

GILMAR LUIZ ESPANHOL

**CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM
MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO**

LAGES, SC

2005

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO**

GILMAR LUIZ ESPANHOL

**CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM
MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO**

**Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências Agroveterinárias da Universidade
do Estado de Santa Catarina, para obtenção
do título de Mestre em Ciência do Solo.**

**Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano
Albuquerque**

LAGES, SC

2005

GILMAR LUIZ ESPANHOL
Engenheiro Agrônomo – UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DO SOLO

CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA:
PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de
MESTRE EM CIÊNCIA DO SOLO

Aprovado em: _____
Pela banca examinadora:

Homologado em: _____
Por:

JACKSON ADRIANO ALBUQUERQUE, Dr.
Física do Solo

JAIME ANTONIO DE ALMEIDA, Dr.
Coordenador do Programa de Mestrado em
Agronomia, Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Ciência do Solo.

ÁLVARO LUIZ MAFRA, Dr.
Manejo do Solo

PAULO CEZAR CASSOL, Dr.
Fertilidade do Solo

PAULO CEZAR CASSOL, Dr.
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias

NÉVIO JOÃO NUERNBERG, PhD.
Fertilidade do Solo

Lages, Santa Catarina.
29 de Março de 2005

AGRADECIMENTOS

Rumo ao final de mais uma caminhada, venho agradecer a todas as pessoas e instituições que auxiliaram desde o projeto de pesquisa até a presente dissertação, as quais são listadas:

- Aos meus pais Nelson e Ana Alice, a minha esposa Giovana, meus filhos Gustavo e Graziela e meus sogros Paulo e Marlene;
- Ao prof^o orientador Eng^o Agrônomo Dr. Jackson Adriano Albuquerque e família;
- Aos professores e profissionais do curso de Agronomia e Mestrado em Ciência do Solo;
- À Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, aqui representada pelos Eng^{os} Agrônomos Nívio João Nuernberg, PhD e Gilberto Nava, Msc ;
- Ao agricultor Sr. Sebastião Fukoshima pela parceria nos trabalhos.
- Aos colegas do curso de Mestrado e bolsistas do Dept^o de Física do Solo;
- Aos contribuintes da República Federativa do Brasil – CAPES. Obrigado.

CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO¹

Autor: Gilmar Luiz Espanhol

Orientador: Dr. Jackson Adriano Albuquerque

Co-orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra

RESUMO

A cama de aviário aplicada ao solo por longos períodos de tempo afeta as propriedades físicas e químicas dos solos, a produtividade e a qualidade dos frutos da macieira. Em 1985 foi implantado um pomar com macieira da cv. Fuji sobre porta enxerto Marubakaido e em 1997 foram aplicados dois métodos de controle de ervas espontâneas, um com herbicida e outro roçado, associado a quatro doses de cama de aves (0, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹) com o objetivo de avaliar as alterações nas características químicas e físicas de um Neossolo Litólico. O delineamento foi em blocos ao acaso com quatro repetições com parcelas subsub divididas. Foram avaliados os teores de carbono orgânico; cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio trocáveis; hidrogênio + alumínio; nitrato e amônio; pH em água e em cloreto de cálcio; porosidades; estabilidade de agregados; densidade do solo distribuição de tamanho das partículas; argila dispersa em água e umidade. O controle das ervas espontâneas com roçadas em comparação ao sistema com herbicida aumenta os teores de magnésio e o pH em água e reduz a saturação por alumínio. A adição de cama de aves, devido sua composição química, aumenta os teores de carbono orgânico, Ca, Na, K, a soma e saturação por bases e reduz a acidez do solo. O teor de nitrato permanece abaixo do nível máximo estipulado na legislação. A adição de cama de aves não altera a densidade, porosidade e estabilidade dos agregados, apenas aumenta a retenção de água no solo. Assim é uma alternativa viável para melhorar as características químicas de solos ácidos e com deficiência de nutriente às plantas, pois aumenta a produtividade do pomar de macieira.

Palavras chaves: cama de aviário, maçã, controle de ervas espontâneas, propriedades químicas.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, (49p.) – Março, 2005.

CONTROL OF HERBS AND ORGANIC MANURING IN APPLE TREE: SOIL CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES²

Author: Gilmar Luiz Espanhol
Adviser: Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Co-adviser: Dr. Álvaro Luiz Mafra

SUMMARY

The poultry litter for long periods of time, affects soil physical and chemical properties, as well as productivity and quality of fruits of the apple's orchard. In 1985 an orchard was implanted with apple tree of the cv. Fuji grafting on Marubakaido and in 1997 there were applied two methods of control of spontaneous herbs, one with herbicide and other with mechanical control, cleared ground, associate to four doses of poultry litter with the objective of evaluating the alterations in the chemical and physics properties and of a Neossolo Litólico. The experimental design was a split split plot with four replications. There were evaluated the organic soil carbon contents; calcium, magnesium, potassium, sodium and exchangeable aluminum; hydrogen + aluminum; nitrate and ammonium; pH in water; porosities; bulk density; aggregate stability; texture and soil moisture. The mechanical control of spontaneous herbs increased the contents of magnesium organic carbon, pH in water and it reduced the saturation for aluminum in comparison with the system with herbicide. The addition of poultry litter elevated the contents of organic carbon, Ca, Na, K, total and saturation by bases and it reduced soil acidity. The levels of nitrate stayed lower then maximum level stipulated in the legislation. The poultry litter didn't alter the aggregate stability, soil porosity and bulk density, only increase the soil water retention. Thereof it is a good alternative to improve the chemical properties of the acidic soil and increase the productivity of the apple tree orchard in the two systems of control of spontaneous herbs.

Key words: poultry litter, apple, control of spontaneous herbs, chemical and physical properties.

² Dissertation of Master's degree in Soil Science, Program of Masters degree in Agronomy, Santa Catarina State University. Lages, SC, (49p.) - March, 2005.

SUMÁRIO

1	CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO _____	1
1.1	INTRODUÇÃO GERAL _____	1
1.1.1	Objetivo _____	3
1.1.2	Hipóteses _____	3
2	ESTUDO 1 - CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO _____	4
2.1	INTRODUÇÃO _____	4
2.2	MATERIAL E MÉTODOS _____	8
2.2.1	Localização geográfica, solo e clima _____	8
2.2.2	Descrição do experimento _____	9
2.2.3	Coleta das amostras _____	9
2.2.4	Determinações de laboratório _____	10
2.2.5	Análise estatística _____	10
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	11
2.3.1	Cátions básicos trocáveis _____	11
2.3.2	Parâmetros da acidez do solo _____	16
2.3.3	Soma de bases, Saturação por bases e CTC pH ₇ _____	19
2.3.4	Nitrogênio mineral _____	20
2.3.5	Produtividade da macieira _____	24
2.4	CONCLUSÕES _____	25
3	ESTUDO 2 - CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO _____	26
3.1	INTRODUÇÃO _____	26
3.2	MATERIAL E MÉTODOS _____	29
3.2.1	Descrição do experimento e localização geográfica _____	29
3.2.2	Coleta das amostras _____	29
3.2.3	Determinações de laboratório _____	30
3.2.4	Análise estatística _____	31
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	32
3.3.1	Granulometria _____	32
3.3.2	Carbono orgânico (CO) _____	32
3.3.3	Estabilidade dos agregados _____	34
3.3.4	Microporosidade, macroporosidade e porosidade total _____	35
3.3.5	3.3.5 Umidade do solo _____	37
3.4	CONCLUSÕES _____	39
4	CONCLUSÃO GERAL _____	40
5	LITERATURA CITADA _____	41
6	ANEXOS _____	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e físicas do Neossolo Litólico (0 a 20 cm)._____	9
Tabela 2. Nutrientes, carbono orgânico e umidade gravimétrica da cama de aves aplicada ao Neossolo Litólico._____	12
Tabela 3. Teores de Cálcio e Magnésio no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC._____	13
Tabela 4. Teores de sódio e potássio no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC._____	15
Tabela 5. Teores de Alumínio, H+Al e Saturação por Alumínio em um Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC._____	18
Tabela 6. Valores de pH em água, pH em CaCl ₂ e delta pH no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	19
Tabela 7. Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e CTC a pH _{7,0} em Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	22
Tabela 8. Teores de Nitrato e Amônio no Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC._____	23
Tabela 9. Peso de frutos por hectare no Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. ⁽¹⁾ _____	24
Tabela 10. Conteúdo de carbono orgânico do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC._____	33
Tabela 11. Microporosidade e macroporosidade do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	36
Tabela 12. Porosidade total do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	37
Tabela 13. Umidade gravimétrica (UG) e volumétrica (UV) do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Concentração média de nutrientes em camas de diferentes espécies de aves ____	47
Anexo 2. Interpretação dos valores da soma de bases (SB), CTC a pH 7,0 e saturação por bases (V%) adotadas pela Comissão de Fertilidade do Solo (1995). _____	47
Anexo 3. Conteúdo de argila, silte e areia do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	48
Anexo 4. Densidade do solo (Ds) do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. _____	49

1 CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO SOLO

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

Nas últimas décadas têm-se acentuado o crescimento das agroindústrias de carne, principalmente da avicultura e suinocultura. Em razão disto, a produção de resíduos orgânicos aumentou significativamente nas propriedades agrícolas do Estado de Santa Catarina, sendo que estes resíduos têm sido usados como adubos orgânicos.

A adubação orgânica é uma prática que consiste em adicionar-se aos solos resíduos orgânicos como: esterco, urina e restos de animais, palhas, serragem, restos de culturas, cama de estábulos ou de galinheiros, bagaços, turfas, adubos comerciais (farinha de ossos, de carne, etc.), adubos verdes, (Curi *et al.*, 1993).

O uso da adubação orgânica vem crescendo devido ao custo elevado de adubos industrializados e a crescente oferta dos resíduos oriundos dos criatórios de aves e suínos. Em geral, em solos cultivados, a adição de esterco mantém estável o teor de matéria orgânica (Nuernberg, 1983; Scherer *et al.*, 1984), como também pode elevar a capacidade de troca de cátions e a disponibilidade de nutrientes para as plantas (Ernani, 1981; Scherer e Bartz, 1981; Scherer *et al.*, 1986), a atividade microbiana (Alexander, 1977) e melhorar as características físicas do solo (Epstein *et al.*, 1976).

Dentre os resíduos orgânicos com potencial de uso como fertilizante destaca-se a cama de aves, pelo volume de produção, teor de nutrientes e facilidade de manuseio (Scherer *et al.*, 1986). O uso deste resíduo na agricultura propicia ao avicultor uma fonte extra de renda, e para quem o compra uma opção para suprir as necessidades nutricionais das culturas.

Além do efeito imediato, a cama de aves apresenta efeito residual superior aos adubos minerais (Liebhardt, 1976). O possível aumento da matéria orgânica, ocorrido através da adição de resíduos orgânicos, tem efeito direto sobre a qualidade ambiental, uma vez que reduz a lixiviação de elementos químicos e a contaminação da água subterrânea (Mattos & Silva, 1999).

A adição de cama de aves pode aumentar a mobilidade de fósforo no solo, e os ácidos orgânicos gerados na decomposição dos resíduos podem solubilizar formas inorgânicas de fósforo e aumentar a sua disponibilidade. Entretanto, altas doses de cama de aves podem elevar a concentração de nitrato e causar desequilíbrio nutricional nas plantas (Abbot & Tucker, 1973).

O comportamento das características físicas do solo é função também das suas características químicas, que modificam a estabilidade do solo frente às circunstâncias perturbadoras, sejam elas promovidas pelo clima, ação antrópica, ação dos vegetais, por processos naturais ou pedogenéticos (Rezende, 1997).

A estabilidade de agregados, indicador de qualidade da estrutura, tem relações com a classe de solo, o sistema de manejo e seu tempo de utilização nas mesmas condições edafoclimáticas.

O uso de resíduos orgânicos em superfície sem mobilização melhora a estrutura do solo (Hoyt & Rice, 1977), aumenta a atividade microbiana, a estabilidade dos agregados e a infiltração de água e diminui a evaporação, mantendo a umidade superficial em períodos de estiagem (Campos *et al.*, 1994). Cooke (1977) e Scott (2000) relataram que os resíduos também aumentam a matéria orgânica, a porosidade total, o armazenamento de água e a condutividade hidráulica saturada do solo. Pavan & Chaves (1998) citam também efeitos benéficos da proteção do solo na temperatura do solo, na retenção de água e na agregação.

Em solos com agregados mais estáveis em água menos material estará disponível para ser transportado pelo fluxo superficial, menor será a formação de selo superficial e maior será a taxa de infiltração de água no solo (Albuquerque et al., 2000).

1.1.1 Objetivo

Este estudo objetivou avaliar as alterações nas características químicas e físicas de um Neossolo Litólico após seis anos de condução de um experimento submetido a dois métodos de controle de ervas espontâneas, um com herbicida e outro com roçado, associado a quatro doses de cama de aves.

1.1.2 Hipóteses

1. O controle das ervas espontâneas com o sistema de roçadas melhora as características químicas e físicas do solo em relação ao sistema que utiliza herbicida.
2. A aplicação de cama de aves adiciona nutrientes e melhora as características físicas do solo como a estabilidade dos agregados, a porosidade total e a retenção de água e diminui a densidade do solo.

2 ESTUDO 1 - CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

2.1 INTRODUÇÃO

A qualidade dos solos, com o passar dos anos, vêm sofrendo influências significativas pelo uso intensivo e utilização de sistemas de manejo que degradam o ambiente. Com estudos científicos cada vez mais direcionados à conservação das reservas naturais, entre elas o solo e a água, os produtores estão adotando práticas de manejo das culturas mais adequadas a sustentabilidade agrícola, preservando o ambiente e produzindo alimentos com menor uso de agrotóxicos.

A utilização de adubos orgânicos em culturas tanto anuais como perenes vêm sendo realizada nas últimas décadas em função de vários fatores, tais como: preços elevados dos adubos industrializados; grande disponibilidade de resíduos; preços acessíveis e; pré-disposição de produtores e técnicos em preservar o ambiente. No caso da cama de aves existe outra vantagem que é a viabilidade econômica de transporte à longa distância.

À medida que se adicionam mais resíduos orgânicos ao solo há uma tendência que a matéria orgânica aumente, com melhorias na fertilidade do solo, servindo como fonte de nutrientes para as plantas, principalmente N e P (Teixeira *et al.*, 1994; Burle *et al.*, 1997; Bayer & Bertol, 1999 e Meurer *et al.*, 2000). Sua sensibilidade às práticas de manejo determina que seja considerado um dos principais parâmetros na avaliação da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994).

Com relação às características químicas do solo, o incremento da matéria orgânica resulta no aumento da CTC do solo (Testa *et al.*, 1992; Bayer & Mielniczuk, 1997; Meurer *et al.*, 2000) e na redução dos efeitos tóxicos do Al para as plantas (Salet, 1994; Meurer *et*

al., 2000). A ação dos esterco e cama de aves sobre a atividade de elementos tóxicos às plantas pode reduzir a atividade na solução do solo, variando a magnitude da redução com o tipo e a quantidade da cama utilizada (Ernani, 1981).

A reatividade da matéria orgânica com os componentes do solo irá determinar, em função das suas características, o seu comportamento como um todo, sendo suas cargas negativas de superfície responsáveis por adsorverem cátions como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , complexar metais pesados, tamponar a acidez, interagir com argilo-minerais e reagir com outras moléculas orgânicas (Meurer *et al.*, 2000).

Em um Latossolo Roxo, Scherer & Bartz (1981) verificaram que a aplicação de 8 Mg ha^{-1} de cama de aves teve um efeito residual superior a três anos de cultivo em feijão, devido, principalmente, à maior disponibilidade de fósforo e potássio no solo neste período. Este efeito residual pode ser mais pronunciado em função da composição química variável dos dejetos, devido às mudanças constantes nas dietas fornecidas e no caso dos suínos, especificamente, o manejo da água nas instalações (Seganfredo, 2000).

A quantidade de resíduos de plantas e animais que retornam ao solo representa a adição, enquanto que a oxidação do carbono, erosão e a percolação determinam as taxas de perda de material orgânico. O balanço entre as taxas de adição e perda de matéria orgânica irá determinar o seu teor no solo (Meurer *et al.*, 2000).

Apesar das inúmeras vantagens advindas do uso de resíduos orgânicos, a aplicação de grandes quantidades pode causar riscos ao ambiente como: tornar o solo mais susceptível à erosão em função da dispersão de argilas ocasionada pela presença do Na^{+} , o qual tem alto grau de hidratação (Meurer *et al.*, 2000) e; acumular nitratos em águas sub superficiais (Seganfredo, 2000) com valores acima de 10 mg L^{-1} (Environmental Protect Agency, 2004). Além da quantidade, adubações continuadas com dejetos de animais poderão ocasionar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade

dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização dos dejetos (Burton, 1996; Pain, 1998; Federal Environmental Agency, 1998; Meurer *et al.*, 2000; Segnanfredo, 2000; Environmental Protect Agency, 2004).

Desta forma, ao empregar sistemas de manejo com a utilização de dejetos animais associados à manutenção da cobertura e a presença de restos vegetais na superfície do solo, os teores de matéria orgânica irão atingir um novo “estado estável”, ou seja, um novo ponto de equilíbrio entre as taxas de adição e perda de carbono no solo (Meurer *et al.*, 2000).

As espécies vegetais espontâneas nas áreas de cultivo agrícola têm sido tratadas como “plantas daninhas”, “ervas invasoras”, “inços”, “ervas espontâneas” e outras denominações, dependendo do ponto de vista do prejuízo que podem acarretar às espécies cultivadas, por competir com estas por nutrientes, água e luz (Fávero *et al.*, 2000). Neste estudo serão denominadas de ervas espontâneas.

A manutenção das plantas de cobertura aumenta o teor de matéria orgânica, principalmente se manejadas por meio mecânico, pois os restos vegetais em superfície colaboram para a ciclagem de nutrientes (Coleman *et al.*, 1989; Meurer *et al.*, 2000; Fávero *et al.*, 2000), bem como na proteção contra o impacto das gotas de chuva sobre o solo, o que evitaria a destruição dos seus agregados, o entupimento dos poros e a formação de uma crosta superficial, reduzindo a ação da erosão (Macedo *et al.*, 1998). Restos de plantas espontâneas depois de roçadas, ao entrar em decomposição atuam também na manutenção da umidade do solo (Nuernberg *et al.*, 2000).

Qasen (1992) e Parylak (1994) demonstraram resultados que indicam acúmulos de nutrientes em ervas espontâneas maiores que em espécies cultivadas como feijoeiro e tomateiro e ainda triticales, respectivamente.

Este estudo objetivou avaliar as alterações nas características químicas de um Neossolo Litólico após seis anos de condução de um experimento envolvendo dois métodos de controle de ervas espontâneas, um com herbicida e outro com roçado, associado a quatro doses de cama de aves.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização geográfica, solo e clima.

O experimento foi instalado na Zona Agroecológica do Planalto Serrano em São Joaquim (ZAPSSJ), Santa Catarina, a 1.280 m de altitude em área localizada a 14 km da cidade de São Joaquim de propriedade do Sr. Sebastião Fukoshima. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Cfb, ou seja, subtropical úmido, sem estação seca durante o ano e com geadas freqüentes e severas. A temperatura média anual é de 13,5°C e a precipitação média anual de 1.561 mm (Climerh, 2003).

O solo da área experimental é um Neossolo Litólico, pouco desenvolvido, raso, em que o horizonte A está assentado sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr. São solos jovens, ocorrem em superfícies erosionadas, apresentam fertilidade natural muito variada, podem ser eutróficos, distróficos ou mesmo álicos (Embrapa, 1999), representam uma área de 1.079 km² (Santa Catarina, 1986). Na região do município de São Joaquim ocorre associação de Cambissolos e Neossolos, com relevo de ondulado a forte ondulado, perfil raso, com presença de pedras, matéria orgânica e alumínio trocável elevados, baixa saturação por bases e textura franca a argilosa (Embrapa, 1999). Para implantação do pomar, uma fina camada de solo das entrelinhas foi removida e adicionada nas linhas de plantio da macieira para aumentar o volume de solo e favorecer o crescimento das mudas já que o solo é raso.

As características do solo na época da implantação do experimento encontram-se na Tabela 1 (Nuernberg, 2000).

Tabela 1. Características químicas e físicas do Neossolo Litólico (0 a 20 cm).

pH	P	K	Ca	Mg	Al	MO	Argila
	__ mg L ⁻¹ __		__ cmol _c L ⁻¹ __			__ g kg ⁻¹ __	
6,5	26	198	9,9	6,4	0	88	230

2.2.2 Descrição do experimento

O pomar de macieira da cv. Fuji sobre porta enxerto Marubakaido, foi implantado no ano 1985, com espaçamento de 4,0 x 6,5 m. No ano de 1996, introduziu-se nas parcelas principais (48 x 6,5 m) dois métodos de controle de ervas espontâneas: químico, com uso de dessecantes a base de Glyfosato, no qual o solo é mantido com pouca cobertura durante todo ano; mecânico, com uso de trator nas entre linhas e roçadeira costal sob as plantas, mantendo-se o relvado e os resíduos na superfície do solo. Nas sub parcelas (12 x 6,5 m) aplicou-se cama de aves na projeção da copa, nas doses de 0, 5, 10 e 20 Mg ha⁻¹ com umidade de 404 g kg⁻¹, sendo realizado em duas vezes, metade no outono (abril, após a colheita) e a outra metade na primavera (setembro, início da brotação). As parcelas principais receberam o bloqueamento, devido à área experimental estar localizada em uma encosta com declividade perpendicular aos blocos e o solo apresentar variabilidade espacial.

2.2.3 Coleta das amostras

As amostras para determinações químicas foram coletadas seis anos após a implantação do experimento, em setembro de 2002, depois da aplicação da segunda dose anual da cama de aves, após o florescimento da macieira. Foram coletadas amostras deformadas em três camadas, 0-5, 5-10 e 10-20 cm sempre na linha de cultivo, em

trincheiras quadradas com 0,4 m de lado. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificadas, de modo a preservá-las até o momento das determinações.

Foi efetuada coleta específica de amostras deformadas para análise do N amoniacal e N nitrato no mês de junho de 2003, após aplicação da primeira parcela anual da cama de aves. O procedimento da abertura de covas foi semelhante à coleta descrita acima e, posteriormente, procedeu-se um peneiramento da amostra em malha 2,0 mm. Utilizando um cachimbo calibrado de 5g colocou-se a amostra de solo em vidros “snap cap”, lavados, esterilizados e identificados previamente, acondicionando-os em caixa de isopor com gelo até o momento da determinação em laboratório. As amostras foram encaminhadas ao Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, onde se procederam as análises.

2.2.4 Determinações de laboratório

Na amostras deformadas foram determinados os teores de cálcio, magnésio, sódio, potássio e alumínio trocáveis, amônio, nitrato e fósforo, pH em água e pH em cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹ segundo metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995).

2.2.5 Análise estatística

A significância dos efeitos dos fatores controle de ervas espontâneas, doses de cama de aves, camada de coleta e suas interações foram avaliadas através da análise de variância segundo delineamento de blocos ao acaso com parcelas sub-sub-divididas e quatro repetições. Quando houve significância as médias foram comparadas pelo teste DMS a 5 % de significância (SAS, 1990). Para as doses de cama de aves foram calculadas equações de regressão.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Cátions básicos trocáveis

Os cátions básicos trocáveis (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e Na^+) foram influenciados pelos fatores controle de ervas espontâneas, dose de cama de aves aplicada e camada de solo (Tabelas 3 e 4).

A aplicação de cama de aves elevou os teores de Ca^{2+} de 8,7 para 15,0 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente na dose 0 e 20 Mg ha^{-1} . Em profundidade o teor de Ca^{2+} reduziu de 16,2, 12,7 para 8,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm (Tabela 3). Houve interação entre dose e camada, sendo que os maiores teores observados na camada superficial ocorreram nas maiores doses, resultando também na descida do cálcio até a camada de 10 a 20 cm. Este comportamento é explicado pelos teores deste elemento na composição da cama aplicada (Tabela 2) associados à forma de aplicação, a qual foi realizada superficialmente sem incorporação ao solo, e ainda pela ciclagem deste nutriente através das ervas espontâneas (Fávero et al., 2000).

Os teores de Mg^{+2} foram maiores no controle de ervas pelo roçado (6,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) comparado ao controle por herbicidas (5,4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) (Tabela 3), concordando com Fávero et al. (2000) e Qasen (1992), os quais encontram teores maiores deste elemento em ervas espontâneas quando comparadas com leguminosas utilizadas como adubação verde e feijoeiro respectivamente. O Mg^{+2} , semelhante ao Ca^{+2} , teve efeito significativo na interação dose x camada, com amplitude de variação de 5,1 a 7,3 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Tabela 4).

A presença de teores elevados de cálcio em relação ao magnésio esta relacionada aos maiores teores daquele elemento no resíduo (Tabela 2) e a maior energia de ligação do

cálcio aos sítios presentes no solo, por ter menor raio hidratado que o Mg^{2+} , tendo maior possibilidade de localizar-se na camada de Stern, próximo à superfície carregada negativamente (Meurer et al., 2000; Ernani, 2001).

Tabela 2. Nutrientes, carbono orgânico e umidade gravimétrica da cama de aves aplicada ao Neossolo Litólico.

P⁽¹⁾	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	C	Ug	N
-----g kg ⁻¹ -----				-----mg kg ⁻¹ -----				-----g kg ⁻¹ -----			
27	22	84	8	2668	662	438	161	49	309	404	21,4

(1) P – fósforo; K-potássio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Fe – ferro; Mn - manganês; Zn – zinco; Cu – cobre; B – boro; C – carbono e Ug – umidade gravimétrica.

Os teores de sódio foram alterados pelos fatores dose, camada e todas as interações (Tabela 4). Apenas o sistema de controle de ervas não influenciou significativamente o teor de sódio no solo.

O teor de Na^+ variou de 0,14 a 0,34 $cmol_c\ kg^{-1}$ e, nos dois sistemas de controle de ervas espontâneas, aumentou com as doses de cama de 0,15 na dose 0 para 0,26 $cmol_c\ kg^{-1}$ na dose de 20 $Mg\ ha^{-1}$. O sódio diminuiu de 0,23 na camada de 0 a 5 cm para 0,17 $cmol_c\ kg^{-1}$ de 10-20 cm (Tabela 4). Na dose 0 não houve diferença entre as camadas enquanto nas doses de 5, 10 e 20 $Mg\ ha^{-1}$ observou-se concentração deste elemento na camada superficial. Esta diferença deve-se ao alto teor de Na normalmente presente na cama de aves e ter sido aplicada na superfície do solo.

Tabela 3. Teores de Cálcio e Magnésio no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Cálcio			Magnésio		
		Herbicida	Rocado	média	Herbicida	Rocado	média
Mg ha ⁻¹	cm	cmol _c kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹		
0	0-5	10,0	12,6	11,3Ac	5,5	7,8	6,6 Aa
	5-10	6,6	9,8	8,2 Bc	4,9	7,5	6,2 Aa
	10-20	5,1	8,4	6,8 Cb	4,9	7,0	5,9 Abc
	média	7,2	10,2	8,7 C	5,1	7,4	6,0
5	0-5	16,5	15,4	16,0 Ab	5,7	5,7	5,7 Aa
	5-10	12,9	12,5	12,7 Bb	6,1	6,5	6,3 Aa
	10-20	9,3	9,8	9,6 Ca	5,4	8,0	6,7 Aab
	média	12,9	12,6	12,7 B	5,7	6,7	6,2
10	0-5	17,3	20,3	18,8 Aa	5,0	6,4	5,7 Ba
	5-10	13,0	14,4	13,7 Bb	4,9	6,5	5,7 Bab
	10-20	8,1	9,0	8,6 Ca	6,7	7,8	7,3 Aa
	média	12,8	14,5	13,7 AB	5,5	6,9	6,2
20	0-5	19,2	18,7	18,9 Aa	5,5	6,3	5,9 Aa
	5-10	18,0	14,5	16,3 Ba	5,3	4,9	5,1 Ab
	10-20	11,8	7,8	9,8 Ca	4,9	6,1	5,5 Ac
	média	16,3	13,7	15,0 A	5,2	5,8	5,5
Camada	0-5	15,8	16,7	16,2 A	5,1	6,5	5,8
	5-10	12,7	12,8	12,7 B	5,3	6,4	5,8
	10-20	8,7	8,8	8,7 C	5,5	7,2	6,4
Erva		12,3	12,7		5,4 B	6,7 A	
Prob > F							
Atributos Erva		Dose	Camada	E * D	E * C	D * C	E * D * C
Ca	0,63	0,01	0,01	0,06	0,51	0,01	0,33
Mg	0,02	0,37	0,14	0,34	0,36	0,04	0,23

Letras minúsculas comparam doses em cada camada e letras maiúsculas comparam camadas em cada dose, a média das doses e das ervas (DMS 5%).

Os teores de K⁺ estavam, na média, acima do teor crítico que é de 0,22 cmol_c kg⁻¹ (Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC, 1995). Com a adição de cama de aves, aumentou de 0,26 na dose 0 para 0,78 cmol_c kg⁻¹ na dose de 20 Mg ha⁻¹ (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Scherer et al. (1984) o qual estudou a aplicação de

esterco de suínos em milho após três anos de cultivo, Rueda et al. (1992) com aplicação de cama de aves na cultura de amoreira em Latossolo Vermelho-Amarelo e Rauber et al. (2002) quando estudou a aplicação de cama de aves na cultura de milho em propriedade no nordeste do Rio Grande do Sul. Os aumentos observados ocorreram nas camadas superficiais variando de 0,61 na camada de 0 a 5 cm para 0,42 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de 10 a 20 cm (Tabela 4). Um dos fatores que contribuiu para o acúmulo deste cátion na camada de 0-5 cm foi à alta concentração do K^+ na composição da cama (Tabela 2) e a forma de aplicação da cama, em superfície sem incorporação. Ceretta et al. (2003), demonstraram o mesmo comportamento do K^+ em profundidade quando aplicada na forma de esterco líquido de suíno em pastagem natural.

O controle de ervas espontâneas e as demais interações não influenciaram os teores deste cátion no solo (Tabela 4), entretanto, Fávero *et al.* (2000) demonstraram a influência de ervas espontâneas na ciclagem de nutrientes como P, K^+ e Mg^{2+} , chegando acumular até três vezes mais quando comparados com leguminosas tradicionalmente utilizadas em adubação verde. Dentre as espontâneas destacaram-se *Portulaca olerácea*, *Euphorbia heterophylla*, *Bidens pilosa*, *Commelina benghalensis* e ainda *Melampodium perfoliatum*.

Tabela 4. Teores de sódio e potássio no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Sódio			Potássio		
		Herbicida	Roçado	média	Herbicida	Roçado	Média
Mg ha ⁻¹	cm	-----cmol _c kg ⁻¹ -----					
0	0-5	0,14	0,16	0,15 Ad	0,22	0,46	0,34
	5-10	0,14	0,15	0,15 Ad	0,13	0,37	0,25
	10-20	0,14	0,15	0,14 Ac	0,12	0,29	0,21
	média	0,14 Ca	0,15 Ca	0,15 D	0,16	0,37	0,26 C
5	0-5	0,20	0,22	0,21 Ac	0,41	0,60	0,51
	5-10	0,17	0,19	0,18 Bc	0,37	0,60	0,48
	10-20	0,16	0,17	0,17 Bd	0,27	0,44	0,36
	média	0,18 Ba	0,19 Ba	0,19 C	0,35	0,55	0,45 B
10	0-5	0,21	0,27	0,24 Ab	0,71	0,74	0,72
	5-10	0,18	0,24	0,21 Bb	0,60	0,48	0,54
	10-20	0,17	0,21	0,19 Ca	0,36	0,45	0,40
	média	0,19 Bb	0,24 Aa	0,21 B	0,55	0,55	0,55 B
20	0-5	0,32	0,34	0,33 Aa	0,93	0,80	0,86
	5-10	0,27	0,22	0,24 Ba	0,82	0,68	0,75
	10-20	0,20	0,19	0,19 Ca	0,78	0,67	0,73
	média	0,26 Aa	0,25 Aa	0,26 A	0,84	0,72	0,78 A
Camada	0-5	0,22 Ab	0,25 Aa	0,23 A	0,57	0,65	0,61 A
	5-10	0,19 Bb	0,20 Ba	0,19 B	0,48	0,53	0,50 B
	10-20	0,17 Cb	0,18 Ca	0,17 C	0,38	0,46	0,42 C
Erva		0,19	0,21		0,48	0,55	
Prob > F							
Atributos	Erva	Dose	Camada	E * D	E * C	D * C	E * D * C
Sódio	0,08	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Potássio	0,29	0,01	0,01	0,07	0,91	0,38	0,85

Letras maiúsculas comparam o efeito das camadas em cada dose de cama. Letras minúsculas comparam o efeito das doses, das camadas e em cada dose o efeito da camada (DMS 5%).

2.3.2 Parâmetros da acidez do solo

A acidez é um dos principais parâmetros relacionados à disponibilidade de nutrientes no solo e ao desenvolvimento das culturas, pois afeta diretamente as reações de troca de cátions e ânions, adsorção química, precipitação e oxi-redução (Ernani, 2001). O processo de acidificação do solo, nas regiões subtropicais e tropicais, inicia com a solubilização da rocha, com posterior perda de cátions do solo associada à retenção preferencial de cátions de maior valência, como o alumínio (Meurer, et al., 2000).

O teor de Al^{3+} trocável, de $Al + H$ e a saturação por alumínio no solo variaram pouco com os fatores avaliados e geralmente estiveram abaixo de 0,5, 0,6 cmolc kg^{-1} e 5,8 %, respectivamente, ambos na dose 0 no sistema com controle de ervas espontâneas através de herbicida (Tabela 5). Estes teores são considerados baixos pela CQFS (1995), sendo característicos de sistemas de produção de maçãs (Ernani, 1981; Nuernberg, 1983; Rueda, 1992; Rauber et al., 2002; Ceretta et al., 2003).

Ernani & Gianello (1983) observaram em Neossolo Litólico redução do alumínio trocável com a aplicação de cama de aves, também constatado por Hoyt & Turner (1975), Ernani (1981) e Holanda et al. (1982).

No controle de ervas pelo roçado, os teores de Al^{3+} e $Al + H$ não foram afetados pela aplicação da cama. Como o conteúdo de carbono orgânico é alto, parte do Al e H podem estar complexados pelos ácidos fúlvicos e húmicos que são muito reativos (Ceretta, 1995).

As diferenças entre o pH em água e o pH em $CaCl_2$ mantiveram-se entre -0,4 a -0,6, caracterizando solos com predomínio de cargas elétricas negativas (Ernani & Almeida, 1986).

O pH variou, segundo classificação de Volkweiss (1989), de muito ácido a ácido na dose 0 Mg ha⁻¹ no controle de ervas com herbicida, para pouco ácido a aproximadamente neutro nas doses de cama (5, 10 e 20 Mg ha⁻¹) em ambos os controles de ervas espontâneas (Tabela 6). O pH foi maior no sistema de controle de plantas espontâneas com roçadas e nos tratamentos que receberam cama de aves (5 10 e 20 Mg ha⁻¹). Na média foi maior na camada de 0 a 5 cm (6,8) e diminuiu na camada de 10 a 20 cm (6,2).

As diferenças entre o pH em água e o pH em CaCl₂ mantiveram-se entre -0,4 a -0,6 (Tabela 6), caracterizando solos com predomínio de cargas elétricas negativas (Ernani & Almeida, 1986). As reduções do Al trocável com o aumento do pH em água podem ocorrer devido à amônia liberada na decomposição orgânica e às reações de complexação (Hoyt & Turner, 1975), além da concorrência direta por sítios de ligação, ocorrendo a liberação do Al trocável para o solução do solo, favorecendo a complexação deste elemento.

Por outro lado, ao contrário do que verificaram Ernani & Gianello (1983), não se observou aumento do pH nas camadas mais distantes da camada orgânica, não caracterizando aí o processo difusivo no solo em estudo. Este comportamento pode estar associado ao alto poder tampão deste solo, em função da baixa mineralização da matéria orgânica influenciada pela baixa temperatura média anual na região, afetando negativamente o processo de mineralização da matéria orgânica e atuação da fauna edáfica neste processo.

Tabela 5. Teores de Alumínio, H+Al e Saturação por Alumínio em um Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Alumínio			H + Al			m		
		Herbicida	Rocado	média	Herbicida	Rocado	média	Herbicida	Rocado	Média
Mg ha ⁻¹	cm	-----cmol _c kg ⁻¹ -----			-----			-----%		
0	0-5	0,4	0,1	0,3	0,5	0,2	0,3	3,3	0,4	1,8
	5-10	0,5	0,1	0,3	0,6	0,2	0,4	4,3	0,9	2,6
	10-20	0,5	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	5,8	1,1	3,4
	média	0,5 Aa	0,1 Bb	0,3	0,6 Aa	0,2 Bb	0,4	4,5 Aa	0,8 Ab	2,6 A
5	0-5	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,9	1,2	1,1
	5-10	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	1,0	0,8	0,9
	10-20	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,4	1,0	1,2
	média	0,2 Ba	0,2 Aa	0,2	0,3 Ba	0,3 ABa	0,3	1,1 Ba	1,0 Aa	1,0 B
10	0-5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	0,9	0,9
	5-10	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	1,3	0,5	0,9
	10-20	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	1,4	2,1	1,7
	média	0,2 Ba	0,2 Aa	0,2	0,3 Ba	0,3 ABa	0,3	1,2 Ba	1,2 Aa	1,2 B
20	0-5	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	0,9	1,0
	5-10	0,2	0,5	0,4	0,3	0,6	0,4	1,0	2,2	1,6
	10-20	0,3	0,1	0,2	0,4	0,2	0,3	2,1	1,0	1,5
	média	0,3 Ba	0,3 Aa	0,3	0,3 Ba	0,4 Aa	0,4	1,4 Ba	1,4 Aa	1,4 B
Camada	0-5	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	1,6	0,8	1,2 B
	5-10	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	1,9	1,1	1,5 AB
	10-20	0,3	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	2,7	1,3	2,0 A
Erva		0,3	0,2		0,4	0,3		2,0 A	1,1 B	
Probab > F										
Atributos	Erva	Dose	Camada	E * D	E * C	D * C	E * D * C			
Al	0,06	0,07	0,89	0,01	0,89	0,29	0,09			
H+Al	0,06	0,07	0,88	0,01	0,89	0,29	0,09			
m	0,05	0,01	0,01	0,01	0,36	0,37	0,18			

Letras minúsculas comparam o efeito da erva em cada dose e maiúsculas o efeito das doses em cada erva. Para a saturação por alumínio letras maiúsculas comparam também o efeito das camadas e do controle de ervas pelo teste DMS a 5% .

Tabela 6. Valores de pH em água, pH em CaCl₂ e delta pH no Neossolo Litólico, cultivado com macieira, manejado com dois sistemas de controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada cm	pH água			pH CaCl ₂			Delta pH		
		Herbicida	Raçado	média	Herbicida	Raçado	média	Herbicida	Raçado	média
0	0-5	6,1	6,8	6,4	5,6	6,4	6,0	-0,5	-0,4	-0,4 Bc
	5-10	5,6	6,8	6,2	5,1	6,3	5,7	-0,5	-0,6	-0,5 Aa
	10-20	5,5	6,6	6,1	5,0	6,1	5,5	-0,5	-0,5	-0,5 ABab
	média	5,7 Bb	6,7 Aa	6,2 B	5,2 Bb	6,2 Aa	5,7 B	-0,5	-0,5	-0,5
5	0-5	6,8	7,2	7,0	6,3	6,8	6,5	-0,5	-0,4	-0,4 Abc
	5-10	6,5	6,8	6,6	5,9	6,3	6,1	-0,6	-0,5	-0,5 Aa
	10-20	6,2	6,6	6,4	5,7	6,0	5,8	-0,5	-0,6	-0,5 Aab
	média	6,5 Ab	6,8 Aa	6,7 A	6,0 Aa	6,4 Aa	6,2 A	-0,5	-0,5	-0,5
10	0-5	6,9	7,0	6,9	6,3	6,6	6,4	-0,7	-0,4	-0,5 Aab
	5-10	6,6	6,5	6,6	6,1	6,0	6,0	-0,5	-0,5	-0,5 Aa
	10-20	6,1	5,9	6,0	5,5	5,4	5,4	-0,6	-0,6	-0,6 Aa
	média	6,5 Aa	6,5 Aa	6,5 A	5,9 Aa	6,0 Aa	6,0 AB	-0,6	-0,5	-0,6
20	0-5	6,7	7,0	6,8	6,2	6,4	6,3	-0,5	-0,6	-0,6 Aa
	5-10	6,8	6,9	6,8	6,3	6,3	6,3	-0,5	-0,6	-0,5 Aba
	10-20	6,1	6,5	6,3	5,6	6,0	5,8	-0,5	-0,4	-0,5 Bb
	média	6,5 Aa	6,8 Aa	6,6 A	6,0 Aa	6,3 Aa	6,1 A	-0,5	-0,5	-0,5
Camada	0-5	6,6	7,0	6,8 A	6,1	6,5	6,3 A	-0,5 Aa	-0,4 Bb	-0,5
	5-10	6,4	6,8	6,6 B	5,8	6,2	6,0 B	-0,5 Aa	-0,5 Aa	-0,5
	10-20	6,0	6,4	6,2 C	5,4	5,9	5,6 C	-0,5 Aa	-0,5 Aa	-0,5
Erva		6,3 B	6,7 A		5,8	6,2		-0,5	-0,5	
Probab > F										
Atributos	Erva	Dose	Camada	E * D	E * C	D * C	E * D * C			
pH água	0,05	0,01	0,01	0,01	0,96	0,19	0,73			
pH CaCl₂	0,06	0,02	0,01	0,01	0,88	0,11	0,62			
Delta pH	0,3	0,21	0,28	0,29	0,05	0,03	0,06			

Letras maiúsculas comparam o efeito das camadas em cada dose de cama. Letras minúsculas comparam o efeito das doses, das camadas e em cada dose o efeito da camada (DMS 5%).

2.3.3 Soma de bases, Saturação por bases e CTC pH₇.

O controle de ervas espontâneas e as doses de cama de aves influenciaram a soma (SB) e a saturação por bases (V) no solo. A SB variou de 15,4 na dose 0 Mg ha⁻¹ até 21,5 cmol_c kg⁻¹ na dose de 20 Mg ha⁻¹ e diminuiu de 23,1 na camada de 0-5 cm para

15,6 cmol_c kg⁻¹ na camada de 10-20 cm (Tabela 7). A SB média em cada camada aumentou com a aplicação de doses de cama.

A CTC pH₇ apresentou diferenças entre as doses de cama e entre camadas, com comportamento semelhante ao da soma de bases trocáveis e do H + Al³⁺, os quais fazem parte do cálculo da CTC.

A saturação por bases (V) na média das camadas variou de 95 a 99 %, também considerado alta pela CQFS (1995). Observou-se que a menor saturação por bases foi no tratamento com dose 0 de cama de aves no controle de ervas com herbicida e na média dos demais tratamentos foi superior a 98 %.

Observando-se SB e V pode-se afirmar que a adição de cama de aves e a manutenção da cobertura do solo pelas ervas espontâneas, bem como pela ciclagem dos nutrientes, podem ser benéficos para a qualidade do ambiente, principalmente em sistemas de produção de frutas, que, normalmente, são muito exigentes em relação à disponibilidade de nutrientes e acidez do solo.

2.3.4 Nitrogênio mineral

O ânion nitrato (NO₃⁻) é a principal forma do nitrogênio mineral existente nos solos e como não é adsorvido quimicamente, permanece na solução do solo ficando sujeito a lixiviação (Ernani, 2001). O teor de NO₃⁻ variou de 2,9 mg dm⁻³ na dose 0 Mg ha⁻¹ a 5,1 mg dm⁻³ na dose 20 Mg ha⁻¹ (Tabela 8), um acréscimo de 75 %, porém ficou abaixo da concentração máxima de 10 mg dm⁻³ considerada crítica para avaliar risco ambiental (Environmental Protect Agency, 1999). Em estudo realizado em Concórdia-SC, em solo argiloso, encontraram-se teores de NO₃⁻ na profundidade de 40-60 cm de 12; 19 e 18 mg L⁻¹, com doses de esterco de suínos equivalentes a 50, 100 e 150 kg ha⁻¹ de N, respectivamente (Prefeitura Municipal de Concórdia, 1994).

Outro fator que colabora para a lixiviação do NO_3^- é a sua capacidade de ligar-se somente eletrostaticamente, porém, no solo em estudo a carga líquida predominante é negativa, favorecendo este processo de perda de N. Isto é evidenciado pelo aumento de $3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 0-5 cm para $4,7 \text{ mg dm}^{-3}$ na camada de 10-20 cm, um acréscimo de 56 %. A análise das interações não revelou nenhuma tendência clara em relação ao comportamento do nitrato. Talvez isto esteja relacionada à grande variabilidade espacial, inerente desta forma de nitrogênio mineral.

Os teores de amônio não foram influenciados pelos tratamentos e foram baixos, uma vez que ao ser adicionado em superfície sem incorporação pode ser perdido por volatilização. Oliveira et al. (2003), estudando cama de franga tratada com diferentes aditivos, constataram que a volatilização da amônia foi de 11, 32, 57; 84 e 78 mg kg^{-1} na cama reutilizada + gesso agrícola, cama reutilizada + sulfato de alumínio, cama nova, cama reutilizada e cama reutilizada + cal hidratada, respectivamente.

Tabela 7. Soma de Bases (SB), Saturação por Bases (V%) e CTC a pH_{7,0} em Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	SB			V			CTC pH ₇		
		Herb	Roçado	média	Herb	Roçado	méd	Herb	Roçado	méd.
Mg ha ⁻¹	cm	-----cmol _c kg ⁻¹ -----			-----%-----			-----cmol _c kg ⁻¹ -----		
0	0-5	15,9	21,0	18,4Ac	96	99	98	16,4	21,1	18,8Aa
	5-10	11,7	17,8	14,8Bc	95	99	97	12,3	18,1	15,2Bc
	10-20	10,3	15,8	13,1Bb	93	98	96	11,0	16,0	13,5Bd
	média	12,6Bb	18,2Ba	15,4B	95Ba	99Ab	97B	13,2 Ba	18,4 Ba	15,8 B
5	0-5	22,9	21,9	22,4Ab	99	98	99	23,2	22,2	22,7 Ab
	5-10	19,6	19,8	19,7Bb	99	99	99	19,8	20,0	19,9 Bb
	10-20	15,1	18,5	16,8Ca	98	99	98	15,4	18,7	17,1Ca
	média	19,2Aa	20,1ABa	19,6 A	98Aa	99Aa	99 A	19,5 Aa	20,3ABa	19,9 A
10	0-5	23,3	27,7	25,5Aa	99	99	99	23,6	28,0	25,8 Aa
	5-10	18,7	21,6	20,2Bb	98	99	99	19,0	21,8	20,4 Bb
	10-20	15,4	17,5	16,4Ca	98	98	98	15,7	17,9	16,8 Ca
	Média	19,1Aa	22,3 Aa	20,7 A	98 Aa	99 Aa	98 A	19,4 Aa	22,6 Aa	21,0 A
20	0-5	26,0	26,1	26,0Aa	99	99	99	26,3	26,4	26,4Aa
	5-10	24,4	20,3	22,4Bab	99	97	98	24,7	20,9	22,8Ba
	10-20	17,7	14,8	16,3Ca	98	99	98	18,1	15,1	16,6Ca
	Média	22,7Aa	20,4 ABa	21,5 A	98 Aa	98 Aa	98 A	23,0Aa	20,8 ABa	21,9 A
Camada	0-5	22,0	24,2	23,1 A	98	99	98 A	22,4	24,5 A	23,4
	5-10	18,6	19,9	19,2 B	98	99	98 A	19,0	20,2 B	19,6
	10-20	14,6	16,6	15,6 C	97	98	98 B	15,0	16,9 C	16,0
Erva		18,4	20,2		98	99	98	18,8	20,5	
Prob>F										
Atributos		Erva	Dose	Camada	E * D	E * C	D * C	E * D * C		
SB		0,13	0,01	0,01	0,03	0,71	0,03	0,23		
V		0,05	0,01	0,01	0,01	0,23	0,33	0,17		
CTC pH₇		0,14	0,01	0,0	0,04	0,73	0,02	0,27		

Letras maiúsculas comparam o efeito das camadas em cada dose de cama. Letras minúsculas comparam o efeito das doses, das camadas e em cada dose o efeito da camada (DMS 5%).

Tabela 8. Teores de Nitrato e Amônio no Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Nitrato			Amonio		
		Herbicida	Roçado	média	Herbicida	Roçado	média
Mg ha ⁻¹	cm	-----mg dm ⁻³ -----					
0	0-5	3,8	1,8	2,8	4,9	4,5	4,7
	5-10	2,3	1,6	2,0	1,4	3,4	2,4
	10-20	5,4	2,6	4,0	6,6	4,7	5,7
	média	3,9 Ba	2,0 Bb	2,9 B	4,3	4,2	4,3
5	0-5	4,0	2,2	3,1	3,1	6,5	4,8
	5-10	4,2	2,4	3,3	6,0	2,9	4,4
	10-20	9,1	2,1	5,6	4,7	4,0	4,3
	média	5,8 Aa	2,2 Bb	4,0 AB	4,6	4,5	4,5
10	0-5	3,3	2,4	2,9	3,8	4,3	4,1
	5-10	2,8	3,9	3,4	4,5	4,2	4,3
	10-20	1,3	3,0	2,2	3,9	1,2	2,5
	média	2,5 Ba	3,1 Ba	2,8 B	4,1	3,2	3,6
20	0-5	2,5	3,8	3,1	5,3	4,3	4,8
	5-10	3,9	6,8	5,3	3,6	5,6	4,6
	10-20	2,4	11,5	6,9	2,4	6,5	4,5
	média	2,9 Bb	7,4 Aa	5,1 A	3,8	5,5	4,6
Camada	0-5	3,4	2,5	3,0 B	4,3	4,9	4,6
	5-10	3,3	3,6	3,5 AB	3,9	4,0	3,9
	10-20	4,5	4,8	4,7 A	4,4	4,1	4,2
Erva		3,8	3,7		4,2	4,3	
Prob> F							
Atributos	Erva	Dose	Camada	E*D	E*C	D*C	E*D*C
Nitrato	0,86	0,01	0,03	0,01	0,58	0,15	0,02
Amônio	0,78	0,52	0,64	0,36	0,81	0,36	0,09

Letras maiúsculas comparam médias na coluna e minúsculas comparam médias nas linhas DMS a 5% .

2.3.5 Produtividade da macieira

Nuernberg et al. (2000) determinaram a produção de maçã a partir da contagem de frutos de cada planta útil antes da colheita e multiplicado pelo peso médio de 100 frutos, amostrados aleatoriamente por ocasião da colheita. Ao final do segundo ano, tanto o rendimento de frutos (dados não mostrados) como os pesos de frutos (Tabela 9), foram afetados pelas doses de cama e dependentes do sistema de manejo. Nas doses de cama de 0 e 5 Mg ha⁻¹, o controle das ervas espontâneas pelo herbicida foi mais produtivo, porém foi inferior ao roçado na dose de 20 Mg ha⁻¹ de cama de aves. No roçado há competição com as ervas que cobrem o solo durante todo o ano enquanto no controle com herbicidas, o solo permanece descoberto durante a maior parte do tempo e a competição com as macieiras por água e nutrientes é menor. Assim, no sistema com mais competição a cama de aves aumentou a produtividade até na maior dose.

A menor produtividade alcançada foi na dose 0 no controle por roçadas (24.885 kg ha⁻¹), mesmo assim os valores ficaram acima da média nacional que é de 24.171 kg ha⁻¹ (Epagri, 2002; ABPM, 2007).

Tabela 9. Peso de frutos por hectare no Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC. ⁽¹⁾

Dose de cama	Peso de frutos	
	Herbicida	Roçado
Mg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	
0	29.869	24.885
5	37.450	26.058
10	37.957	37.997
20	34.659	43.661

⁽¹⁾ Dados fornecidos por Nuernberg et al. (2003) não publicados.

2.4 CONCLUSÕES

- 1- O controle das ervas espontâneas com roçadas aumenta os teores de magnésio e o pH em água e reduz a saturação por alumínio em comparação ao sistema com herbicida.
- 2- A adição de cama de aves, devido sua composição química, aumenta os teores de Ca, Na e K, com conseqüências na soma e saturação por bases e reduz a acidez do solo. O teor de nitrato permanece abaixo do nível máximo estipulado na legislação. Assim é uma alternativa viável para melhorar as características químicas de solos ácidos e com deficiência de nutriente às plantas.

3 ESTUDO 2 - CONTROLE DE ERVAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA EM MACIEIRA: PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

3.1 INTRODUÇÃO

Um custo importante na agricultura atual refere-se aos insumos fertilizantes e corretivos da acidez e para reduzir estes custos, os agricultores estão usando adubos orgânicos como uma das alternativas para a substituição da adubação mineral. Entre os adubos usados, destaca-se a cama de aves.

Uma das propriedades da cama de aves é atuar como condicionador de solo, resultando em uma qualidade estrutural favorável à emergência de plântulas, desenvolvimento radicular, aeração, infiltração e movimento de água no perfil do solo (Primavesi, 1980; Kiehl, 1985).

A qualidade estrutural pode ser analisada segundo dois aspectos: avaliações de parâmetros relacionados à forma da estrutura (Albuquerque *et al.*, 1995), como densidade do solo, condutividade hidráulica saturada e porosidade e avaliações de parâmetros relacionados à estabilidade da estrutura (Campos *et al.*, 1995).

A estabilidade de agregados tem relação com a classe do solo, o sistema de manejo ao qual o mesmo é submetido e, fundamentalmente, o tempo de utilização do sistema de manejo em mesmas condições edafoclimáticas (Costa, 2001). A formação e a estabilização dos agregados ocorrem simultaneamente mediante a atuação de processos físicos, químicos e biológicos. Bayer & Mielniczuk (1999) destacam que a formação dos agregados é influenciada não só pelos ciclos de umedecimento e secagem, congelamento e descongelamento, mas também pela ação das raízes e que, após a aproximação das

partículas minerais, o C-orgânico é de importância fundamental na estabilização dos agregados.

As plantas espontâneas ou cultivadas atuam diretamente na agregação através da ação de suas raízes, as quais exercem pressão sobre as partículas, liberam exudatos orgânicos e junto com a parte aérea, é fonte de energia para os microorganismos que contribuem para produção de polissacarídeos, estes importantes na agregação. Portanto, o sistema de controle de ervas espontâneas poderá interferir na estrutura do solo em função do crescimento das ervas e da deposição dos resíduos na superfície no sistema com roçadas.

A cama de aves após ser transformada em matéria orgânica participa das ligações entre as partículas individuais do solo, atuando como agente cimentante pelas suas características de superfície, as quais controlam reações importantes e contribuem para determinar seu comportamento frente às práticas de manejo agrícola e alterações no ambiente (Lima, 2003).

Bayer & Mielniczuk (1997) explicam que o maior conteúdo de carbono orgânico nas camadas superficiais dos solos não revolvidos, comparativamente com os demais preparos, é devido a menor taxa de perda de matéria orgânica e a localização superficial do material orgânico adicionado por sistemas de cultivo.

O suprimento contínuo de matéria orgânica bem como a utilização de culturas de cobertura e adubação verde contribui para proteção ao solo frente aos processos erosivos. De certa maneira há a necessidade de controlar as plantas espontâneas, mantendo desta forma adequada a aeração do solo (Scott, 2000).

Quanto aos fluxos de ar e água, a matéria orgânica tem efeitos indiretos, atuando tanto no aumento da agregação e da porosidade quanto na diminuição da densidade do solo (Metzger & Yaron, 1987). Beutler *et al.* (2002) verificaram que pequenas variações no teor

de matéria orgânica não alteraram a retenção de água, que foi maior com o aumento da densidade do solo, nas tensões de água de 6 a 300 kPa. A retenção de água é característica de cada solo, sendo resultado da ação conjunta e complexa de vários fatores, como o teor e mineralogia da fração argila (Ferreira *et al.*, 1999), teor de matéria orgânica e qualidade da estrutura (Reichardt, 1988; Beutler *et al.*, 2002).

O objetivo deste estudo foi caracterizar as propriedades físicas relacionadas à estabilidade da estrutura e à forma da estrutura de um Neossolo Litólico submetido a dois sistemas para controle de ervas espontâneas e doses de cama de aves.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Descrição do experimento e localização geográfica

Esta segunda parte do estudo foi desenvolvida na mesma área experimental do estudo sobre caracterização química, portanto a localização e a descrição do experimento estão no capítulo 1.

3.2.2 Coleta das amostras

As amostras para determinações físicas foram coletadas em dois momentos distintos. Em setembro de 2002, amostras deformadas foram coletadas em trincheiras na linha de cultivo, nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, para determinar a estabilidade de agregados, os conteúdos de carbono orgânico, argila, silte e areia e o grau de floculação.

Em novembro de 2003, amostras indeformadas foram coletadas na linha de cultivo, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, para determinar a densidade, as porosidades, umidade gravimétrica, umidade volumétrica, água disponível e água prontamente disponível. Para isto foram utilizados cilindros metálicos, com 25 mm de altura e 50 mm de diâmetro, os quais foram acondicionados em latas de alumínio e transportados ao laboratório de Física dos Solos do Centro de Ciências Agroveterinárias – CAV, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

3.2.3 Determinações de laboratório

Foram utilizadas amostras de agregados da classe entre 8 e 4,75 mm para determinação da estabilidade de agregados em água (Kemper & Chepil, 1965), representada pelo diâmetro médio geométrico (DMG). As peneiras tinham abertura da malha de 4,75; 2,00; 1,00 e 0,25 mm, e o equipamento utilizado foi semelhante àquele idealizado por Yoder (1936). Antes da agitação os agregados permaneceram imersos em água durante 10 minutos, seguido por agitação de 10 minutos, com 40 oscilações por minuto, curso de oscilação vertical de 3,8 cm.

Foi analisado o carbono orgânico por meio de oxidação por $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$, segundo o método de Walkley-Black (Allison, 1965).

Antes da dispersão para determinar a granulometria do solo a matéria orgânica foi removida com peróxido de hidrogênio devido à ação cimentante da matéria orgânica sobre as partículas de argila

A umidade gravimétrica (U_g) foi determinada pesando-se os anéis volumétricos com as amostras do solo com a umidade de campo e, novamente, após a secagem em estufa a 105°C durante 48 horas. A U_g ($kg\ kg^{-1}$) e a UV ($m^3\ m^{-3}$) foram obtidas através das seguintes equações:

$$U_g = \frac{Ma}{M_{ss}} \quad \theta = \frac{Va}{Vs}$$

Onde: Ma é a massa de água atual (g) contida na amostra; M_{ss} é a massa de solo seco em estufa a 105°C (g); Va é o volume de água atual (m^3) e; Vs é o volume da amostra (m^3) contida no anel volumétrico.

A densidade do solo (D_s ; $g\ cm^{-3}$) foi determinada pelo método do anel volumétrico (Blake & Hartge, 1986), após terem sido realizadas todas as outras determinações programadas com as amostras do solo nos anéis. As amostras foram secas em estufa a

105°C durante 48 horas e pesadas. A densidade do solo foi determinada dividindo-se a massa de solo seco pelo volume conhecido da amostra.

$$D_s = \frac{M_{ss}}{V_s}$$

onde: M_{ss} = massa de solo seco em estufa a 105°C e; V_s = volume de solo no anel.

A porosidade total do solo (PT ; $m^3 m^{-3}$) foi calculada por intermédio da massa do anel saturado menos a massa deste seco em estufa a 105°C e dividido pelo volume do anel. A microporosidade foi determinada pelo volume de água retida no solo após sucção equivalente a 6 kPa, realizada por mesa de areia. A macroporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a microporosidade. Estas propriedades foram difíceis de serem determinadas, pois o Neossolo avaliado apresentou grande expansão e contração, interferindo na capacidade de retenção de água e no volume de solo contido nos cilindros.

3.2.4 Análise estatística

A significância dos efeitos dos fatores controle de ervas espontâneas, doses de cama de aves, camada de coleta e suas interações foram avaliadas através da análise da variância segundo delineamento de blocos ao acaso com parcelas subsub divididas com quatro repetições. Para as doses de cama de aves foi aplicada regressão linear a 5% de significância. Quando houve significância as médias foram comparadas pelo teste de DMS a 5 % de significância (SAS, 1990).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Granulometria

O Neossolo apresentou grande variabilidade nos teores de argila, silte e areia resultando em classes texturais média e argilosa (Embrapa, 1999). Além disso, em função da gênese do solo, a argila aumentou de 283 g kg^{-1} na camada de 0-5 cm para 395 g kg^{-1} de 10-20 cm, enquanto os teores de silte e de areia diminuíram (Anexo 3).

3.3.2 Carbono orgânico (CO)

A dose de cama de aves não influenciou o teor de CO, pois os resíduos deixados na superfície são incorporados gradativamente ao solo e decompostos pelos microrganismos concordando com Alves e Resende (1998). Com a cama são adicionados elementos químicos, que em solos naturalmente pobres podem estimular a decomposição microbiana. O teor de CO diminuiu de 52 g kg^{-1} na camada de 0-5 cm para 47 g kg^{-1} na camada de 10-20 cm (Tabela 10). Houve efeito do controle de ervas com maior teor de CO no sistema com roçado (52 g kg^{-1}) comparado ao herbicida (46 g kg^{-1}). Estas diferenças podem ser explicadas em parte pelo acúmulo de resíduos vegetais deixados sobre o solo no controle das ervas com roçado além de raízes remanescentes das ervas espontâneas.

Outro fator que pode explicar este acúmulo na superfície está ligado à forma de aplicação da cama, o qual foi adicionado na linha de cultivo, a lanço, sob a projeção das copas das árvores sem revolvimento do solo. Deve-se considerar a possibilidade de efeitos de amostragem do solo, já que os resíduos vegetais se misturam ao solo nas camadas mais

superficiais, dificultando a sua separação. Comportamento semelhante foi descrito por Ceretta et al. (2003) e Alcântara & Ferreira (2000).

Tabela 10. Conteúdo de carbono orgânico do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Carbono orgânico					
Mg ha ⁻¹	cm	Herbicida	Roçado	média			
		g kg ⁻¹					
0	0-5	45	55	50			
	5-10	46	55	50			
	10-20	46	54	50			
	média	46	55	50			
5	0-5	49	58	53			
	5-10	43	54	49			
	10-20	46	47	47			
	média	46	53	50			
10	0-5	47	55	51			
	5-10	43	53	48			
	10-20	43	50	47			
	média	44	53	48			
20	0-5	49	55	52			
	5-10	51	45	48			
	10-20	46	43	45			
	média	49	47	48			
Camada	0-5	51	52	52 A			
	5-10	47	51	49 B			
	10-20	46	48	47 B			
Erva	média	46 B	52 A				
Prob > F							
	Erva	Dose	Camada	E *D	E*P	D*P	E*D*P
Carbono	0,01	0,81	0,01	0,41	0,31	0,54	0,34

Letras maiúsculas comparam médias das ervas e das camadas pelo teste DMS a 5 %.

3.3.3 Estabilidade dos agregados

Observa-se que a estabilidade de agregados foi maior na camada de 0 a 5 cm (1,8 mm) e menor na camada de 10 a 20 cm (1,4 mm) (Figura 1) o que pode estar relacionado ao maior acúmulo de CO na superfície que possui efeito cimentante. O efeito positivo da matéria orgânica sobre a estabilidade dos agregados foi demonstrado por Reichert et al. (1993), Albuquerque et al. (1994) e Campos et al. (1995). Ângulo et al. (1984) e Nuernberg et al. (1986) demonstram que os agregados maiores que 1 mm podem caracterizar solos com adequada qualidade estrutural para o desenvolvimento das culturas. De acordo com Malagón (1976) agregados com DMG maior que 0,6 mm caracterizam solos com boa estabilidade, a qual é dependente da classe de solo e do manejo adotado.

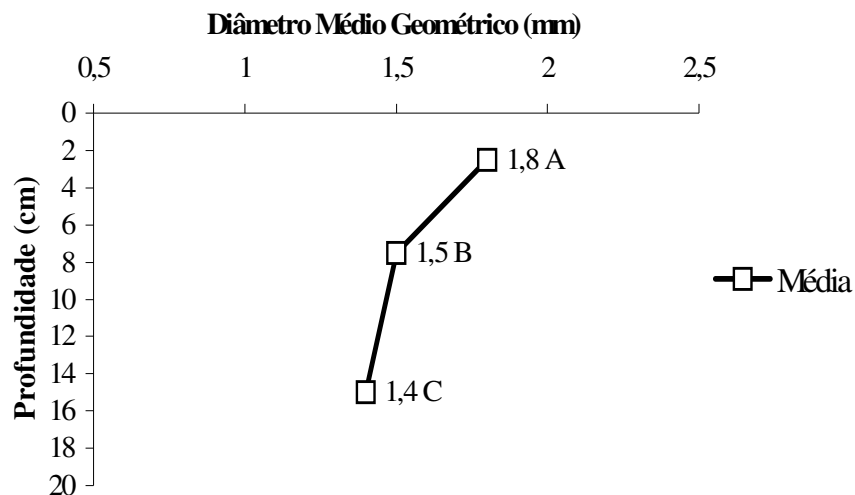


Figura 1 – Diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados do Neossolo Litólico cultivado com macieira sob controles de ervas espontâneas. São Joaquim, SC. Letras maiúsculas comparam médias em camada (DMS a 5%).

As doses de cama aplicadas e o controle de ervas espontâneas não afetaram significativamente a estabilidade de agregados, pois as mesmas não foram elevadas. Deve ser considerada também a variabilidade espacial da área que dificulta a detecção das

possíveis diferenças, mostrando a necessidade de realizar este estudo por um período prolongado e amostrar anualmente este solo.

3.3.4 Microporosidade, macroporosidade e porosidade total.

A microporosidade aumentou de $0,53 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 0 a 5 cm para $0,55 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na camada de 5 a 10 cm, enquanto a macroporosidade diminuiu de $0,20 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de 0 a 5 cm para $0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de 5-10 cm. Houve diferenças na microporosidade quando se avaliou a interação controle de ervas e camadas, entretanto foram iguais a $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tabela 11).

Como a macieira apresenta um sistema radicular que cresce próximo da superfície com grande densidade e a presença de plantas espontâneas, estas raízes exploram uma área maior de solo influenciando o tamanho dos poros, pois o sistema radicular e os microrganismos produzem substâncias que atuam na estrutura do solo. Além disso, os ciclos de umedecimento e secagem associados à extração de água pelas raízes, influenciam na aproximação e distanciamento dos agregados, principalmente na camada mais superficial.

A porosidade total (Tabela 12) e a densidade do solo (Anexo 4) não foram influenciadas pelos tratamentos aplicados, com variação de $0,55$ a $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $1,06$ a $1,15 \text{ Mg m}^{-3}$ respectivamente. Nuernberg et al. (2000) verificou no mesmo experimento que o número de roçadas também era maior nas maiores dosagens de cama, já que as ervas cresciam mais rapidamente em resposta a aplicação da cama de aves. Rueda et al. (1992) não observaram diferenças na porosidade do solo de diferentes perfis cultivados com amoreira intercalada com milho após adições de 5 Mg ha^{-1} de esterco por períodos de 2,5, 6, 13 e 17 anos em um Latossolo Vermelho-Amarelo com sedimentos da formação Rio Claro no município de Rio Claro, estado de São Paulo.

Tabela 11. Microporosidade e macroporosidade do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose Mg há	Camada cm	Macroporosidade			Microporosidade		
		Herbicida	Roçado	média	Herbicida	Roçado	média
m³ m⁻³							
0	0-5	0,25	0,20	0,22	0,51	0,52	0,52
	5-10	0,16	0,16	0,16	0,55	0,55	0,55
	média	0,21	0,18	0,19	0,53	0,53	0,53
5	0-5	0,19	0,19	0,19	0,52	0,54	0,53
	5-10	0,17	0,17	0,17	0,55	0,53	0,54
	média	0,18	0,18	0,18	0,54	0,53	0,53
10	0-5	0,18	0,20	0,19	0,53	0,54	0,53
	5-10	0,15	0,17	0,16	0,56	0,56	0,56
	média	0,17	0,19	0,18	0,54	0,55	0,54
20	0-5	0,16	0,21	0,19	0,56	0,53	0,54
	5-10	0,14	0,19	0,16	0,60	0,52	0,56
	média	0,15	0,20	0,17	0,58	0,52	0,55
Camada	0-5	0,19	0,20	0,20 A	0,54 Ba	0,53 Aa	0,53 B
	5-10	0,16	0,17	0,16 B	0,55 Aa	0,54 Ab	0,55 A
Erva		0,18	0,19		0,55	0,54	
Prob>F							
Atributos	Erva	Dose	Camada	E *D	E*C	D*C	E*D*C
Macro	0,64	0,72	0,01	0,17	0,56	0,34	0,69
Micro	0,55	0,76	0,01	0,34	0,04	0,59	0,81

Letras maiúsculas comparam camadas em cada controle de ervas e minúsculas comparam médias das ervas em cada camada pelo teste DMS a 5%.

Tabela 12. Porosidade total do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada	Porosidade total m ³ m ⁻³					
	cm	Herbicida	Roçado	média			
0	0-5	0,60	0,58	0,59			
	5-10	0,57	0,56	0,57			
	média	0,59	0,57	0,58			
5	0-5	0,56	0,55	0,56			
	5-10	0,55	0,55	0,55			
	média	0,55	0,55	0,55			
10	0-5	0,56	0,59	0,57			
	5-10	0,55	0,59	0,57			
	média	0,56	0,59	0,57			
20	0-5	0,58	0,58	0,58			
	5-10	0,58	0,58	0,58			
	média	0,58	0,58	0,58			
Camada	0-5	0,57	0,57	0,57			
	5-10	0,57	0,57	0,57			
Erva		0,57	0,57				
Prob>F							
Atributos	Erva	Dose	Camada	E*D	E*C	D*C	E*D*C
P total	0,66	0,19	0,31	0,24	0,63	0,67	0,99

3.3.5 Umidade do solo

A umidade do solo no momento da coleta foi maior na camada mais profunda e na maior dose de cama de aves (Tabela 13). Estas diferenças podem se explicadas pela ação dos resíduos orgânicos adicionados que podem elevar o conteúdo de carbono orgânico ou atuar nos mecanismos de infiltração e retenção da água no solo (Libardi, 1995). No

momento da amostragem a umidade estava maior da camada de 5-10 cm, entretanto este comportamento é muito variável com o tempo, tipo de solo e com a cobertura superficial (Reichardt, 1988; Hillel, 1998).

Tabela 13. Umidade gravimétrica (UG) e volumétrica (UV) do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose Mg ha ⁻¹	Camada cm	Ug			UV		
		Herbicida	Roçado	média	Herbicida	Roçado	média
		g g ⁻¹			cm cm ⁻³		
0	0-5	0,32	0,35	0,33	0,34	0,38	0,36
	5-10	0,35	0,36	0,36	0,40	0,41	0,41
	média	0,34	0,35	0,34 B	0,37	0,40	0,38
5	0-5	0,33	0,32	0,32	0,39	0,37	0,38
	5-10	0,36	0,33	0,34	0,43	0,38	0,41
	média	0,35	0,32	0,33 B	0,41	0,38	0,39
10	0-5	0,35	0,37	0,36	0,41	0,39	0,40
	5-10	0,39	0,40	0,39	0,46	0,43	0,44
	média	0,37	0,38	0,37AB	0,43	0,41	0,42
20	0-5	0,44	0,35	0,40	0,47	0,40	0,43
	5-10	0,45	0,35	0,40	0,50	0,39	0,44
	média	0,45	0,35	0,40 A	0,48	0,39	0,44
Camada	0-5	0,36	0,34	0,35 B	0,40 Ba	0,39 Aa	0,39 B
	5-10	0,39	0,36	0,37 A	0,44 Aa	0,40 Ab	0,42 A
Erva		0,37	0,35		0,42	0,40	
Pr>F							
Atributos	Erva	Dose	Camada	E *D	E*C	D*C	E*D*C
UG	0,35	0,04	0,02	0,07	0,35	0,54	0,98
UV	0,23	0,07	0,01	0,07	0,05	0,19	0,95

Letras minúsculas comparam controle de ervas nas linhas e maiúsculas comparam médias nas colunas (DMS a 5%).

O comportamento da umidade volumétrica foi semelhante à gravimétrica para camada, sendo maior de 5-10 cm ($0,42 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). A menor umidade observada no controle por roçado pode ser devido a maior extração de água pelas ervas espontâneas, já que com herbicida, o ciclo de crescimento das plantas é interrompido.

3.4 CONCLUSÕES

- 1 - O controle das ervas espontâneas com o sistema de roçadas aumenta o teor de carbono orgânico do solo em relação ao sistema que utiliza herbicida.
- 2 - A adição de cama de aves no solo pouco modifica as propriedades físicas do solo. Aumenta a retenção de água no solo, mas não altera a densidade, porosidade e estabilidade dos agregados.

4 CONCLUSÃO GERAL

O controle das ervas espontâneas com roçadas aumentou os teores de magnésio, o pH em água e de carbono orgânico e reduziu a saturação por alumínio em comparação ao sistema com herbicida.

A adição de cama de aves aumenta os teores de nutrientes e reduz a acidez do solo. Os níveis de nitrato permanecem abaixo do nível máximo estipulado na legislação de 10 mg L^{-1} , porém doses superiores às aplicadas neste estudo não são recomendadas para evitar a poluição ambiental, principalmente da água. A cama de aves afeta pouco as propriedades físicas do Neossolo, apenas aumenta a retenção de água.

A adição de nutrientes pela cama de aves melhora a produtividade do pomar de macieira nos dois sistemas de controle de ervas espontâneas e é uma prática viável, principalmente em áreas próximas de criadouros de aves, considerando o custo do transporte até a propriedade.

Experimentos desta natureza demonstram a importância de estudos semelhantes em diferentes tipos de solo e de culturas. A utilização de resíduos orgânicos de origem animal deve ser avaliada em experimentos de longa duração a fim de esclarecer dúvidas pertinentes à contaminação e excesso de nutrientes no solo, buscando a sustentabilidade dos sistemas de produção e a melhoria da base de dados necessária para recomendar adubação orgânica.

5 LITERATURA CITADA

- ABBOT, J.L. & TUCKER, T.C. Persistence of manure phosphorus in calcareous soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 37: 60-3, 1973.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J. PETRERE, C. & FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 19:115-119, 1995.
- ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J. & FIORIN, J.E.. Variação temporal da estabilidade estrutural em Podzólico Vermelho-Amarelo. **Ci. Rural**, 24:275-280 1994.
- ALBUQUERQUE, J.A; CASSOL, E.A.; REINERT, D.J.. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade de agregados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 24:143-151, 2000.
- ALCÂNTARA, E.N. & FERREIRA, M.M. Efeitos de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 21:711-721. 2000.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2. Ed. New York, J. Willey, 1977. 467 p.
- ALVES, M.R. & RESENDE, M.O.O. **Efeitos de alguns fertilizantes orgânicos nas características físicas e químicas de um solo agricultável**. Disponível em www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos. Acessado em Janeiro/2005.
- ALLISSON, L.E. Organic carbon In: BLACK, C.A. (ed.) **Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties**. Madison: **Am. Soc. of Agronomy**, 1965, p. 1367-1378.
- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G. & SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 8:7-12, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ (ABPM). Disponível em <http://www.abpm.org.br>. Acessado em Janeiro de 2007.
- BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 23:687-694, 1999.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 21:105-112, 1997.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J.. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, 1999. p.9-26.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SOUZA, Z.M.; ANDRIOLI, I. & ROQUE C.G.. Retenção de água em dois Latossolos sob diferentes usos. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 26:829-834, 2002.

BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A.ed. **Methods of soil analysis**. Madison, **Am. Soc. of Agronomy**, 1986. p.363-375.

BURTON, C.H.. **Manure management; treatment and strategies for sustainable agriculture**. Wrest Park; Silsoe Research Institute, 1997. 181 p.

CAMPOS, B.H.C.; REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A. & NICOLodi, R. Avaliação temporal da umidade do solo como consequência do tipo e percentagem da cobertura vegetal. **Ci. Rural**, 24:459-463 1994.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLodi, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C.. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 19:121-126, 1995.

CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R. & VIEIRA, F.C.B.. Características químicas do solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesq. Agrop. Bras.** 38:729-735, 2003.

CERETTA, C.A. **Fracionamento do N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos do solo em sistemas de cultura sob plantio direto**. (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995. 127 f.

CINTRA, F.L.D. & MIELNICZUK, J.. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 7:197-201, 1983.

COOKE, G.W. The roles of organic manures and organic matter in managing soils for higher crop yields – a review of the experimental evidence. **Proc. Int. Sem. Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture**. Tokyo, p.53-64, 1977.

COMISSÃO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3a edição. Passo Fundo: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

COSTA, F.S. **Propriedades físicas e produtividade de culturas de um Latossolo Bruno sob sistemas de manejo do solo em experimento de longa duração**. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2001. 98p. (Dissertação de Mestrado).

CURI, N., LARACH, J.O.I., KÄMPF, N., MONIZ, A.C. FONTES, L.E.F.. **Vocabulário de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 90 p. 1993.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W., COLEMAN, D.C., BEZDICEK, D.F., STEWART, B.A. (Eds.), **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. SSSA Spec. Publ. 35 SSSA, Madison, WI, p.3-21. 1994.

EASH, N.S.; KARLEN, D.L. & PARKIN, T.B. Fungal contributions to soil aggregation and soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Madison, SSSA, 1994. p.221-228. (Special Publication 35).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999, 412 p.

EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis, 2002. 743 p.

EPSTEIN, E.; TAYLOR, J.M. & CHANEY, R.L. Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil physical and chemical properties. **J. Environ. Qual.**, 5:422-6, 1976.

ENVIRONMENTAL PROTECT AGENCY. Disponível: [http:// www.epa.gov](http://www.epa.gov). Acessado Junho 2004.

ERNANI, P.R. **Utilização de materiais orgânicos e adubos minerais na fertilização do solo**. UFRGS, Porto Alegre, 82 p. 1981, (Dissertação de Mestrado).

ERNANI, P.R. & GIANELLO, C.. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e cama de aviário. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 7:161-165, 1983.

ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A.. Comparação de métodos analíticos párea avaliar necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 10:143-150, 1986.

ERNANI, P.R.. Notas sobre química do solo. Apostila da disciplina de Química do Solo. UDESC, Lages, 2001.

FÁVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C. & NEVES, J.C.L.. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 24:171-177, 2000.

FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY (Berlin, Germany). **Sustainable development in Germany; progress and prospects**. Berlin: Erich Schmidt, 1998. 344p

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURI, N.. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de Latossolos da região sudeste do Brasil. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 23:515-524, 1999.

GARDNER, W.H. Water content. In. BLACK, C.A. eds. **Methods of soil analysis – part 1**. 2ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986.

GEE, G.W. & BAUDER, J. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. ed. **Methods of soil analysis – part 1**. 2ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. p.383-411.

GONÇALVES, C.N. & CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 23:307-313, 1999.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. Academic Press, San Diego. 1998. 771p.

HOYT, P.B. & TURNER, R.C. Effects of organic materials added to very acid soils, on pH, aluminum, exchangeable NH₄ and crop yield. **Soil Sci.**, 119:227-237, 1975.

HOYT, P.B. & RICE, W.A. Effects of high rates of chemical fertilizes and barnyard manure on yield and moisture use of six successive barley hop grow on three gray luvisolic soils. **Can. J. Soil Sci.**, 8:310-3, 1976.

HOLANDA, J.S.; MIELNICKZUK, J. & STAMMEL, J.G. Utilização de esterco e adubo mineral em quarto seqüências de culturas em solo de encosta basáltica do Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 6:47-51, 1982.

- KIEHL, E.J.. **Manual de edafologia**. São Paulo, CERES, 1979. 215p.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo, CERES, 1985. 492p.
- KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. Methods of soil analysis. Part 1, Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.
- LIEBHARDT, W.C. Soil characteristics and corn yield as affect by previous applications of poultry manure. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, 5:385-98, 1974.
- LIBARDI, L.P.D. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, 1995. 497p.
- LIMA, C.L.R.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & SILVA, J.B.. Estabilidade de agregados de um Planossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 27; 199:205, 2003.
- MATTOS, L.M. & SILVA, E.F. Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. Pesticidas: **R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, 9:103-124, 1999.
- MALAGÓN, D.C.. **Propriedades físicas de los suelos**. Bogotá, Instituto Geográfico Agustín Cadazzi: Subdirección Agrológica. 622p. 1976.
- MEURER, E.J. (ed.) **Fundamentos da química do solo**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 174p.
- METZGER, L. & YARON, B. Influence of sludge organic matter on soil physical properties. **Adv. Soil Sci.**, 7:141-163, 1987.
- MILLER, W.P.; FRENKEL, H. & NEWMAN, K.D.. Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 54:346-351, 1990.
- NUERNBERG, N.J. Resposta da macieira cv. Fuji á cama de aviário. **3ª Reunião Sul Brasileira de Ciência do Solo**, Porto Alegre, p.358-362, 2000.
- NUERNBERG, N.J.. Efeito da sucessão de culturas e tipos de adubação no rendimento e características de um solo na encosta basáltica Sul-Riograndense. Porto Alegre, **UFRGS**, 1983. 146p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, M.C.; ALMEIDA, C.V.; ANDRADE, D.O. & RODRIGUES, S.M.M.. Teor de matéria seca, pH e amônia volatilizada de cama de frango tratada ou não com diferentes aditivos. **R. Bras. Zoot.**, 32:951-954, 2003.
- PAVAN, M.A. & CHAVES, J.C.D. A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas. Circular n. 98, Londrina, **IAPAR**, 36p. 1998.
- PAIN, B. Environmentally friendly management of farm animal waste, Sapporo: **Kikanshi Insantsu**, 1998. p.259-268.
- PARYLAK, D. Uptake of nutrients by weeds and winter triticale of different development stages. **Zeszyty Naukowe Tracemi. Rolniczy W. Szczecinie Relnictwo**, 58:185-188. 1994.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CONCÓRDIA. **Plano diretor da propriedade rural do município de Concórdia, Estado de Santa Catarina**. 2 ed. Concórdia: PMC, 1994. 115 p.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo**. São Paulo, Livraria Nobel, 541 p. 1980.

QASEN, J.R. Nutrient accumulation by weeds and their associated vegetable crops. **J. Hort. Sci.** 67:189-195, 1992.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V.. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com as características e parâmetros do solo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 17:283-290, 1993.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 12: 211-216, 1988.

RESENDE, D.J. & ELTZ F.L.F.. **Compactação e adensamento do solo, metodologia para avaliação e práticas agrícolas recomendadas**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, Rio de Janeiro, 1997. *Anais*, 1997 (CD-ROOM)

RUEDA, J.R.J.; TORNISIELO, S.M.T.; BARBOSA, I.F.; BENATTI, M.T. & UEMURA, A.N. Aspectos físicos, químicos e microbiológicos de Latossolo Vermelho-Amarelo tratado com doses cumulativas de esterco de granja. **Ver. Bras. Geociências**, 22:321-325, 1992.

RAUBER, C.H.; SILVA, L.S. & LOVATO, T.. **Alterações químicas provocadas pela utilização de esterco de aves em propriedade do Nordeste do RS**. Departamento de Solos UFSM, 2002.

SILVA, I.F. & MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 22:311-317, 1998.

SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O. & CERETTA, C.A.. Composição da fase sólida do solo. In; MEURER, E.J. ed., **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, Gênese, 2000, 172 p.

SAS - **STAT Procedures Guide for Personal Computers**. Version 6. 3ed. Cary, SAS Institute Inc., 1990. 705 p.

SEGANFREDO, M.A. A questão ambiental na utilização de dejetos suínos como fertilizante do solo. Concórdia. **EMBRAPA (CNPISA)**, 2000. 35 p.

SCOTT, H.D. **Soil physics: agricultural and environmental applications**. Iowa State University. Press, EUA. 2000. 421 p.

SCHERER, E.E. & BARTZ, H.R. Adubação do feijoeiro com esterco de aves, nitrogênio, fósforo e potássio. Florianópolis, **EMPASC**, 1981, 15 p. (EMPASC. Boletim Técnico, 10).

SCHERER, E.E.; CASTILHOS, E.G.; JUCKSCH, I. & de NADAL, R.. Efeito da adubação de esterco suíno, nitrogênio e fósforo Florianópolis, **EMPASC**, 1984, 26 p. (Boletim Técnico, 24).

SCHERER, E.E.; NADAL, R. de & CASTILHOS, E.G.. Utilização de esterco de aves e adubo fosfatado na cultura do milho. Florianópolis, **EMPASC**, 1986, 36 p. (Boletim Técnico, 35).

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J. & MIELNICZUK, J.. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Rev. Bras. Ci. Solo**, 16:107-114, 1992.

TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H.. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985, 188p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

SANTA CATARINA. Gabinete do Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática, 173 p. 1986.

VOLKWEISS, S.J. Química da acidez do solo. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S.J. & BECKER, F. (Coord). **Corretivos da Acidez do Solo**. Santa Maria, UFSM, 1989. p.7-38.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **J. Am. Soc. Agron.**, 28:337-351, 1936.

WOODS, L.E. & SCHUMAN, G.E. Cultivations and slope positions effects on soil organic matter. **Soil Sci. Am. J.**, 52:1371-1376, 1988.

6 ANEXOS

Anexo 1. Concentração média de nutrientes em camas de diferentes espécies de aves

Tipo de Ave	Umidade	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		%		
Galinha	75	1,4	1,1	0,5
Frango	74	2,1	1,3	0,9
Peru	74	1,4	0,7	0,5

Fonte: Tópicos Avícolas, Fundação Cargil, SD. Org. Egladson João Campos.

Anexo 2. Interpretação dos valores da soma de bases (SB), CTC a pH 7,0 e saturação por bases (V%) adotadas pela Comissão de Fertilidade do Solo (1995).

Interpretação	Valor SB	Valor CTC pH 7	Valor V
		cmolc kg	%
Baixo	< 4	< 6	< 35
Médio	4 – 6	6 - 10	35 - 60
Alto	> 6	> 10	> 60

Anexo 3. Conteúdo de argila, silte e areia do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose	Camada	Argila			Silte			Areia		
		Herbicida	Raçado	Média	Herbicida	Raçado	média	Herbicida	Raçado	média
Mg ha ⁻¹	cm	g kg ⁻¹								
0	0-5	307	302	305	482	393	437	211	305	258
	5-10	360	338	349	464	395	429	176	267	221
	10-20	461	359	410	328	393	361	211	248	229
	média	376	333	355	425	394	409	199	273	236
5	0-5	315	317	316	450	336	393	234	347	291
	5-10	307	294	300	382	454	418	311	252	282
	10-20	303	480	392	396	317	357	301	202	252
	média	308	364	336	409	369	389	282	267	275
10	0-5	241	330	286	465	302	384	293	368	331
	5-10	392	339	366	400	427	414	208	234	221
	10-20	305	368	336	440	390	415	255	243	249
	média	313	346	329	435	373	404	252	282	267
20	0-5	261	192	227	350	443	397	389	365	377
	5-10	320	281	300	407	415	411	272	304	288
	10-20	372	511	441	333	321	327	295	168	232
	média	318	328	323	364	393	378	319	279	299
Camada	0-5	281	285	283 B	437	369	403 A	282 Ab	346 Aa	314 A
	5-10	345	313	329 B	413	423	418 A	242 Ab	264 Ba	253 B
	10-20	360	430	395 A	374	355	365 B	266 Ab	215 Ca	240 B
Erva		329	343		408	382		263	275	
Prob > F										
Atributos	Erva	Dose	Camada	E *D	E*C	D*C	E*D*C			
Argila	0,48	0,67	0,01	0,54	0,42	0,45	0,21			
Silte	0,45	0,71	0,01	0,56	0,47	0,49	0,22			
Areia	0,46	0,06	0,01	0,07	0,01	0,10	0,28			

Letras minúsculas comparam camadas em cada erva ou na média das ervas e minúsculas comparam ervas em cada camada pelo teste DMS a 5 %.

Anexo 4. Densidade do solo (Ds) do Neossolo Litólico cultivado com macieira submetido a dois controles de ervas espontâneas e quatro doses de cama de aves. São Joaquim, SC.

Dose Mg ha⁻¹	Camada cm	Densidade do solo		
		Herbicida	Roçado	média
		----- Mg m⁻³ -----		
0	0-5	1,06	1,11	1,08
	5-10	1,14	1,16	1,15
	média	1,10	1,13	1,11
5	0-5	1,16	1,18	1,17
	5-10	1,20	1,19	1,19
	média	1,18	1,18	1,18
10	0-5	1,17	1,08	1,13
	5-10	1,18	1,08	1,13
	média	1,18	1,08	1,13
20	0-5	1,10	1,12	1,11
	5-10	1,10	1,12	1,11
	média	1,10	1,12	1,11
Camada				
	0-5	1,15	1,13	1,14
	5-10	1,15	1,13	1,14
Erva		1,14	1,13	
Atributos	Erva	E*C	D*C	E*D*C
Dsolo	0,67	0,62	0,67	0,99

Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

1.1

1.2 Espanhol, Gilmar Luiz

Controle de ervas e adubação orgânica em macieira:
propriedades químicas e físicas do solo / Gilmar Luiz
Espanhol – Lages, 2005.
49 p.

Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.