RODRIGO-COMINO, J., NOVARA, A., BREVIK, E. C., VAEZI, A. R.,
1283 PULIDO, M., GIMENEZ-MORERA, A; KEESSTRA, S. D. Long-term impact of rainfed
1284 agricultural land abandonment on soil erosion in the Western Mediterranean basin. *Progress in*
1285 *Physical Geography: Earth and Environment*, 42(2), 202-219. 2018
- 1286 CHEN, Z.S. Selection indicators to evaluate soil quality. *Extension Bulletin 473*: 1-19. 1999
- 1287 CIOTTA, M. N., BAYER, C., ERNANI, P. R., FONTOURA, S. M. V., ALBUQUERQUE, J.
1288 A., WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. *Revista brasileira de ciência*
1289 *do solo*. Campinas. Vol. 26, n. 4, p. 1055-1064. 2002.
- 1290 CLARK, M.S., HORWATH, W.R., SHERMAN, C., SCOW, K.M. Changes in soil chemical
1291 properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agron. J.* 90, 662–671. 1998
- 1292 CLARK, M.S., HORWATH, W.R., SHENNAN, C., SCOW, K.M., LANTINI, W.T., FERRIS,
1293 H. Nitrogen, weeds and water as yield-limiting factors in conventional, low-input, and organic
1294 tomato systems. *Agric. Ecosys. Environ.* 73, 257–270. 1999
- 1295 COMIN, J. J., FAYAD, J. A., BRUNETO, G., LOVATO, P. E., PICCOLI, J. H., AMBROSINI,
1296 V. G. Desenvolvimento de Sistema de Plantio Direto Agroecológico como estratégia de
1297 transição. In: HUR BEN CORRÊA DA SILVA, DENISE CIDADE CAVALCANTI,
1298 ALEXANDRA FERREIRA PEDROSO. (Org.). *Pesquisa e extensão para a agricultura*
1299 *familiar: no âmbito da política nacional de assistência técnica e extensão rural*. 1ª ed. Brasília:
1300 Secretaria de Agricultura Familiar. Ministério do Desenvolvimento Agrário, p.189-196, 2016.
- 1301 COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; KURTZ, C.; MAFRA, A. L.; CURMI, P. Guia prático de
1302 avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças
1303 (SPDH). Florianópolis: Open Brasil Gráfica e Editora, (Comunicado Técnico). 2016.
- 1304 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de calagem
1305 e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Sociedade
1306 Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.
- 1307 COMPTON, J. E., & BOONE, R. D. Soil nitrogen transformations and the role of light fraction
1308 organic matter in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(7), 933-943. 2002
- 1309 CONCEIÇÃO, P. C., AMADO, T. J. C., MIELNICZUK, J., SPAGNOLLO, E. Qualidade do
1310 solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos
1311 relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(5), 777-788. 2005

- 1312 CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C., MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do
 1313 solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos
 1314 relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29: 777-788, 2006.
- 1315 CONKLIN, A.E., ERICH, M.S., LIEBMAN, M., LAMBERD, T., GALLANDT, E.R.,
 1316 HALTEMAN, W.A. Effects of red clover (*Trifolium pratense*) green manure and compost soil
 1317 amendments on wild mustard (*Brassica kaber*) growth and incidence of disease *Plant Soil*, 238,
 1318 pp. 245-256, 2002.
- 1319 COSTA JR., C.; PICCOLO, M.C.; SIQUEIRA NETO, M.; BERNOUX, M. Carbono em
 1320 agregados do solo sob vegetação nativa, pastagem e sistemas agrícolas no bioma Cerrado.
 1321 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1-12, 2012.
- 1322 COSTA, F. D. S., BAYER, C., ZANATTA, J. A., MIELNICZUK, J. Estoque de carbono
 1323 orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul
 1324 do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(1), 323-332. 2008
- 1325 COUTO, R. D. R., ZANELLA, M., FAYAD, J. A., LOVATO, P. E., CURMI, P., COMIN, J.
 1326 J. Avaliação participativa da qualidade do solo em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças.
 1327 *Cadernos de Agroecologia*, 13(1). 2017
- 1328 CZYZ, E. A. Effects of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. *Soil*
 1329 *Tillage Res.* 79:153–166. 2004
- 1330 da SILVA, A.P., KAY, B.D. Linking process capability analysis and least limiting water range
 1331 for assessing soil physical quality. *Soil Tillage Res.* 79, 167–174. 2004.
- 1332 de Andrade Rodrigues, T. C., Junior, J. A. D. L., Souza, R. O. R. M., de Oliveira Neto, C. F.,
 1333 & Martins, I. C. F. Viabilidade técnica da produção de pepino japonês submetido a diferentes
 1334 lâminas de irrigação. *IRRIGA*, 23(3), 535-547. 2018.
- 1335 DEXTER, A. R. Soil physical quality—Preface. *Soil Tillage Res.* 79:129–130. 2004
- 1336 DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. *Soil and Tillage Research*, v. 11,
 1337 n. 3-4, p. 199-238, 1988.
- 1338 DICK, D. P., NOVOTNY, E. H., DIECKOW, J., BAYER, C. Química da matéria orgânica do
 1339 solo. *Química e mineralogia do solo*, 1, 1-55. 2009
- 1340 DON HUBER, VOLKER ROMHELD And MARKUS WEINMANN. Relationship between
 1341 Nutrition, Plant Diseases and Pests. *Marschner’s Mineral Nutrition of Higher Plants (Third*
 1342 *Edition)* p. 283-298, 2012.
- 1343 DORAN, J.W., PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In Doran J.W., D.C.
 1344 Coleman, D.F. Bezdicsek and B.A. Stewart (eds). *Defining Soil Quality for a Sustainable*
 1345 *Environment*. SSSA Special Publication. 35: 3-23. 1994
- 1346 DORAN, J. W., & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. *Defining soil quality*
 1347 *for a sustainable environment*, 35, 1-21. 1994.

- 1348 DORAN, J. W., & SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable
1349 productivity. Biological indicators of soil health. New York: CAB International. 1997
- 1350 DORAN, J. W. & PARKIN, T. B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set.
1351 Methods for assessing soil quality, 49, 25-37. 1997.
- 1352 DORAN, J. W. & SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity.
1353 In: PANKHRST, C.; DOUBLE, B. M.; GUPTA, V. V. S. R. ed. Biological Indicators of Soil
1354 Health. Oxon: CAB International. p.1-28, 1997.
- 1355 DUPONT, S. T., FERRIS, H., VAN HORN, M. Effects of cover crop quality and quantity on
1356 nematode-based soil food webs and nutrient cycling. applied soil ecology, 41(2), 157-167. 2009
- 1357 DUTRA de OLIVEIRA, J. E.; MARCHINE, J. S. Ciências nutricionais. 1 ed. São Paulo:
1358 Sarvier, 402p. FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELA, L. A. A. Produção de alface
1359 em hidroponia. Lavras: UFLA, 1996. 50p. 2000.
- 1360 DUVAL, M. E., GALANTINI, J. A., CAPURRO, J. E., MARTINEZ, J. M. Winter cover crops
1361 in soybean monoculture: Effects on soil organic carbon and its fractions. Soil and Tillage
1362 Research, 161, 95-105. 2016
- 1363 EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional
1364 de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro. 212p.
1365 (Embrapa-CNPq. Documentos, 1). 1997.
- 1366 EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema
1367 Brasileiro de Classificação de Solos (Brazilian System for Soil Classification). Centro Nacional
1368 de pesquisas de solo, Janeiro: Embrapa-CNPq. 2013
- 1369 ENSINAS, S. C.; MARCHETTI, M. E.; SILVA, E. F. DA; POTRICH, D. C.; MARTINEZ, M.
1370 A. Atributos químicos, carbono e nitrogênio total em Latossolo submetido a diferentes sistemas
1371 de uso do solo. Global Science and Technology, Rio Verde, v. 7, n. 2, p. 24-36, 2014.
- 1372 EPAGRI. A salinidade e suas implicações no cultivo de plantas. Florianópolis: Epagri. 54p.
1373 (Epagri. Documentos, 215). 2004.
- 1374 FACCIN, F. C., MARCHETTI, M. E., SERRA, A. P., ENSINAS, S. C. Frações
1375 granulométricas da matéria orgânica do solo em consórcio de milho safrinha com capim-
1376 marandu sob fontes de nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 51(12), 2000-2009. 2017.
- 1377 FAOSTAT. Countries by commodity 2017. Disponível em:
1378 http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 06 jan.2020.
- 1379 FEARNSIDE, P.M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. Brazilian
1380 Journal of Ecology 10(2): 83-100. 2007
- 1381 FERNANDEZ, R., QUIROGA, A., ZORATI, C., & NOELLEMAYER, E. Carbon contents and
1382 respiration rates of aggregate size fractions under no-till and conventional tillage. Soil and
1383 Tillage Research, 109(2), 103-109. 2010

- 1384 FILGUEIRA, F. A. R.; Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e
1385 comercialização de hortaliças. 3.ed.rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013.
- 1386 FISCHLIN, A. et al. in *Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (eds Parry, M.
1387 L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. & Hanson, C. E.) 211–272 (Cambridge
1388 Univ. Press, 2007). 2007
- 1389 FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses.
1390 *Global environmental change*, 16(3), 253-267. 2006
- 1391 FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. DE C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.
1392 Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no
1393 Cerrado mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 5, p. 641-648,
1394 2008.
- 1395 GAJDA, A. M., PRZEWŁOKA, B., GAWRYJOLEK, K. Changes in soil quality associated
1396 with tillage system applied. *International Agrophysics*, 27(2). 2013
- 1397 GALINDO, F. S.; SILVA, J. C. DA; GERLACH, G. A. X.; FERREIRA, M. M. R.;
1398 COLOMBO, A. DE S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Matéria seca do feijoeiro e correção da
1399 acidez do solo em função de doses e fontes de corretivos. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 10, n.
1400 36, p. 141-151, 2017.
- 1401 GALVANI E, ESCOBEDO, J.F., D.A., CUNHA, A.R., KLOSOWSKI, E.S. Estimativa do
1402 índice de área foliar e da produtividade de pepino em meio protegido – cultivos de inverno e de
1403 verão. *Rev. Bras.Eng. Agríc. Amb.* 4: 8-13. 2000.
- 1404 GARCIA, C., HERNANDEZ, T., COSTA, F. Microbial activity in soils under Mediterranean
1405 environmental conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(9), 1185-1191. 1994
- 1406 GARCIA-FRANCO, N., ALBALADEJO, J., ALMAGRO, M., & MARTÍNEZ-MENA, M.
1407 Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of
1408 organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, 153, 66-75. 2015
- 1409 GAUTRONNEAU, Y., & MANICHON, H. Guide méthodique du profil cultural. Groupe
1410 d'études d'application et de recherche en agriculture. 1987
- 1411 GIL-SOTRES, F., TRASAR-CEPEDA, C., LEIRÓS, M. C., SEOANE, S. Different approaches
1412 to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(5),
1413 877-887. 2005
- 1414 GLIESSMAN, S. *Landscape multifunctionality and agriculture*. 2010
- 1415 GOMES, J. R., & CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas
1416 de plantio direto. *Planta daninha*, 26(4), 789-798. 2008
- 1417 GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARAES, A. M. Adaptabilidade e estabilidade
1418 fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. *Horticultura*
1419 Brasileira, Brasília, v. 27, n. 1, p. 7- 11, 2009.

- 1420 GUZMAN, C. D., TILAHUN, S. A., DAGNEW, D. C., ZEGEYE, A. D., YITAFERU, B.,
1421 KAY, R. W., STEENHUIS, T. S. Developing soil conservation strategies with technical and
1422 community knowledge in a degrading sub-humid mountainous landscape. *Land Degradation &*
1423 *Development*, 29(3), 749-764. 2018.
- 1424 HARRIS, R.F. & BEZDICEK, D.F. Descriptive aspects of soil quality /health. In DORAN
1425 J.W., D.C. COLEMAN, D.F. BEZDICEK AND B.A. STEWART (eds). *Defining Soil Quality*
1426 *for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication Number 35, Wisconsin, USA. pp.
1427 23-36. 1994
- 1428 HARTWIG, N. L., & AMMON, H. U. Cover crops and living mulches. *Weed science* 50(6),
1429 688-699. 2002
- 1430 HATCHER, P. E., & MELANDER, B. Combining physical, cultural and biological methods:
1431 prospects for integrated non-chemical weed management strategies. *Weed research*, 43(5), 303-
1432 322. 2003
- 1433 HIJBEEK, R., VAN ITTERSUM, M. K., TEN BERGE, H. F., GORT, G., SPIEGEL, H.,
1434 WHITMORE, A. P. Do organic inputs matter—a meta-analysis of additional yield effects for
1435 arable crops in Europe. *Plant and Soil*, 411(1-2), 293-303. 2017
- 1436 INGRAM, J., DWYER, J., GASKELL, P., MILLS, J., DE WOLF, P. Reconceptualising
1437 translation in agricultural innovation: A co-translation approach to bring research knowledge
1438 and practice closer together. *Land Use Policy*, 70, 38-51, 2018.
- 1439 JANTALIA, C. P., SANTOS, H. D., DENARDIN, J. E., KOCHHANN, R., ALVES, B. R.,
1440 URQUIAGA, S., BODDEY, R. M. Influência de rotações de culturas no estoque de carbono e
1441 nitrogênio do solo sob plantio direto e preparo convencional. *Agronomia*, 37(2), 91-97. 2003
- 1442 JASTROW, J. D., MILLER, R. M., LUSSENHOP, J. Contributions of interacting biological
1443 mechanisms to soil aggregate stabilization in restored prairie. *Soil Biol. Biochem.* 30:905–916.
1444 1998
- 1445 JONES, U.S. *Fertilizers and Soil Fertility*. (2nd ed.), Reston Pub. Co., Reston, 1982.
- 1446 JÚNIOR, V. M, DA COSTA, M. B. B., SOUZA, M., COMIN, J. J., LOVATO, P. E.
1447 Agroecology development in Brazil between 1970 and 2015. *Agroecology and Sustainable*
1448 *Food Systems*, 41(3-4), 276-295. 2017
- 1449 KAMIDOHZONO, A., ISHIDA, F., MASUNAGA, T., WAKATSUKI, T. Indigenous soil
1450 fertility evaluations in Sipisang Village of Minangkabau people, West Sumatra {Indonesia.
1451 *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition* (Japan). 2002.
- 1452 KAPPES, C. Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura
1453 do milho. 2012. 206 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia,
1454 Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.
- 1455 KARLEN, D. L., GARDNER, J. C., ROSEK, M. J. A soil quality framework for evaluating the
1456 impact of CRP. *Journal of production agriculture*, 11(1), 56-60. 1997

- 1457 KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., &
 1458 SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest
 1459 editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10. 1997.
- 1460 KARLEN, D. L., WOLLENHAUPT, N. C., ERBACH, D. C., BERRY, E. C., SWAN, J. B.,
 1461 EASH, N. S., JORDAHL, J. L. Long-term tillage effects on soil quality. 1994
- 1462 KAVDIR, Y., SMUCKER, A.J.M. Soil aggregate sequestration of cover crop root and shoot-
 1463 derived nitrogen. *Plant Soil* 272, 263–276. 2005
- 1464 KAY, B.D., HAJABBASI, M.A., YING, J., TOLLENAAR, M. Optimum versus non-limiting
 1465 water contents for root growth, biomass accumulation, gas exchange and the rate of
 1466 development of maize (*Zea mays* L.). *Soil Tillage Res.* 88, 42–54. 2006
- 1467 KEMPER, W. D., & R. C. ROSENAU. Aggregate stability and size distribution. In: *Methods*
 1468 *of Soil Analysis. Part I—Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Ed. A. Klute (ed.).
 1469 American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 425–442. 1986
- 1470 KREMEN, C., ILES, A., BACON, C. Diversified farming systems: an agroecological, systems-
 1471 based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society* 17(4): 44. 2012.
- 1472 LACERDA, A. L. S., VICTORIA FILHO, R., MENDONÇA, C. G. Levantamento do banco de
 1473 sementes em dois sistemas de manejo de solo irrigados por pivô central. *Planta Daninha*, 23(1),
 1474 1-7. 2005
- 1475 LARSON, W. E., & PIERCE, F. J. Conservation and enhancement of soil quality. In *Evaluation*
 1476 *for sustainable land management in the developing world: proceedings of the International*
 1477 *Workshop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World*, Chiang
 1478 Rai, Thailand, 15-21 September 1991.
- 1479 LARSON, W. E., & PIERCE, F. J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable
 1480 management. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35, 37-51. 1994.
- 1481 LEHESRANTA, S. J., KOISTINEN, K. M., MASSAT, N., DAVIES, H. V., SHEPHERD, L.
 1482 V., MCNICOL, J. W., CAKMAK I., COOPER, J., LÜCK, L., KÄRENLAMPI, S. O.,
 1483 LEIFERT, C. Effects of agricultural production systems and their components on protein
 1484 profiles of potato tubers. *Proteomics*, 7(4), 597-604. 2007
- 1485 LEITE, L. F.C. Compartimento e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos
 1486 e sua simulação pelo modelo century (tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa,
 1487 Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa, Minas Gerais – Brasil.
 1488 2002.
- 1489 LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L; MACHADO, P.L.O.A., GALVÃO, J.C.C.
 1490 Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob
 1491 milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:821-832. 2003.
- 1492 LIMA FILHO, O. F. D., AMBROSANO, E. J., ROSSI, F., CARLOS, J. A. D. Adubação verde
 1493 e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. 2014

- 1494 LIMA, C. E. P., FONTENELLE, M. R., MADEIRA, N. R., SILVA, J. D., GUEDES, Í. M. R.,
1495 SILVA, L. R. B., SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado
1496 com hortaliças sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(4), 378-387. 2016
- 1497 LIN, H., BOUMA, J., WILDING, L.P., RICHARDSON, J.L., KUTILEK, M., NIELSEN, D.R.
1498 *Advances in hydropedology*. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, vol. 85. Elsevier
1499 Academic Press, pp. 2–76. 2005
- 1500 LINDEN, D.R., HENDRIX, F.P., COLEMEN, D.C., VAN VLIET, P.C.J. Fauna indicators of
1501 soil quality. In DORAN J.W., D.C. COLEMAN, D.F. BEZDICEK AND B.A. STEWART
1502 (eds). *Defining soil quality for a sustainable environment*. SSSA Special Publication. 35: 91-
1503 103. 1994
- 1504 LISBOA, B.B., VARGAS, L.K., ANDRESSA O.S., MARTINS, A.F., SELBACH, P.A.
1505 Indicadores microbianos de qualidade do solos em diferentes sistemas de manejo. *R. Bras. Ci.*
1506 *Solo*, 36:45-55, 2012.
- 1507 LIU, A., MA, B.L., BOMKE, A.A. Effects of cover crops on soil aggregate stability, total
1508 organic carbon, and polysaccharides. *Soil Scien. Soci. Amer. J.* 69: 2041-2048. 2005.
- 1509 LIU, Z., RONG, Q., ZHOU, W., LIANG, G. Effects of inorganic and organic amendment on
1510 soil chemical properties, enzyme activities, microbial community and soil quality in yellow
1511 clayey soil. *PloS one*, 12(3), e0172767. 2017.
- 1512 LOGSDON, S.D. & CAMBARDELLA, C.A. Temporal changes in small depth-incremental
1513 soil bulk density. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 710–714. 2000
- 1514 LOPES, A. S.; et al. *Sistema Plantio Direto: bases para o manejo da fertilidade do solo*. São
1515 Paulo: ANDA, 2005.
- 1516 LÓPEZ RIDAURA, S., MASERA, O., ASTIER, M. The MESMIS framework. *Leisa*, 16, 28-
1517 30. 2000
- 1518 LOSS, A., BASSO, A., OLIVEIRA, B. S., KOUCHER, L. P., OLIVEIRA, R. A., KURTZ, C.,
1519 LOVATO, P. E., CURMI, P., BRUNETO, G., COMIN, J. J. Carbono Orgânico Total e
1520 Agregação do Solo em Sistema de Plantio Direto Agroecológico e Convencional de Cebola.
1521 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.39, p.1212 - 1224, 2015.
- 1522 LOSS, A., COSTA, E. M., PEREIRA, M. G., BEUTLER, S. J. Agregação, matéria orgânica
1523 leve e carbono mineralizável em agregados do solo. *Revista de la Facultad de Agronomía, La*
1524 *Plata*, 113(1), 1-8. 2014
- 1525 LOSS, A., DOS SANTOS JUNIOR, E., SCHMITZ, D., DA VEIGA, M., KURTZ, C., COMIN,
1526 J. J. Atributos físicos do solo em cultivo de cebola sob sistemas de plantio direto e preparo
1527 convencional. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 105-113. 2017
- 1528 LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A.; BEUTLER, S. J.; ANJOS, L. H. C. dos. Oxidizable
1529 carbon and humic substances in rotation systems with brachiaria/livestock and pearl millet/no
1530 livestock in the Brazilian Cerrado. *Spanish Journal of Agricultural Research*, v.11, p. 217-231,
1531 2013.

- 1532 LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos., SILVA, E.M.R. Atributos
1533 químicos e físicos de um Argissolo Vermelho-Amarelo em sistema integrado de produção
1534 agroecológica. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.44, n.1, p.68-75, jan. 2009.
- 1535 LOSS, A.; PEREIRA, M.G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L.H.C. dos., SILVA, E.M.R. Carbono e
1536 frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica.
1537 *Ciência Rural*,39(4), 1077-1082. 2008.
- 1538 LOVATO T, MIELNICZUK J, BAYER C, VEZZANI F. Adição de carbono e nitrogênio e sua
1539 relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *Rev.*
1540 *Bras. Ci Solo.*, 28:175-187. 2004.
- 1541 M. J. SINGH & K. L. KHERA. Physical Indicators of Soil Quality in Relation to Soil
1542 Erodibility Under Different Land Uses, *Arid Land Research and Management*, 23:2, 152-167.
1543 2009
- 1544 MACHADO, P.L.O. de A. Fracionamento físico do solo por densidade e granulometria para a
1545 quantificação de compartimentos da matéria orgânica do solo – um procedimento para a
1546 estimativa pormenorizada do sequestro de carbono pelo solo. Comunicado técnico, EMBRAPA
1547 Solos. Rio de Janeiro, 2002.
- 1548 MÄDER, P., FLIESSBACH, A., DUBOIS, D., GUNST, L., FRIED, P., NIGGLI, U. Soil
1549 fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, 296(5573), 1694-1697. 2002
- 1550 MAFRA A.L.; COMIN, J.J.; LANA, M.A.; BITTENCOURT, H.H.; LOVATO, P.E.;
1551 WILDNER, L.P. Iniciando o sistema de plantio direto de hortaliças: adequações do solo e
1552 práticas de cultivo. In: FAYAD, J.A.; ARL, V.; COMIN, J.J.; MAFRA, A.L.; MARCHESI,
1553 D.R. (org.). Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição para um novo modo
1554 de produção. 1ed. São Paulo: Expressão Popular, 2019, p215-226.
- 1555 MAGDOFF, F., VAN ES, H. Building Soils for Better Crops: Sustainable Soil Management.
1556 Bladensburg: Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) (Handbook Series;
1557 Book. 10), 3rd ed. 310p. 2009.
- 1558 MAIA, S. M. F., DE OLIVEIRA, T. S., OLIVEIRA, F. N. S. Plantas espontâneas na cobertura
1559 do solo e acúmulo de nutrientes em áreas cultivadas com cajueiro. *Ceres*, 51(293). 2015.
- 1560 MAIRURA, F. S., MUGENDI, D. N., MWANJE, J. I., RAMISCH, J. J., MBUGUA, P. K., &
1561 CHIANU, J. N. Integrating scientific and farmers' evaluation of soil quality indicators in
1562 Central Kenya. *Geoderma*, 139(1-2), 134-143, 2007.
- 1563 MANICI, L. M., CAPUTO, F., BABINI, V. Effect of green manure on *Pythium* spp. population
1564 and microbial communities in intensive cropping systems. *Plant and Soil*, 263(1), 133-142.
1565 2004.
- 1566 MARCELO, A. V.; CORÁ, J. E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de
1567 semeadura direta. II - Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. *Revista Brasileira*
1568 *de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 36, p. 1568-1582, 2012.

- 1569 MARTENS, J. R. T., CICEK, H., BAMFORD, K. C., ENTZ, M. H. Late-season catch crops
1570 reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat
1571 demand. *Agriculture, ecosystems & environment*, 202, 31-41. 2015
- 1572 MARTORANO, L. G., BERGAMASCHI, H., DALMAGO, G. A., FARIA, R. T. D.,
1573 MIELNICZUK, J., COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio
1574 direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13(4),
1575 397-405. 2009
- 1576 MATOS FILHO, R., MENDONÇA, A. V., & PAIVA, J. B. D. Static boundary element analysis
1577 of piles submitted to horizontal and vertical loads. *Engineering analysis with boundary*
1578 *elements*, 29(3), 195-203. 2005
- 1579 MAZZONCINIA, M., ANTICHIB, D., DI BENEĆ, C., RISALITIA, R., PETRID, M.,
1580 BONARIEA, E. Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management
1581 under Mediterranean conditions. *Eur. J. Agron.* 156–165. 2016.
- 1582 MCBRATNEY, A.B., FIELD, D.J., KOCH, A. The dimensions of soil security. *Geoderma* 213,
1583 203–213. 2014
- 1584 MELLO, N.A. Efeito do sistema de manejo nos atributos do solo, movimentação de sedimentos
1585 e exportação de carbono orgânico numa microbacia rural sob cultura do fumo. Porto Alegre,
1586 Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. 248p. (Tese de Doutorado).
- 1587 MENDES, I.D.C.; SOUZA, L.V.; RESCK D.V.S.; GOMES, A.C. Propriedades biológicas em
1588 agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. *R.*
1589 *Bras. Ci. Solo*:27. 2003
- 1590 MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de
1591 alumínio de Latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.19, p.25-30, 1995.
- 1592 MERLIN, A. Disponibilidade de Cátions no Solo Alterada Pelo Sistema de Manejo. *R. Bras.*
1593 *Ci. Solo*, 33:1031-1040, 2009.
- 1594 METTING, F. B. Soil microbial ecology, applications in agriculture and environmental
1595 management. In Marcel Dekker, Inc. New. 1993
- 1596 MEURER, E. J. Fundamentos de química do solo. Genesis, Porto Alegre, ed. 2., 290 p. 2004.
- 1597 MISSELBROOK, T.H., MENZI, H., CORDOVIL, C. Preface-recycling of organic residues to
1598 agriculture: agronomic and environmental impacts. *Agric Ecosyst Environ* 160:1–22012
- 1599 MOEBIUS, B. N., VAN ES, H. M., SCHINDELBECK, R. R., IDOWU, O. J., CLUNE, D. J.,
1600 THIES, J. E. Evaluation of laboratory-measured soil properties as indicators of soil physical
1601 quality. *Soil science*, 172(11), 895-912. 2007
- 1602 MUELLER, L., KAY, B. D., HU, C., LI, Y., SCHINDLER, U., BEHRENDT, A., SHEPHERD,
1603 T. G., BALL, B. C. Visual assessment of soil structure: Evaluation of methodologies on sites
1604 in Canada, China and Germany: Part I: Comparing visual methods and linking them with soil
1605 physical data and grain yield of cereals. *Soil and Tillage Research*, 103(1), 178-187. 2009

- 1606 MULDER, C., DE ZWART, D., VAN WIJNEN, H. J., SCHOUTEN, A. J., & BREURE, A. M.
1607 Observational and simulated evidence of ecological shifts within the soil nematode community
1608 of agroecosystems under conventional and organic farming. *Functional Ecology*, 516-525. 2003
- 1609 MÜLLER JÚNIOR, V.; SOUZA, M.; KOUCHER, L. P.; SCHMITZ, D.; VENTURA, B. S.;
1610 LIMA, A. P.; TRAPP, T.; KURTZ, C.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J. Sistema plantio direto
1611 agroecológico de cebola e influência nos atributos químicos do solo. In: V Congresso
1612 Latinoamericano de Agroecologia, 2015, La Plata. *Cadernos de Agroecologia*, 2015.
- 1613 MUÑOZ-ROJAS, M., ERICKSON, T. E., DIXON, K. W., MERRITT, D. J. Soil quality
1614 indicators to assess functionality of restored soils in degraded semiarid ecosystems. *Restoration
1615 Ecology*, 24, S43-S52. 2016.
- 1616 MUÑOZ-ROJAS, M., ERICKSON, T. E., MARTINI, D., DIXON, K. W., MERRITT, D. J.
1617 Soil physicochemical and microbiological indicators of short, medium and long term post-fire
1618 recovery in semi-arid ecosystems. *Ecological Indicators*, 63, 14-22, 2016.
- 1619 MURAGE, E. W., KARANJA, N. K., SMITHSON, P. C., WOOMER, P. L. Diagnostic
1620 indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's
1621 Central Highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79(1), 1-8. 2000.
- 1622 MURPHY J.; RILEY I. P. A modified single solution method for the determination of
1623 phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-6. Department of Oceanography.
1624 University of Liverpool, England. 1962
- 1625 NAKHONE, L. N., & TABATABAI, M. A. Nitrogen mineralization of leguminous crops in
1626 soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171(2), 231-241. 2008
- 1627 NASCENTE, A. S.; LI, Y. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Cover crops and no-till effects on physical
1628 fractions of soil organic matter. *Soil and Tillage Research*, v. 130, p. 52-57, 2013.
- 1629 NASCIMENTO, J.T., SILVA, I. DE F. DA, SANTIAGO, R.D., SILVA NETO, L. DE F. DA.
1630 Efeito de leguminosas nos atributos físicos e carbono orgânico de um Luvissole. *Revista
1631 Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p.825–831. 2005.
- 1632 NICHOLLS, C. I., ALTIERI, M. A., DEZANET, A., LANA, M., FEISTAUER, D.,
1633 OURIQUES, M. A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and
1634 crop health in vineyard systems. *Biodynamics*, 33-39. 2004
- 1635 NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A.; VAZQUEZ, L.; VENTURA, B. S.; FERREIRA, G. W.;
1636 COMIN, J. J. Sistema de plantio direto de hortaliças: princípios de transição para sistemas de
1637 produção agroecológicos e redesenho de propriedades familiares. In: FAYAD, J.A.; ARL, V.;
1638 COMIN, J. J.; MAFRA, A. L.; MARCHESI, D. R. (Org.). Sistema de plantio direto de
1639 hortaliças: método de transição para um novo modo de produção. 1ed. São Paulo: Expressão
1640 Popular, v. 1, p. 55-64. 2019
- 1641 NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.A.; VAZQUEZ, L.; VENTURA, B. S.; FERREIRA, G.W.;
1642 COMIN, J.J. Sistema de plantio direto de hortaliças: princípios de transição para sistemas de
1643 produção ecológicos e redesenho de propriedades familiares. In: FAYAD, J.A.; ARL, V.;
1644 COMIN, J.J.; MAFRA, A.L.; MARCHESI, D.R. (org.). Sistema de plantio direto de

- 1645 hortaliças: método de transição para um novo modo de produção. 1ed. São Paulo: Expressão
1646 Popular, 2019, p55-64.
- 1647 NOVELLI, L. E., CAVIGLIA, O. P., PIÑEIRO, G. Increased cropping intensity improves crop
1648 residue inputs to the soil and aggregate-associated soil organic carbon stocks. *Soil and Tillage*
1649 *Research*, 165, 128-136. 2017
- 1650 OEHL, F., SIEVERDING, E., INEICHEN, K., MÄDER, P., BOLLER, T., WIEMKEN, A.
1651 Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in
1652 agroecosystems of Central Europe. *Applied and environmental microbiology*, 69(5), 2816-
1653 2824. 2003
- 1654 OHSE, S.; RAMOS, D. M.; CARVALHO, S. M.; FETT, R.; OLIVEIRA, J. L. B. Composição
1655 centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico.
1656 *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 407-414, 2009.
- 1657 OLIVEIRA, E.Q.; SOUZA, R.J.; CRUZ, M.C.M.; MARQUES, V.B.; FRANÇA, A.C.
1658 Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral.
1659 *Horticultura Brasileira* 28: 36-40. 2010.
- 1660 OLIVEIRA, A. P. S. Desempenho do feijoeiro-comum inoculado com rizóbio em resposta a
1661 diferentes plantas de cobertura e épocas de dessecação. 2016. 69 f. Dissertação (Mestrado em
1662 Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.
- 1663 OLIVEIRA, F. L. D. Manejo orgânico da cultura do repolho (*brassica oleracea* var. capitata):
1664 adubação orgânica, adubação verde e consorciação (Doctoral dissertation, Universidade
1665 Federal Rural do Rio de Janeiro). 2001
- 1666 PANACHUKI, E., BERTOL, I., ALVES SOBRINHO, T., OLIVEIRA, P. T. S. DE,
1667 RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em Latossolo vermelho
1668 sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n.5, p. 1777-1786, 2011.
- 1669 PAVINATO, P.S.& ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de Nutrientes no solo – decomposição
1670 e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
1671 32:911-920, 2008.
- 1672 PEREIRA, M. G. et al. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes
1673 sistemas de manejo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 5, p. 508-514, 2010.
- 1674 PÉREZ, M. A. Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad de suelo y salud de
1675 cultivos. *Guía Metodológica*. Bogotá: Corporación Ambiental Empresarial. 1ª Ed. 91p. 2010.
- 1676 PIERCE, F.J. & GILLILAND, D.C. Soil quality control. In GREGORICH E.G. AND
1677 M.R.CARTER (eds.), *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*. Elsevier Science
1678 B.V., Amsterdam, The Netherlands. pp. 203-218. 1997
- 1679 PIERCE, F.J. & LARSON, W.E. Developing criteria to evaluate sustainable land management.
1680 *Proceeding of the eighth international soil management workshop: utilization of soil survey*
1681 *information for sustainable*. International workshop (8th: 1992-1993: Oregon): 7-14. 1994

- 1682 PINA DA SILVA, M., ARF, O., EUSTÁQUIO DE SÁ, M., LIMA ABRANTES, F.,
 1683 FERREIRA BERTI, C. L., & DOMINGUES, L. C. Plantas de cobertura e qualidade química e
 1684 física de Latossolo Vermelho distrófico sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciências
 1685 Agrárias,12(1). 2017.
- 1686 PINHEIRO, E. F. M., PEREIRA, M. G., ANJOS, L. D., MACHADO, P. D. A. Fracionamento
 1687 densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal
 1688 em Paty do Alferes (RJ). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 28(4), 731-737. 2004
- 1689 PORTUGAL, A. F., JUCKSCH, I., SCHAEFER, C. E. G., WENDLING, B. Determinação de
 1690 estoques totais de carbono e nitrogênio e suas frações em sistemas agrícolas implantados em
 1691 Argissolo Vermelho-Amarelo. Revista Brasileira de ciência do solo, 32(5), 2091-2100. 2008.
- 1692 POUDEL, D.D., HORWARTH, W.R., LANINI, W.T., TEMPLE, S.R., VAN BRUGGEN,
 1693 A.H.C. Comparison of soil N availability and leaching potential, crop yields and weeds in
 1694 organic, low-input and conventional farming systems in northern California. Agric. Ecosyst.
 1695 Environ. 90, 125–137. 2002
- 1696 POWLSON, D. S., PROOKES, P. C., CHRISTENSEN, B. T. Measurement of soil microbial
 1697 biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw
 1698 incorporation. Soil biology and biochemistry,19(2), 159-164. 1987
- 1699 QUILTY, J.R., CATTLE, S.R. Use and understanding of organic amendments in Australian
 1700 agriculture: a review. Soil Res 49:1–26. 2011
- 1701 PEACHEY, R.E., MOLDENKE, A., WILLIAM, R.D., BERRY, R., INGHAM, E., GROTH,
 1702 E. Effect of cover crop and tillage systems on symphylan (Symphyla: *Scutigera immaculate*,
 1703 Newport) and *Pergamasus quisquiliarum* Canestrini (Acari: Mesostigmata) populations, and
 1704 other soil organisms in agricultural soils Appl. Soil Ecol., 21, pp. 59-702002
- 1705 RABELO, C. G., FERREIRA, M. E., ARAÚJO, J. V. G. D., STONE, L. F., SILVA, S. C. D.,
 1706 GOMES, M. P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo
 1707 comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. 2009
- 1708 RABOT, E., WIESMEIER, M., SCHLÜTER, S., VOGEL, H. J. Soil structure as an indicator
 1709 of soil functions: a review. Geoderma, 314, 122-137, 2018.
- 1710 REGAZZI, A. J. Análise multivariada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Centro de
 1711 Ciências Exatas e Tecnológicas. Departamento de Informática. 166p. Apostila de disciplina.
 1712 2001.
- 1713 ROLAND, B.; RUBENS, A.; AZUPOGO, H. A. Combining indigenous wisdom and academic
 1714 knowledge to build sustainable future: An example from rural Africa. Journal of African Studies
 1715 and Development, 10(2), 8-18, 2018.
- 1716 ROMIG DE, GARLYND MJ, HARRIS RF, MC SWEENEY K. How farmers assess soil health
 1717 and soil quality. J. Soil Water Cons. 50: 229-235. 1995

- 1718 ROMIG, D. E., GARLYND, M. J., HARRIS, D. F. Farmer-based assessment of soil quality: A
1719 soil health scorecard. In J. W. Doran & A. J. Jones (Eds.), *Methods for assessing soil quality*
1720 (vol. 49, pp. 39–60). Madison, WI: SSSA, Special Publication. 1996
- 1721 RUIZ JUNIOR, E. C. et al. Avaliação fitotécnica de plantas de repolho roxo cultivadas sob
1722 diferentes densidades e fontes de nitrogênio. *Cultivando o saber*, Cascavel, v.5, n.4, p.124-132,
1723 2012.
- 1724 SANTOS, L.H. Frações orgânicas e atributos químicos em agregados do solo sob sistemas de
1725 plantio direto e convencional de cebola. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) -
1726 Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2015.
- 1727 SANTOS, O. F.; SOUZA, H. M.; OLIVEIRA, M. P.; CALDAS M. B.; ROQUE C. G.
1728 Propriedades químicas de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. *Revista de*
1729 *Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 36–42, 2016.
- 1730 SARRANTONIO, M., & GALLANDT, E. The role of cover crops in North American cropping
1731 systems. *Journal of Crop Production*, 8(1-2), 53-74. 2003
- 1732 SCHALLENBERGER, E., REBELO, J.A. E CANTÚ R.R. Avaliação da concentração e da
1733 relação de nutrientes na compostagem de diferentes matérias-primas. *Agropecu. Catarin.*,
1734 Florianópolis, v. 28, n.1, p.78-82. 2015.
- 1735 SCHMIDT, M. W. I., TORN, M. S., ABIVEN, S. L., DITTMAR, T., GUGGENBERGER, G.,
1736 JANSSENS, I. A., KLEBER, M., KÖGEL-KNABNER, I., LEHMANN, J., MANNING, D. A.
1737 C., NANNIPIERI, P., RASSE, D. P., WEINER, S., TRUMBORE, S E. Persistence of soil
1738 organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56. 2011.
- 1739 SCHMIDT, W. Educação do campo, agroecologia e campesinato: três ângulos, três lados, mas
1740 não um triângulo Tese apresentada como Requisito de Avaliação em Concurso para promoção
1741 à Classe E, com denominação de Professor Titular da Carreira do Magistério Superior, no
1742 Departamento de Educação do Campo, do Centro de Ciências da Educação, da Universidade
1743 Federal de Santa Catarina – UFSC. 2018.
- 1744 SCHMITZ, D. LOSS, A.; CURMI, P.; MARTINI, L. C. P.; COMIN, J. J. Cultural profile and
1745 risk of erosion in vineyards with different soil managements. *Innovative Science & Technology*
1746 *Journal*, v. 4, p. 5-12, 2018.
- 1747 SHEEHY, J., REGINA, K., ALAKUKKU, L., SIX, J. Impact of no-tillage and reduced tillage
1748 on aggregation and aggregate-associated carbon in Northern European agroecosystems. *Soil*
1749 *Tillage Res.* 150, 107–113. 2015.
- 1750 SHEPHERD, T.G. *Visual Soil Assessment. Volume 1. Field Guide for Cropping and Pastoral*
1751 *Grazing on Flat to Rolling Country.* Horizons.mw/Landcare Research, Palmerston North, 84
1752 pp. 2000
- 1753 SHUCKLA, M.K. & LAL, R., EBINGER, M. Determining soil quality indicators by factor
1754 analysis. *Soil & Tillage Research*, 87, 194-204. 2006
- 1755 SHUKLA, M.K., LAL, R., EBINGER, M. Soil quality indicators for the North Appalachian
1756 experimental watersheds in Coshocton, Ohio. *Soil Sci.* 169, 195–205. 2004

- 1757 SILVA, A.B.; LIRA JUNIOR, M.A.; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; FIGUEIREDO, M.D.V.B.;
1758 VICENTIN, R.P. Estoque de serapilheira e fertilidade do solo em pastagem degradada de
1759 *Brachiaria decumbens* após implantação de leguminosas arbustivas e arbóreas forrageiras.
1760 *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 37, p. 502-511, 2013.
- 1761 SILVA, I. F., & MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso
1762 agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21(2), 313-319. 1997
- 1763 SILVA, I. F., & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a
1764 estabilidade de agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22(2), 311-317. 1998
- 1765 SILVA, J. D., VITTI, G. C., STUCHI, E. S., SEMPIONATO, O. R. Reciclagem e incorporação
1766 de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-'Pêra'.
1767 *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1), 225-230. 2002.
- 1768 SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com
1769 a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. *Revista*
1770 *Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.541-547, 1994.
- 1771 SILVA, K. S., SANTOS, E. D., BENETT, C. G., LARANJEIRA, L. T., EBERHARDT NETO,
1772 E., COSTA, E. Produtividade e desenvolvimento de cultivares de repolho em função de doses
1773 de boro. *Horticultura Brasileira*, 520-525. 2012
- 1774 COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC. Manual de
1775 adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto
1776 Alegre, 2016.
- 1777 SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica
1778 do solo. In: Meurer, E.J. Fundamentos de química do solo. 2ª ed. Porto Alegre: Gênese, p.73-
1779 99. 2004.
- 1780 SILVA, V. R. D., REICHERT, J. M., REINERT, D. J. Variação na temperatura do solo em três
1781 sistemas de manejo na cultura do feijão. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(3), 391-399.
1782 2006.
- 1783 SILVEIRA, P. M.; ZIMMERMANN, F. J. P.; SILVA, S. C., CUNHA, A. A. Amostragem e
1784 variabilidade espacial de características químicas de um Latossolo submetido a diferentes
1785 sistemas de preparo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:2057-2064, 2000.
- 1786 SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between
1787 (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*, v.
1788 79, n. 1, n. 7-31, 2004.
- 1789 SO, H.B., GRABSKI, A., DESBOROUGH, P. The impact of 14 years of conventional and no-
1790 tillage cultivation on the physical properties and crop yields of a loam soil at Grafton NSW,
1791 Australia. *Soil Tillage Res.* 104, 180–184. 2009.
- 1792 SOJKA, R.E., BUSSCHER, W.J., LEHRSCHE, G.A. In situ strength, bulk density, and water
1793 content relationships of a Durinodic Xeric Haplocalcid soil. *Soil Sci.* 166, 520–529. 2001

- 1794 SOMASUNDARAM, J., REEVES, S., WANG, W., HEENAN, M., DALAL, R. Impact of 47
1795 years of no tillage and stubble retention on soil aggregation and carbon distribution in a vertisol.
1796 *Land Degradation & Development*, 28(5), 1589-1602. 2017
- 1797 SOUSA, D. M. G. D, COSTA, E. A., GOEDERT, W. J. Qualidade de solo submetido a sistemas
1798 de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(7),
1799 1185-1191. 2006
- 1800 SOUSA, D., & LOBATO, E. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto:
1801 experiência no cerrado. FERTIBIO, Santa Maria. 2000
- 1802 SOUZA, M., COMIN, J. J., KURTZ, C., LOVATO, P. E., LIMA, A. P., KUHNEN, S. Phenolic
1803 Compounds with Allelopathic Potential of *Secale cereale* L. and *Raphanus sativus* L. Grown
1804 Under an Agroecological No-Tillage System. *Planta Daninha*, 37, 2019.
- 1805 SOUZA, M., COMIN, J.J., LEGUIZAMÓN, E.S., KURTZ, C., BRUNETTO, G., MÜLLER
1806 JÚNIOR V., VENTURA B., CAMARGO, A. P. Matéria seca de plantas de cobertura, produção
1807 de cebola e atributos químicos do solo em sistema plantio direto agroecológico. *Ciência Rural*,
1808 Santa Maria, 2012.
- 1809 SOUZA, R. F. D., FAQUIN, V., TORRES, P. R. F., BALIZA, D. P. Calagem e adubação
1810 orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*,
1811 30(6), 975-983. 2006
- 1812 STOCKDALE, E. A., SHEPHERD, M. A., FORTUNE, S., CUTTLE, S. P. Soil fertility in
1813 organic farming systems—fundamentally different?. *Soil use and management*, 18, 301-308,
1814 2002.
- 1815 TEDESCO, M.J. GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J.
1816 Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande
1817 do Sul, Faculdade de Agronomia. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5). 1995.
- 1818 TISDALL, J.M. & OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil*
1819 *Sci.* 62, 141–163. 1983
- 1820 TIVET, F., DE MORAES SA, J. C., LAL, R., BRIEDIS, C., BORSZOWSKI, P. R., DOS
1821 SANTOS, J. B., FARIAS, A, EURICH, G, HARTMAN, D. da C., JUNIOR, M. N., Bouzinac,
1822 S., SÉGUY, L. Aggregate C depletion by plowing and its restoration by diverse biomass-C
1823 inputs under no-till in sub-tropical and tropical regions of Brazil. *Soil and tillage research*, 126,
1824 203-218. 2013
- 1825 TO, J. & KAY, B.D. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution
1826 of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma* 126, 261–276. 2005
- 1827 TOPP, G. C., W. D. REYNOLDS, F. J. COOK, J. M. KIRBY, AND M. R. CARTER. Physical
1828 attributes of soil quality. In: *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*, Vol. 25.
1829 E. G. Gregorich and M. R. Carter (eds.). Elsevier, New York, pp. 21–58. 1997
- 1830 TORRES, J. L. R., PEREIRA, M. G., FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de
1831 cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*,
1832 43(3), 421-428. 2008.

- 1833 TORRES, J. L. R.; FABIAN, A. J.; PEREIRA, M. G. Alterações dos atributos físicos de um
1834 Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. *Ciência e agrotecnologia*, v.
1835 35, n. 3, p. 437-445, 2011.
- 1836 VALANI, G. P.; VEZZANI, F.M.; CAVALIERI-POLIZELI, K.M.V. Soil quality: Evaluation
1837 of on-farm assessments in relation to analytical index. *Soil & Tillage Research*, 198, 104565.
1838 2020.
- 1839 VAN BRUGGEN, A. H., & SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health
1840 and disease suppression. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 13-24. 2000
- 1841 VAN DANG, M. Quantitative and qualitative soil quality assessments of tea enterprises in
1842 Northern Vietnam. *African Journal of Agricultural Research*, 2(9), 455-462. 2007
- 1843 VAN KOOTEN GC. Land resource economics and sustainable development: economic
1844 policies and the common good. UBC Press, Vancouver, BC, Canada: pp.164-187. 1993
- 1845 VASCONCELOS, R. F. B. DE; CANTALICE, J. R. B.; OLIVEIRA, V. S. DE; COSTA, Y. D.
1846 J. de, CALVACANTE, D. M. Estabilidade de agregados de um latossolo amarelo distrocoeso
1847 de Tabuleiro Costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. *R. Bras.*
1848 *Ci. Solo*, 34:309-316. 2010.
- 1849 VEZZANI, F. M. ; FERREIRA, G. W. ; SOUZA, M. ; COMIN, J. J. Conceitos, métodos de
1850 avaliação participativa e o SPDH como promotor de qualidade do solo. In: JAMIL ABDALLA
1851 FAYAD; VALDEMAR ARL; JUCINEI JOSÉ COMIN; ÁLVARO LUIZ MAFRA; DARLAN
1852 RODRIGO MARCHESI. (Org.). Sistema de plantio direto de hortaliças: método de transição
1853 para um novo modo de produção. 1ed.São Paulo: Expressão Popular, v. 1, p. 105-123. 2019
- 1854 VEZZANI, F. M., CONCEIÇÃO, P. C., MELO, N. A., DIECKOW, J. Matéria orgânica e
1855 qualidade do solo. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e*
1856 *subtropicais*, 2, 483-494. 2008
- 1857 VEZZANI, F.M.& MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido
1858 a diferentes práticas de manejo agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.v. 35, n. 1, p.213-
1859 223. 2011.
- 1860 VEZZANI, F.M. & MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*,
1861 33:743-755, 2009.
- 1862 VIANA, J. V., BRUNO, R. D. L. A., SILVA, V. F., SANTOS, G. P., ARAÚJO FILHO, J. O.
1863 T. Produção de cenoura (*Daucus carota* L.) sob diferentes fontes de adubação. In Congresso
1864 Brasileiro de Olericultura (Vol. 43, p. 23). 2003.
- 1865 VICINI, L. & SOUZA, A. M. Análise multivariada da teoria à prática. Santa Maria: UFSM,
1866 CCNE, p. 32, 2005.
- 1867 VIDIGAL, S. M., RIBEIRO, A. C., CASALI, V. W. D., & FONTES, L. E. F. Resposta da
1868 alface (*Lactuca saliva* l.) Ao efeito residual da adubação orgânica. I-ensaio de campo. *Ceres*,
1869 42(239). 2015.

- 1870 VILANOVA, C.C., COMIN, J.J., KURTZ, C., MÜLLER JÚNIOR, V., URIARTE, J.F.,
1871 VENTURA, B.S., SOUZA, M., LOVATO, P.L., LEGUIZAMON, E., BRUNETTO, G.
1872 Interferência de plantas de cobertura sobre a incidência de plantas invasoras e a produção de
1873 cebola sob sistemas de plantio direto. *Scientia Agrária*, Curitiba, v.15, n.1, p.9-14. 2014.
- 1874 VISSER, S., & PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil
1875 microorganisms. *American Journal of Alternative Agriculture*, 33-37. 1992
- 1876 WITHERS PJ, VAN DIJK KC, NESET TSS, NESME T, OENEMA O, RUBÆK GH,
1877 SCHOUMANS OF, SMIT B, PELLERIN S. Stewardship to tackle global phosphorus
1878 inefficiency: the case of Europe. *Ambio* 44:193–206. 2015.
- 1879 XAVIER, F. A. D. S., MAIA, S. M. F., OLIVEIRA, T. S. D., MENDONÇA, E. D. S. Biomassa
1880 microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na
1881 Chapada da Ibiapaba-CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(2), 247-258. 2006
- 1882 XU, H., WANG, R., XU, R. Y., MRIDHA, M. A. U., GOYAL, S. Yield and quality of leafy
1883 vegetables grown with organic fertilizations. In XXVI International Horticultural Congress:
1884 Toward Ecologically Sound Fertilization Strategies for Field Vegetable Production 627 (pp.
1885 25-33). 2002.
- 1886 YEOMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of
1887 organic carbon in soil 1. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1467-1476. 1988.
- 1888 YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature
1889 of erosion losses. *Journal of the American Society Agronomy*, v. 28, n.5, p. 337-351, 1936.
- 1890 ZORNOZA, R., ACOSTA, J. A., BASTIDA, F., DOMÍNGUEZ, S. G., TOLEDO, D. M., FAZ,
1891 A. Identification of sensitive indicators to assess the interrelationship between soil quality,
1892 management practices and human health. *Soil*, 1(1), 173, 2015.