

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PERFIL DE MANEJO NA IDENTIFICAÇÃO DE
MODIFICAÇÕES DE ATRIBUTOS DO SOLO
DECORRENTES DO USO AGRÍCOLA**

GUSTAVO ADOLFO DE FREITAS FREGONEZI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PERFIL DE MANEJO NA IDENTIFICAÇÃO DE
MODIFICAÇÕES DE ATRIBUTOS DO SOLO
DECORRENTES DO USO AGRÍCOLA**

Tese de doutorado submetida à banca examinadora
para obtenção do título de doutor em Engenharia
Agrícola, na área de concentração em Água e Solos.

GUSTAVO ADOLFO DE FREITAS FREGONEZI

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2006

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA:	T/UNICAMP
	F842p
V.	Ed.
TOMBO BC/	72399
PROC.	26145-07
C	☐
D	☒
PREÇO	11,00
DATA	25/04/07
BIB-ID	409723

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F842p Fregonezi, Gustavo Adolfo de Freitas
Perfil de manejo na identificação de modificações de atributos do solo decorrentes do uso agrícola. / Gustavo Adolfo de Freitas Fregonezi.--Campinas, SP: [s.n.], 2006.

Orientador: Carlos Roberto Espindola
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Ciência do solo. 2. Solos - Manejo. 3. Solos - Agregação. 4. Solos - Amostragem. 5. Solos - Análise. 6. Cana-de-açúcar. 7. Trigo. 8. Plantio direto. I. Espindola, Carlos Roberto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

Título em Inglês: Cultural profile in the identification of transformation in soil attributes affected by the agricultural use

Palavras-chave em Inglês: Cultural profile. Structure and morphological. Physics and chemist properties. Sugar cane. Wheat. No tillage

Área de concentração: Água e Solos

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Maria de Fátima Guimarães, Luiz Lonardoní Foloni, Sonia Carmela Falci Dechen e Mara de Andrade Marinho Weill

Data da defesa: 23/02/2006

**Dedico este trabalho a Carolina,
às crianças Bruno e Isadora e a
meus pais, pelo amor e carinho.**

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste trabalho muitas pessoas dedicaram em meu favor parte de seu tempo, partilhando seus conhecimentos e não poupando esforços para que ele fosse concluído. Dessa forma, gostaria de agradecer às seguintes pessoas:

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espindola pela orientação, incentivo e amizade, que tornaram possível a realização deste trabalho.

À professora Maria de Fátima Guimarães pelo auxílio e incentivo durante este trabalho.

Aos técnicos Darlot Alves da Silva Júnior e Donizete Loni da Universidade Estadual de Londrina e da Embrapa-Soja, respectivamente.

Aos professores do programa de doutorado em Engenharia Agrícola da Feagri / Unicamp.

À Funcamp e CAPES pelo apoio financeiro.

À Universidade Estadual de Londrina e Embrapa-Soja pela permissão de uso do Laboratório de Física de Solos.

Aos meus pais pelo exemplo, incentivo e presença em todos os momentos de minha vida.

À minha querida esposa Carolina e a aos meus filhos pela paciência, compreensão e amor.

Por fim, agradeço a Deus pela sabedoria e por mais esta oportunidade em minha vida.

E às muitas outras pessoas as quais também agradeço de coração, mesmo que não constem aqui seus nomes.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	v
LISTAS DE TABELAS	vi
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
3. MATERIAL E MÉTODO	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5. CONCLUSÕES	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental na cidade de Rolândia – PR.....	14
Figura 2. Regiões amostradas no perfil de referência (mata nativa) onde foram retiradas amostras indeformadas e deformadas (pontos cinzas).....	18
Figura 3. Regiões dos perfis de cana-de-açúcar no sistema convencional e de trigo no sistema plantio direto, onde foram retiradas amostras indeformadas (pontos cinzas) e amostras deformadas (pontos brancos).....	19
Figura 4. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 1 e 2, com cana-de-açúcar ...	23
Figura 5. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 3 e 4, com cana-de-açúcar ...	27
Figura 6. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 5 e 6, com cana-de-açúcar ...	32
Figura 7. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 7 e 8 com trigo sob plantio direto.....	37
Figura 8. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 9 e 10 com trigo sob plantio direto.....	41
Figura 9. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 11 e 12 com trigo sob plantio direto.....	45
Figura 10. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 13 e 14, com mata nativa.....	49
Figura 11. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 15 e 16 com mata nativa.....	53
Figura 12. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 17 e 18 com mata nativa.....	58
Figura 13. Perfil médio de cana-de-açúcar no sistema convencional de manejo e de trigo no sistema plantio direto.....	60
Figura 14. Perfil médio de referência (mata nativa).....	61

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Modos de organização do perfil de solo.....	15
Tabela 2. Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado.....	16
Tabela 3. Resumo das principais descrições morfológicas pelo método do perfil de manejo.....	62
Tabela 4. Granulometria das unidades morfolologicamente homogêneas encontrados no tratamento com cana-de-açúcar em manejo tradicional.....	66
Tabela 5. Granulometria das unidades morfolologicamente homogêneas encontrados no tratamento com trigo sob plantio direto.....	67
Tabela 6. Granulometria das unidades morfolologicamente homogêneas encontrados no tratamento com mata nativa.....	68
Tabela 7. Densidade das partículas nos tratamentos estudados.....	69
Tabela 8. Densidade do solo pelo método do querosene (0 a 15 cm de profundidade).....	70
Tabela 9. Densidade do solo pelo método do querosene (15 a 45 cm de profundidade).....	70
Tabela 10. Densidade do solo pelo método do querosene (30 a 80 cm de profundidade).....	71
Tabela 11. Densidade do solo pelo método do querosene (70 a 100 cm de profundidade).....	71
Tabela 12. Volume total de poros (0 a 15 cm de profundidade).....	73
Tabela 13. Volume total de poros (15 a 45 cm de profundidade).....	74
Tabela 14. Volume total de poros (30 a 80 cm de profundidade).....	74
Tabela 15. Volume total de poros (70 a 100 cm de profundidade).	75
Tabela 16. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos (0 a 15 cm de	76

profundidade).....	
Tabela 17. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos (15 a 45 cm de profundidade).....	77
Tabela 18. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos (30 a 80 cm de profundidade).....	79
Tabela 19. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos (70 a 100 cm de profundidade).....	79
Tabela 20. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH (0 a 15 cm de profundidade).....	81
Tabela 21. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH (15 a 45 cm de profundidade).....	83
Tabela 22. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH (30 a 80 cm de profundidade).....	85
Tabela 23. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH (70 a 100 cm de profundidade).....	88
Tabela 24. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono (0 a 15 cm de profundidade).....	91
Tabela 25. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono (15 a 45 cm de profundidade).....	94
Tabela 26. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono (30 a 80 cm de profundidade).....	96
Tabela 27. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono (70 a 100 cm de profundidade).....	97
Tabela 28. Médias de densidade do solo, VTP e da porcentagem de agregados dos tratamentos.....	98
Tabela 29. Médias de teores de cálcio, de magnésio, de potássio, de hidrogênio + alumínio e do pH dos tratamentos.....	99
Tabela 30. Médias de teores de fósforo, de carbono, CTC e V % dos tratamentos.....	101

RESUMO

O estudo foi realizado no ano de 2002, na região Norte do Estado do Paraná, município de Rolândia, na Fazenda Jaú e teve como objetivo avaliar as modificações morfológicas, físicas e químicas de um Latossolo Vermelho distroférico, comparando-se o sistema de cultivo contínuo de cana-de-açúcar utilizado pela Cooperativa Agrícola de Rolândia e o sistema plantio direto com a cultura de trigo em rotação com outras culturas anuais, ambos com 8 anos de cultivos sucessivos, utilizando-se como referência uma área de vegetação nativa localizada ao lado dos sistemas avaliados. Foram abertas seis trincheiras em cada sistema avaliado, para realização do estudo morfológico pelo método do perfil de manejo. Com base na identificação das unidades morfológicamente homogêneas encontradas na descrição do perfil de solo, foram realizadas amostragens para análises de granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, estabilidade de agregados e porosidade total, além de análises químicas de rotina. As análises morfológicas, físicas e químicas permitiram concluir que as principais modificações químicas, físicas e morfológicas verificadas nos tratamentos com a cultura de cana-de-açúcar no sistema tradicional e com trigo no sistema de plantio direto restringiram-se aos primeiros 45 cm dos perfis. Os tratamentos com a cultura de cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto apresentaram redução entre 15 e 20% na porosidade, enquanto a macrofauna de invertebrados desempenhou importante papel na formação de canais e no transporte de materiais para dentro dos perfis pedológicos estudados. O método do *perfil de manejo* permitiu uma adequada percepção das principais alterações encontradas nos tratamentos estudados.

Palavras-chaves: perfil de manejo, morfologia e estrutura dos solos; cana-de-açúcar, trigo, propriedades físicas e químicas; sistema plantio direto

ABSTRACT

The study was carried in 2002, in the north of Paraná, Rolandia, in Jaú Farm and had how objective asses the morphological modification, physicals and chemistries about a clayey Oxisols, comparing the conventional systems of sugar cane used by Rolandia`s Cooperative Agriculture and the systems of no tillage with wheat culture in rotation with others years cultures, both with eight years of successes cultivations, using how reference a vegetation native area localized beside valuated systems. Were opened six trenches in each valuated system, for carrying about morphological study by method of Cropping Profile Method. Based on the identification of the units morphologically homogeneous found in the description about the profile of soil, were realized samples for analysis of soil texture, particle density, bulk density, soil total porosity, distribution of water stable aggregate, besides chemistries systems of routine. The morphological analyzes, physicals and chemistries, helped to conclude that the mains chemistries, physicals and morphological changed checked in treatment with the sugar cane culture in the traditional systems and with trig in the systems of no tillage restricting in the first forty-five centimeters of the profiles. The treatments with the conventional systems of sugar cane and with wheat in the no tillage systems presented a reduction between fifteen and twenty per cent in soil porosity, while the soil fauna of invertebrates played an important role in the formation of ducts and in the transport of materials into the profiles studied. The Cropping Profile Method helped to understand an appropriate notion about the mains changed found in the treatment studied.

Keywords: cultural profile, structure and morphological, physics and chemist properties, sugar cane and wheat

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com problemas ambientais, tais como a conservação do solo e da água, bem como a diversidade de espécies vegetais e animais, tem exigido um aperfeiçoamento das relações entre a agropecuária e o meio ambiente no Brasil. Assim, têm sido identificadas várias evidências que servem de rumo para ações que possam beneficiar a produção agrícola e o meio, mas ainda há necessidade de estudos mais pormenorizados sobre os impactos causados pelas atividades agrícolas. No que concerne à água, as estimativas indicam que ela está cada vez mais escassa em muitas regiões do Brasil (assim como em todo o mundo), devendo-se ressaltar sua grande importância para o desenvolvimento de novos produtos de uso na indústria, assim como na própria agricultura.

Uma característica marcante das regiões tropicais é a grande espessura dos solos, que ocorre de forma generalizada nas regiões úmidas. Essas camadas cultivadas são bastante resistentes e estáveis quando cobertas pela vegetação natural; entretanto, quando expostas às adversidades climáticas e ao intenso cultivo sofrem degradações e modificações em suas características originais: porosas, de cores vivas e bem drenadas. Portanto, encontram-se, quase que permanentemente no estado não saturado de água, diferentemente do que ocorre com os solos de climas temperados, menos profundos e mais úmidos.

Grande parte dos conhecimentos científicos sobre solos encontra-se disponibilizados para regiões temperadas os quais, para serem aplicados a regiões tropicais, precisam ser adaptados. Em decorrência disso, o campo de pesquisa do comportamento dos solos não saturados é ainda hoje uma das áreas de fronteira do conhecimento, tanto em pedologia, como em física e química de solos.

Embora muitos avanços venham sendo alcançados na última década, principalmente com a dimensão que o plantio direto adquiriu, por vezes apenas o resultado final (produção/produtividade) é dimensionado, faltando resultados técnico-científicos que a pesquisa deve aportar. Relativamente a estes, as alterações morfológicas que o perfil do solo adquire sob diferentes condições de manejo requerem investigações mais detalhadas, e, por extensão, certas modificações físicas e químicas que aquelas alterações provocam, o que pode até mesmo influir sobre a metodologia de coleta de amostras para representação da realidade.

As peculiaridades de microclima, solo, relevo e práticas de manejo fazem com que tais pesquisas devam ser implementadas, sempre que possível, evitando-se a aplicação direta de resultados para outras realidades regionais, ainda que o solo, por exemplo, possa ser da mesma categoria taxonômica. Nesse sentido, o Latossolo Vermelho argiloso do Norte do Paraná (um solo que ocupa 14% desse Estado), reconhecidamente um dos mais produtivos e férteis do Brasil, constitui um excelente material para tais investigações, normalmente em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, que requerem usualmente práticas intensivas de preparo e são mais expostos a compactação e áreas com sistema plantio direto que, segundo a pesquisa, constituem investimentos importantes na preservação dos recursos naturais.

O presente trabalho teve como objetivo realizar detalhada descrição morfológica do solo para avaliar a influência do sistema convencional com cultivo contínuo de cana-de-açúcar e do sistema de semeadura direta com rotação sobre as características físicas e químicas de um LATOSSOLO argiloso do Norte do Paraná, procurando quantificar e qualificar as modificações decorrentes do manejo, permitindo apontar para a implantação de práticas que venham a provocar menores impactos sobre o solo e, conseqüentemente, sobre o ambiente. Estabelece-se, portanto, como hipótese de trabalho, que apenas a descrição morfológica convencional (perfil pedológico) não é suficiente para identificar certas modificações nos horizontes influenciados pelo manejo praticado, requerendo a adoção de um método mais minucioso, que é aquele oferecido pelo perfil de manejo, originalmente referido por perfil cultural.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Identificar bem o solo a partir de observações detalhadas facilita compreender seu funcionamento. Na prática, a grande parte dos estudos de solo é realizada em amostras obtidas sem um prévio estudo pedológico, que permita melhor situar o problema. FREITAS & BLANCANEUX (1990), RALISH, GUIMARÃES & MEDINA (1991) e NEVES et al. (2003) demonstraram a necessidade de reconhecer minuciosamente a estrutura do solo no campo, antes da realização da amostragem. Isso vem sendo praticado com a utilização da metodologia referida por “perfil cultural”, que identifica unidades morfológicamente homogêneas (UMHs), amostrando setores do perfil do solo que revelam diferenciações, principalmente de estrutura e porosidade.

Esse método do “perfil cultural” foi inicialmente utilizado na França, inclusive como ferramenta pedagógica na formação de estudantes de Agronomia. Segundo HÉNIN et al. (1960) e HÉNIN, GRAS & MONNIER (1969), ela permite uma visão diferenciada dos problemas agrônômicos, particularmente na análise dos efeitos da exploração agrícola do solo; daí a pertinência da designação “perfil de cultivo” (SOARES & ESPINDOLA, 2001), ou mais recentemente “perfil de manejo” (PICCININ, 2005), metodologia realizada por meio de cortes verticais, em trincheiras, com a observação da organização e da morfologia das estruturas dos horizontes nos diferentes setores do perfil, fornecendo uma verdadeira geografia dos horizontes antropizados, que, no entender de MANICHON (1995), serve como meio de análise e de diagnóstico do estado estrutural observado. Tem se revelado também como o meio mais adequado para sondagem dos locais de coleta de amostras para análises físicas, químicas e biológicas (MEDINA, 1993; FREGONEZI et al., 2000). Trabalhando em LATOSSOLO VERMELHO argiloso, DERSIGNY, GUIMARÃES & VISINTIN (1990) apresentaram resultados de pesquisa indicando a presença de solo solto (livre) em superfície, maciço ou muito compactado até 45 cm, passando à estrutura microagregada em profundidade.

Os solos de clima tropicais revelam freqüentemente uma pedogênese caracterizada por uma típica estrutura floculada, microagregada, que é arredondada, submilimétrica, resultante da interação das argilas, óxidos de ferro e alumínio, além da matéria orgânica que,

em conjunto com o quartzo, são os principais constituintes dos solos tropicais (RAIJ, 1981; MELFI, 1985). Esta é a estrutura típica da maioria dos horizontes B latossólico (Bw), um horizonte diagnóstico de subsuperfície (EMBRAPA, 1999), de ampla ocorrência nos solos brasileiros, da Ordem dos LATOSSOLOS, com grande expressão no Norte do Estado do Paraná, onde eram anteriormente designados por LATOSSOLO ROXO e atualmente LATOSSOLO VERMELHO, tanto distroférico como eutroférico, para as unidades distróficas e eutróficas, respectivamente (EMBRAPA – IAPAR, 1984).

Segundo CAMARGO (1983), dentre as principais características que determinam a compactação de um solo, estão a natureza de seus constituintes e a sua forma de organização. KERTZMAN (1989) indica ser a estrutura microagregada do LATOSSOLO argiloso determinante na sua suscetibilidade à compactação, fato já reconhecido anteriormente por GROHMANN (1960) e HUMBEL (1976). A granulometria também influencia fortemente a compactação e, segundo BRADY (1974), os solos argilosos são mais susceptíveis à compactação, podendo atingir densidades de até $2,0 \text{ kg} / \text{dm}^3$. Além da textura e da estrutura, o teor de umidade no momento em que o solo é submetido à mecanização pode ser considerado de maior importância (JORGE et al. 1984). As ações dos tratores, dos caminhões e dos implementos representam tanto para o sistema de plantio direto e, em maior intensidade, para o cultivo de cana-de-açúcar a fonte primordial de energia de compactação.

TOGNON (1991) e KERTZMAN (1989, 1996) em trabalhos realizados com LATOSSOLO VERMELHO argiloso, demonstraram que o uso intensivo do solo, mesmo utilizando-se o sistema plantio direto como técnica de manejo, levou à compactação de uma camada superficial de 40 cm do perfil. Segundo KERTZMAN (1996) sua porosidade tornou-se 20% menor, quando comparada com horizontes mais profundos ou com áreas de vegetação nativa; os poros tubulares (canais) praticamente desapareceram no horizonte superficial, que se restringiram a poros interagregados e intra-agregados, reaparecendo novamente em profundidade.

FREGONEZI et al. (2001) observaram que analisar os resultados de densidade do solo sem o conhecimento da metodologia pode levar a conclusões equivocadas. Os resultados de densidade do solo obtidos pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997) foram em média, 35 % inferiores aos obtidos pelo método do querosene (MATHIEU & PIELTAIN,

1998).

O cultivo contínuo de uma só espécie costuma provocar o esgotamento do solo em determinados elementos, enquanto outros se mantêm em níveis elevados. A vantagem da rotação de culturas em relação à monocultura está na alternância de espécies que possuem exigências nutricionais distintas, quantidade de material vegetal que retorna ao solo e a reciclagem de nutrientes diferenciados, além de explorarem diferentes regiões e profundidades do solo (DE MARIA & CASTRO, 1993; MENGEL & KIRBY, 1987).

Na cultura de cana-de-açúcar as operações de preparo de solo constituem um dos principais fatores para a boa produção, pois seus efeitos na estrutura podem refletir por todo o ciclo da cultura, que pode atingir, normalmente, mais de 5 anos. Segundo FREITAS (1987), a utilização inadequada de máquinas e equipamentos agrícolas, aliados ao tráfego, vem intensificando os problemas de compactação, principalmente em solos argilosos, mostrando que a mesma operação pode provocar impactos maiores em solos com altos teores de argila. Conforme constatou FERNANDES (1979), o tráfego atua também como importante agente compactador, com efeitos importantes de queda de rendimento da cultura de cana-de-açúcar.

CERRI, FELLER & CHAUVEL (1991) estudaram as modificações nas propriedades de um LATOSSOLO após desmatamento e cultivo contínuo de cana-de-açúcar. A comparação entre solos cultivados e aqueles sob vegetação nativa mostrou que as modificações na estrutura afetaram principalmente a camada superficial do perfil cultivado, provocando o desenvolvimento de estrutura e porosidades diferenciadas, em virtude da fragmentação e compactação dos horizontes superficiais e que poros de diâmetros entre 3 e 30 micrômetros, com formato policôncavo e comunicante no solo nativo tornaram-se planares e descontínuos após o cultivo.

Trabalhos realizados por BARBIERI, ALLEONI & DONZELLI (1997) em Latossolo Vermelho argiloso, em que se utilizam grades pesadas, subsolador e grade niveladora, seguida de sulcação para preparo do solo, mostraram em locais, em que, por 2 anos consecutivos, cultivou-se cana-de-açúcar, densidades que variaram de 1,33 a 1,38 kg / dm³. Esses valores de densidade, de acordo com BELINASSO et al. (1994), representam índices críticos para desenvolvimento da cultura neste tipo de solo, mas, segundo MANICHON (1987), os volumes afetados pela exploração agrícola apresentam maior

variabilidade espacial do que locais não antropizados. Essas variações existentes, representadas por fissuras e canais, entre outros, talvez possam explicar como as raízes de plantas que aparentemente se desenvolvem normalmente, mesmo estando em solos compactados, conseguem explorar locais abaixo da região compactada, desde que água e ar estejam presentes.

A compactação se agrava durante o ciclo da cultura, tornando a prática de subsolagem uma rotina em áreas de reforma de canaviais. Para KIRKHAM (1987), essa constitui uma prática necessária, pois a aeração do solo propicia aumento da respiração e, conseqüentemente, o suprimento energético utilizado na absorção de nutrientes pelas raízes.

Apesar de algumas práticas agrícolas provocarem danos ao meio, isso seria um mal necessário, podendo ser moderado com a utilização de práticas conservacionistas, como, por exemplo, o plantio direto, que, para PRIMAVESI (1981), é uma técnica adequada a regiões tropicais, onde o forte calor e chuvas torrenciais tornam necessário evitar a exposição do solo descoberto ao tempo. O calor destrói a microvida das camadas superficiais e as chuvas torrenciais carregam enormes quantidades de solo e nutrientes. O manejo adotado no sistema plantio direto difere muito do utilizado na cultura de cana-de-açúcar. É um sistema que, segundo KOCHHANN (1991), promove, ao longo do tempo, uma série de modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O acúmulo de nutrientes e matéria orgânica na camada superficial constitui uma das principais modificações. Esse acúmulo ocorre em virtude da contínua deposição de resíduos que não são incorporados ao solo e da aplicação de fertilizantes a uma pequena profundidade. Como a mineralização desses resíduos ocorre de maneira mais lenta e gradual, possibilita-se a recomposição de grande parte dos nutrientes extraídos pelas culturas (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MUZILLI, 1983; CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES, 1985; ELTZ, PEIXOTO & JASTER, 1989; MUZILLI, 1985; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; SÁ, 1993). Segundo SIDIRAS & PAVAN (1985), é justamente a mineralização mais lenta e gradativa do material orgânico acumulado em superfície que determina menor acidificação das camadas superficiais, pois não provoca o acúmulo dos ácidos orgânicos, além da maior umidade do solo, que proporciona diluição dos ácidos liberados. Os resíduos deixados sobre a superfície do solo minimizam o encrostamento superficial causado pelo impacto da gota de chuva, protegendo a estrutura superficial do solo

contra a erosão hídrica (BERTONI E LOMBARDI NETO, 1990). Ao mesmo tempo, aumenta a atividade biológica, porque protege o solo contra variações bruscas de umidade e temperatura, mantendo a sua estrutura. Os teores de matéria orgânica, segundo MUZILLI (1983), são similares, em quantidade, tanto no preparo convencional de solo, quanto no sistema de plantio direto (mais elevado em superfície), mas com relação à qualidade seus efeitos se diferenciam.

Na região tropical paranaense, CASTRO FILHO, MUZILLI & PODANOSCHI (1998) constataram que o acúmulo de C-orgânico em superfície, pelo sistema de plantio direto, provocou diminuição de agregados de classe de menor diâmetro e aumento das classes de maior diâmetro. SILVA et al. (1998), trabalhando com o cultivo contínuo de cana-de-açúcar em sistema convencional, observaram a destruição de agregados superficiais, com drástica redução da porosidade e, com conseqüência, aumento da densidade do solo, além de redução dos teores de carbono orgânico (de 25,2 g / dm³ no tratamento com mata nativa para 18,8 g / dm³ no tratamento com cana-de-açúcar com 2 anos de cultivo contínuo). Os teores de carbono orgânico atingiram valores semelhantes aos da mata nativa apenas após cultivo contínuo de cana-de-açúcar durante 18 anos, cujo valor foi de 26,2 g / dm³ (para volumes superficiais).

A formação e a estabilização dos agregados do solo são influenciadas por processos físicos, químicos e biológicos. Atuam na agregação substâncias agregantes (argila, sílica coloidal, compostos orgânicos, carbonato de cálcio, óxidos de ferro e alumínio etc.) e agentes agregantes (clima, raízes, microorganismos e o próprio tracionamento do solo). As raízes produzem agregação estável mediante suprimento de resíduos orgânicos para a decomposição (OADES, 1978), exsudações de substâncias orgânicas, envolvimento físico de microagregados do solo por raízes, especialmente em gramíneas (TISDALL & OADES, 1979). Vários autores (TISDALL & OADES, 1979; CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990; PALADINI & MIELNICZUK, 1991) têm demonstrado que as gramíneas perenes promovem maiores benefícios, em virtude da maior densidade de raízes, da reorganização das partículas do solo pela constante absorção de água, da renovação do sistema radicular e da distribuição uniforme de exsudados radiculares, estimuladores da atividade biológica, melhorando as condições de formação e estabilização dos agregados. OADES (1993) sugeriu que cultivos contínuos dos

solos combinados com teores baixos de matéria orgânica provocam desintegração dos agregados e, conseqüentemente, erosão e compactação. VIEIRA (1985), trabalhando com LATOSSOLO VERMELHO argiloso em sistema de plantio direto, demonstrou que o aumento na densidade do solo torna os agregados mais resistentes à desagregação. BLAIR et al. (1998), em trabalhos realizados com cana-de-açúcar na Austrália e no Brasil, encontraram aumentos significativos de carbono na forma lábil, em manejos que não utilizavam a prática de queimadas, em relação a manejos com a utilização de queimadas. Resultados semelhantes foram obtidos por RESENDE et al. (2001). Em 2000, BLAIR verificou que, em manejos que utilizam queimadas na colheita, os agregados maiores que 250 μm diminuíram cerca de 22 %, em relação a manejos que não as utilizam, mostrando a relação entre carbono lábil e estabilidade de agregados.

BALL-COELHO et al. (1992) constataram que a incorporação das raízes durante o período de crescimento da cultura de cana pode proporcionar um significativo acréscimo de material orgânico ao solo. Para SAMPAIO, SALCEDO & CAVALCANTI (1987), deve se dar especial importância ao sistema radicular, porque ele serve de reserva de nutrientes para a rebrota das socas. Os mesmos autores ainda constataram que 75 % da massa radicular estavam localizados nos primeiros 20 cm superficiais, e que 55 % estavam a menos de 30 cm do centro da touceira.

O sistema plantio direto, apesar de todos os benefícios citados, apresenta, nos primeiros anos de implantação, condições menos favoráveis para o crescimento das plantas, a despeito de muitos resultados de pesquisa indicarem produções maiores para esse sistema de manejo. Esses resultados podem estar relacionados à menor perda de água e solo e maior infiltração de água no perfil. Entretanto, segundo afirmações de VOORHESS & LINDSTROM (1984), são necessários mais de quatro anos de manejo conservacionista para desenvolver uma porosidade mais favorável na camada superficial, quando a comparação é feita com os sistemas convencionais de preparo de solo, incluindo-se aqui o cultivo de cana-de-açúcar.

A capacidade de troca de cátions (CTC) de um solo é determinada pelos colóides minerais e orgânicos presentes no solo. A natureza do material de origem e o grau de intemperização do solo determinam os tipos de argila e as suas quantidades. O teor e qualidade

do húmus são influenciados pelo tipo de matéria orgânica que o solo possui. Como os colóides do solo são formados por argilas e matéria orgânica, sua CTC total depende do material de origem, e do grau de intemperização e atividade microbiana, além de outros fatores. É comum levar em conta as cargas negativas dos solos tanto as cargas permanentes quanto as cargas dependentes do pH. Esta divisão é extremamente importante, pois as cargas dependentes do pH podem ser efetivas ou não, dependendo do pH do meio. As cargas oriundas da dissociação dos radicais orgânicos (carboxílicos, principalmente, e fenólicos, em menor escala), e minerais, principalmente dos sesquióxidos de ferro e alumínio, são responsáveis pelas cargas dependentes do pH, porquanto, à medida que se eleva o pH, o seu aparecimento é favorecido. Deve-se lembrar que muitos solos das regiões tropicais úmidas, inclusive em grandes áreas do Brasil, os solos são muito intemperizados e apresentam alta percentagem de argila, mas comportam-se, com relação à CTC, de modo semelhante aos solos arenosos. Isso é explicado pelo fato de suas argilas serem, predominantemente, de baixa atividade (caulinita, sesquióxidos de ferro e alumínio) e apresentarem de baixo a médio teor de matéria orgânica, fato relacionado ao sistema de manejo adotado. Tais solos segundo LOPES & GUIDOLIN (1989) apresentam baixos níveis de CTC. NEVES et al. (2003), trabalhando em Latossolo Vermelho argiloso, encontraram valores de CTC que variam de 11,56 a 11,96 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 0 a 20 cm e 8,45 a 9,21 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 20 a 40 cm no cultivo da cana-de-açúcar; na vegetação nativa os valores foram de 0 a 20 e de 20 a 40 cm foram 10,78 e 8,42 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, respectivamente, enquanto que no sistema plantio direto foram de 12,8 a 13,3 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 0 a 20 cm e 8,62 a 8,86 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 20 a 40 cm. Na mesma pesquisa, os valores de saturação por bases (V %) ficaram entre 60,7 e 65,4 % de 0 a 20 cm e entre 62,1 e 65,5 % de 20 a 40 cm no cultivo da cana-de-açúcar, em 51,7 de 0 a 20 cm e em 32,9 % de 20 a 40 cm na vegetação nativa, enquanto que no sistema plantio direto ficaram entre 68,9 e 71,2 % de 0 a 20 cm e entre de 65,8 e 64,1 % de 20 a 40 cm.

Segundo constatações de RAIJ (1981), a matéria orgânica, apesar de ocorrer em teores baixos, contribuiu com 56% da CTC total, no caso específico do Latossolo Vermelho argiloso derivado de rochas básicas. Esses dados ressaltam a importância de um manejo adequado da matéria orgânica para estes solos. NEVES et al. (2003), trabalhando em Latossolo Vermelho argiloso, encontraram valores de carbono orgânico que variaram de 27,5

a 29,8 g / dm³, de 0 a 20 cm, e de 10,5 a 17,9 g / dm³, de 20 a 40 cm no cultivo da cana-de-açúcar; na vegetação nativa os valores de 0 a 20 e de 20 a 40 cm foram 29,1 e 10,7 g / dm³, respectivamente, enquanto que no sistema plantio direto os valores foram de 31,5 dm³, de 0 a 20 cm e de 8 a 11,7 dm³, de 20 a 40 cm.

Os teores do elemento fósforo nos solos tropicais são muito reduzidos, e seu acúmulo no solo, principalmente, nas camadas superficiais do sistema plantio direto, explica-se pela baixa mobilidade e solubilidade de seus compostos, principalmente em solos de natureza ácida que contenham altos teores de argila, sesquióxidos de ferro e alumínio (RAIJ, 1981). Mas, segundo SÁ (1993) e MUZILLI (1981, 1983 e 1985), o acúmulo superficial de fósforo estaria estreitamente relacionado com a presença de material orgânico na superfície. NEVES et al. (2003) obtiveram valores de fósforo que variaram de 5,0 a 6,0 mg / dm³, de 0 a 20 cm, e 1,6 a 3,2 mg / dm³, de 20 a 40 cm, no cultivo da cana-de-açúcar; na vegetação nativa os valores de 0 a 20 e de 20 a 40 cm foram 2,3 e 2,2 mg / dm³, respectivamente, enquanto que no sistema plantio direto foram de 7,8 a 15,6 mg / dm³, de 0 a 20 cm, e de 2,2 a 2,4 mg / dm³, de 20 a 40 cm.

Constatações realizadas por MUZILLI (1985) e SIDIRAS & PAVAN (1985) indicam que o potássio é encontrado no solo sob a forma de compostos de alta solubilidade, e a maior infiltração de água que se verifica no sistema plantio direto possibilita redistribuição do nutriente ao longo do perfil. Segundo CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES (1985), MUZILLI (1983 e 1985) e SÁ (1993), elementos móveis, como por exemplo, o potássio, podem ou não acumular em superfície, provavelmente em razão do tipo de solo, do regime hídrico, dos teores de matéria orgânica e da quantidade adicionada na adubação. NEVES et al. (2003) encontraram teores de potássio que variam de 0,20 a 0,46 cmol_c / dm³, de 0 a 20 cm, e de 0,03 a 0,05 cmol_c / dm³, de 20 a 40 cm, no cultivo de cana-de-açúcar. Já os valores na vegetação nativa foram 0,03 cmol_c / dm³, tanto de 0 a 20 cm, quanto de 20 a 40 cm, enquanto que no sistema plantio direto foram de 2,2 a 3,7 cmol_c / dm³, de 0 a 20 cm, e de 1,0 a 1,3 cmol_c / dm³, de 20 a 40 cm.

CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES (1985) e MUZILLI, (1983 e 1985) relataram que o cálcio e magnésio têm tendência ao acúmulo na superfície e diminuição gradativa com a profundidade. Isso ocorre em virtude da aplicação de calcário em superfície e,

segundo SANTOS & ROMAN (1989), o efeito residual da calagem em semeadura direta é de 2,5 anos após a aplicação, enquanto que em solos cultivados esse efeito é de 5 anos. NEVES et al. (2003) encontraram teores de cálcio que variaram de 5,0 a 5,4 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e 5,6 a 5,8 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm, no cultivo de cana-de-açúcar; na vegetação nativa, os valores foram 4,8 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 0 a 20 cm e 4,4 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de 20 a 40 cm, enquanto que no sistema plantio direto, os valores foram de 5,9 a 6,8 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e de 4,3 a 4,53 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm. Os mesmos autores encontraram teores de magnésio que variam de 1,6 a 1,8 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e 0,7 a 0,8 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm, no cultivo de cana-de-açúcar; na vegetação nativa, os valores foram 1,7 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e 1,2 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm, enquanto que no sistema plantio direto tais valores foram de 2,69 a 2,33 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e de 1,05 a 1,23 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm.

Ainda segundo NEVES et al. (2003), os valores de hidrogênio + alumínio foram de 4,0 a 4,6 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e de 3,18 a 3,30 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm, no cultivo de cana-de-açúcar; na vegetação nativa os valores foram 5,21 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e 5,65 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm, enquanto que no sistema plantio direto, os valores foram 3,9 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 0 a 20 cm, e de 2,95 a 3,18 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$, de 20 a 40 cm. Os mesmos autores encontraram valores de pH variando de 5,1 a 5,4, de 0 a 20 cm, e 5,6 a 5,8, de 20 a 40 cm, no cultivo de cana-de-açúcar; na vegetação nativa os valores foram 4,8 de 0 a 20 cm e 4,4 de 20 a 40 cm, e no sistema plantio direto, os valores foram de 5,5 a 5,6, de 0 a 20 cm, e de 5,7 a 5,9, de 20 a 40 cm.

Para o adequado funcionamento do solo deve existir uma forte interação dos sistemas minerais das plantas e dos organismos (VEZZANI & MIELNICZUK, 2001). Em condições tropicais, segundo LAVELLE (1984) e BACHELIER (1978), a atividade biológica realizada pelos invertebrados edáficos exerce importante papel no transporte de material ao construírem ninhos em profundidade, e é o principal agente regulador dos processos pedológicos, particularmente no desenvolvimento de propriedades físico-hídricas e na dinâmica da matéria orgânica, o que é compartilhado por HAMBLIN (1985), que associa poros de 50 a 11000 μm a galerias formadas por minhocas, e de 1500 a 50000 μm a canais formados pelo trabalho de formigas e cupins, poros estes que, segundo BAVER, GARDNER & GARDNER (1972), são responsáveis pela infiltração rápida de água e pela aeração. Constatações realizadas também

por LEE & FOSTER (1991) indicam que a atividade biológica realizada pela macrofauna dos solos seria responsável por alterações até mesmo na textura do solo, na estabilidade dos agregados e na porosidade, além da infiltração e retenção de água. VIEIRA (1985), trabalhando em plantio direto com Latossolo Vermelho argiloso, constatou que o aumento da atividade biológica, principalmente de minhocas, é responsável pela formação de agregados com alta estabilidade. A atividade biológica (especialmente de grandes animais, ou macrofauna) juntamente com os processos físicos e químicos, regula a fertilidade dos solos, atenuando os processos físicos e químicos de degradação (HOLE, 1981; LEE, 1983, LEE & LADD, 1984; LAL, 1988). Em trabalho realizado no Paraguai, ROMBKE et al.(1997) citado por FOLONI (2000) avaliaram dois locais distintos, Friesland (região central – solo arenoso) e Obligado (região sudeste – solo argiloso) sob três condições de uso: sistema convencional, sistema plantio direto e floresta nativa (referência). A análise da macrofauna, mesofauna recolheu e classificou 2000 animais, chegando-se a conclusão que a biodiversidade dos grupos de fauna de solos diminui na ordem de florestas nativa (122 grupos), sistema plantio direto (65 grupos) e sistema convencional (58 grupos). Segundo ROMBKE et al. (1997) citado por FOLONI (2000) foram também, encontradas diferenças quanto a abundância, seguindo a mesma ordem dos grupos de biodiversidade (diminuindo na ordem de florestas nativa , sistema plantio direto e sistema convencional). Apesar de todas as evidências, muitos agricultores, por falta de informações, consideram a macrofauna de invertebrados genericamente como da categoria das pragas, empregando medidas de controle contra as mesmas (principalmente formigas e cupins), em vez de implementarem condições adequadas e controladas para seu desenvolvimento, como praticado no controle biológico de certas pragas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área da Cooperativa Agrícola de Rolândia (COROL), localizada na Fazenda Jaú ($\cong 23^{\circ}30'S$, $51^{\circ}20'W$), município de Rolândia, a cerca de 30 km de Londrina, PR (Figura 1) no ano agrícola de 2002. O solo fora anteriormente classificado como Latossolo Roxo, passou a ser denominado Latossolo Vermelho distroférico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999). É um solo mineral formado por rochas eruptivas básicas de derrames basálticos. A vegetação original é perenifólia a subperenifólia; o clima é Cfa, segundo classificação de Köppen; o relevo varia entre suave ondulado e praticamente plano, com excelente potencial agrícola, para culturas tanto de ciclo curto quanto de ciclo longo, como têm demonstrado as explorações agrícolas nessa região (EMBRAPA – IAPAR, 1984).

Foram avaliados 3 tratamentos:

a) uma área com a cultura de cana-de-açúcar, com 8 anos de produção contínua em sistema convencional de manejo (com 2 ha).

b) uma área com trigo em rotação com outras culturas anuais no sistema plantio direto, com 8 anos (com 2 ha).

c) uma área de vegetação nativa, localizada ao lado das anteriores, caracterizada pela ausência de madeiras nobres, como por exemplo, peroba (*Aspidosperma cylindrocarpon*) e araucária (*Araucária angustifolia*) e presença de espécies pioneiras, como a imbaúba (*Cecropia pachystachya*) crescendo nas clareiras e bordas indicando a ação do homem. Constituída por espécies perenifólia a subperenifólia, seus parâmetros pedológicos avaliados foram usados como referências às modificações estudadas.

Tanto o tratamento com cana-de-açúcar no sistema convencional de manejo como o tratamento com trigo no sistema plantio direto foram anteriormente cultivadas com café.

O tratamento com a cultura de cana-de-açúcar está em conformidade com as práticas de manejo adotadas pelos produtores da região, conforme descrição a seguir. O espaçamento entre as linhas de plantio é de 1,30 m. Antes do plantio da cana-de-açúcar, é usualmente realizada uma amostragem do solo, de 0 a 30 cm, utilizando-se o índice de saturação por bases (V%) entre 70 e 80 % para determinar a correção do pH dos solos. No plantio, os



Figura 1. Localização da área experimental na cidade de Rolândia –PR.

os toletes com 4 a 5 gemas cada um são distribuídos mecanicamente, sendo estabelecidas 15 gemas por metro linear. Na colheita, é usado o corte manual, pois na região, a colheita mecânica é inviável (pelo excesso de mão-de-obra), é realizado após a queima sendo a cana-de-açúcar enleirada e recolhida com tratores até os caminhões que transportam a cana colhida para a usina. No início da brotação, são realizados o processo de enleiramento da palha (que não é afetada pela queima), o controle de plantas daninhas e o cultivo das soqueiras, com implemento específico que realiza três operações (escarificação, adubação e gradagem) denominado de tríplice operação. O processo de escarificação pode atingir até 40 cm de profundidade. No fim do perfilhamento, realiza-se a adubação de cobertura. Tanto para a adubação em cobertura quanto para a realizada no momento do cultivo das soqueiras, considera-se a exigência das variedades dos talhões.

Antes da implantação do sistema plantio direto, as áreas foram corrigidas, visando-se saturação por bases entre 70 e 80 % (V%). Foi adotado um sistema de rotação de culturas utilizando as seguintes culturas: trigo, aveia, milho – inverno; soja, milho – verão. Nesse

sistema a aveia é utilizada como adubação verde em uma parte da área. Antes do plantio é utilizado herbicidas para o controle das plantas daninhas. A área com plantio direto avaliada, estava com a cultura de trigo. O espaçamento entre as linhas da cultura é de 15 cm.

As observações, descrições e tomadas de amostras foram efetuadas no final da estação chuvosa do ano agrícola de 2002 em 6 trincheiras abertas em cada tratamento, onde foram realizadas as descrições morfológicas dos perfis de solos usando-se o método do perfil

Tabela 1. Modos de organização do perfil de solo ⁽¹⁾

Níveis de análise	Simbologia	Definição
I	AM	Volume de solo visualmente alterado pelo manejo, isto é, pelo maquinário agrícola e pelas raízes
	NAM	Volume de solo visualmente não alterado pelo manejo
II	L	Volume de solo livre, solto, constituído por terra fina, solo pulverizado, agregados e torrões de tamanhos variados (0 a 10 cm) sem nenhuma coesão. Comum na superfície dos solos trabalhados. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções. A estabilidade em água e a coesão a seco entre agregados desse volume são nulas, mas a estabilidade e a coesão dos agregados podem ser altas. A porosidade a olho nu é importante.
	F	Volume de solo fissurado, em que a individualização de torrões é facilitada pela fissuração, sendo estes de tamanhos variados. Quando presentes nesses volume, as raízes se desenvolvem preferencialmente entre os torrões, nas fissuras existentes. Podem ser bem ramificadas e orientadas em todas as direções, mas normalmente apresentam aspecto achatado. A porosidade é essencialmente fissural.
	Z	Volume de solo formado essencialmente de estrutura laminar. As raízes quando presentes nesse volume, são tortuosas e com desenvolvimento horizontal. Normalmente, não são ramificadas e, além da tortuosidade apresentam aspecto bem achatado.
	C	Volume de solo em que os elementos (agregados e terra fina) estão unidos, formando um volume bastante homogêneo, com aspecto de estrutura maciça, sendo impossível a individualização de torrões a olho nu. Pode apresentar raízes em grandes quantidades, bem ramificadas, não achatadas e não tortuosas, orientadas em todas as direções, quando o volume não for compacto, e, ou, não ramificadas, achatadas e tortuosas, orientadas horizontalmente, quando o volume for compacto. A porosidade é essencialmente de empilhamento de agregados, podendo apresentar cavidades arredondadas e, ou, poros tubulares.

¹ Nos modos de organização L e F, além do estado interno dos torrões, devem-se classificar os torrões pelo tamanho: 1 a 5 cm = pequenos; 6 a 10 cm = médios; > 10 cm = grandes, pt = pequenos torrões e gt = grandes torrões. (TAVARES FILHO et al., 1999).

de manejo PICCININ, 2005)¹ que requer o estudo morfológico detalhado do solo, com a delimitação de cada volume que será tratado a partir de agora como unidade morfológicamente homogênea (UMH). A delimitação das UMHs é realizada tanto em profundidade como lateralmente, a partir de critérios como: forma, tamanho e distribuição dos elementos estruturais; presença de poros visíveis a olho nu e a continuidade destes; forma e dureza dos agregados e torrões, além de outros fatores, sempre considerando o modo de organização

Tabela 2. Estado interno dos torrões presentes nos diferentes modos de organização do volume de solo antropizado.

Níveis de análise	Simbologia	Definição
III	μ (agregado não compacto)	Estado interno dos torrões caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura interna e externa porosa, fácil de ser observada a olho nu, com predominância de poros do tipo amontoamento de agregados. Normalmente, apresentam raízes intra e entre agregados, bem ramificadas, não achatadas, com orientação vertical não prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são rugosas.
	Δ (agregado compacto)	Estado interno de torrões, caracterizado por uma distribuição de agregados com estrutura angulosa (poliédrica, cúbica ou prismática), devido a forte pressão externa, com uma porosidade visível a olho nu muito pouco desenvolvida, com predominância, quando existir, de poros tubulares e, ou, cavidades arredondadas, podendo existir fissuras. Quase não apresentam raízes e estas, quando presentes, possuem poucas ramificações. São achatadas, com orientação vertical prejudicada pela compactação. As faces de ruptura são lisas e a coesão a seco é muito elevada.
	$\mu\Delta/\Delta\mu$ (agregado $\pm$ compacto)	Estado interno intermediário entre agregados compactos e não compactos, com duas possibilidades: (1) $\mu\Delta$: agregados que estão em processo de compactação, mas que ainda guardam predominantemente as características do estado não compacto μ sobre as características do estado compacto Δ (definido acima). (2) $\Delta\mu$: agregados que estão bem compactos, mas que ainda guardam algumas características do estado não compacto μ (definido acima).

Obs: Durante a análise do perfil cultural, se forem observados volumes de solo com problema de hidromorfia, volumes com concentração de matéria orgânica ou resultantes de atividade biológica, estes devem ser indicados com a seguinte simbologia: **h** para indicar hidromorficos; **b** para indicar atividade biológica e **mo** para indicar matéria orgânica (TAVARES FILHO et al., 1999).

¹ O termo “perfil de manejo foi considerado mais adequado, pois o perfil cultural exige uma cultura estabelecida, assim como “perfil de cultivo” subentende a aplicação de práticas (de cultivo); aquele primeiro termo encerra também a possibilidade de descrição do perfil sob vegetação natural ou original, numa espécie de “manejo zero”.

do perfil e o estado interno dos agregados que estão sintetizados nos tabelas 1 e 2, respectivamente, com base em designações utilizadas por TAVARES FILHO et al., (1999). As trincheiras possuíam 130 cm de comprimento x 100 cm de largura x 100cm de profundidade e foram abertas perpendicularmente em relação as linhas de cana-de-açúcar e de trigo e seguindo a mesma orientação na mata nativa. Para a cultura de cana-de-açúcar foram descritas duas linhas por trincheira, enquanto que para a cultura de trigo foram nove linhas.

Para cada unidade morfológicamente homogênea (UMH) encontrada na descrição do perfil foram retiradas amostras indeformadas e deformadas, para a realização de análises físicas e químicas, em laboratório. A localização das amostragens dentro dos perfis de mata podem ser visualizadas na figura 2, enquanto que os perfis de cana-de-açúcar e trigo na figura 3.

As metodologias utilizadas para realizar as análises químicas e físicas estão descritas a seguir:

- Análises químicas de rotina - pH, carbono orgânico e complexo sortivo, de acordo com EMBRAPA (1997).
- Densidade de partículas - método do balão volumétrico com álcool etílico (EMBRAPA, 1997).
- Análise granulométrica - método da pipeta, com dispersão por NaOH (EMBRAPA, 1997).
- Estabilidade de agregados - método descrito por KIEHL (1979), utiliza-se 25 g de agregados que passam pela peneira de 6,25 mm e ficam retidos na peneira de 4mm; são saturados de umidade em vidro de relógio; em seguida colocam-se estes agregados na peneira de maior diâmetro de um jogo (4 mm) que ainda conta com as peneiras de 2,00; 1,00 e 0,50 mm de malha. Liga-se o aparelho de oscilação lenta por 15 minutos. São recolhidos os agregados de cada peneira em recipientes e são colocados em estufa a 105 °C. Desconta-se a umidade inicial dos torrões e determinam-se as porcentagens de agregados retidos em cada peneira, assim como a porcentagem de agregados menores que 0,50 mm.
- Densidade global do solo – pelo método do querosene (MATHIEU & PIELTAIN, 1998), utiliza-se torrões de 25 cm³ que são mergulhados em querosene durante uma noite para ocupação dos vazios. No dia seguinte, mergulha-se os torrões em um recipiente com

querosene sobre uma balança e determina-se o volume de querosene que o torrão desloca, por intermédio de pesagem. Após a pesagem, os torrões vão para estufa, determinando-se o peso seco. Com o peso seco e o peso do deslocamento (volume) determina-se a densidade do torrão (densidade do solo).

- Análise Estatística - em cada análise foram utilizadas seis repetições por tratamento, para cada UMH encontrada na descrição do perfil de manejo, o que torna o experimento balanceado. Os resultados foram analisados a partir de análise de variância e complementados com o teste de comparação de médias (Tuckey), em 1%.

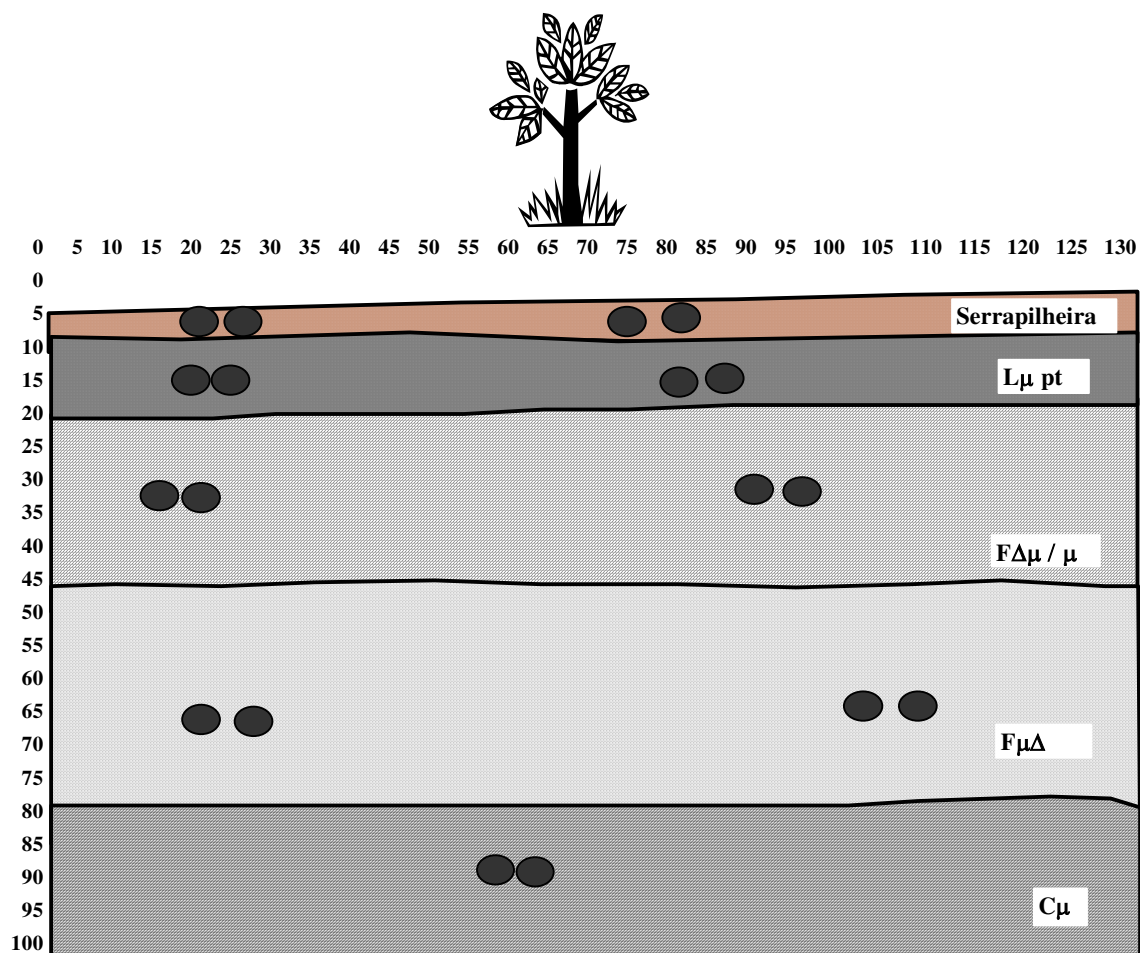


Figura 2. Regiões amostradas no perfil de referência (mata nativa) onde foram retiradas amostras indeformadas e deformadas (pontos cinzas).

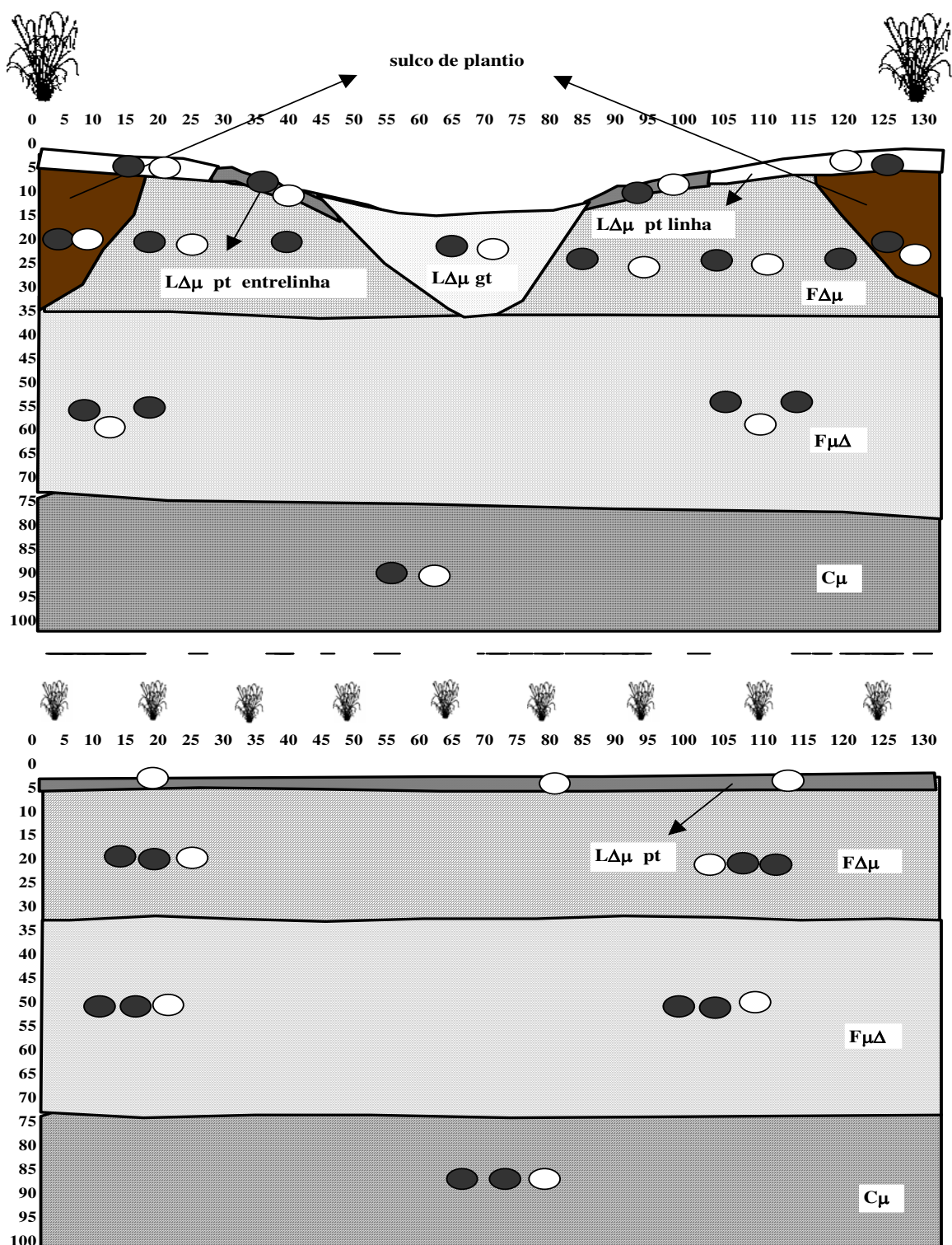


Figura 3. Regiões dos perfis de cana-de-açúcar no sistema convencional e de trigo no sistema plantio direto, onde foram retiradas amostras indeformadas (pontos cinzas) e amostras deformadas (pontos brancos).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Descrições morfológicas dos perfis pelo método do Perfil de Manejo.

4.1.1. Descrições de campo.

As observações realizadas nas trincheiras 1, 2, 3, 4, 5 e 6 referem-se ao tratamento de cana-de-açúcar no sistema convencional de manejo, as trincheiras 7, 8, 9, 10, 11 e 12 são do tratamento com trigo no sistema plantio direto e as trincheiras 13, 14, 15, 16, 17 e 18 representam a área de mata nativa, que será referida como perfil de referência. Na superfície das trincheiras de cana-de-açúcar (nas entrelinhas de cana) foram observados sulcos paralelos às linhas, resultantes do “cultivo de soqueiras”, executado no início da brotação, pelo efeito da umidade no solo, por um implemento que realiza três funções: escarificação, adubação e gradagem.

A descrição morfológica do solo pelo método do perfil de manejo seguirá o modo de organização presente na tabela 1 e o estado interno dos agregados presente na tabela 2. A cor de cada uma das unidades morfolologicamente homogêneas (UMH) encontradas foi determinada com amostras umedecidas, em virtude da grande variação de umidade existente. Os esquemas dos perfis com as respectivas unidades estruturais encontram-se sintetizados nas Figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Os resultados obtidos durante a descrição dos perfis estão em conformidade com os encontrados por DERSIGNY, GUIMARÃES E VISINTI (1990) e MEDINA (1993). A descrição de cada um deles é apresentada a seguir.

- **Perfil 1 (Figura 4)**

LΔμ pt linha e na entrelinha (livre, com agregados pequenos compactos): 0 - ~ 5 cm; terra solta, sem coesão, proveniente do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos (tamanho variando de 0,5 a 4 cm) em blocos subangular (arredondados a sub-arredondados) com faces de ruptura de rugosa a lisa na linha e na entrelinha; consistência que varia de

ligeiramente dura a dura; em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente a formada pela união dos agregados (interagregados) e empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo mais poroso nas linhas da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; presença de atividade de formigas.

LΔμ gt (livre, com muitos agregados grandes compactos): ~ 8 - ~ 35 cm; originada do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam de 4 a 8 cm) e de alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados são menos estáveis que os presentes na UMH LΔμ pt; porosidade formada pela união dos agregados (interagregados); raízes arredondadas e com desenvolvimento normal e distribuídas principalmente nas fissuras originadas pela união dos agregados (região preenchida com terra solta) e nas regiões de transição com a UMH FΔμ, quando presentes dentro dos torrões, tem aspecto pouco achatadas; atividade biológica restrita à presença de algumas formigas em superfície.

FΔμ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 10 - ~ 35 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares com face de ruptura lisa a rugosa, que se desfazem em agregados menores subangulares; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os presentes na UMH LΔμ gt; porosidade fissural é predominante, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e alguns canais de origem biológica (principalmente de raízes mortas) são importantes; local onde encontramos o maior número de raízes que são arredondadas e bem distribuídas com crescimento diagonal e vertical, excetuada a entrelinha da cultura que as raízes são um pouco achatadas; presença de formigas, cupins no interior de alguns agregados e de material mais escuro proveniente de atividade biológica de coros (larvas de coleópteros), sempre acompanhando a linha da cultura.

FμΔ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~ 35 - ~ 70 cm; transição clara; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares e alguns prismáticos que se desfazem em

blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os agregados das UMHs $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$; predominância de porosidade fissural, mas o empilhamento de microagregados e a presença de canais de origem biológica com diâmetro que varia de 1 a 3 mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; as raízes, em menor número que na UMH $F\Delta\mu$, possuem desenvolvimento normal, crescendo tanto na diagonal como na vertical; Presença de cupins, casulos de coleópteros e um formigueiro com ovos.

$C\mu$ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw: ~ 70 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e de canais maiores que 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; presença de raízes em menor quantidade que na UMH $F\mu\Delta$; atividade biológica marcada pela presença de microagregados originados pelo trabalho de formigas e cupins.

- **Perfil 2 (Figura 4)**

$L\Delta\mu$ pt linha e na entrelinha (livre, com agregados pequenos compactos): 0 - ~ 5 cm; terra solta, sem coesão, proveniente do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor→ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangular (arredondados a sub-arredondados) com faces de ruptura rugosa a lisa na linha e lisa na entrelinha; consistência que varia de ligeiramente dura a dura; em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente a formada pela união dos agregados (interagregados) e de empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo mais poroso nas linhas da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas, em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; presença de formigas.

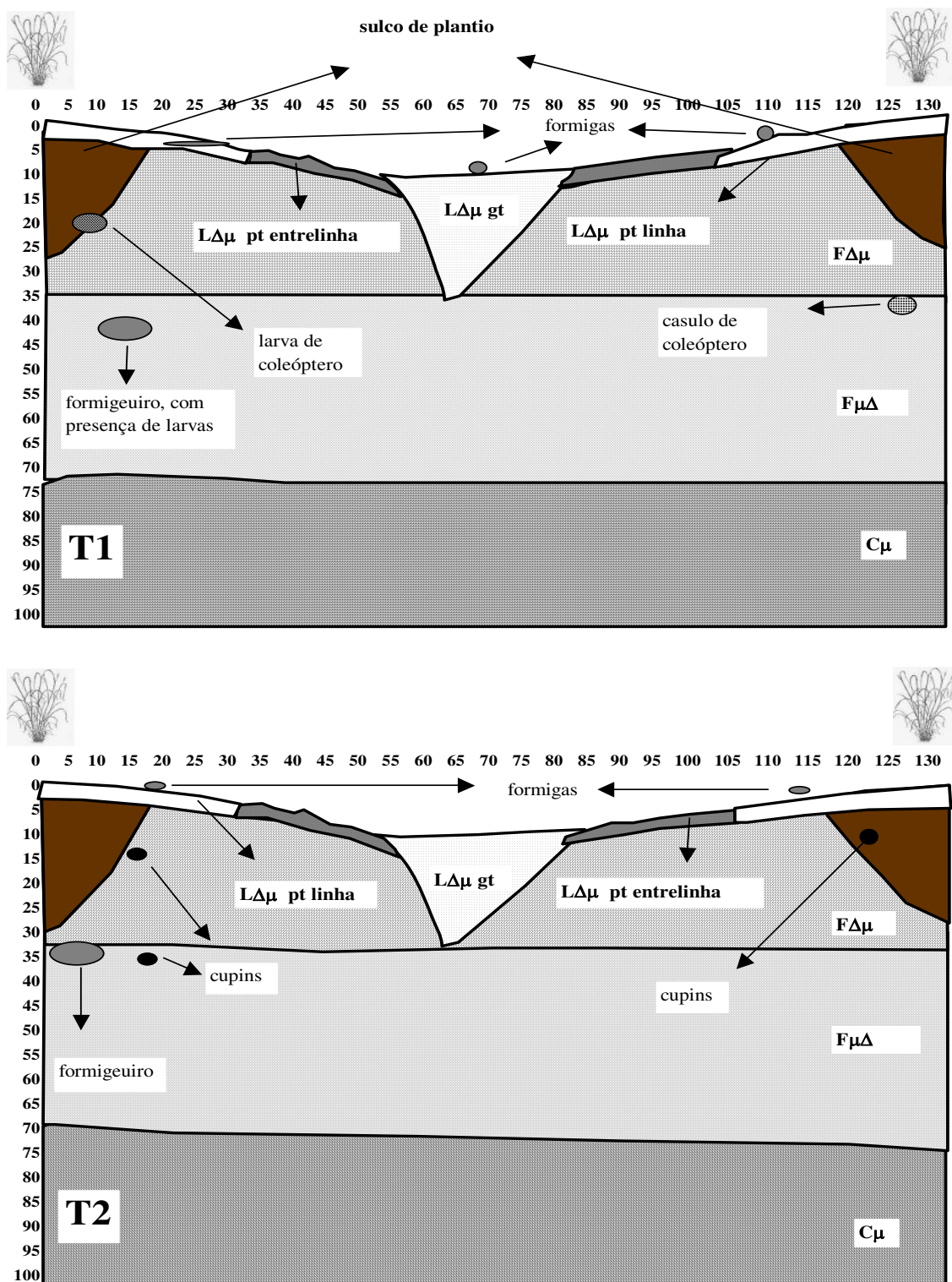


Figura 4. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 1 e 2, com cana-de-açúcar.

LΔμ gt (livre, com muitos agregados grandes compactos); ~ 8 - ~ 30 cm; originada do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor→ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam de 4 a 7 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados são menos estáveis que os agregados presentes na UMH LΔμ pt; porosidade formada pela união dos agregados (interagregados); raízes arredondadas e com desenvolvimento normal e distribuídas principalmente nas fissuras originadas pela união dos agregados (região preenchida com terra solta) e nas regiões de transição com a UMH FΔμ, quando presentes dentro dos torrões têm aspecto pouco achatadas; ausência de atividade biológica.

FΔμ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 10 - ~ 32 cm; transição clara; cor→ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares com face de ruptura lisa a rugosa, que se desfazem em agregados menores subangulares; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os presentes na UMH LΔμ gt; predominância de porosidade fissural, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados), e alguns canais de origem biológica (principalmente de raízes mortas) são importantes; local onde encontramos o maior número de raízes que são arredondadas e bem distribuídas com crescimento diagonal e vertical, excetuando a entrelinha da cultura onde as raízes são um pouco achatadas; presença de cupins no interior de alguns agregados.

FμΔ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~30 - ~ 67 cm; transição clara; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares e alguns prismáticos, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os agregados das UMHs LΔμ gt e FΔμ; predominância de porosidade fissural, mas o empilhamento de microagregados e a presença de canais de origem biológica com diâmetro que variam de 1 a 3 mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; raízes em menor número que na UMH FΔμ, possuem desenvolvimento normal, crescendo tanto na diagonal como na vertical; atividade biológica marcada pela presença de cupins e um formigueiro.

C_μ (contínua ou maciça com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 67 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; presença de raízes em menor quantidade que na UMH F_μΔ; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e de canais maiores que 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; atividade biológica marcada pela presença de microagregados originados pelo trabalho de formigas e cupins.

- **Perfil 3 (Figura 5)**

LΔ_μ pt linha e na entrelinha (livre, com agregados pequenos compactos): 0 - ~ 5 cm; terra solta, sem coesão, proveniente do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangular (arredondados a sub-arredondados) com faces de ruptura rugosa a lisa na linha e lisa na entrelinha; consistência variando de ligeiramente dura a dura (mais resistentes na entrelinha que na linha); em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente formada pela união dos agregados (interagregados) e empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo mais poroso nas linhas da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas, em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; a atividade biológica é marcada pela presença de fungo esbranquiçado no material em decomposição na superfície e pela presença de formigas.

LΔ_μ gt (livre, com muitos agregados grandes compactos): ~12 - ~ 33 cm; originada do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam 3 a 7 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados são menos estáveis que os presentes na UMH LΔ_μ

pt; porosidade formada pela união dos agregados (interagregados); raízes arredondadas e com desenvolvimento normal e distribuídas principalmente nas fissuras originadas pela união dos agregados (região preenchida com terra solta) e nas regiões de transição com a UMH $F\Delta\mu$, quando presentes dentro dos torrões tem aspecto pouco achatadas; ausência de atividade biológica; ausência de atividade biológica.

$F\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados, mais compactados que a mesma UMH presentes nos perfis 1, 2, 4 e 6): ~10 - ~ 33 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com face de ruptura lisa a rugosa (demonstra ser mais lisas que nas trincheiras 1, 2, 4, e 6), que se desfazem em agregados menores subangulares; consistência dura; em água, os agregados se comportam como os presentes na UMH $L\Delta\mu$ gt; predominância de porosidade fissural, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e alguns canais de origem biológica menores que 2 mm (principalmente de raízes mortas) são importantes; local onde se encontram o maior número de raízes (nesta trincheira), entretanto, são em menor número que na mesma UMH encontrada nas trincheiras 1, 2, 4 e 6, são um pouco achatadas, tortuosas com crescimento principalmente na diagonal, mas a parte aérea da cultura apresenta desenvolvimento normal; na entrelinha são encontradas pouquíssimas raízes; atividade biológica praticamente ausente, a não ser pela presença de microagregados de origem biológica.

$F\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~33 - ~ 72 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares a prismáticos que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados possuem menor estabilidade que os agregados das UMHs $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$; tanto a porosidade por empilhamento de microagregados, as fissuras (que não são mais observadas como na UMH $F\Delta\mu$) e os canais de origem biológica com diâmetro de 1 a 3 mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; raízes em menor número que nas UMHs $F\Delta\mu$ e $F\mu\Delta$ das trincheiras 1, 2 e 4 e 6, são bem desenvolvidas, tanto na diagonal como na vertical, e são encontradas raízes achatadas; poucos sinais de atividade biológica, a não ser por microagregados de origem biológica.

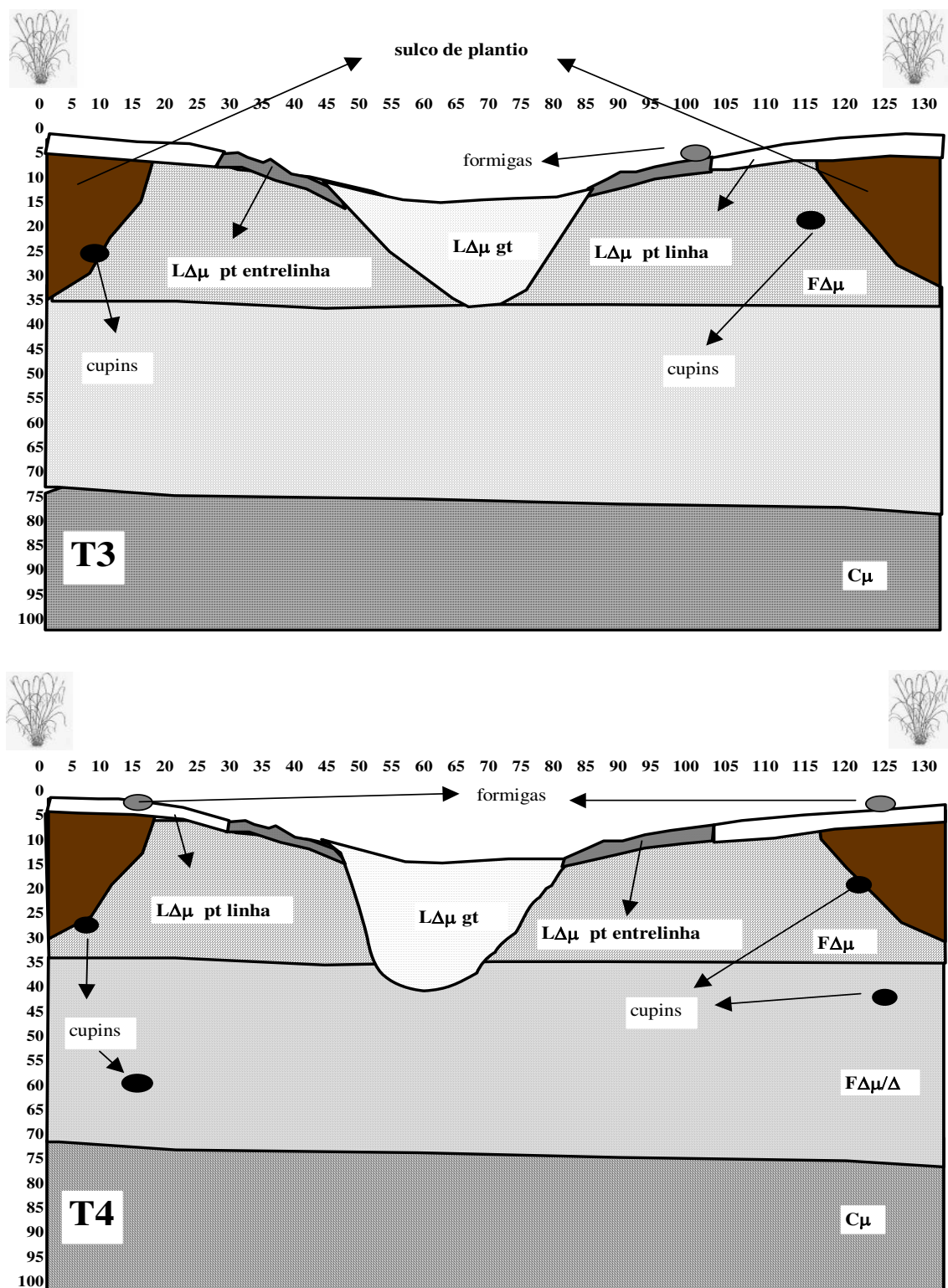


Figura 5. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 3 e 4, com cana-de-açúcar.

Cμ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 72 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente de empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e de canais maiores que 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica; presença de raízes em menor quantidade que na UMH em FμΔ da mesma trincheira; atividade biológica marcada pela presença de microagregados originados pelo trabalho de formigas e cupins.

- **Perfil 4 (Figura 5)**

LΔμ pt linha e na entrelinha (livre, com agregados pequenos compactos): 0 - ~ 5 cm; terra solta sem coesão proveniente do cultivo de soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) em blocos subangular (arredondados a subarredondados) com faces de ruptura rugosa a lisa na linha e lisa na entrelinha; consistência variando de ligeiramente dura a dura (mais resistentes na entrelinha que na linha); em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente formada pela união dos agregados (interagregados) e empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo mais poroso nas linhas da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; presença de fungo esbranquiçado no material em decomposição e atividade de formigas.

LΔμ gt (livre, com muitos agregados grandes compactos); ~12 - ~ 35 cm; originada do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam de 4 a 8 cm) com presença de alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água são menos estáveis que os presentes na UMH LΔμ pt;

porosidade formada pela união dos agregados (interagregados); raízes arredondadas e com desenvolvimento normal e distribuídas principalmente nas fissuras originadas pela união dos agregados (região preenchida com terra solta); nas regiões de transição com a UMH $F\Delta\mu$, quando presentes dentro dos torrões tem aspecto pouco achatadas; ausência de atividade biológica.

$F\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 8 - ~ 33 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares com face de ruptura lisa a rugosa, que se desfazem em agregados menores subangulares; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os presentes na UMH $L\Delta\mu$ gt; predominância de porosidade fissural, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e canais de origem biológica (principalmente de raízes mortas) são importantes; local onde se encontram o maior número de raízes que são arredondadas e bem distribuídas com crescimento diagonal e vertical, excetuada a entrelinha da cultura onde as raízes são um pouco achatadas; presença de cupins no interior de alguns agregados.

$F\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos); transição para Bw; ~ 33 - ~ 73 cm; transição clara; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os agregados das UMHs $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$; predominância de porosidade fissural, mas o empilhamento de microagregados e a presença de canais de origem biológica com diâmetro de 1 a 3 mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; as raízes são em menor número que na unidade morfolologicamente homogênea $F\Delta\mu$, possuem desenvolvimento normal, crescendo tanto na diagonal como na vertical; atividade biológica praticamente ausente, a não ser pela presença de alguns cupins.

$C\mu$ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 73 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por

empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e de canais maiores que 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$; atividade biológica marcada pela presença de microagregados originados pelo trabalho de formigas e cupins.

- **Perfil 5 (Figura 6)**

L $\Delta\mu$ pt linha e na entrelinha (livre, com agregados pequenos compactos): ~ 0 - ~ 5 cm; terra solta, sem coesão, proveniente do cultivo de soqueiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela misturado de terra solta e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 4 cm), em blocos subangular (arredondados a subarredondados) com faces de ruptura de rugosa a lisa na linha e lisa na entrelinha; consistência variando de ligeiramente dura a dura (mais resistentes na entrelinha que na linha); em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente formada pela união dos agregados (inte-agregados) e empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo mais poroso na linha da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas, em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; presença de material em decomposição e de torrões trabalhados pela macrofauna.

L $\Delta\mu$ gt (livre, com muitos agregados grandes compactados): ~ 15 - ~ 25 cm; originada do cultivo das soqueiras; possuem menor tamanho quando se comparam com as mesmas UMHS das outras trincheiras; transição abrupta; cor → 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam de 3 a 6 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados são menos estáveis que os presentes na UMH L $\Delta\mu$ pt; porosidade formada pela união dos agregados (inter-agregados); as raízes são arredondadas com desenvolvimento normal e estão distribuídas principalmente nas fissuras originadas da união dos agregados (região preenchida com terra solta) e nas regiões de transição com a UMH F $\Delta\mu$; quando presentes dentro dos torrões tem aspecto pouco achatadas;

ausência de atividade biológica.

FΔμ (fissurado, com muitos agregados mais compactados que na mesma UMH dos perfis 1, 2, 4 e 6): ~ 9 - ~ 40 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com face de ruptura lisa a rugosa (demonstram ser mais lisas que nas trincheiras 1, 2, 4, e 6) , que se desfazem em agregados menores também em subangulares; consistência dura; em água, os agregados são mais resistentes que na UMH LΔμ gt; predominância de porosidade fissural, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e alguns canais de origem biológica menores que 2 mm (principalmente de raízes mortas) que são importantes; local onde encontramos o maior número de raízes, entretanto, são em menor número que na mesma UMH encontrada nas trincheiras 1, 2, 4 e 6, são um pouco achatadas, tortuosas com crescimento diagonal, mas a parte aérea da cultura apresenta desenvolvimento normal, na entrelinha são encontradas pouquíssimas raízes; atividade biológica praticamente ausente, a não ser pela presença de alguns cupins.

FμΔ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~ 40 - ~ 76 cm; transição clara; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares a prismáticos que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados possuem menor estabilidade que os agregados das nas UMHs LΔμ gt e FΔμ; tanto a porosidade por empilhamento de microagregados, as fissuras (que não são mais observadas como na UMH FΔμ) quanto os canais de origem biológica com diâmetro de 1 a 3mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; as raízes em menor número que nas UMHs FΔμ e FμΔ das trincheiras 1, 2 e 4 e 6 são bem desenvolvidas, tanto na diagonal como na vertical, e são encontradas raízes achatadas; atividade biológica praticamente ausente, a não ser pela presença de câmara de cupins e microagregados de origem biológica.

Cμ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 76 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados e desmancham; porosidade principalmente de

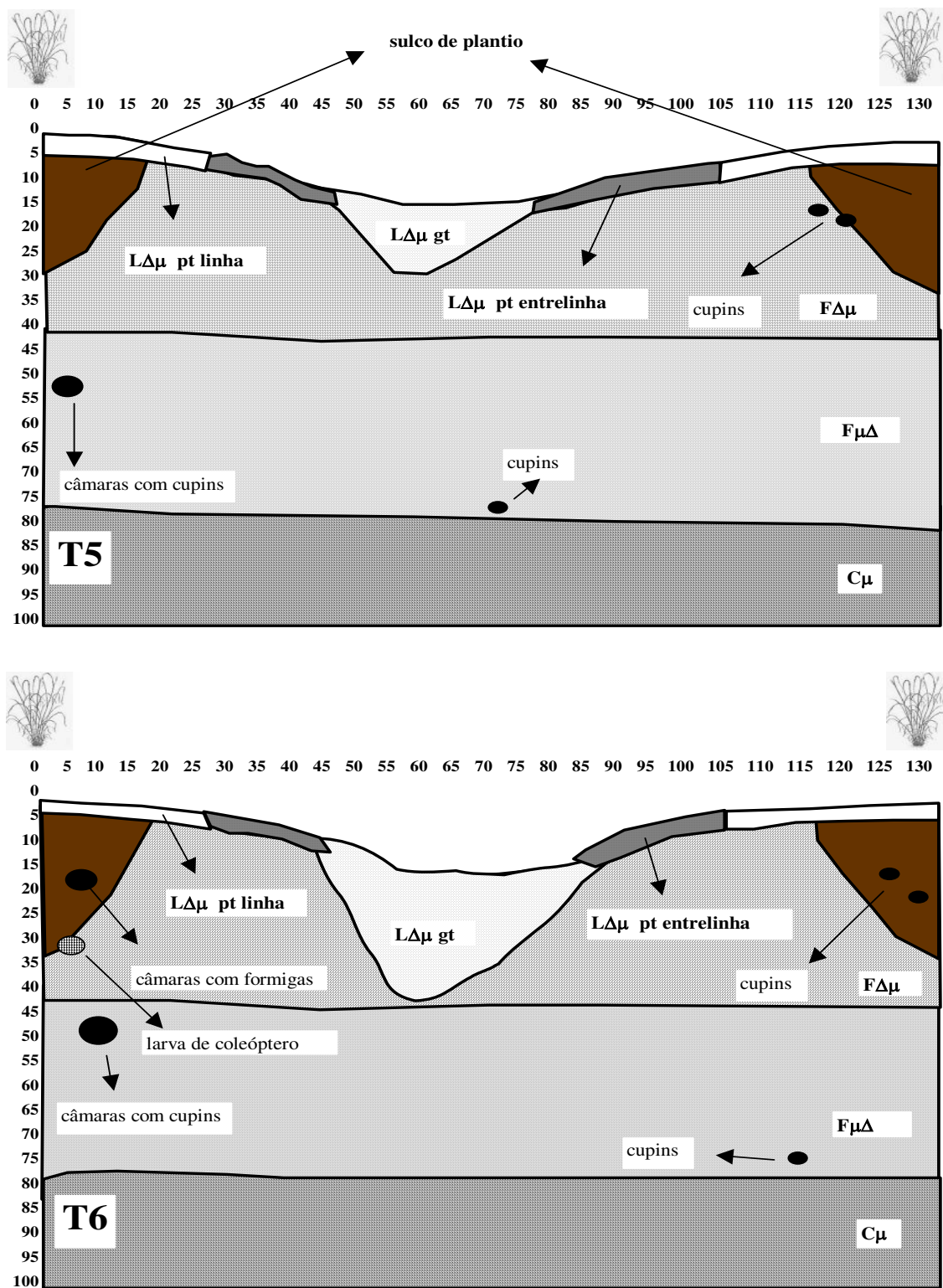


Figura 6. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 5 e 6, com cana-de-açúcar.

empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e de canais maiores que 3 mm provenientes de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; presença de raízes com desenvolvimento normal e em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$; atividade biológica marcada pela presença de microagregados resultantes do trabalho de formigas e cupins.

- **Perfil 6 (Figura 6)**

L $\Delta\mu$ pt linha e na entrelinha (livre com agregados pequenos compactos); ~ 0 - ~ 5 cm; terra solta sem coesão, proveniente do cultivo de soqueiras; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) em blocos subangular (arredondados a subarredondados) com faces de ruptura rugosa na linha e lisa na entrelinha; consistência variando de ligeiramente dura a dura (mais resistentes na entrelinha que na linha); em água, os agregados não se desfazem; porosidade basicamente a formada pela união dos agregados (interagregados) e empilhamento dos microagregados (terra solta), sendo o solo que mais poroso na linha da cultura; nota-se o desenvolvimento de muitas raízes finas, em maior número na linha da cultura que na entrelinha, e arredondadas com desenvolvimento normal que determinam a agregação existente; atividade biológica marcada pela presença de material em decomposição e de agregados de origem biológica.

L $\Delta\mu$ gt (livre, com muitos agregados grandes compactos): ~ 13 - ~ 38 cm; originada do cultivo das soqueiras; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta e agregados pequenos, médios (que variam de 3 a 6 cm) com presença de alguns grandes, em blocos subangulares com faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água são menos estáveis que os presentes na UMH L $\Delta\mu$ pt; porosidade formada pela união dos agregados (interagregados); as raízes são arredondadas com desenvolvimento normal e distribuídas principalmente nas fissuras originadas pela união dos agregados (região preenchida com terra solta) e nas regiões de

transição com a UMH $F\Delta\mu$; quando presentes dentro dos torrões tem aspecto pouco achatadas; ausência de atividade biológica.

$F\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 8 - ~ 40 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares e alguns prismáticos, com face de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em agregados menores também em subangulares; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados se comportam como os agregados das UMHs $L\Delta\mu$ gt e $L\Delta\mu$ pt; predominância de porosidade fissural, mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e canais de origem biológica (principalmente de raízes mortas) que são importantes; local onde encontramos o maior número de raízes que são arredondadas e bem distribuídas com crescimento diagonal e vertical, com exceção da entrelinha da cultura que as raízes são um pouco achatadas; presença de cupins no interior de alguns agregados, câmaras com formigas e casulo com coró (larvas de coleóptero).

$F\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~ 40 - ~ 78 cm; transição clara; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares e alguns prismáticos, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada, apresenta faces de ruptura de rugosa a lisa; consistência ligeiramente dura; em água, os agregados possuem menor estabilidade que os agregados da UMH $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$; porosidade fissural é predominante, mas o empilhamento de microagregados e a presença de canais de origem biológica com diâmetro de 1 a 3mm (provenientes de raízes e da atividade biológica) são importantes; as raízes em menor número que na unidade morfollogicamente homogênea $F\Delta\mu$ possuem desenvolvimento normal, crescendo tanto na diagonal como na vertical; atividade biológica praticamente ausente, a não ser pela presença de cupins e de câmara .

$C\mu$ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 78 - 100 cm; cor → 2,5YR 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, existem porém muitos canais com diâmetro menor que 1 mm e canais maiores que 3 mm resultantes de raízes mortas e da atividade biológica que são

importantes; presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$, com desenvolvimento normal; presença de microagregados provenientes de atividade biológica;

- **Perfil 7 (Figura 7)**

L $\Delta\mu$ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a material orgânico em decomposição): 0 - ~ 3 cm; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta (80%) e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituídos por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (interagregados) também é importante; as raízes são em grande número e determinam a estrutura existente; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) as quais apresentam baixa incidência, atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.

F $\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 3 - ~ 32 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 3/4 e 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água alguns microagregados se soltam dos torrões; porosidade fissural predominante (observam-se fissuras que variam de 0,1 a 0,5 cm e se estendem até 20 cm e depois diminuem) mas a porosidade formada pela união dos agregados (inter-agregados) e pelos microagregados de origem biológica, também são importantes; local onde se encontram o maior número de raízes, estas se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados elas são um pouco achatadas; foram encontrados formigueiros (atividade de formigas) e casulo de coro (larva de coleóptero).

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~ 32 - ~ 70 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes,

em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; a porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro (± 1 mm) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH F $\Delta\mu$ com desenvolvimento normal; presença de formigas, casulos de coró (larva de coleópteros), além de câmaras vazias possivelmente de cupins, que se movimentavam nesta UMH.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~70 - ~ 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente de empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro variando de 1 mm a 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que em F $\mu\Delta$ com desenvolvimento normal; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica.

- **Perfil 8 (Figura 7)**

L $\Delta\mu$ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a material orgânico em decomposição): ~ 0 - ~ 3 cm; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta (70 a 80%) e agregados pequenos (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituído por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (inter-agregados) também é importante; as raízes em grande número determinam a estrutura existente; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) e *Bidens pilosa* L. (picão preto) mas com baixa incidência. Presença de formigas.

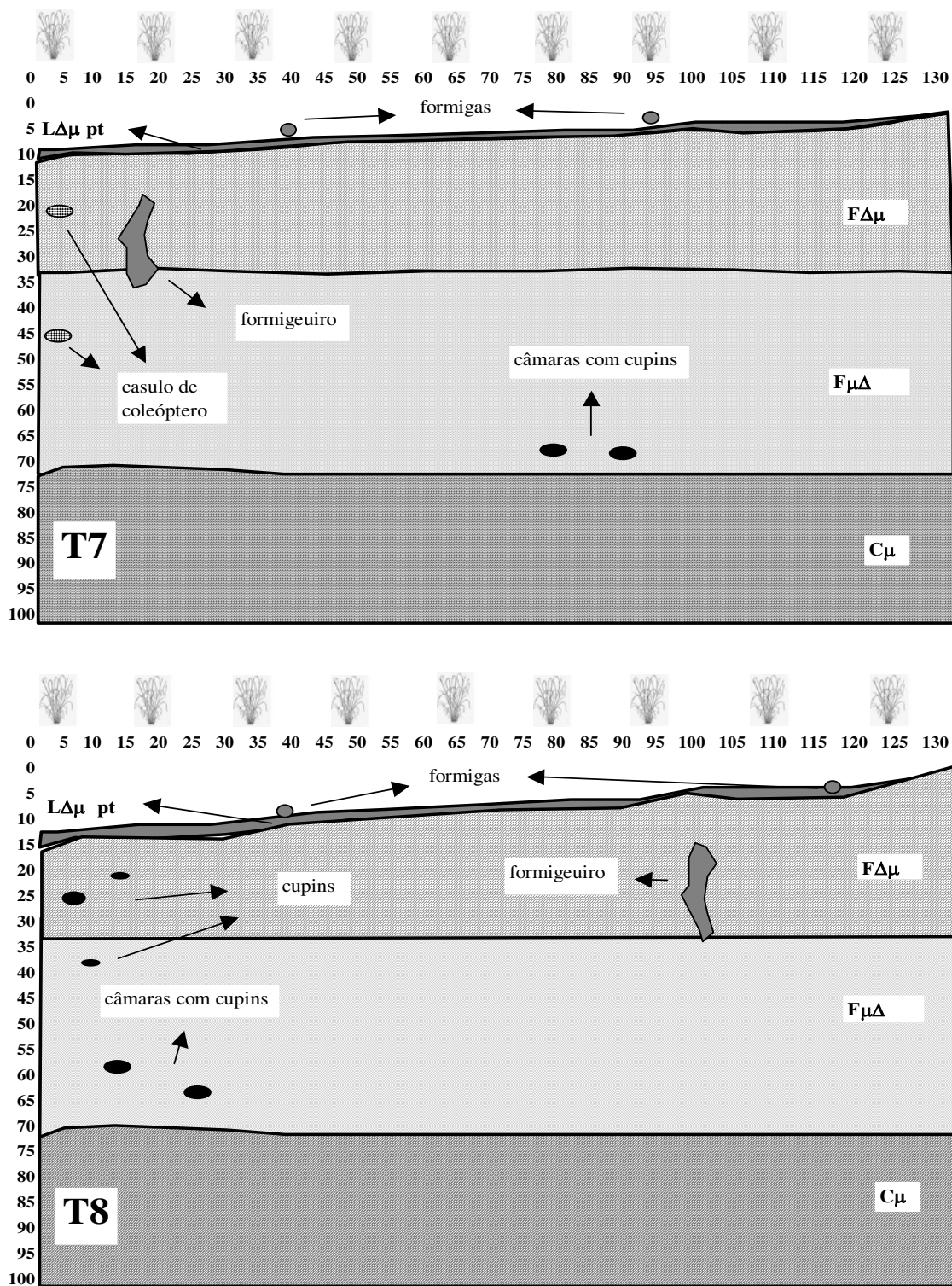


Figura 7. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 7 e 8, com trigo em plantio direto.

FΔμ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 3 - ~ 33 cm; transição clara; cor → 2,5 YR entre 3/4 e 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água apenas microagregados se soltam dos torrões; porosidade fissural predominante (observam-se grandes fissuras que se estendem-se até 20 cm e depois diminuem), mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e pelos microagregados de origem biológica, também é importante; local onde se encontram o maior número de raízes, estas se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados elas são um pouco achatadas; observaram-se atividades de cupins e um formigueiro.

FμΔ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ~ 33 - ~ 70 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; a porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro (± 1 mm) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH FΔμ com desenvolvimento normal; presenças de formigas e câmaras vazias possivelmente de cupins, que se movimentavam nesta UMH.

Cμ (contínua ou maciça com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ~ 70 - 100 cm; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro de 1 mm a 3 mm originados de raízes mortas da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH FμΔ com desenvolvimento normal; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica.

- **Perfil 9 (Figura 8)**

LΔμ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a material orgânico em decomposição): ~ 0 - ~ 3 cm; transição abrupta; cor → 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta (80%) e agregados pequenos (0,5 a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituídos por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (inter-agregados) também é importante; as raízes em grande número que determinam a estrutura existente; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) e *Raphanus raphanistrum* (nabo) mas com baixa incidência; atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.

FΔμ (fissurado, com muitos agregados compactos): ~ 3 - ~ 30 cm; transição clara; cor → 2,5 YR entre 3/4 e 2,5/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água, os agregados não se desmancham; porosidade fissural predominante (observam-se fissuras variando de 0,1 a 0,5 cm que se estendem-se até 20 cm e depois diminuem) mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e pelos microagregados de origem biológica, também é importantes; local onde se encontram o maior número de raízes, estas se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes; no interior dos agregados elas são um pouco achatadas; foram encontrados sinais atividades de formigas, cupins e alguns casulos de corós (larvas de coleópteros).

FμΔ (fissurado, com alguns agregados compactos); transição para Bw; ~30 - ~ 70 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; porosidade por empilhamento de microagregados e a

porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro ($\pm 1\text{mm}$) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH F $\Delta\mu$ com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; presença de câmaras vazias possivelmente de cupins, que se movimentavam nesta UMH.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\sim 70 - 100\text{ cm}$; cor $\rightarrow 2,5\text{YR}$ entre $3/4$ e $3/6$; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro variando de 1 mm a 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$ com desenvolvimento normal; atividade biológica marcada pela presença de cupins e de microagregados de origem biológica.

- **Perfil 10 (Figura 8)**

L $\Delta\mu$ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a material orgânico em decomposição): $\sim 0 - \sim 3\text{ cm}$; transição abrupta; cor $\rightarrow 2,5\text{ YR}$ entre $2,5/4$ e $3/4$; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta (70 a 80%) e agregados pequenos (que variam de $0,5$ a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituído por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), talos de soja e restos de milho (em estágio avançado de decomposição); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (interagregados) também é importante; as raízes em grande número que determinam a estruturação; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada); atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.

F $\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): ± 3 a 30 cm ; transição clara; cor $\rightarrow 2,5\text{ YR}$ entre $3/4$ e $2,5/4$; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que

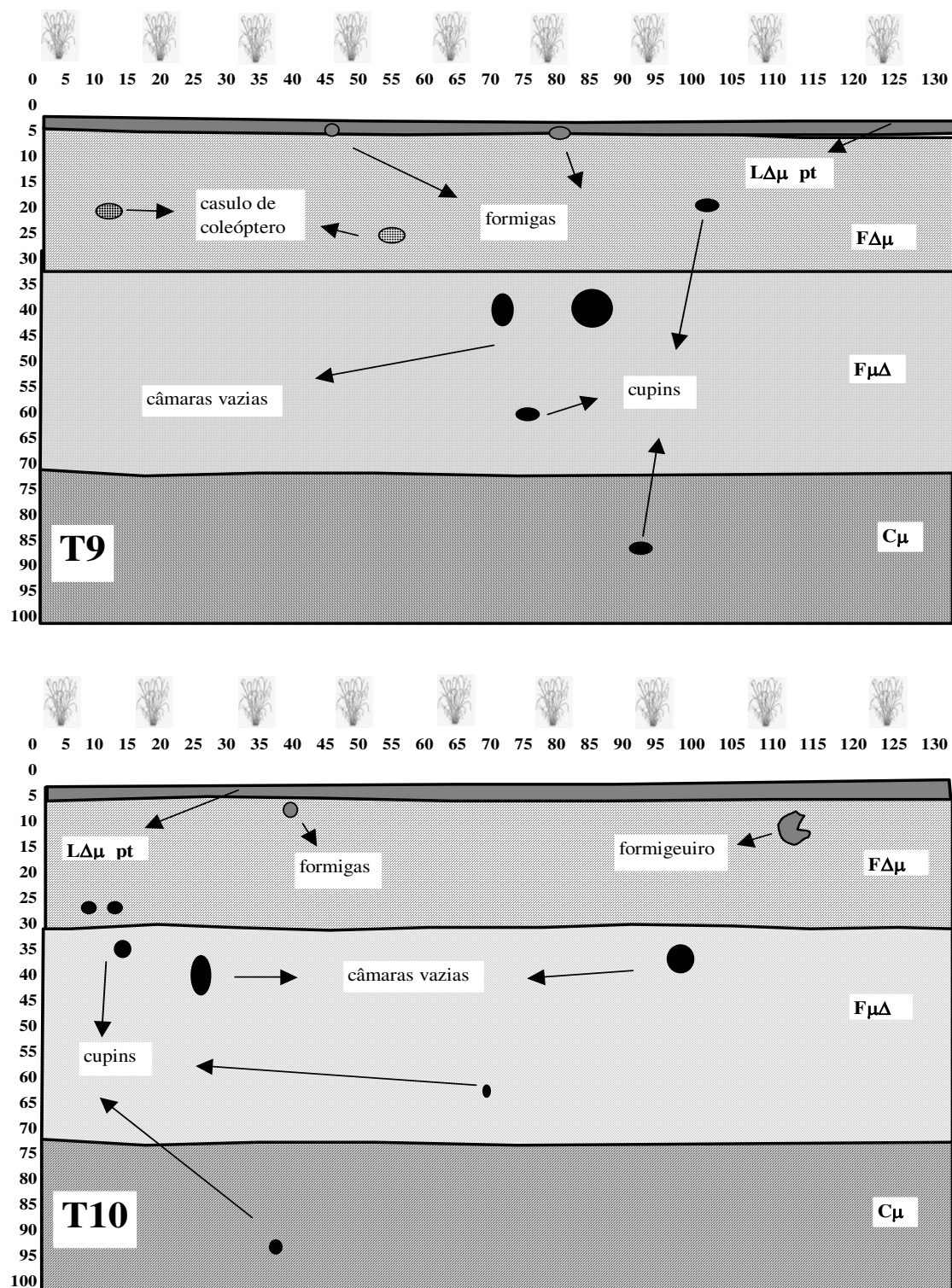


Figura 8. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 9 e 10, com trigo em plantio direto.

variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água, os agregados não se desmancham; predominância de porosidade fissural (observam-se grandes fissuras que se estendem até 20 cm e depois diminuem), mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e pelos microagregados de origem biológica, também são importantes; local onde encontramos o maior número de raízes que se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados são um pouco achatadas; foram encontrados sinais de atividade de cupins e um formigueiro.

F_μΔ (fissurado, com alguns agregados compactos); transição para Bw; ± 30 a 71 cm; transição clara; cor → 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro (± 1mm) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH F_Δμ com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; presença de formigas e câmaras vazias possivelmente de cupins, que se movimentavam nesta UMH.

C_μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ± 71 a 100 cm; cor → 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro de 1 mm a 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F_μΔ com desenvolvimento normal; atividade biológica marcada pela presença de alguns cupins e microagregados de origem biológica.

- **Perfil 11 (Figura 9)**

L_Δ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a

material orgânico em decomposição): ± 0 a 3 cm; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada por terra solta (70 a 80%) e agregados (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituídos por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição) e em alguns pontos observam-se regiões mais compactas lembrando estrutura laminar (resultante do rodado do trator, pelo visto não atrapalha o desenvolvimento do trigo); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (interagregados) também são importante; raízes em grande número que determinam a estruturação; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) e *Raphanus raphanistrum* (nabo) mas com baixa incidência; atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.

F $\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): ± 3 a 32 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água, os agregados não se desmancham; predominância de porosidade fissural (observam-se fissuras de 0,1 a 0,5 cm que se estendem até 20 cm e depois diminuem) mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e pelos microagregados de origem biológica, também são importantes; local onde se encontram o maior número de raízes que se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados são um pouco achatadas; foi encontrado besouro (coleóptero).

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; ± 32 a 71 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro (± 1 mm) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH F $\Delta\mu$ com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; presença de casulo de coleóptero dentro de uma grande fissura encontrada ± 40 cm de profundidade.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 71 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham mais rapidamente que F $\Delta\mu/\mu$; porosidade principalmente de empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro de 1 mm a 3 mm originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$ com desenvolvimento normal; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica.

- **Perfil 12 (Figura 9)**

L $\Delta\mu$ pt + Serrapilheira (livre, com agregados pequenos compactos misturados a material orgânico em decomposição): $\pm$ 0 a 3 cm; transição abrupta; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada pela mistura de terra solta (70 a 80%), estrutura formada por terra solta (70 a 80%) e agregados (que variam de 0,5 a 3 cm), em blocos subangulares; em superfície material orgânico em decomposição constituído por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição) e em alguns pontos observam-se regiões mais compactas lembrando a estrutura laminar (originada pelo rodado do trator, pelo visto não atrapalha o desenvolvimento do trigo); consistência ligeiramente dura; em água, os agregados não desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas a união entre os agregados (interagregados) também é importante; raízes em grande número que determinam a estruturação; são observadas algumas plantas daninhas como *Brachiaria plantaginea* (capim-marmelada) e *Raphanus raphanistrum* (nabo) mas com baixa incidência; atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.

F $\Delta\mu$ (fissurado, com muitos agregados compactos): $\pm$ 3 a 31 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados pequenos (que variam de 0,5 a 5 cm) e alguns grandes, em blocos subangulares com face de ruptura de rugosa a lisa; consistência dura; em água, os agregados não se desmancham; porosidade

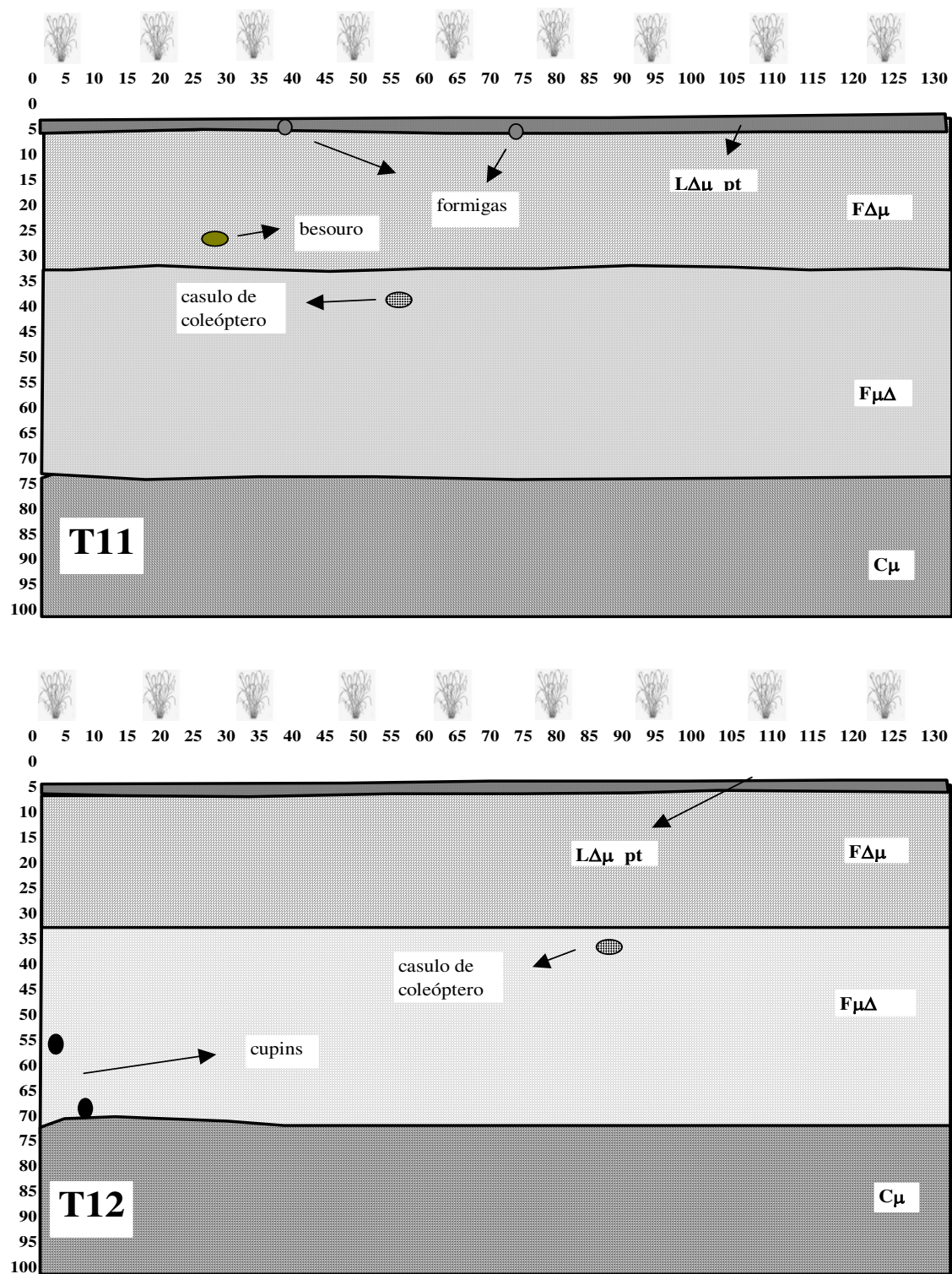


Figura 9. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 11 e 12, com trigo em plantio direto.

fissural predominante (observa-se fissuras variando de 0,1 a 0,5 cm que se estendem-se até 20 cm e depois diminuem) mas a porosidade formada pela união dos agregados (interagregados) e pelos microagregados de origem biológica, também são importantes; local onde se encontram o maior número de raízes que se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados são um pouco achatadas; atividade biológica praticamente ausente.

F μ Δ (fissurado, com alguns agregados compactos); transição para Bw; $\pm$ 31 a 70 cm; transição clara; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura formada por agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, com faces de ruptura de rugosa a lisa, que se desfazem em blocos menores formados por estrutura microagregada; consistência dura; em água, os agregados se desmancham; porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem canais de pequeno diâmetro ($\pm$ 1mm) que também são importantes; raízes em menor número que na UMH F Δ μ com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica praticamente ausente, não fosse a presença de alguns cupins e casulo de coró (larvas de coleóptero).

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 70 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham mais rapidamente que F Δ μ / μ ; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem canais com diâmetro de 1 mm a 3 mm proveniente de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F μ Δ com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica.

- **Perfil 13 (Figura 10)**

Serrapilheira (camada orgânica): $\pm$ 0 a 5 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície

menor e mais recente a decomposição; já se observa a presença de raízes em desenvolvimento.

L μ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): $\pm$ 5 a 15 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente da união entre os agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal, tanto nos intra-agregados como nos interagregados e determinam a agregação existente nesta UMH; atividade biológica marcada pela presença de formigas, minhocas e muitas excreções de origem biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

F $\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): $\pm$ 15 a 40 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 4 cm) também subangulares; consistência macia; em água, os agregados possuem menor resistência que os da UMH L μ pt; a porosidade por empilhamento de agregados é muito forte, principalmente na transição de L μ pt para F $\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante, também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como interagregados; atividade biológica marcada pela presença de pequenas câmaras (mais de cinco) de aproximadamente 0,5 cm com fungo esbranquiçado e de cupins que se estendem até a estrutura F $\mu\Delta$.

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para Bw; $\pm$ 40 a 75 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura com pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,4 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, danificando-se as superfícies; porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (originados de raízes mortas e da atividade biológica) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\Delta\mu$ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como interagregados; atividade biológica marcada pela presença de larvas de coleóptero e de cupins.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 75 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 e 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menores que 1 mm; existem também alguns maiores ($\pm$ 3 mm) provenientes de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes e em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$, com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica, provavelmente pela atividade de cupins.

- **Perfil 14 (Figura 10)**

Serrapilheira (camada orgânica): $\pm$ 0 a 5 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície menor e mais recente a decomposição já se observa a presença de raízes em desenvolvimento e algumas formigas).

L μ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): $\pm$ 5 a 15 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente pela união dos agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal, tanto intra-agregados como interagregados e determinam a agregação existente nesta UMH; atividade biológica marcada pela presença de formigas, cupins em canais e muitas excreções originada da atividade biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

F $\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): $\pm$ 15 a 42 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares com alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 3 cm) e também em subangulares; consistência macia; em água, os agregados

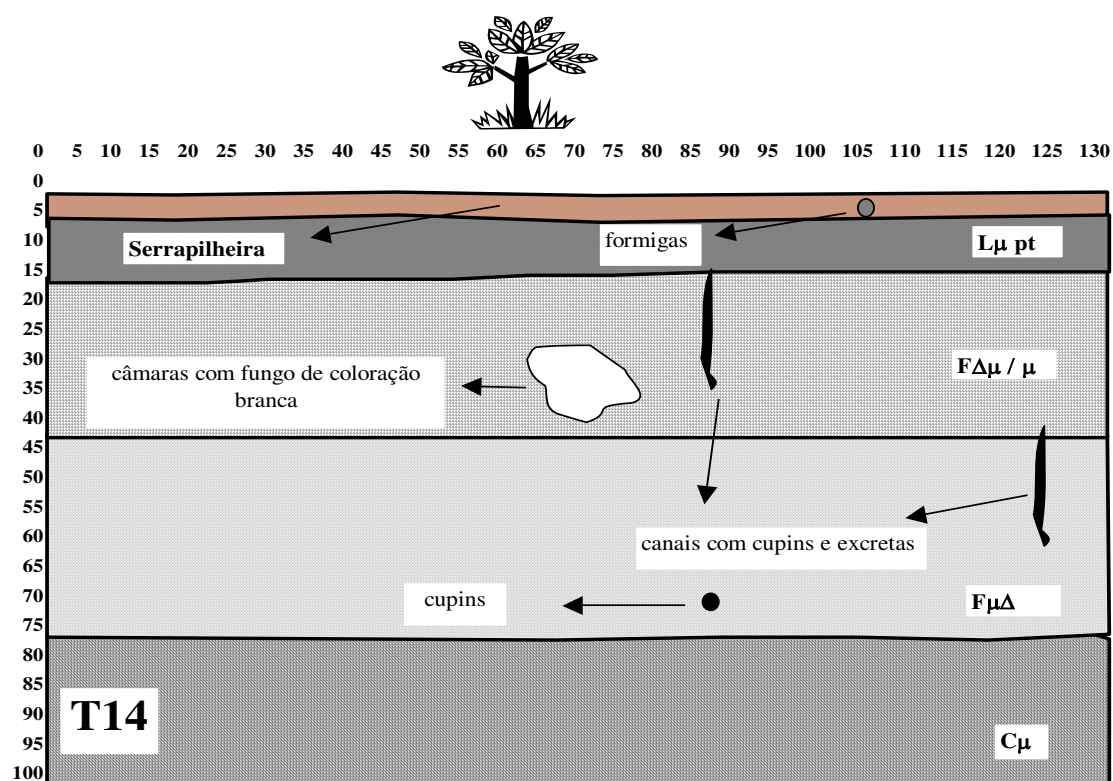
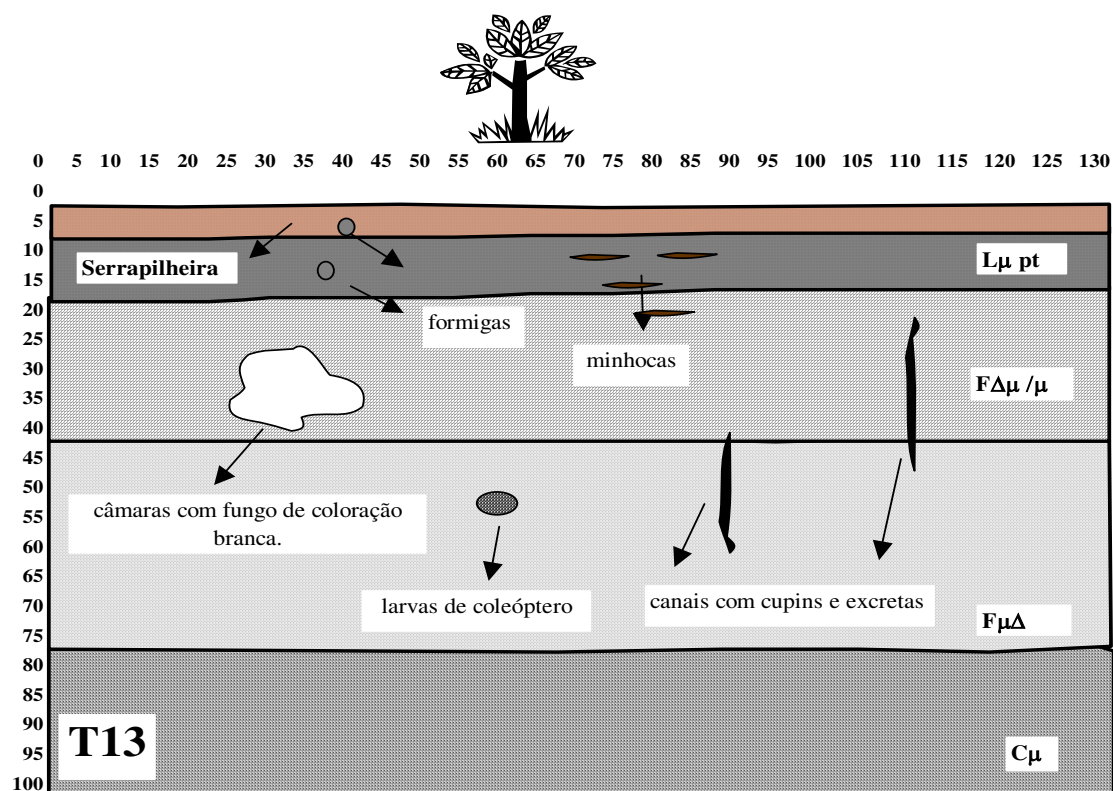


Figura 10. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 13 e 14 de referência (mata nativa).

possuem menor resistência que na UMH L μ pt; a porosidade por empilhamento de agregados é muito forte, principalmente na transição de L μ pt para F $\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante, também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de pequenas câmaras provavelmente provenientes da atividade de cupins.

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para C μ ; $\pm$ 42 a 75 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, danificando-se as superfícies; porosidade por empilhamento de microagregados e a fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (originados de raízes mortas e da atividade biológica) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\Delta\mu/\mu$ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de cupins.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 75 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 lembrando as vezes 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menores que 1 mm, existem também alguns maiores ($\pm$ 3 mm) originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F $\mu\Delta$, com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica, provavelmente pela atividade de cupins.

- **Perfil 15 (Figura 11)**

Serrapilheira (camada orgânica): ± 0 a 5 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais (folhas, galhos e muitas raízes) em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície menor e mais recente a decomposição; já se observa a presença de raízes em desenvolvimento e formigas explorando o local).

L μ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): ± 5 a 18 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente pela união dos agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados e determinam a agregação; atividade biológica marcada pela presença de formigas, minhocas e muitas excreções de origem biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

F $\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): ± 18 a 44 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 3 cm) também subangulares; consistência macia; em água, os agregados possuem menor resistência que na UMH L μ pt; a porosidade por empilhamento de agregados é muito forte, principalmente na transição de L μ pt para F $\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante; também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como interagregados; atividade biológica marcada pela presença de pequenos canais de aproximadamente 0,5 cm com fungo esbranquiçado, e por cupins que apresentavam atividade até a UMH F $\mu\Delta$.

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para C μ ; ± 44 a 77 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, mas após poucos segundos são danificados; porosidade por empilhamento de microagregados e a

porosidade fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (formados pela macrofauna e por raízes mortas) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH FΔμ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de fungos esbranquiçados se desenvolvendo possivelmente em raízes mortas e pela presença de cupins.

Cμ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ± 77 a 100 cm; cor → 2,5YR entre 3/4 lembrando as vezes 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menores que 1 mm, mas existem alguns maiores (± 3 mm), proveniente de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes e em menor quantidade que as das UMH FμΔ, com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica, possivelmente da atividade de cupins.

- **Perfil 16 (Figura 11)**

Serrapileira (camada orgânica): ± 0 a 7 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície menor e mais recente a decomposição; já se observa a presença de raízes em desenvolvimento e algumas formigas explorando o local.

Lμ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): ± 7 a 18 cm; cor → 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente pela união dos agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados e determinam a

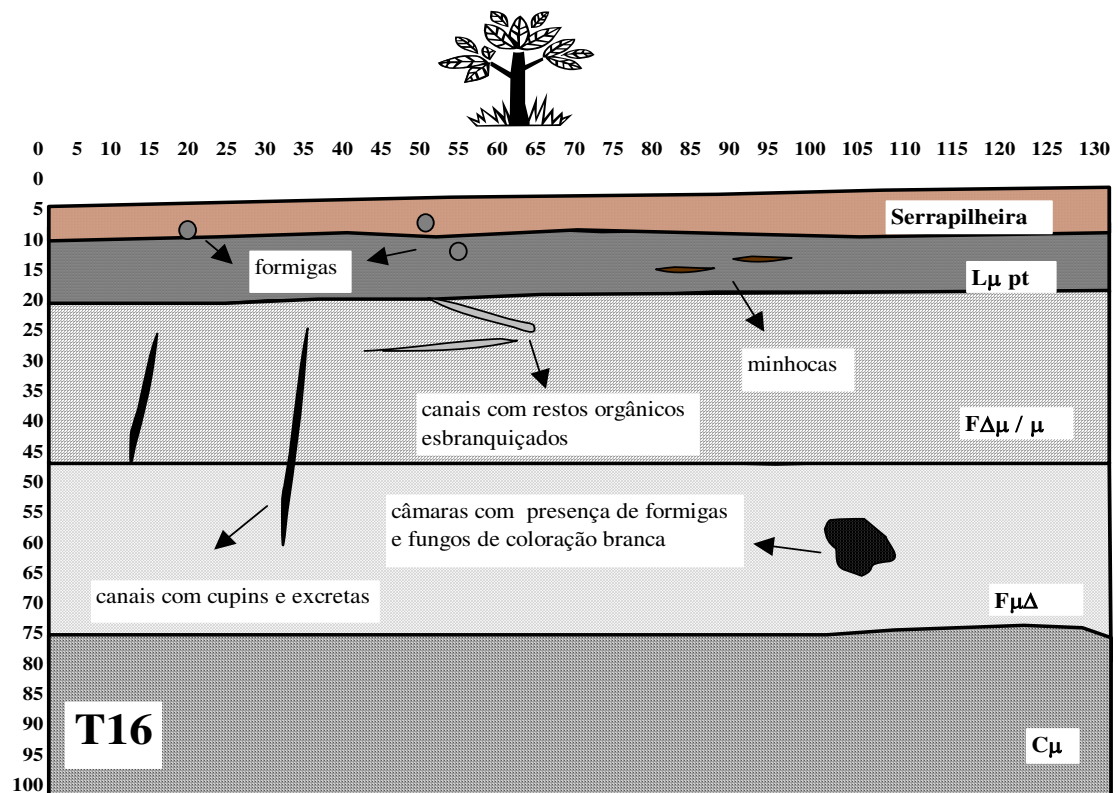
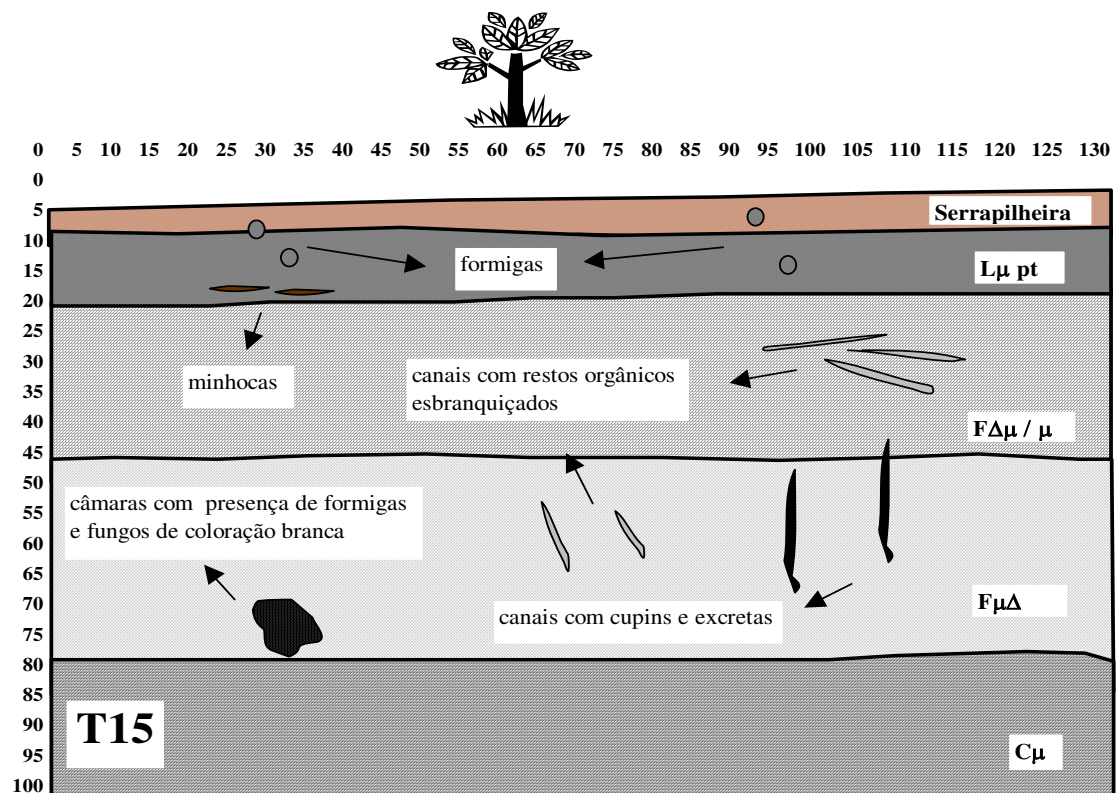


Figura 11. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 15 e 16, de referência (mata nativa).

agregação; atividade biológica marcada pela presença de formigas, minhocas e muitas excreções de origem biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

F $\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): $\pm$ 18 a 45 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura com pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm) também subangulares; consistência macia; em água os agregados possuem menor resistência que na UMH L μ pt, sendo suas superfícies danificadas; a porosidade por empilhamento de microagregados é muito forte, principalmente na transição de L μ pt para F $\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante, também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; a atividade biológica praticamente ausente a não ser pela presença de alguns canais com cupins e pequenos agregados formados pelo trabalho de cupins.

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para C μ ; $\pm$ 45 a 73 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, mas após poucos segundos são danificados; a porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (originados de raízes mortas e da atividade biológica) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\Delta\mu$ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como interagregados; atividade biológica marcada pela presença de câmaras de formigas com fungo de coloração branca.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 73 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 lembrando as vezes 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menores que 1 mm, mas existem alguns maiores ($\pm$ 3 mm) originados de raízes

mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH $F\mu\Delta$, com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de microagregados de origem biológica, possivelmente da atividade de cupins.

- **Perfil 17 (Figura 12)**

Serrapilheira (camada orgânica): ± 0 a 4 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície menor e mais recente a decomposição; já se observa a presença de raízes em desenvolvimento e algumas formigas que exploravam o local.

$L\mu$ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): ± 4 a 18 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente pela união dos agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados e determinam a agregação; atividade biológica marcada pela presença de formigas, minhocas (brava) e muitas excreções de origem biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

$F\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): ± 18 a 42 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm) também subangulares; consistência macia; em água, os agregados possuem menor resistência que na UMH $L\mu$ pt, sendo suas superfícies danificadas; a porosidade de empilhamento por microagregados é muito forte, principalmente na transição de $L\mu$ pt para $F\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante, também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de pequenas câmaras com presença de formigas

com fungos de coloração branca e casulos de corós (larvas de coleópteros).

F μ Δ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para C μ ; $\pm$ 42 a 73 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, sendo as superfícies danificadas; a porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (originados de raízes mortas e da atividade biológica) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH F Δ μ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de canais com cupins e restos de material orgânico com presença de fungo de coloração branca.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; $\pm$ 73 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 lembrando as vezes 3/6; textura argilosa; estrutura maciça que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm, mas existem alguns maiores ($\pm$ 3 mm) originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH F μ Δ , com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de canais com microagregados de origem biológica, possivelmente da atividade de cupins.

- **Perfil 18 (Figura 12)**

Serrapilheira (camada orgânica): $\pm$ 0 a 7 cm; transição abrupta; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição (quanto mais próximo à superfície menor e mais recente a decomposição; já se observa a presença de raízes em desenvolvimento e algumas formigas que exploravam o local).

L μ pt (livre, com agregados pequenos não compactos): $\pm$ 7 a 17 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR

entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura sem coesão, com agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm), em blocos subangulares; consistência macia; em água, os agregados são altamente resistentes, não se desmancham; porosidade principalmente pela união dos agregados (interagregados) e muitos canais com raízes mortas; presença de muitas raízes que possuem desenvolvimento normal tanto intra como inter-agregados e determinam a agregação; atividade biológica marcada pela presença de formigas, e muitas excreções de origem biológica, bem compactas com diâmetro de 0,2 cm.

F $\Delta\mu/\mu$ (fissurado, com muitos agregados pouco compactos): ± 17 a 44 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR entre 2,5/4 e 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm) também subangulares; consistência macia; em água, os agregados possuem menor resistência que na UMH L μ pt, sendo suas superfícies danificadas; a porosidade por empilhamento de microagregados é muito forte, principalmente na transição de L μ pt para F $\Delta\mu/\mu$, enquanto que nas outras regiões desta estrutura a porosidade fissural é mais importante; também são observados muitos canais com raízes mortas; presença ainda de muitas raízes com desenvolvimento normal tanto intra-agregados como inter-agregados; atividade biológica marcada pela presença de alguns cupins e câmara com formigas e fungos de coloração branca.

F $\mu\Delta$ (fissurado, com alguns agregados compactos): transição para C μ ; ± 44 a 80 cm; cor $\rightarrow$ 2,5 YR 3/4; textura argilosa; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos, que se desfazem em agregados pequenos (que variam de 0,3 a 5 cm); consistência macia; em água, os agregados possuem alguma resistência, sendo as superfícies danificadas; a porosidade por empilhamento de microagregados e a porosidade fissural se destacam, mas existem muitos canais de diâmetro menor que 1 mm e alguns maiores (formados pela macrofauna e por raízes mortas) que são importantes; observa-se a presença de raízes em menor quantidade que na UMH F $\Delta\mu$ as quais possuem desenvolvimento normal tanto intra-agregados como interagregados; atividade biológica marcada pela presença de canais de cupins e muitas excretas.

C μ (contínua ou maciça, com presença de microagregados): horizonte típico Bw; ± 80 a 100 cm; cor $\rightarrow$ 2,5YR entre 3/4 lembrando as vezes 3/6; textura argilosa; estrutura maciça

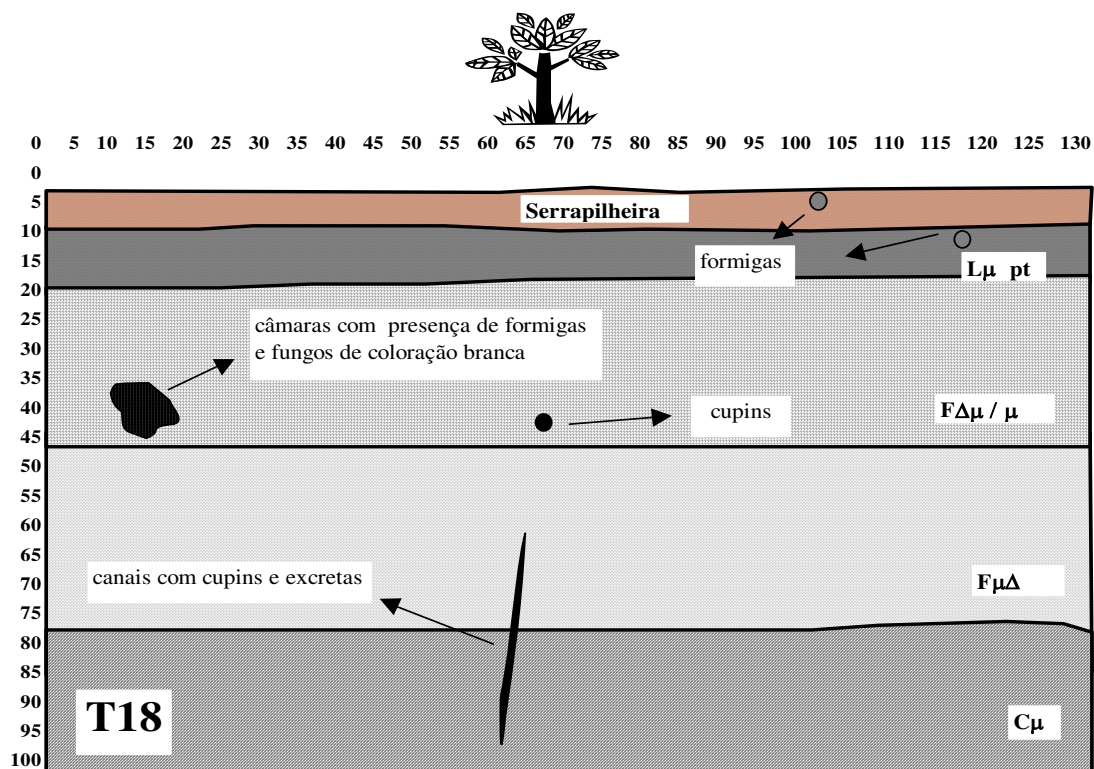
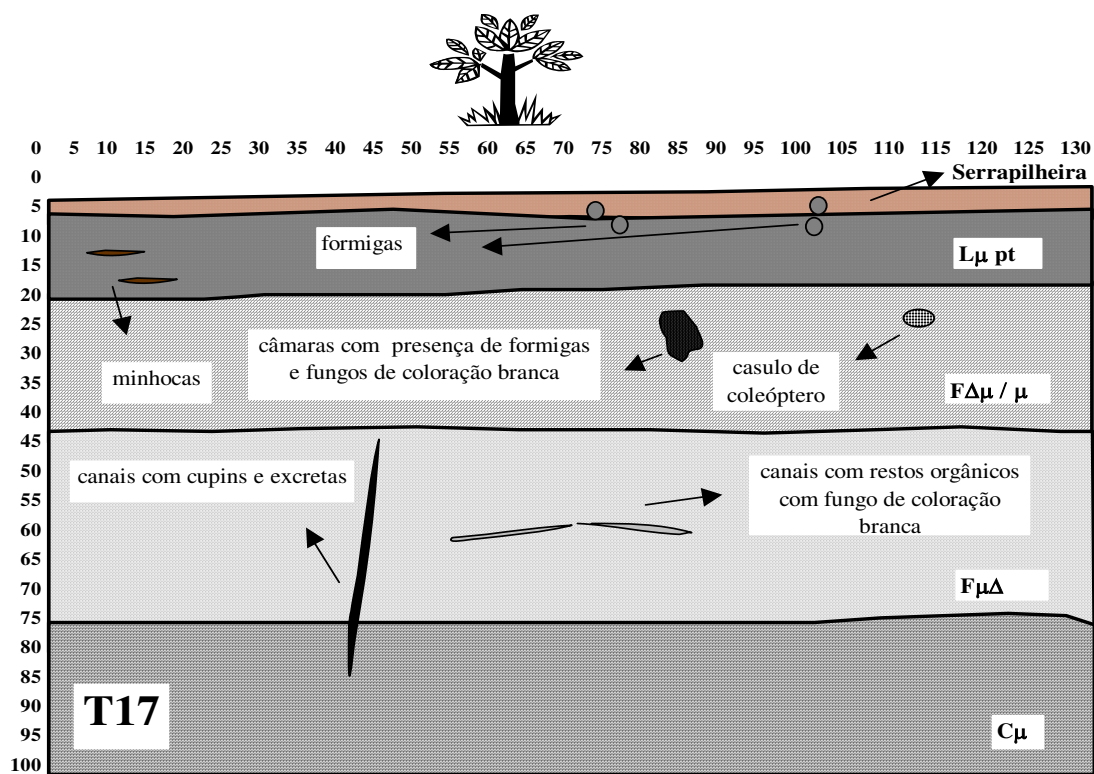


Figura 12. Esquemas dos perfis de manejo dos perfis 17 e 18, de referência (mata nativa).

que se desfaz em blocos subangulares a prismáticos que, quando pressionados, originam estrutura microagregada; consistência macia; em água, os agregados se desmancham; porosidade principalmente por empilhamento de microagregados, mas existem muitos canais com diâmetro menor que 1 mm, mas existem alguns maiores (± 3 mm) originados de raízes mortas e da atividade biológica que são importantes; raízes em menor quantidade que na UMH $F_{\mu}\Delta$, com desenvolvimento normal, crescendo preferencialmente nos canais; atividade biológica marcada pela presença de canais com microagregados de origem biológica, possivelmente da atividade de cupins.

4.1.2. Interpretações das descrições morfológicas

Podemos observar na figura 13 os perfis médios de cana-de-açúcar no sistema convencional e de trigo no sistema plantio direto, na figura 14 o perfil de referência (mata nativa) e na tabela 3 o resumo da descrição morfológica dos perfis estudados.

No perfil de referência, mata nativa, observou-se um aumento considerável da espessura da serrapilheira em relação aos sistemas convencional e sistema plantio direto, com restos de folhas de diversas espécies nativas que, quanto mais próximo à superfície, menor era a decomposição. Notou-se uma UMH denominada livre (L da descrição do perfil de manejo), também de maior espessura (em relação aos sistemas estudados), mais porosa, apresentando agregados não compactados e muito trabalhado pela atividade biológica, formada por formigas, cupins, minhocas, coleópteros e fungos que foram encontrados em canais, câmaras e na superfície das trincheiras, responsáveis pela formação de grande parte dos agregados superficiais, estando de acordo com resultados obtidos por VIEIRA (1985). Nessa UMH a coesão entre os agregados era pequena e eram sustentados pela grande quantidade de raízes. Após essa UMH livre ($L_{\Delta\mu}$ pt linha e entrelinha da descrição do perfil de manejo), encontrou-se uma UMH fissurada ($F_{\Delta\mu}$) menos compactada do que a encontrada nos tratamentos com sistema convencional (cana-de-açúcar) e sistema plantio direto (trigo), seguida de outra UMH também fissurada, denominada $F_{\mu}\Delta$, de transição para o horizonte Bw, a UMH C_{μ} da descrição.

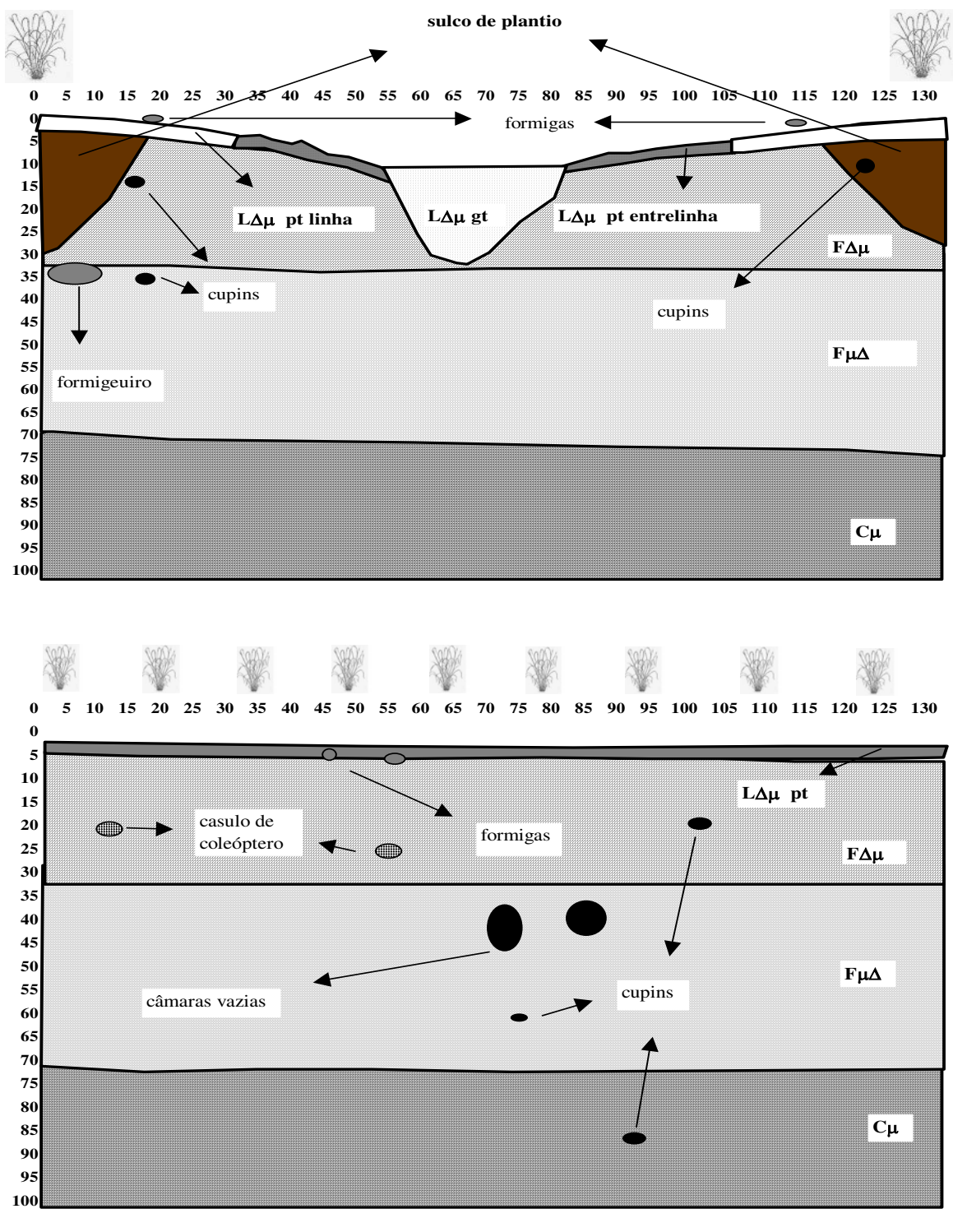


Figura 13. Perfil médio de cana-de-açúcar no sistema convencional de manejo e de trigo no sistema plantio direto.

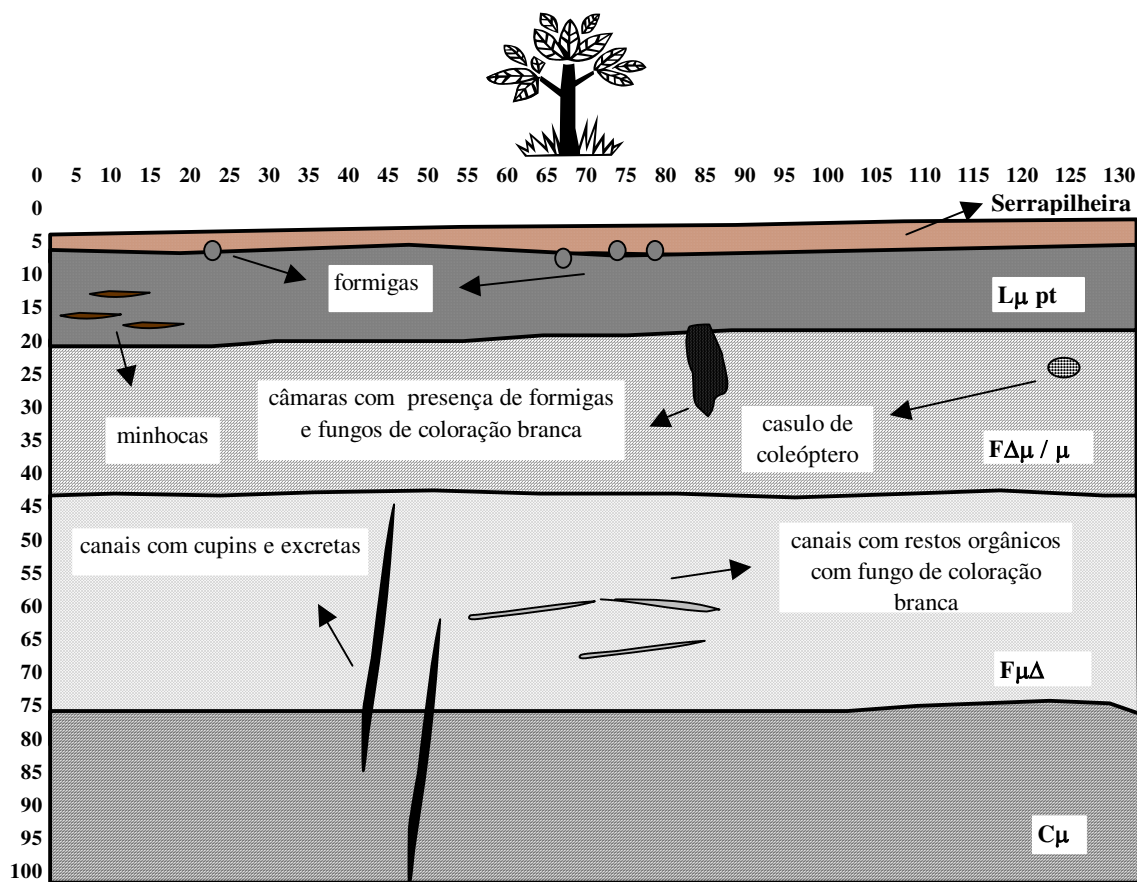


Figura 14. Perfil médio de referência (mata nativa).

Nas descrições morfológicas dos perfis do tratamento com sistema convencional (cana-de-açúcar) não se observou a presença de serrapilheira, a não ser pela presença de algumas folhas secas, que não foram afetadas pela queima, oriundas das ponteiros da cana-de-açúcar. Além de algumas folhas da ponteira, a outra fonte de matéria orgânica devolvida ao solo é a proveniente das raízes, fato já constatado por BALL-COELHO et al. (1992).

Os restos culturais que não são queimados na colheita são enleirados sobre a UMH $L\mu$ pt entrelinha. Apesar de pouca cobertura, o solo não apresentou sinais de escoamento de água. A presença de atividade biológica limitou-se à linha da cultura de cana-de-açúcar, onde se concentrava também a maior parte das raízes. Essa concentração de raízes (localizada próximo à linha da cultura), fora anteriormente constatada por SAMPAIO et al. (1987).

Tabela 3. Resumo das principais descrições morfológicas pelo método do perfil de manejo.

Mata nativa (referência)	Sistema convencional (cana-de-açúcar)	Sistema plantio direto (trigo)
Serrapilheira: 0 - ~ 5 cm; formada por diversos tipos de materiais em vários estágios de decomposição; já se observa a presença de raízes.	LΔμ pt linha e entrelinha: 0 - ~ 5 cm; terra solta e agregados pequenos subangulares; raízes finas e arredondadas com desenvolvimento normal em maior número na linha; porosidade interagregados, sendo mais poroso na linha; atividade biológica restrita a presença de formigas.	Serrapilheira: material orgânico em decomposição, constituídos por folhas de trigo (em processo inicial de decomposição), e restos de plantas de soja e milho (em estágio avançado de decomposição) que não cobrem 100 % da superfície.
Lμ pt: ~ 5 - ~ 16 cm; estrutura sem coesão com agregados pequenos em blocos subangulares; muitas raízes que se desenvolvem normalmente e determinam a agregação existente; porosidade interagregados e canais com raízes mortas; atividade biológica marcada pela presença de formigas, minhocas e muitas excreções compactadas.	LΔμ gt: ~ 5 - ~ 30 cm; ; terra solta e agregados pequenos a grandes subangulares; raízes com desenvolvimento normal, distribuídas nas regiões de transição com FΔμ, preferencialmente nas fissuras originadas pela união dos agregados, quando intraagregadas são um pouco achatadas; atividade biológica ausente.	LΔμ pt : 0 - ~ 3 cm; terra solta e agregados pequenos subangulares; raízes em grande número e determinam a estrutura existente; porosidade por empilhamento de microagregados e interagregados; atividade biológica marcada pela presença de algumas formigas.
FΔμ/μ: ~ 16 - ~ 45 cm; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes em blocos subangulares e alguns prismáticos; muitas raízes com desenvolvimento normal; porosidade por empilhamento de agregados principalmente na transição de Lμ pt para FΔμ/μ, enquanto que nas outras regiões a porosidade é fissural; atividade biológica marcada pela presença de pequenas câmaras com fungo esbranquiçado e de cupins	FΔμ: ~ 10 - ~ 35 cm; agregados grandes subangulares; local de maior número de raízes arredondadas e bem distribuídas, na entrelinha da cultura são um pouco achatadas; porosidade fissural predominante, mas existe a interagregados e alguns canais de origem biológica; atividade biológica marcada por formigas, cupins e larvas de coleóptero (em 2 dos 6 perfis avaliados), sempre acompanhando a linha da cultura.	FΔμ: ~ 3 - ~ 30 cm; agregados pequenos e alguns grandes em blocos subangulares; local de maior número de raízes que se desenvolvem mais nas fissuras e em alguns canais existentes, no interior dos agregados elas são um pouco achatadas; porosidade fissural predominante (fissuras de 0,1 a 0,5 cm se estendem até 20 cm) e porosidade inter-agregados; atividade biológica marcada pela atividade de formigas e larva de coleóptero.
FμΔΔ: ~ 45 - ~ 75 cm; estrutura de pouca coesão, com agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos; presença de raízes com desenvolvimento normal porosidade porosidade por empilhamento de microagregados, fissural e canais com Ø de 1 – 3 mm formados por raízes mortas e pela atividade biológica; atividade biológica marcada pela presença de larvas de coleóptero e de cupins.	FμΔ: ~ 35 - ~ 75 cm; agregados grandes subangulares e alguns prismáticos; raízes em menor número que na UMH FΔμ, com desenvolvimento normal; porosidade fissural predominante, mas o empilhamento de microagregados e a presença de canais de origem biológica com Ø de 1 a 3 mm; atividade biológica marcada por cupins, formigas e casulos de coleópteros (encontrado em 1 dos 6 perfis avaliados).	FμΔ: ~ 30 - ~ 70 cm; agregados grandes, em blocos subangulares, alguns prismáticos; raízes em menor número que na UMH FΔμ com desenvolvimento normal; a porosidade por empilhamento de microagregados e porosidade fissural são mais importantes, mas também existem canais de pequeno diâmetro (± 1mm); presença de formigas, casulos com larva de coleópteros e câmaras vazias possivelmente de cupins.
Cμ: > ~ 75 cm; estrutura microagregada; horizonte Bw.	Cμ: > ~ 75 cm; estrutura microagregada; horizonte Bw.	Cμ: > ~ 75 cm; estrutura microagregada; horizonte Bw.

Na UMH $L\Delta\mu$ pt entrelinha observou-se a existência de sulcos paralelos às UMH $L\Delta\mu$ pt linha, em virtude do “cultivo de soqueiras”, ou chamada tríplice operação, que é executada por implemento utilizado no início da brotação, que realiza três funções: escarificação, adubação e gradagem. A escarificação que deve romper a camada compactada, não conseguiu atingir plenamente seu objetivo, já que a compactação intra-agregados continuou existindo, e as raízes da cultura não estão distribuídas uniformemente nesta UMH, denominada de $L\Delta\mu$ gt, mas por outro aspecto melhoram a infiltração de água nesta região do perfil. A operação de gradagem, por outro lado, pulveriza o solo, destruindo completamente a estrutura existente. A atividade biológica observada é somente a de formigas, e cupins em alguns pontos isolados, sempre restrita à linha da cultura. Os agregados encontrados (misturados a terra solta) apresentaram pouca coesão, principalmente nos primeiros 7 cm do perfil. Durante a descrição, observou-se uma UMH livre ($L\Delta\mu$ pt linha e entrelinha), de pouca espessura, com agregados compactos, seguida por uma UMH fissurada, denominada $F\Delta\mu$ e outra também fissurada ($F\mu\Delta$), de transição para o horizonte o Bw, correspondente à UMH $C\mu$ do perfil de manejo. Descrição similar ao sistema convencional de manejo (com a cultura de cana-de-açúcar) foi observada por MEDINA (1993).

As observações nos perfis de trigo no sistema plantio direto mostraram uma topografia de linhas e sulcos resultantes do tipo semeadura e manejo adotado. Foi observada atividade biológica em todas as partes dos perfis, diferentemente do observado no sistema convencional (cana-de-açúcar). A serrapilheira presente, possuía pequena espessura (variando de 2 a 3 cm), sendo constituída por restos de milho e talos de soja cultivados anteriormente. Associada a serrapilheira uma UMH descrita como livre ($L\Delta\mu$ pt dividida em linha e entrelinha da descrição do perfil de manejo) apresentava espessura menor que a observada nos perfis com sistema convencional (cana-de-açúcar), o que impossibilitou a coleta de amostras indeformadas, pois neste tratamento a UMH superficial foi preservada pelo manejo adotado, observações essas também constatadas por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) e ELTZ, PEIXOTO & JASTER, (1989).

A presença de serrapilheira, ou seja, matéria orgânica em decomposição acumulada em superfície no sistema plantio direto, foi também objeto de estudos por diversos autores (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MUZILLI, 1983; CENTIRION, DEMATTÊ & FERNANDES,

1985; MUZILLI, 1985; SÁ, 1993) Sendo apontada como responsável pelas principais modificações no solo. Foram ainda encontrados agregados compactos na UMH L $\Delta\mu$ pt (como aconteceu no sistema convencional com cana-de-açúcar), seguindo-se de uma UMH fissurada, denominada F $\Delta\mu$ e de outra, também fissurada (F $\mu\Delta$) de transição para o horizonte Bw, a UMH C μ da descrição. Situações similares também foram descritas por PICCININ, (2005), na mesma região de estudo.

Durante a descrição, as observações da atividade biológica mostraram que a quantidade e o número de espécies foram evidentes no tratamento com mata nativa, seguidos pelos sistema plantio direto (trigo) e convencional (cana-de-açúcar), o que está de acordo com resultados obtidos por ROMKBE (1997) citado por FOLONI (2000). O sistema convencional através da aração, de gradagens e subsolagens, incluindo a queima de palha reduziu a atividade biológica, enquanto que o sistema plantio direto, com serrapilheira em superfície favoreceu o estabelecimento de espécies nativas. No perfil de referência (mata nativa) foram encontradas diversas câmaras, possivelmente de formigas, com presença de fungos de coloração branca, e canais, provavelmente de cupins, com restos de materiais orgânicos, muito parecidos com raízes mortas, decompostas por fungos, também de coloração branca, além da atividade de coleópteros, tanto na forma de larvas como adultos. Estes organismos segundo constatações de vários autores (LAVELLE, 1984; HAMBLIN, 1985; HOLE, 1981; LEE, 1983; LEE & LADD, 1984; LAL, 1988) atuam no solo e desempenham importantes funções no seu desenvolvimento.

A porosidade observada nos diferentes tratamentos demonstrou que o cultivo do solo com culturas anuais pelo sistema plantio direto, ou mesmo sob mobilização contínua do solo no sistema convencional (cana-de-açúcar), provocou o desaparecimento dos canais e poros intra-agregados nos primeiros 40 cm dos perfis estudados, em relação ao solo da mata nativa; além disso, o manejo adotado no sistema convencional (cana-de-açúcar) pulveriza o solo em superfície, diminuindo drasticamente a porosidade formada pela união dos agregados superficiais, porosidade observada no sistema plantio direto e com maior intensidade na mata nativa. As modificações na porosidade nos sistemas convencional (cana-de-açúcar) e plantio direto (trigo) foram mais evidentes do que as relatadas por KERTZMAN, (1996) e CERRI, FELLER & CHAUVEL (1991).

4.2. Análises Físicas dos Tratamentos.

As médias de densidade do solo pelo método do querosene, de volume total de poros e a porcentagem de agregados pode ser visualizadas na tabela 28.

4.2.1. Análise Granulométrica

Os resultados das análises granulométricas estão sintetizados nas tabelas 4, 5 e 6. Não foram observadas grandes variações nos resultados das análises granulométricas entre as diferentes UMHs amostrados nos perfis dos tratamentos estudados, que confirmam que são fatores que permanecem constantes a médio prazo. Variações podem ter ocorrido em virtude do preparo e da correção do solo para introdução da cultura de cana-de-açúcar, ou, no sistema plantio direto, pela mistura de materiais durante a construção de ninhos em profundidade pela macrofauna de invertebrados, constituída por insetos sociais como cupins e formigas, que foram encontrados em quase todas as trincheiras estudadas, em maior ou menor concentração, o que confirma as observações efetuadas por BACHELIER (1978), as quais podem auxiliar na explicação da variabilidade relativa encontrada nos resultados de granulometria.

4.2.2. Densidade de partículas

Os valores de densidade de partículas estão apresentados na tabela 7. Assim como os da granulometria também demonstraram fazer parte dos atributos que permanecem constantes a médio prazo. Isto pode ser notado quando se comparam os resultados obtidos nos três tratamentos, com valores praticamente iguais. Nas mesmas unidades morfologicamente homogêneas (UMH), a pequena variabilidade, quando existente, pode ser explicada pelo deslocamento de materiais nos perfis, seja pelo preparo do solo, seja pela atuação da macrofauna (BACHELIER, 1978). Resultados de densidade de partículas similares foram encontrados em trabalhos realizados também em LATOSSOLO VERMELHO argiloso por NEVES et al.(2003).

Tabela 4. Granulometria das unidades morfológicamente homogêneas encontrados no tratamento com cana-de-açúcar em manejo tradicional.

UMHs (Cana-de-açúcar)	Profundidade cm	repetições	argila	silte g Kg ⁻¹	areia
LΔμ pt – entrelinha	0 - ~ 5	1	590	275	135
		2	690	170	140
		3	615	240	145
		4	650	200	150
		5	710	185	105
		6	570	150	280
		Média	638	205	159
LΔμ pt – linha	0 - ~ 5	1	700	200	100
		2	603	230	140
		3	645	230	125
		4	545	300	155
		5	570	275	155
		6	625	235	140
		Média	619	245	136
LΔμ gt	~ 5 - ~ 30 cm	1	705	155	140
		2	645	240	115
		3	690	16	150
		4	645	185	170
		5	650	175	175
		6	630	180	190
		Média	661	183	157
FΔμ	~ 10 - ~ 35 cm	1	705	160	135
		2	700	105	195
		3	735	100	165
		4	680	170	150
		5	755	125	120
		6	730	125	145
		Média	718	131	152
FμΔ	~ 35 - ~ 75 cm	1	805	105	90
		2	795	150	55
		3	770	105	125
		4	775	135	90
		5	740	110	150
		6	810	105	85
		Média	783	118	99
Cμ	> ~ 75 cm	1	750	140	110
		2	790	120	90
		3	705	140	155
		4	715	150	135
		5	775	130	95
		6	785	125	90
		Média	754	135	113

LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **LΔμ gt** - livre, com muitos agregados grandes compactos; **FΔμ** - fissurado, com muitos agregados compactos; **FμΔ** - fissurado, com alguns agregados compactos; **Cμ** -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

Tabela 5 Granulometria das unidades morfolologicamente homogêneas encontrados no tratamento com trigo sob plantio direto.

UMHs (Plantio direto)	Profundidade cm	repetições	argila	silte g Kg ⁻¹	areia
LΔμ pt	0 - ~ 3	1	750	155	95
		2	680	235	85
		3	640	210	150
		4	625	165	210
		5	660	195	145
		6	605	225	170
		Média	660	198	142
FΔμ	~ 3 - ~ 30	1	690	200	110
		2	685	140	175
		3	680	205	115
		4	68	190	130
		5	710	190	100
		6	730	200	70
		Média	696	188	116
FμΔ	~ 30 - ~ 75	1	755	140	105
		2	760	110	130
		3	815	130	55
		4	840	90	70
		5	740	170	90
		6	810	130	60
		Média	787	128	85
Cμ	> ~ 75	1	795	120	85
		2	810	145	45
		3	640	120	240
		4	635	285	80
		5	710	215	75
		6	800	100	100
		Média	732	164	104

LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **FΔμ** - fissurado, com muitos agregados compactos; **FμΔ** - fissurado, com alguns agregados compactos; **Cμ** - contínua ou maciça, com presença de microagregados.

4.2.3. Densidade do solo pelo método do querosene

Os resultados da tabela 8 demonstram que as UMHs LΔμ pt localizada na entrelinha e na linha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo apresentaram valores mais elevados de densidade, com 1,63 e 1,54 kg dm⁻³, respectivamente,

Tabela 6. Granulometria das unidades morfológicamente homogêneas encontrados no tratamento com mata nativa.

UMHs (Mata nativa)	Profundidade cm	repetições	argila	silte g Kg ⁻¹	areia
Lμ pt	~ 5 - ~ 16	1	630	135	235
		2	700	175	125
		3	590	280	130
		4	670	210	120
		5	640	240	120
		6	635	285	80
		Média	644	221	135
F$\Delta\mu/\mu$	~ 16 - ~ 45	1	600	275	125
		2	710	170	120
		3	650	200	150
		4	700	155	145
		5	735	175	90
		6	615	255	130
		Média	668	205	127
F$\mu\Delta$	~ 45 - ~ 75	1	800	55	145
		2	790	175	35
		3	830	100	70
		4	805	150	45
		5	820	105	75
		6	790	105	105
		Média	806	115	79
Cμ	> ~ 75 cm	1	780	100	120
		2	795	150	55
		3	780	155	65
		4	865	85	50
		5	765	145	90
		6	835	100	65
		Média	803	123	74

L μ pt - livre, com agregados pequenos não compactos; **F $\Delta\mu/\mu$** -fissurado, com muitos agregados pouco compactos; **F $\mu\Delta$** - fissurado, com alguns agregados compactos; **C μ** -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

diferindo significativamente da UMH L μ pt do tratamento com mata nativa, que foi de 1,36 kg dm⁻³. Este fato pode ser explicado pelo intenso tráfego de maquinário, durante as operações seja de manejo, ou seja de colheita da cultura de cana-de-açúcar, e ocorrendo principalmente na entrelinha da cultura. Resultados semelhantes foram encontrados anteriormente por FERNANDES (1978) e FREITAS (1987). Não foi possível coletar torrões para análise de densidade da UMH L $\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto, mas analisando

Tabela 7. Densidade das partículas nos tratamentos estudados.

UMHs	Profundidade	Densidade de partículas (kg dm ⁻³) - repetições						Médias	S ⁻¹
	cm	1	2	3	4	5	6		
CANA-DE-AÇÚCAR									
LΔμ pt – entrelinha	0 - ~ 5	2,47	2,56	2,53	2,30	2,56	2,47	2,48	0,09
LΔμ pt - linha	0 - ~ 5	2,38	2,50	2,53	2,44	2,41	2,53	2,47	0,06
LΔμ gt	~ 5 - ~ 30	2,41	2,53	2,50	2,56	2,56	2,47	2,51	0,06
FΔμ	~ 10 - ~ 35	2,50	2,47	2,53	2,47	2,50	2,53	2,50	0,03
FμΔ	~ 35 - ~ 75	2,41	2,47	2,38	2,44	2,44	2,47	2,43	0,03
Cμ	> ~ 75	2,44	2,50	2,41	2,53	2,41	2,53	2,47	0,06
PLANTIO DIRETO									
LΔμ pt	0 - ~ 3	2,47	2,47	2,53	2,50	2,38	2,50	2,48	0,05
FΔμ	~ 3 - ~ 30	2,44	2,47	2,41	2,50	2,44	2,53	2,46	0,04
FμΔ	~ 30 - ~ 70	2,50	2,44	2,38	2,41	2,50	2,50	2,45	0,05
Cμ	> ~ 75	2,50	2,35	2,44	2,38	2,53	2,41	2,44	0,07
MATA NATIVA									
Lμ pt	~ 5 - ~ 16	2,44	2,35	2,38	2,38	2,38	2,47	2,40	0,05
FΔμ/μ	~ 16 - ~ 45	2,44	2,47	2,56	2,44	2,50	2,56	2,50	0,06
FμΔ	~ 45 - ~ 75	2,47	2,47	2,47	2,47	2,50	2,41	2,46	0,03
Cμ	> ~ 75	2,47	2,53	2,44	2,35	2,50	2,41	2,45	0,06

S⁻¹ - Desvio Padrão;

Cana-de-açúcar: LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; LΔμ gt - livre, com muitos agregados grandes compactos; FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

Plantio direto: LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

Mata nativa: Lμ pt - livre, com agregados pequenos não compactos; FΔμ/μ -fissurado, com muitos agregados pouco compactos; FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

os resultados da unidade localizada abaixo, pôde-se chegar à conclusão de que os valores de densidade desta UMH seriam muito parecidos com os encontrados, na mesma UMH do tratamento com cana-de-açúcar pelo sistema tradicional de manejo.

Na tabela 9 podem-se observar os valores de densidade das UMHs FΔμ do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto e da FΔμ/μ do tratamento com mata nativa. Observa-se que a UMH FΔμ do tratamento com trigo no sistema plantio direto apresentou valores mais elevados de densidade, igual a 1,66 kg dm⁻³, mas que não diferiu estatisticamente da UMH LΔμ gt originada pela

tríplice operação, que foi de $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$ e da UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com cana-de-açúcar, que foi de $1,60 \text{ kg dm}^{-3}$. Entretanto, ambos UMHs apresentaram diferenças significativas em relação à UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, que foi de $1,43 \text{ kg dm}^{-3}$. Valores mais elevados de densidade foram relatados por DIAS JUNIOR & ESTANISLAU (1991). Os resultados mostram que o manejo do solo, com culturas anuais no sistema plantio de direto ou o cultivo contínuo de cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, promovem aumentos de sua densidade, que, no caso, restringiram-se aos primeiros 40 cm dos perfis estudados, de modo semelhante aos resultados obtidos por FREITAS (1987), TOGNON (1991) e KERTZMAN (1989 e 1996).

Tabela 8. Densidade do solo pelo método do querosene.

Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	Densidade do solo (kg dm^{-3}) - repetições						Médias	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / L$\Delta\mu$ pt – entrelinha	0 - ~ 5	1,60	1,55	1,65	1,61	1,78	1,59	1,630 A	0,08
Cana-de-açúcar / L$\Delta\mu$ pt – linha	0 - ~ 5	1,54	1,35	1,61	1,58	1,63	1,56	1,545 A	0,10
Mata Nativa / Lμ pt	~ 5 - ~ 16	1,37	1,44	1,32	1,35	1,40	1,33	1,368 B	0,05

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** L $\Delta\mu$ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Plantio direto:** L $\Delta\mu$ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Mata nativa:** L μ pt - livre, com agregados pequenos não compactos;

Tabela 9. Densidade do solo pelo método do querosene.

Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	Densidade do solo (kg dm^{-3}) – repetições						Médias	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / L$\Delta\mu$ gt	~ 5 - ~ 30	1,46	1,60	1,75	1,59	1,78	1,58	1,626 A	0,12
Cana-de-açúcar / F$\Delta\mu$	~ 10 - ~ 35	1,54	1,50	1,69	1,65	1,79	1,48	1,608 A	0,12
Plantio direto / F$\Delta\mu$	~ 3 - ~ 30	1,68	1,71	1,52	1,70	1,65	1,73	1,665 A	0,08
Mata Nativa / F$\Delta\mu/\mu$	~ 16 - ~ 45	1,51	1,46	1,37	1,46	1,43	1,37	1,433 B	0,06

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** L $\Delta\mu$ gt - livre, com muitos agregados grandes compactos; F $\Delta\mu$ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Plantio direto:** F $\Delta\mu$ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Mata nativa:** F $\Delta\mu/\mu$ - fissurado, com muitos agregados pouco compactos.

Os resultados das UMHs $F\mu\Delta$ estão sintetizados na tabela 10, não tendo sido encontradas diferenças significativas. O tratamento com trigo no sistema plantio direto apresentou valores mais elevados, ou seja $1,44 \text{ kg dm}^{-3}$, seguidos pelos tratamentos com mata nativa e com cana-de-açúcar ($1,43$ e $1,39 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente).

Tabela 10. Densidade do solo pelo método do querosene.

Tratamentos / UMHs	Profundidade (cm)	Densidade do solo (kg dm^{-3}) - repetições						Médias	S^{-1}
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / $F\mu\Delta$	~ 35 - ~ 75	1,41	1,43	1,30	1,36	1,42	1,42	1,390 A	0,05
Plantio Direto / $F\mu\Delta$	~ 30 - ~ 70	1,46	1,51	1,48	1,44	1,39	1,41	1,448 A	0,04
Mata Nativa / $F\mu\Delta$	~ 45 - ~ 75	1,44	1,38	1,42	1,51	1,42	1,44	1,435 A	0,04

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S^{-1} - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** $F\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Plantio direto:** $F\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Mata nativa:** $F\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos.

Na tabela 11 estão os resultados das UMHs $C\mu$, possibilitando observar que o tratamento com mata nativa revelou valores significativamente maiores, a saber, $1,41 \text{ kg dm}^{-3}$, quando comparado com as mesmas UMHs dos tratamentos com trigo no sistema plantio direto e com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, com $1,31$ e $1,28 \text{ kg dm}^{-3}$, respectivamente. Estes resultados podem ser explicados pela maior expressão de

Tabela 11. Densidade do solo pelo método do querosene.

Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	Densidade do solo (kg dm^{-3}) - repetições						Médias	S^{-1}
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / $C\mu$	> ~ 75	1,29	1,19	1,30	1,30	1,33	1,30	1,285 A	0,05
Plantio Direto / $C\mu$	> ~ 75	1,33	1,26	1,33	1,35	1,32	1,30	1,315 A	0,03
Mata Nativa / $C\mu$	> ~ 75	1,35	1,36	1,48	1,47	1,43	1,38	1,41 A	0,06

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S^{-1} - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** $C\mu$ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Plantio direto:** $C\mu$ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Mata nativa:** $C\mu$ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

raízes existentes na mata nativa que, além se expandirem em comprimento, também crescem em diâmetro, o que pode resultar em decréscimos do volume e, conseqüentemente com aumentos dos valores de densidade.

Tanto os resultados da tabela 10 como os da 11 mostram que as UMH encontradas abaixo de 40 cm não foram afetadas pelo sistema de manejo adotado, o que está em acordo com os resultados obtidos por FREITAS (1987), TOGNON (1991) e KERTZMAN (1989 e 1996) para solos análogos.

Os valores de densidade obtidos podem ser considerados elevados, mas é necessário ressaltar que para o método do querosene (MATHIEU & PIELTAIN, 1998) os valores serão maiores, pois não consideram a maioria dos poros interagregados e segundo FREGONEZI et al. (2001) a diferença pode chegar a 35% em relação ao método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

4.2.4. Volume total de poros (VTP)

Os resultados de porosidade total das UMHs $L\Delta\mu$ pt localizadas na linha e na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa podem ser visualizados na tabela 12. Isso era de esperar, já que, quanto maior a densidade do solo, menor a porosidade total. A UMH $L\Delta\mu$ pt localizada na linha apresentou valores de VTP igual a 37,32 %, maior que a mesma UMH, localizada na entrelinha (34,28 %). Entretanto, a diferença observada não foi significativa. Quando se comparam as UMHs $L\Delta\mu$ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar com a UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa, observaram-se valores mais elevados no tratamento com mata nativa, que foram 42,90 %, diferindo estatisticamente da UMH $L\Delta\mu$ pt localizado na entrelinha e na linha, em concordância com TOGNON (1991) e KERTZMAN (1996).

Os resultados das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa e da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, podem ser visualizados na tabela 13. Observaram-se valores mais elevados na UMH $F\Delta\mu/\mu$

do tratamento com mata nativa, que foi 42,52 %, diferindo significativamente das UMHs FΔμ dos tratamentos com cana-de-açúcar e com trigo e da UMH LΔμ gt do tratamento com cana-de-açúcar, cujos índices foram de 35,66, 32,43 e 35,03 %, respectivamente. Com base nos resultados apresentados, pode-se constatar que houve uma redução na porosidade total do solo, de aproximadamente 20 % nas UMHs, nos primeiros 40 cm dos tratamentos com cana-de-açúcar (pelo sistema tradicional de manejo) e com trigo (pelo sistema plantio direto) em relação às UMHs localizadas em profundidades maiores ou às UMHs do tratamento com mata nativa, onde não foram observadas variações dentro dos perfis estudados, o que está de com resultados obtidos por KERTZMAN (1996) e CERRI, FELLER & CHAUVEL (1991), em solos análogos.

Tabela 12. Volume total de poros.

Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	VTP (%) – repetições						Médias	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / LΔμ pt - entrelinha	0 - ~ 5	37,55	37,29	31,04	34,68	34,67	30,47	34,28 B	3,00
Cana-de-açúcar / LΔμ pt – linha	0 - ~ 5	38,24	43,40	35,98	37,74	36,31	32,24	37,32 B	3,65
Mata Nativa / Lμ pt	~ 5 - ~ 16	41,53	40,83	44,57	43,15	41,36	45,97	42,90 A	2,04

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Plantio direto:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Mata nativa:** Lμ pt - livre, com agregados pequenos não compactos.

Na tabela 14 estão os resultados das UMHs FμΔ , não se observaram diferenças significativas, porém o tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo apresentou valores mais elevados, ou seja, 43,07 %, seguidos pelos obtidos nos tratamentos com mata nativa (41,79 %) e com trigo no sistema plantio direto (40,98 %). Os resultados indicam que os manejos adotados só afetam os primeiros 40 cm, o que está de acordo com os resultados obtidos por TOGNON (1991), KERTZMAN (1996) e CERRI, FELLER & CHAUVEL (1991).

Tabela 13. Volume total de poros.

Tratamentos / UMHs	Profundidade	VTP (%) – repetições						Médias	S ⁻¹
	Cm	1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / LΔμ gt	~ 5 - ~ 30	42,10	33,71	38,39	36,31	29,10	30,57	35,03 B	4,89
Cana-de-açúcar / FΔμ	~ 10 - ~ 35	31,72	40,16	40,20	34,65	38,94	28,31	35,66 B	4,94
Plantio Direto / FΔμ	~ 3 - ~ 30	31,96	30,08	39,32	29,63	34,62	29,01	32,43 B	3,94
Mata Nativa / FΔμ/μ	~ 16 - ~ 45	38,96	40,31	43,69	42,81	42,72	46,61	42,52 A	2,68

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Plantio direto:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Mata nativa:** FΔμ/μ - fissurado, com muitos agregados pouco compactos.

Tabela 14. Volume total de poros.

Tratamentos / UMHs	Profundidade	VTP (%) – repetições						Médias	S ⁻¹
	cm	1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / FμΔ	~ 35 - ~ 75	42,83	40,84	46,72	43,72	42,40	41,89	43,07 A	2,03
Plantio Direto / FμΔ	~ 30 - ~ 70	40,20	39,70	38,55	39,49	44,52	43,41	40,98 A	2,40
Mata Nativa / FμΔ	~ 45 - ~ 75	41,87	43,94	42,58	38,85	43,28	40,20	41,79 A	1,93

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Plantio direto:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Mata nativa:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos.

Os resultados das UMHs Cμ podem ser encontrados na tabela 15. O tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, cujo índice foi 47,02 %, não diferiu estatisticamente do tratamento com trigo no sistema plantio direto, que foi 45,89 %, o qual apresentou valores significativamente maiores do que o tratamento com mata nativa, que foi 42,26 %. Não foram observadas diferenças significativas entre a mata nativa e a cultura do trigo no sistema plantio direto. Abaixo dos 40 cm de profundidade, os resultados dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto mostraram-se mais elevados em relação à mata nativa, fato que pode ser explicado pela compactação e, conseqüentemente, redução da porosidade, provocada pela expansão das raízes das plantas dicotiledôneas, que constituem a vegetação nativa dominante.

Tabela 15. Volume total de poros (70 a 100 cm de profundidade).

Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	VTP (%) – repetições						Médias	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar / Cμ	> ~ 75	48,59	47,30	48,47	45,94	47,19	44,61	47,02 A	1,53
Plantio Direto / Cμ	> ~ 75	43,25	49,70	44,00	44,60	45,10	48,70	45,89 A	2,65
Mata Nativa / Cμ	> ~ 75	46,61	44,75	37,19	39,68	42,62	42,71	42,26 A	3,40

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Plantio direto:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Mata nativa:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

4.2.5. Estabilidade de agregados

Os resultados observados nas tabelas 16, 17 e 18 mostram um acúmulo de agregados na fração de 1 a 6 mm (82 a 97% do solo peneirado), principalmente nas UMHs LΔμ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, na Lμ pt do tratamento com mata nativa, na LΔμ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, FΔμ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, FΔμ/μ do tratamento com mata nativa, localizadas nos primeiros 40 cm de profundidade dos perfis estudados. Também foram observados acúmulos, não com a mesma intensidade, dos agregados na fração de 1 a 6 mm, no tratamento com cana-de-açúcar na UMH FμΔ, localizada abaixo de 40 cm de profundidade. Estes resultados indicam que as operações no solo com cana-de-açúcar promovem uma maior estabilidade de agregados em camadas mais profundas do perfil, mesmo em comparação com o tratamento da mata nativa, resultado este que pode ser explicado, possivelmente, pelo tipo de sistema radicular da cultura de cana-de-açúcar, conforme relatado por diversos pesquisadores (OADES, 1978; TISDALL & OADES, 1979; CARPENEDO & MIELNICZUK, 1990; PALADINI & MIELNICZUK, 1991).

Os resultados dos agregados agrupados de 1 a 6, < 1 e < 0,5 mm das UMHs LΔμ pt (linha e entrelinha) do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da Lμ pt do tratamento com mata nativa podem ser visualizados na tabela 16. Observou-se que a mata nativa apresentou os valores mais elevados (97,65 %), porém não diferiu

significativamente da UMH L $\Delta\mu$ pt localizado na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar (92,46 %), mas estas diferiram significativamente da UMH L $\Delta\mu$ pt, localizado na linha do tratamento com cana-de-açúcar, que foi de 82,46 %.

Tabela 16. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	Malhas mm	Agregados – repetições						Média	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar /	1- 6	89,40	86,44	91,28	93,72	96,56	97,36	92,46 A	4,23
L$\Delta\mu$ pt – entrelinha/	< 1	10,48	13,56	8,72	6,28	3,44	2,64	7,52 A	4,21
0 - ~ 5	< 0,5	4,56	4,40	2,56	2,84	0,92	0,40	2,61	1,72
Cana-de-açúcar /	1- 6	84,52	76,28	84,40	78,84	89,95	81,12	82,52 B	4,84
L$\Delta\mu$ pt - linha/	< 1	15,48	20,12	15,60	21,16	10,05	18,88	16,88 B	4,08
0 - ~ 5	< 0,5	4,28	7,56	5,04	8,84	2,45	6,04	5,70	2,30
Mata Nativa /	1- 6	97	97,6	98,36	96,92	98,36	97,68	97,65 A	0,63
Lμ pt/	< 1	2,96	2,4	1,64	3,08	1,64	2,32	2,34 C	0,62
~ 5 - ~ 16	< 0,5	0,96	0,2	0,12	0,48	0,2	0,24	0,37	0,32

Médias da fração de 1 a 6 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 1 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 0,5 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** L $\Delta\mu$ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Plantio direto:** L $\Delta\mu$ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Mata nativa:** L μ pt - livre, com agregados pequenos não compactos;

Não foi possível a amostragem na UMH L $\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto, mas com base nos resultados da UMH F $\Delta\mu$ localizada abaixo, pode-se afirmar que o seu comportamento deve ser parecido como da UMH L μ pt do tratamento com mata nativa e com o da L $\Delta\mu$ pt do tratamento com cana-de-açúcar localizado na entrelinha. Esses resultados mostram que a UMH L $\Delta\mu$ pt localizada na entrelinha, tem maior estabilidade de agregados que a localizada na linha, provavelmente pela maior compactação promovida pelo carregamento e transporte da cana colhida. A UMH L $\Delta\mu$ pt do tratamento com cana-de-açúcar, apesar do baixo teor de carbono orgânico (o que poderá ser constatado mais adiante) apresentou grande estabilidade de agregados, possivelmente pela maior densidade do solo apresentada por este sistema de cultivo, o que já fora anteriormente constatado por VIEIRA (1985).

Quanto aos agregados inferiores a 1 mm, a $L\Delta\mu$ pt localizada na linha do tratamento com cana-de-açúcar apresentou os valores mais elevados, ou seja, 16,88 %, diferindo significativamente da mesma UMH localizado na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar, cujo índice foi 7,52 %, diferindo significativamente por sua vez da UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa (2,34 %). Os resultados mostram que existe relação direta entre estabilidade dos agregados e quantidade de carbono orgânico do solo, o que está em conformidade com estudos de OADES (1993), BLAIR (2000) e CASTRO FILHO, MUZILLI & PODANOSCHI (1998).

Na tabela 17 encontram-se os resultados dos agregados agrupados de 1 a 6, < 1 e < 0,5 mm das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar e trigo, da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa e da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar. Nesse caso não foram observadas diferenças significativas. Entretanto, a UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata

Tabela 17. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	Malhas mm	Agregados – repetições						Média	S ¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar /	1- 6	89,28	85,00	89,04	90,75	86,08	93,48	88,93 A	3,09
$L\Delta\mu$ gt /	< 1	10,72	15,00	10,96	9,25	13,92	6,52	11,06 AB	3,09
~ 5 - ~ 30	< 0,5	3,64	5,72	3,72	4,61	10,08	2,36	5,02	2,72
Cana-de-açúcar /	1- 6	78,80	86,80	98,28	89,56	90,96	83,48	87,98 A	6,68
$F\Delta\mu$ /	< 1	21,20	13,20	11,72	10,44	9,04	16,52	13,68 A	4,49
~ 10 - ~ 35	< 0,5	7,52	3,72	4,04	3,24	2,88	4,84	4,37	1,68
Plantio Direto /	1- 6	85,04	90,36	91,84	87,28	80,2	78,48	85,53 A	5,38
$F\Delta\mu$ /	< 1	14,96	11,28	8,16	12,72	19,8	21,52	14,74 A	5,12
~ 3 - ~ 30	< 0,5	4,56	2,16	2,64	3,76	7,72	6,16	4,50	2,13
Mata nativa /	1- 6	95,2	87,04	95,83	86,24	95,48	90,96	91,79 A	4,37
$F\Delta\mu/\mu$ /	< 1	4,8	5,16	5,66	4,52	4,28	9,04	5,58 B	1,77
~ 16 - ~ 45	< 0,5	2,8	1,16	2,5	1,48	1,72	4,72	2,40	1,30

Médias da fração de 1 a 6 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 1 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 0,5 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** $F\Delta\mu$ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Plantio direto:** $F\Delta\mu$ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Mata nativa:** $F\Delta\mu/\mu$ -fissurado, com muitos agregados pouco compactos.

nativa apresentou os valores mais elevados, que foram 91,79 %, seguidos pelas UMHs $L\Delta\mu$ gt e da $F\Delta\mu$, ambas do tratamento da cana-de-açúcar, e pela $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto, cujos índices foram respectivamente 88,93, 87,98 e 85,53 %.

Relativamente aos agregados inferiores a 1 mm, observou-se que a UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto apresentou valores mais elevados, ou seja, 14,74 %, porém não diferiu significativamente da UMH $F\Delta\mu$, que foi 13,68 % e da UMH $L\Delta\mu$, cujo índice foi de 11,06 %, ambas do tratamento com cana-de-açúcar. Contudo as UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com trigo e com cana-de-açúcar apresentaram diferença significativa em relação a UMH $F\Delta\mu/\mu$, cujo índice foi de 5,58 % presente no tratamento com mata nativa.

Os resultados dos agregados agrupados de 1 a 6, < 1 e < 0,5 mm das UMHs $F\mu\Delta$ encontram-se na tabela 18. Com relação aos agregados agrupados entre 1 e 6 mm a UMH $F\mu\Delta$ do tratamento com cana-de-açúcar apresentou valores mais elevados, com índice de 72,64 %, diferindo significativamente do tratamento com mata nativa, cujo índice foi de 59,53 %. Este por sua vez também apresentou diferença significativa em relação ao tratamento com trigo no sistema plantio direto, com 42,85 %. Quanto aos agregados inferiores a 1 mm, e levando-se em conta a mesma UMH, o tratamento com trigo no sistema plantio direto apresentou valores mais elevados (57,16 %), diferindo significativamente do tratamento com mata nativa (40,13 %), que por sua vez, também diferiu significativamente do tratamento com cana-de-açúcar (27,29 %). Estes resultados indicam que o cultivo contínuo com cana-de-açúcar por muitos anos (como é o caso estudado), promove aumento da estabilidade de agregados como demonstram as UMHs localizadas nas camadas profundas do perfil, confirmando as afirmações de TISDALL & OADES (1979), CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) e PALADINI & MIELNICZUK (1991).

Na tabela 19 podem ser observados os resultados para os resultados obtidos com os agregados agrupados de 1 a 6, < 1 e < 0,5 mm das UMHs $C\mu$, não tendo sido observadas diferenças significativas tanto nos agregados agrupados entre 1 e 6 mm (50,29 % do tratamento com cana-de-açúcar, 51,37 % do tratamento com trigo e 54,25 % do tratamento com mata nativa) quanto nos inferiores a 1 mm (49,71 % do tratamento com cana-de-açúcar, 48,63 % do tratamento com trigo e 45,92 % do tratamento com mata nativa).

Tabela 18. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	Malhas mm	Agregados – repetições						Média	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar /	1- 6	72,60	71,84	68,80	68,24	78,04	76,36	72,64 A	3,94
F$\mu\Delta$ /	< 1	27,40	28,16	31,20	31,76	21,60	23,64	27,29 C	4,04
~ 35 - ~ 75	< 0,5	8,92	12,16	13,24	13,60	9,48	8,36	10,96	2,31
Plantio Direto /	1- 6	38,2	38,23	48,44	45,6	48,32	38,28	42,85 C	5,15
F$\mu\Delta$ /	< 1	61,8	61,77	51,56	54,4	51,68	61,72	57,16 A	5,15
~ 30 - ~ 70	< 0,5	23	29,97	19,6	15,28	21	19,44	21,38	4,91
Mata nativa /	1- 6	69,32	51,44	63,08	61,28	55,08	57	59,53 B	6,37
F$\mu\Delta$ /	< 1	30,68	48,56	34,92	38,72	44,92	43	40,13 B	6,64
~ 45 - ~ 75	< 0,5	10,8	17,76	8,12	9,08	20,08	23,4	14,87	6,39

Médias da fração de 1 a 6 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 1 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 0,5 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Plantio direto:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Mata nativa:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos.

Tabela 19. Distribuição percentual de agregados nos tratamentos.

Tratamentos / UMHs / profundidade	Malhas (mm)	Agregados – repetições						Média	S ⁻¹
		1	2	3	4	5	6		
Cana-de-açúcar /	1- 6	44,36	53,72	50,96	52,12	50,16	50,42	50,29 A	3,19
Cμ /	< 1	55,64	46,28	49,04	47,88	49,84	49,58	49,71 A	3,19
> ~ 75	< 0,5	28,44	21,68	23,08	23,16	27,08	27,02	25,08	2,77
Plantio Direto /	1- 6	60,56	47,92	48,88	55,76	42,92	52,16	51,37 A	6,10
Cμ /	< 1	39,44	52,08	51,12	44,24	57,08	47,84	48,63 A	6,23
> ~ 75	< 0,5	26,56	32,04	32,52	23,36	24,48	21,68	26,77	4,55
Mata nativa /	1- 6	56,84	48,36	57,6	57,48	55,56	49,64	54,25 A	4,15
Cμ /	< 1	43,16	51,64	42,4	42,52	45,44	50,36	45,92 A	4,10
> ~ 75	< 0,5	20,92	22,76	14,6	11,6	14,96	16,04	16,81	4,20

Médias da fração de 1 a 6 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 1 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; Médias da fração de < 0,5 mm, seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** C μ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Plantio direto:** C μ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Mata nativa:** C μ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

4.3. Análises Químicas dos Tratamentos.

As médias dos teores de cálcio, de magnésio, de potássio, de hidrogênio + alumínio e do pH podem ser visualizadas na tabela 29, enquanto que a média dos teores de fósforo, carbono a CTC e O V% podem ser observados na tabela 30.

4.3.1. Teores de Cálcio

Na tabela 20 estão demonstrados os resultados dos teores de cálcio das UMHs $L\Delta\mu$ pt localizada na linha e na entrelinha do tratamento contínua com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa. Observaram-se que a UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa apresentou os teores mais elevados ($14,79 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), diferindo significativamente das UMHs $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e $L\Delta\mu$ pt da entrelinha e da linha do tratamento com cana-de-açúcar, cujos valores respectivos foram $11,19 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, $10,08 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, $10,01 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Os resultados em superfície indicam que o tratamento com mata nativa apresenta maiores teores (principalmente nos primeiros 10 cm), que podem ser explicados pela mineralização da matéria orgânica depositada em superfície, o que já fora devidamente comprovado por diversos autores (SIDIRAS & PAVAN, 1985; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; SÁ, 1993), e pelo acúmulo nas primeiras camadas do solo, já que se trata de um elemento pouco móvel, conforme CENTURION (1985) e MUZILLI (1983).

Os resultados das UMHs $F\Delta\mu$ e $L\Delta\mu$ gt, do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 21. Neste caso não foram observadas diferenças significativas. A UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa apresentou os valores mais elevados ($10,88 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), seguidos pelas UMHs $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar ($10,17 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) e pela $F\Delta\mu$ dos tratamentos com trigo e com cana-de-açúcar ($10,05$ e $9,19 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo,

respectivamente). Os valores de cálcio são próximos, relativamente à CTC, dos obtidos por NEVES et al. (2003), tanto para as UMH localizadas de 0 a 20 cm, quanto de 20 a 40 cm.

Tabela 20. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH.

Tratamentos / UMHs	repetições	Ca	Mg	K	H + Al*	pH
		cmol _c / dm ³ de solo				CaCl ₂
Cana-de-açúcar / LΔμ pt – entrelinha / 0 - ~ 5 cm	1	9,92	2,55	0,44	3,42	6,0
	2	10,00	2,55	0,53	3,42	6,0
	3	9,40	1,85	0,91	4,60	5,6
	4	9,45	1,89	1,05	4,96	5,6
	5	11,00	2,50	0,44	3,97	5,8
	6	10,70	2,46	0,44	3,68	5,9
	Médias	10,08 B	2,30 B	0,64 B	4,01 A	5,82 B
	S ⁻¹	0,65	0,34	0,27	0,64	0,18
Cana-de-açúcar / LΔμ pt – linha / 0 - ~ 5 cm	1	9,37	2,67	0,91	3,97	5,8
	2	9,25	2,55	0,95	3,68	5,9
	3	9,70	2,26	1,65	3,68	6,0
	4	9,62	2,22	1,50	3,68	5,9
	5	11,22	2,63	0,78	3,17	6,0
	6	10,87	2,63	0,71	3,17	5,9
	Médias	10,01 B	2,49 B	1,08 AB	3,56 A	5,92 B
	S ⁻¹	0,83	0,20	0,39	0,32	0,08
Plantio Direto / LΔμ pt / 0 - ~ 3 cm	1	10,80	4,15	1,25	2,54	6,4
	2	10,50	4,44	1,08	2,54	6,1
	3	11,25	3,98	1,90	2,35	6,5
	4	11,62	3,90	1,65	2,18	6,6
	5	11,15	4,56	1,25	2,18	6,7
	6	11,80	4,03	1,05	1,88	7,0
	Médias	11,19 B	4,18 A	1,36 A	2,28 B	6,55 A
	S ⁻¹	0,49	0,27	0,34	0,25	0,30
Mata nativa / Lμ pt / ~ 5 - ~ 16 cm	1	17,32	3,74	0,71	2,35	6,6
	2	17,60	3,74	0,47	2,35	6,9
	3	13,45	4,27	0,78	2,73	6,7
	4	14,77	4,27	0,56	3,42	6,1
	5	12,85	5,05	1,65	2,73	6,4
	6	12,72	4,60	0,23	2,54	6,4
	Médias	14,79 A	4,28 A	0,73 B	2,69 B	6,52 A
	S ⁻¹	2,20	0,51	0,49	0,40	0,28

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Plantio direto:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Mata nativa:** Lμ pt - livre, com agregados pequenos não compactos.

Já os resultados das UMHs $F\mu\Delta$ encontram-se na tabela 22. Nesse caso, não foram observadas diferenças significativas. O tratamento com cana-de-açúcar apresentou os valores mais elevados ($7,41 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), seguidos pelos tratamentos com mata nativa e com trigo no sistema plantio direto, que foram, respectivamente $7,13$ e $7,11 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Os resultados das UMHs $C\mu$ podem ser observados na tabela 23. Como ocorreu com a UMH $F\mu\Delta$, também, nesse caso não foram encontradas diferenças significativas. O tratamento de cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo apresentou valores mais elevados, ou seja, $6,89 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, seguidos pelos tratamentos com trigo no sistema plantio direto e com mata nativa, cujos valores foram, respectivamente, $5,89$ e $5,46 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Com a análise dos resultados pode-se afirmar que os teores de cálcio têm tendência ao decréscimo à medida que se atinge profundidade, o que está de acordo com resultados obtidos por CENTIRION, DEMATTÊ & FERNANDES (1985), MUZILLI (1983 e 1985) e SÁ (1993). Nos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto os teores em superfície (até 30 cm) são mantidos graças ao efeito residual da aplicação de calcário, o que concorda com o que refere SANTOS & ROMAN (1989).

4.3.2. Teores de Magnésio

Na tabela 20 podem ser encontrados os teores de magnésio das UMHs $L\Delta\mu$ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa. A partir desses dados, pode-se observar que o tratamento com mata nativa apresentou valores mais elevados ($4,28 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), não diferindo significativamente do tratamento com trigo no sistema plantio direto ($4,18 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo). Entretanto, estes dois tratamentos foram significativamente diferentes da UMH $L\Delta\mu$ pt localizada na linha e na entre linha do tratamento com cana-de-açúcar, cujos valores foram, respectivamente, $2,49$ e $2,30 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Tabela 21. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH.

Tratamentos / UMHs	repetições	Ca	Mg	K	H + Al*	pH
		cmol _c / dm ³ de solo				CaCl ₂
Cana-de-açúcar / LΔμ gt / ~ 5 - ~ 30	1	10,15	2,46	0,16	3,17	6,1
	2	10,15	2,46	0,16	3,17	6,1
	3	10,35	2,05	1,08	3,97	5,8
	4	9,60	1,93	1,08	4,27	5,8
	5	10,52	2,38	0,23	3,68	5,9
	6	10,22	2,28	0,49	3,66	5,8
	Médias	10,17 B	2,26 B	0,53 A	3,65 A	5,92 B
	S ⁻¹	0,31	0,22	0,44	0,44	0,15
Cana-de-açúcar / FΔμ / ~ 10 - ~ 35	1	9,80	2,46	0,16	3,97	5,9
	2	8,47	2,30	0,18	4,27	5,7
	3	10,57	2,22	0,30	3,68	5,9
	4	9,12	1,85	0,35	3,42	6,0
	5	7,65	1,60	0,07	3,17	5,9
	6	9,55	2,38	0,10	3,97	5,6
	Médias	9,19 B	2,14 B	0,19 A	3,75 A	5,83 B
	S ⁻¹	1,03	0,34	0,11	0,40	0,15
Plantio Direto / FΔμ / ~ 3 - ~ 30	1	10,25	3,78	0,33	3,17	6,3
	2	10,2	3,98	0,53	3,17	6,2
	3	9,50	3,45	0,98	2,54	6,7
	4	10,25	3,70	0,84	2,54	6,7
	5	9,97	4,11	0,25	2,73	6,6
	6	10,1	4,07	0,33	2,54	6,9
	Médias	10,05 B	3,85 A	0,54 A	2,78 B	6,57 A
	S ⁻¹	0,29	0,25	0,30	0,31	0,27
Mata nativa / FΔμ/μ / ~ 16 - ~ 45	1	12,37	3,61	0,41	2,73	6,3
	2	11,37	3,29	0,23	2,35	6,9
	3	11,15	4,07	0,18	2,94	6,6
	4	8,82	3,98	0,10	4,60	5,6
	5	9,25	4,19	1,35	3,17	6,3
	6	12,32	4,56	1,35	2,54	6,6
	Médias	10,88 B	3,95 A	0,60 A	3,06 AB	6,38 A
	S ⁻¹	1,52	0,45	0,59	0,81	0,44

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Plantio direto:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Mata nativa:** FΔμ/μ -fissurado, com muitos agregados pouco compactos.

Os teores de magnésio na superfície indicam que o trigo cultivado pelo sistema plantio direto apresentou resultados praticamente iguais aos obtidos no tratamento com mata

nativa, cujos resíduos orgânicos são mineralizados, e o nutriente, pouco móvel no solo, acumula-se na superfície, o que também é válido para o cálcio, dado que já fora constatado anteriormente por CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES (1985), SIDIRAS & PAVAN (1985) e MUZILLI, (1983 e 1985).

Os teores de magnésio das UMHS $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 21. A UMH $F\Delta\mu/\mu$ encontrada no tratamento com mata nativa ($3,95 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), não diferiu significativamente da UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo ($3,85 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), mas estes, apresentaram teores significativamente mais elevados que as UMHS $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$ obtidas no tratamento com cana-de-açúcar, cujos índices foram, respectivamente 2,26 e $2,14 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Os teores de magnésio presentes nas UMHS, até 40 cm de profundidade, são decorrentes do efeito residual da calagem, realizada antes da implantação dos sistemas de cultivo. Resultados semelhantes foram anteriormente obtidos por SANTOS & ROMAN (1989). Os valores de magnésio são similares quanto a CTC aos obtidos por NEVES et al. (2003), tanto de 0 a 20 cm, quanto de 20 a 40 cm.

Na tabela 22 estão os teores de magnésio das UMHS $F\mu\Delta$, mostrando que o tratamento com mata nativa apresentou $3,56 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, o que difere estatisticamente do alcançado com o trigo no sistema plantio direto, que foi $2,99 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, apresentando também valores significativamente mais elevados que os alcançados no tratamento com cana-de-açúcar, ou seja, $1,62 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Os teores de magnésio das UMHS $C\mu$, estão na tabela 23, indicando que os tratamentos com mata nativa com trigo no sistema plantio direto, cujos índices foram, respectivamente 3,10 e $3,02 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, apresentaram valores significativamente mais elevados que os apresentados no relação ao tratamento com cana-de-açúcar ($1,43 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$). A partir dos resultados abaixo de 40 cm, pode-se afirmar que o efeito residual da calagem no tratamento com cana-de-açúcar não provoca mais alterações, o que está de acordo com SANTOS & ROMAN (1989).

Tabela 22. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	Ca	Mg	K	H + Al*	pH
		cmol _c / dm ³ de solo				CaCl ₂
Cana-de-açúcar / FμΔ / ~ 35 - ~ 75 cm	1	8,07	1,85	0,07	3,17	6,0
	2	7,67	1,72	0,07	3,17	5,9
	3	7,75	1,56	0,12	3,17	6,0
	4	8,02	1,6	0,12	3,42	5,8
	5	6,35	1,48	0,05	3,68	5,5
	6	6,60	1,52	0,10	3,68	5,4
	Médias	7,41 B	1,62 C	0,09 A	3,38 A	5,77 A
	S ⁻¹	0,74	0,14	0,03	0,25	0,26
Plantio Direto / FμΔ / ~ 30 - ~ 70 cm	1	5,85	3,24	0,07	3,97	5,4
	2	7,22	3,16	0,07	3,17	6,1
	3	7,47	3,16	0,23	3,17	6,2
	4	6,50	2,79	0,16	3,42	6,0
	5	7,80	2,71	0,05	2,94	6,3
	6	7,80	2,87	0,07	2,94	6,3
	Médias	7,11 B	2,99 B	0,11 A	3,27 A	6,05 A
	S ⁻¹	0,78	0,22	0,07	0,39	0,34
Mata nativa / FμΔ / ~ 45 - ~ 75 cm	1	7,95	3,74	0,33	2,35	6,5
	2	9,27	3,45	0,27	2,03	7,0
	3	6,60	3,82	0,07	3,17	6,5
	4	6,47	3,20	0,07	5,76	4,8
	5	5,10	3,20	0,91	4,60	5,4
	6	7,40	3,94	1,15	2,73	6,6
	Médias	7,13 B	3,56 A	0,47 A	3,44 A	6,13 A
	S ⁻¹	1,43	0,32	0,46	1,45	0,84

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Plantio direto:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Mata nativa:** FμΔ - fissurado, com alguns agregados compactos.

4.3.3. Teores de Potássio.

Na tabela 20 estão os teores de potássio das UMHs LΔμ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da LΔμ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da Lμ pt do tratamento com mata nativa. O resultados mostram que a UMH LΔμ pt do tratamento com trigo sob sistema plantio direto) apresentou

os valores mais elevados, ou seja, $1,36 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, não diferindo significativamente da UMH $L\Delta\mu$ pt da linha do tratamento com cana-de-açúcar ($1,08 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), porém ambas apresentaram diferenças significativas em relação a UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa ($0,73 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) e da UMH $L\Delta\mu$ pt da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar ($0,64 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo).

Já os teores de potássio das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 21. Nesse caso não foram observadas diferenças significativas, mais a UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa apresentou os valores mais elevados ($0,60 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), seguidos pelas UMHs $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto, pela UMH $L\Delta\mu$ gt e pela UMH $F\Delta\mu$ (ambos do tratamento com cana-de-açúcar), cujos valores foram, respectivamente, 0,54, 0,53 e 0,19 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo. Os valores de potássio são mais elevados, quase o dobro, com referência à percentagem da CTC, que os obtidos por NEVES et al. (2003), tanto de 0 a 20 cm, quanto de 20 a 40 cm.

Os teores de potássio das UMHs $F\mu\Delta$ constam da tabela 22. Não foram observadas diferenças significativas, apresentando o tratamento com mata nativa, valores mais elevados ($0,47 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), seguidos pelo tratamento com trigo no sistema plantio direto (0,11 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) e pelo tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo ($0,09 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo).

Para as UMHs $C\mu$, os teores de potássio podem ser visualizados na tabela 23. À semelhança do resultado das UMHs $F\mu\Delta$, também não foram significativas. No tratamento com mata nativa os valores foram mais elevados ($1,0 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), vindo a seguir os alcançados com o cultivo de trigo no sistema plantio direto ($0,08 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) e pelo tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo ($0,07 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo).

Os resultados obtidos indicam que o cultivo dos solos provocam aumento nos teores de potássio, principalmente em superfície (0 a 7 cm), o que já fora relatado por vários pesquisadores (MUZILLI 1983 e 1985; CENTURION, DEMATTÊ & FERNANDES, 1985; Sá, 1993; SIDIRAS & PAVAN, 1985). No tratamento com trigo pelo sistema plantio direto observou-se pouca variação dos resultados em uma mesma profundidade, enquanto que no

tratamento com cana-de-açúcar os valores de potássio na UMH $L\Delta\mu$ pt da linha são quase duas vezes maiores que os da mesma UMH localizada na entrelinha, o que confirma que a adubação de manutenção é realizada somente na linha da cultura.

4.3.4. Teores de Hidrogênio + Alumínio

Nos perfis de solos estudados os valores de Al foram todos iguais a zero. Os resultados de hidrogênio + alumínio das UMHs $L\Delta\mu$ pt localizadas na linha e na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa, estão na tabela 20. Observou-se que as UMHs $L\Delta\mu$ pt da entrelinha e da linha (4,01 e 3,56 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, respectivamente) ambas do tratamento com cana-de-açúcar apresentaram valores mais elevados, que diferiram significativamente da UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa e da $L\Delta\mu$ pt com trigo no sistema plantio direto, cujos índices foram, respectivamente, 2,69 e 2,28 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo. Estes resultados eram esperados e estão conformes os verificados por SIDIRAS & PAVAN, (1985). No tratamento com cana-de-açúcar, a aplicação de calcário só é realizada quando a cultura é renovada, enquanto que no sistema de semeadura direta é realizada em superfície a cada dois ou três anos, o que poderia ser feito também para a cana-de-açúcar para aumentar sua longevidade produtiva.

Na tabela 21 podem se observar os teores de hidrogênio + alumínio das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa. Notou-se que a UMH $L\Delta\mu$ gt (3,65 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) e a $F\Delta\mu$ (3,75 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), ambas do tratamento com cana-de-açúcar apresentaram diferença significativa apenas em relação a UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto (2,78 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), porém não houve diferença significativa em relação a UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa (3,06 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), que não diferiu significativamente do tratamento com trigo no sistema plantio direto. Tais resultados diferiram dos obtidos por NEVES et al. (2003). O tratamento com mata nativa apresentou valores

similares aos obtidos com sistema plantio direto, devido à matéria orgânica que ameniza a acidificação em camadas superficiais do perfil, o que está de acordo com os relatos de SIDIRAS & PAVAN (1985).

Tabela 23. Teores de cálcio, magnésio, potássio, hidrogênio + alumínio e o pH.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	Ca	Mg	K	H + Al*	pH
		cmol _c / dm ³ de solo				CaCl ₂
Cana-de-açúcar / Cμ / > ~ 75 cm	1	6,85	1,39	0,05	2,73	6,1
	2	6,27	1,31	0,05	2,54	6,1
	3	7,42	1,43	0,12	2,54	6,2
	4	7,90	1,52	0,10	2,94	6,0
	5	6,60	1,52	0,07	3,17	5,7
	6	6,27	1,39	0,05	3,17	5,7
	Médias	6,89 B	1,43 B	0,07 A	2,85 A	5,97 A
	S ⁻¹	0,66	0,08	0,03	0,29	0,22
Plantio Direto / Cμ / > ~ 75 cm	1	3,15	2,59	0,07	5,34	4,6
	2	5,62	3,37	0,05	3,42	5,8
	3	5,47	3,20	0,10	3,42	5,8
	4	5,67	3,08	0,12	3,42	5,6
	5	5,87	3,12	0,05	2,94	6,3
	6	6,95	3,24	0,10	2,73	6,3
	Médias	5,46 B	3,10 A	0,08 A	3,55 A	5,73 A
	S ⁻¹	1,25	0,27	0,03	0,93	0,63
Mata nativa / Cμ / > ~ 75 cm	1	6,17	3,12	0,07	3,17	6,0
	2	6,42	3,53	0,05	2,35	6,8
	3	5,55	2,79	0,07	4,27	5,2
	4	5,40	2,38	0,07	4,60	4,9
	5	3,85	3,16	0,07	4,96	5,0
	6	7,97	3,12	0,27	3,97	5,6
	Médias	5,89 B	3,02 A	0,10 A	3,89 A	5,58 A
	S ⁻¹	1,36	0,39	0,08	0,97	0,72

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Plantio direto:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Mata nativa:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

Os resultados alcançados nas UMHs FμΔ são apresentados na tabela 22. Não foram observadas diferenças significativas; os valores mais elevados, estão presentes no tratamento com mata nativa, que foram de 3,44cmol_c / dm³ de solo, seguidos pelos tratamentos com cana-

de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, cujos índices foram, respectivamente, 3,38 e 3,27 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo.

Na tabela 23 podem ser vistos os valores de hidrogênio + alumínio das UMHs C μ . Os resultados não mostraram diferenças significativas, mas o tratamento com mata nativa apresentou valores mais elevados (3,89 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$), seguidos pelos tratamentos com trigo no sistema plantio direto e com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, cujos valores foram 3,55 e 2,85 $\text{cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, respectivamente.

4.3.5. Valores de pH.

O pH do solo está diretamente associado aos teores de hidrogênio + alumínio, os quais determinam a acidez total do solo. Na tabela 20 podem ser observados os valores de pH das UMHs L $\Delta\mu$ pt localiza as na linha e na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da L $\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da L μ pt do tratamento com mata nativa. Pode-se notar que as UMH L $\Delta\mu$ pt da entrelinha e da linha do tratamento com cana-de-açúcar apresentaram valores de pH mais baixos (maior acidez), a saber, 5,82 e 5,92 respectivamente, sendo significativamente diferentes das UMHs L μ pt do tratamento com mata nativa e L $\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto, cujos valores de pH foram, respectivamente, 6,52 e 6,55. Os resultados pH estão mais próximos da neutralidade do que os obtidos NEVES et al. (2003), e mostram que a matéria orgânica ameniza o efeito da acidificação, como o relatado por SIDIRAS & PAVAN (1985).

Já os valores de pH das UMHs F $\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da L $\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da F $\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 21. As UMHs F $\Delta\mu$ e L $\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar apresentaram pH mais ácido, cujos valores foram 5,83 e 5,92 respectivamente, os quais diferiram significativamente da UMH F $\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa e da UMH F $\Delta\mu$ do tratamento com trigo, cujos índices foram, respectivamente 6,38 e 6,57.

Observando-se os resultados de pH das UMHs localizadas até 45 cm de profundidade, vê-se que o cultura de cana-de-açúcar sob sistema tradicional de manejo apresentou sempre valores de pH mais ácidos, quando comparados com a cultura de trigo sob sistema plantio direto e com a mata nativa, indicando intervalos longos entre as calagens, podendo isso ser apontado também como uma das limitações que determinam a reforma dos canaviais.

Na tabela 22 podem-se observar os valores de pH das UMH $F_{\mu\Delta}$, constatando-se que não tem sido observada diferença significativa entre os tratamentos; porém o tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo apresentou valores de pH mais ácidos (5,77), seguidos dos valores obtidos nos tratamentos com trigo sob sistema plantio direto e com mata nativa (6,05 e 6,13, respectivamente).

Os valores de pH das UMHs C_{μ} estão na tabela 23, não sendo verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento com mata nativa apresenta o solo mais ácido (5,58) seguido do solo com trigo sob sistema plantio direto e cana-de-açúcar sob sistema tradicional de manejo, cujos valores foram, respectivamente, 5,73 e 5,96.

4.3.6. Teores de fósforo.

A observação dos teores de fósforo das UMHs $L_{\Delta\mu}$ pt localizadas na linha e na entrelinha do tratamento de cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L_{\Delta\mu}$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da L_{μ} pt do tratamento com mata nativa pode ser feitas a partir da tabela 24. Nota-se que a UMH $L_{\Delta\mu}$ pt o tratamento com trigo no sistema plantio direto (16,75 mg / dm³), apresentou valores significativamente mais elevados em relação as outras UMHs de mesma profundidade. A UMHs $L_{\Delta\mu}$ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar (3,78 e 1,97 mg / dm³, respectivamente), comportaram-se estatisticamente de modo igual, enquanto que a UMH L_{μ} pt do tratamento com mata nativa apresentou valores estatisticamente mais elevados (4,87 mg / dm³) em relação a UMH $L_{\Delta\mu}$ pt da entrelinha e estatisticamente semelhantes , em relação a mesma UMH localizada na linha, ambas do tratamento com cana-de-açúcar. Quando se analisa a evolução o tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo mostrou promover, em relação ao tratamento

com mata nativa, reduções nos nutrientes (mesmo que não significativos), além da variação (que já tinha sido observado para o elemento potássio), que é quase o dobro quando se compara as UMHs LΔμ pt da linha com a da entrelinha. Estas alterações podem não influenciar a produção, mas empobrecem o solo com o cultivo de cana-de-açúcar em

Tabela 24. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	CTC cmol _c / dm ³ de solo	V %	P mg / dm ³ de solo	C g / dm ³ de solo
Cana-de-açúcar/ LΔμ pt – entrelinha / 0 - ~ 5 cm	1	16,33	79,05	2,4	21,31
	2	16,5	79,27	2,2	18,45
	3	16,76	72,55	1,9	23,32
	4	17,35	71,41	1,9	23,23
	5	17,91	77,83	1,7	20,77
	6	17,28	78,7	1,7	20,81
	Médias	17,02 C	76,47 B	1,97 C	21,32 B
	S⁻¹	0,60	3,53	0,28	1,81
Cana-de-açúcar/ LΔμ pt – linha / 0 - ~ 5 cm	1	17,29	78,71	3,6	19,86
	2	17,02	78,37	3,2	18,07
	3	17,8	82,19	4,7	23,49
	4	17,38	81,76	3,3	21,74
	5	16,92	76,53	5,2	22,8
	6	16,43	77,6	2,7	19,50
	Médias	17,14 C	79,19 B	3,78 BC	20,91 B
	S⁻¹	0,47	2,29	0,96	2,10
Plantio Direto / LΔμ pt / 0 - ~ 3 cm	1	18,74	86,44	15,7	30,1
	2	18,56	86,31	20,1	29,61
	3	19,48	87,93	17,3	39,06
	4	19,35	88,73	17,5	39,06
	5	19,14	88,61	14,3	39,06
	6	18,76	89,97	15,6	39,06
	Médias	19,01 B	88,00 A	16,75 A	35,99 A
	S⁻¹	0,37	1,41	2,02	4,75
Mata nativa / Lμ pt / ~ 5 - ~ 16 cm	1	24,12	90,25	7,1	39,06
	2	24,16	90,27	3,2	39,06
	3	21,23	87,14	4,1	39,06
	4	23,02	85,14	3,8	39,06
	5	22,28	87,74	5,6	39,06
	6	20,09	87,35	5,4	39,06
	Médias	22,48 A	87,98 A	4,87 B	39,06 A
	S⁻¹	1,62	1,98	1,43	0,00

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Plantio direto:** LΔμ pt - livre, com agregados pequenos compactos; **Mata nativa:** Lμ pt - livre, com agregados pequenos não compactos.

determinada faixa (entrelinha) da cultura. Os resultados concordam com os obtidos por NEVES et al.(2003) somente em relação aos obtidos no sistema plantio direto.

Na tabela 25 encontram-se os teores de fósforo das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa. Os resultados indicam que a UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto ($9,48 \text{ mg} / \text{dm}^3$), foram significativamente superiores às UMHs $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$ do tratamento com cana-de-açúcar e $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, cujos valores foram 1,83, 1,62 e $1,43 \text{ mg} / \text{dm}^3$, respectivamente. Observa-se que o tratamento com trigo no sistema plantio direto favorece o acúmulo de fósforo em superfície (até 30 cm), estando de acordo com resultados obtidos por SÀ (1993) e MUZILLI (1981, 1983 e 1985), pois nos LATOSSOLOS, grande parte dos fosfatos presentes não são móveis, e sim fixados, ou seja, tornam-se não assimiláveis pelos vegetais. Este problema já havia sido relatado anteriormente por BRADY (1974) e por RAIJ (1981). Os teores de fósforo existente no solo com mata nativa são relativamente baixos, como era de se espera para esta condição.

Os teores de fósforo das UMHs $F\mu\Delta$ estão na tabela 26. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, apresentando o tratamento com trigo no sistema plantio direto, os valores mais elevados ($1,56 \text{ mg} / \text{dm}^3$), seguidos pelos alcançados nos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com mata nativa, cujos Índices foram com 1,51 e $1,2 \text{ mg} / \text{dm}^3$, respectivamente.

Na tabela 27 podem-se visualizar os teores de fósforo das UMHs $C\mu$, não tendo sido também observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os valores mais elevados ocorrem no solo com trigo no sistema plantio direto ($2,28 \text{ mg} / \text{dm}^3$) seguido pelos tratamentos com mata nativa e com cana-de-açúcar, cujos valores foram, respectivamente 2,08 e $1,95 \text{ mg} / \text{dm}^3$.

4.3.7. Teores de Carbono Orgânico

Os resultados de carbono orgânico das UMHs $L\Delta\mu$ pt localizadas na linha e na

entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa constam na tabela 24. As UMHs $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa e $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema de plantio direto (39,06 e 35,99 g / dm³, respectivamente), apresentaram valores significativamente mais elevados que os apresentados pelas UMHs $L\Delta\mu$ pt localizadas na entrelinha e na linha do tratamento com cana-de-açúcar (21,32 e 20,91 g / dm³, respectivamente). Resultados similares também foram encontrados por SILVA et al. (1998).

Na tabela 25 observam-se os teores de carbono orgânico das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa. Não foram constatadas diferenças significativas entre as UMHs comparadas; entretanto, a UMH $F\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto apresentou valores mais elevados (22,68 g / dm³), seguidos pelas UMHs $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa (22,01 g / dm³) e pelas UMHs $F\Delta\mu$ e $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar (19,39 e 19,68 g / dm³, respectivamente). Esses resultados comprovam que a cultura de cana-de-açúcar mantém níveis de carbono orgânico comparáveis com os revelados pelo solo com mata nativa e com trigo sob plantio direto, em UMH localizadas abaixo das camadas superficiais, semelhante ao constatado por diversos autores quando se tratam de espécies de gramíneas (TISDALL & OADES (1979), CARPENEDO & MIELNICZUK (1990) e PALADINI & MIELNICZUK (1991).

Os resultados de carbono orgânico das UMHs $F\mu\Delta$ podem ser vistos na tabela 26. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos; entretanto, o tratamento com mata nativa apresentou valores mais elevados, ou seja, 10,61 g / dm³; seguidos pelos tratamentos com cana-de-açúcar e com trigo (9,03 e 8,68 g / dm³, respectivamente).

Na tabela 27 estão registrados os resultados de carbono orgânico das UMHs $C\mu$, não tendo sido observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os valores mais elevados foram obtidos no tratamento com trigo sob sistema plantio direto (7,21 g / dm³), seguidos pelos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com mata nativa, cujos valores foram, 6,80 e 6,03 g / dm³, respectivamente.

Quando se observam os resultados de carbono orgânico nos perfis estudados, pode-

Tabela 25. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	CTC	V	P	C
		cmol _c / dm ³ de solo	%	mg / dm ³ de solo	g / dm ³ de solo
Cana-de-açúcar / LΔμ gt / ~ 5 - ~ 30	1	15,94	80,11	1,6	16,61
	2	15,94	80,11	1,6	16,61
	3	17,45	77,24	2,2	22,98
	4	16,88	74,7	2	23,41
	5	16,81	78,1	1,7	18,33
	6	16,84	78,14	1,9	18,37
	Médias	16,64 BC	78,07 B	1,83 B	19,39 A
	S⁻¹	0,59	2,02	0,24	3,06
Cana-de-açúcar / FΔμ / ~ 10 - ~ 35	1	16,39	75,77	1,9	18,02
	2	15,22	71,94	1,7	21,65
	3	16,77	78,05	2,3	21,65
	4	14,74	76,79	1,2	21,06
	5	12,49	74,61	1,3	17,79
	6	16	75,18	1,3	17,91
	Médias	15,27 C	75,39 B	1,62 B	19,68 A
	S⁻¹	1,55	2,08	0,43	1,25
Plantio Direto / FΔμ / ~ 3 - ~ 30	1	17,53	81,91	11,3	21,48
	2	17,88	82,27	8,3	22,39
	3	16,47	84,57	12,3	25,21
	4	17,33	85,34	9,7	23,14
	5	17,06	83,99	8	21,64
	6	17,04	85,09	7,3	22,26
	Médias	17,22 AB	83,86 A	9,48 A	22,68 A
	S⁻¹	0,48	1,45	1,98	1,38
Mata nativa / FΔμ/μ / ~ 16 - ~ 45	1	19,12	85,72	1,2	19,24
	2	17,24	86,36	1	13,35
	3	18,34	83,96	1,3	18,16
	4	17,5	73,71	1	16,42
	5	17,96	82,34	1,3	25,83
	6	20,77	87,77	2,8	39,06
	Médias	18,49 A	83,31 A	1,43 B	22,01 A
	S⁻¹	1,30	5,07	0,68	9,32

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹ - Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Plantio direto:** FΔμ - fissurado, com muitos agregados compactos; **Mata nativa:** FΔμ/μ -fissurado, com muitos agregados pouco compactos.

se notar que a deposição de resíduos pelo sistema plantio direto foi superficial (0 a 4 cm), devolvendo ao solo as condições existentes no tratamento com mata nativa, o mesmo foi

constatado em inúmeros trabalhos (SIDIRAS & PAVAN, 1985; MUZILLI, 1983; CENTIRION, DEMATTÊ & FERNANDES, 1985; ELTZ, PEIXOTO & JASTER, 1989; MUZILLI, 1985; SANTOS & SIQUEIRA, 1996; SÁ, 1993).

Este aumento de carbono orgânico em superfície, em regiões tropicais onde a mineralização é intensa, devolve ao solo grande parte dos nutrientes extraídos pelas culturas. Neste aspecto o cultivo de cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo tem demonstrado grande fragilidade em relação ao sistema plantio direto.

4.7.8. Capacidade de Troca de cátions (CTC)

Os resultados de CTC das UMHs $L\Delta\mu$ pt localizadas na linha e na entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 24. Os resultados indicam valores significativamente mais elevados para a UMH $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa ($22,48 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo) em relação a UMH $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto ($19,01 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), o qual, também apresentou valores significativamente mais elevados que a UMH $L\Delta\mu$ pt da linha e da entrelinha do tratamento com cana-de-açúcar, que estatisticamente foram iguais ($17,14$ e $17,02 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo, respectivamente). A CTC mais elevada na mata nativa em relação ao sistema de plantio direto é devido ao tipo de matéria orgânica depositada sobre o solo, já que relativamente aos teores os resultados são equivalentes. No tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo fica nítida a influência que a queima na colheita provoca nos valores de CTC, atestando observações de LOPES, & GUIDOLIN (1989) e de RAIJ, (1981) a respeito da importância da matéria orgânica na constituição da CTC.

Os resultados de CTC das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 25. A UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa ($18,49 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$ de solo), apresentou valores significativamente mais elevados que a UMHs

L $\Delta\mu$ gt e F $\Delta\mu$ do tratamento com cana-de-açúcar (16,64 e 15,27 cmol_c / dm³ de solo, respectivamente). Já a UMH F $\Delta\mu$ do tratamento com trigo no sistema plantio direto (17,22 cmol_c / dm³ de solo), não diferiu estatisticamente da UMH L $\Delta\mu$ gt, mas foi diferente estatisticamente da UMH F $\Delta\mu$ ambas do tratamento com cana-de-açúcar. Esses resultados indicam que o sistema sob plantio direto exerceu influência somente sobre os primeiros centímetros do perfil do solo.

Tabela 26. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono.

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	CTC cmol _c / dm ³ de solo	V %	P mg / dm ³ de solo	C g / dm ³ de solo
Cana-de-açúcar / F $\mu\Delta$ / ~ 35 - ~ 75 cm	1	13,16	75,91	1,5	9,35
	2	12,63	74,9	1,5	8,97
	3	12,6	74,84	1,6	9,48
	4	13,16	74,01	1,5	11,57
	5	11,56	68,16	1,5	7,79
	6	11,9	69,07	1,5	7,0
	Médias	12,50 C	72,82 A	1,51 A	9,03 A
	S ⁻¹	0,65	3,32	0,04	1,58
Plantio Direto / F $\mu\Delta$ / ~ 30 - ~ 70 cm	1	13,13	69,76	1,7	7,5
	2	13,62	76,72	1,9	6,55
	3	14,03	77,4	1,3	10,65
	4	12,87	73,42	2	8,37
	5	13,5	78,22	1,6	9,49
	6	13,68	78,5	0,9	9,57
	Médias	13,47 B	75,67 A	1,56A	8,68 A
	S ⁻¹	0,42	2,04	0,40	1,50
Mata nativa / F $\mu\Delta$ / ~ 45 - ~ 75 cm	1	14,37	83,64	1,5	8,5
	2	15,02	86,48	1,3	9,2
	3	13,66	76,79	1	14,01
	4	15,5	62,83	0,8	9,45
	5	13,81	66,69	1,6	9,7
	6	15,22	82,06	1	12,81
	Médias	14,60 A	76,42 A	1,20 A	10,61 A
	S ⁻¹	0,77	9,64	0,32	2,24

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Plantio direto:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos; **Mata nativa:** F $\mu\Delta$ - fissurado, com alguns agregados compactos.

Os resultados de CTC das UMHs FμΔ podem ser vistos na tabela 26. O tratamento com mata nativa apresentou valores significativamente mais elevados (14,60 cmol_c / dm³ de solo), que os alcançados pelo tratamento com trigo no sistema plantio direto (13,47 cmol_c / dm³ de solo), que também diferiu estatisticamente do tratamento com cana-de-açúcar (12,50 cmol_c / dm³ de solo).

Tabela 27. CTC, V% e teores de fósforo e de carbono (70 a 100 cm de profundidade).

Tratamentos / UMHs / Profundidade	repetições	CTC	V	P	C
		cmol _c / dm ³ de solo	%	mg / dm ³ de solo	g / dm ³ de solo
Cana-de-açúcar / Cμ / > ~ 75 cm	1	11,02	75,22	2,4	4,95
	2	10,17	75,02	2,3	5,72
	3	11,51	77,93	2	8,92
	4	12,46	76,4	2	8,54
	5	11,36	72,09	1,5	6,59
	6	10,88	70,86	1,5	6,05
	Médias	11,23 B	74,59 A	1,95 A	6,80 A
	S ⁻¹	0,76	2,65	0,38	1,59
Plantio Direto / Cμ / > ~ 75 cm	1	11,15	52,1	2,3	6,17
	2	12,46	72,55	1,9	6,01
	3	12,19	71,94	2,1	6,96
	4	12,29	72,17	2	6,8
	5	11,98	75,45	2,3	6,22
	6	13,02	79,03	3,1	11,11
	Médias	12,18 A	70,54 A	2,28 A	7,21 A
	S ⁻¹	0,39	3,03	0,48	1,94
Mata nativa / Cμ / > ~ 75 cm	1	12,53	74,7	2	6,22
	2	12,35	80,97	1,6	5,22
	3	12,68	66,32	1,9	5,76
	4	12,45	63,05	1,7	5,01
	5	12,04	58,8	3	6,59
	6	12,33	67,8	2,3	7,38
	Médias	12,40 A	68,61 A	2,08 A	6,03 A
	S ⁻¹	0,22	8,04	0,51	0,89

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%; S⁻¹- Desvio Padrão; **Cana-de-açúcar:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Plantio direto:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados; **Mata nativa:** Cμ -contínua ou maciça, com presença de microagregados.

Os resultados de CTC das UMHs C μ estão na tabela 27. Os tratamentos com mata nativa e com trigo no sistema plantio direto, apresentaram valores significativamente mais elevados (12,40 e 12,18 cmol_c / dm³ de solo, respectivamente), que os obtidos no tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo (11,23 cmol_c / dm³ de solo).

Tabela 28. Médias de densidade do solo, VTP e da porcentagem de agregados dos tratamentos.

Grupos de UMHs	Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	Densidade (kg dm ⁻³)	VTP (%)	Agregados	
					Malhas (mm)	Médias
1	Cana-de-açúcar / L $\Delta\mu$ pt – entrelinha	0 - ~ 5	1,630 A	34,28 B	1- 6 < 1	92,46 A 7,52 A
	Cana-de-açúcar / L $\Delta\mu$ pt – linha	0 - ~ 5	1,545 A	37,32 B	1- 6 < 1	82,52 B 16,88 B
	Mata Nativa / L μ pt	~ 5 - ~ 16	1,368 B	42,90 A	1- 6 < 1	97,65 A 2,34 C
	Cana-de-açúcar / L $\Delta\mu$ gt	~ 5 - ~ 30	1,626 A	35,03 B	1- 6 < 1	88,93 A 11,06 AB
2	Cana-de-açúcar / F $\Delta\mu$	~ 10 - ~ 35	1,608 A	35,66 B	1- 6 < 1	87,98 A 13,68 A
	Plantio direto / F $\Delta\mu$	~ 3 - ~ 30	1,665 A	32,43 B	1- 6 < 1	85,53 A 14,74 A
	Mata Nativa / F $\Delta\mu/\mu$	~ 16 - ~ 45	1,433 B	42,52 A	1- 6 < 1	91,79 A 5,58 B
	Cana-de-açúcar / F $\mu\Delta$	~ 35 - ~ 75	1,390 A	43,07 A	1- 6 < 1	72,64 A 27,29 C
3	Plantio Direto / F $\mu\Delta$	~ 30 - ~ 70	1,448 A	40,98 A	1- 6 < 1	42,85 C 57,16 A
	Mata Nativa / F $\mu\Delta$	~ 45 - ~ 75	1,435 A	41,79 A	1- 6 < 1	59,53 B 40,13 B
	Cana-de-açúcar / C μ	> ~ 75	1,285 A	47,02 A	1- 6 < 1	50,29 A 49,71 A
4	Plantio Direto / C μ	> ~ 75	1,315 A	45,89 A	1- 6 < 1	51,37 A 48,63 A
	Mata Nativa / C μ	> ~ 75	1,41 A	42,26 A	1- 6 < 1	54,25 A 45,92 A

Médias seguidas de mesmas letras na coluna e dentro dos grupos de UMHs não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1%.

Tabela 29. Médias de teores de cálcio, de magnésio, de potássio, de hidrogênio + alumínio e do pH dos tratamentos.

Grupos de UMHs	Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	Ca	Mg	K	H + Al*	pH CaCl ₂
			cmol _c / dm ³ de solo				
1	Cana-de-açúcar / LΔμ pt – entrelinha	0 - ~ 5	10,08 B	2,30 B	0,64 B	4,01 A	5,82 B
	Cana-de-açúcar / LΔμ pt – linha	0 - ~ 5	10,01 B	2,49 B	1,08 AB	3,56 A	5,92 B
	Plantio direto / LΔμ pt	0 - ~ 3	11,19 B	4,18 A	1,36 A	2,28 B	6,55 A
	Mata Nativa / Lμ pt	~ 5 - ~ 16	14,79 A	4,28 A	0,73 B	2,69 B	6,52 A
2	Cana-de-açúcar / LΔμ gt	~ 5 - ~ 30	10,17 B	2,26 B	0,53 A	3,65 A	5,92 B
	Cana-de-açúcar / FΔμ	~ 10 - ~ 35	9,19 B	2,14 B	0,19 A	3,75 A	5,83 B
	Plantio direto / FΔμ	~ 3 - ~ 30	10,05 B	3,85 A	0,54 A	2,78 B	6,57 A
	Mata Nativa / FΔμ/μ	~ 16 - ~ 45	10,88 B	3,95 A	0,60 A	3,06 AB	6,38 A
3	Cana-de-açúcar / FμΔ	~ 35 - ~ 75	7,41 B	1,62 C	0,09 A	3,38 A	5,77 A
	Plantio Direto / FμΔ	~ 30 - ~ 70	7,11 B	2,99 B	0,11 A	3,27 A	6,05 A
	Mata Nativa / FμΔ	~ 45 - ~ 75	7,13 B	3,56 A	0,47 A	3,44 A	6,13 A
4	Cana-de-açúcar / Cμ	> ~ 75	6,89 B	1,43 B	0,07 A	2,85 A	5,97 A
	Plantio Direto / Cμ	> ~ 75	5,46 B	3,10 A	0,08 A	3,55 A	5,73 A
	Mata Nativa / Cμ	> ~ 75	5,89 B	3,02 A	0,10 A	3,89 A	5,58 A

Médias seguidas de mesmas letras na coluna e dentro dos grupos de UMHs não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1.

4.7.9. Saturação por bases (V%)

Os resultados de V% das UMHs LΔμ pt localizadas na linha e na entrelinha do

tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, da $L\Delta\mu$ pt do tratamento com trigo no sistema plantio direto e da $L\mu$ pt do tratamento com mata nativa, podem ser observados na tabela 24. Os resultados mostram que os valores obtidos no tratamento com trigo no sistema plantio direto e com mata nativa (com 88,00 e 87,98 %, respectivamente), são significativamente mais elevados que os da UMH $L\Delta\mu$ pt da entrelinha e da linha, ambas do tratamento com cana-de-açúcar (76,47 e 79,19 %, respectivamente).

Na tabela 25 estão os resultados de V % das UMHs $F\Delta\mu$ dos tratamentos com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e com trigo no sistema plantio direto, da $L\Delta\mu$ gt do tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo e da $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa. A UMH $F\Delta\mu/\mu$ do tratamento com mata nativa e com trigo no sistema plantio direto, apresentaram valores significativamente mais elevados (com 83,31 e 83,86 %, respectivamente), que os da UMHs $L\Delta\mu$ gt e $F\Delta\mu$ do tratamento com cana-de-açúcar (78,07 e 75,39 %, respectivamente).

Os valores de V % das UMHs $F\mu\Delta$, estão localizados na tabela 26. Não foram observadas diferenças significativas, mas o tratamento com mata nativa apresentou os valores mais elevados (com 76,42 %), seguidos pelos tratamentos com trigo no sistema plantio direto e com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo (75,67 e 72,82 %, respectivamente).

Os resultados de V% das UMHs $C\mu$ podem ser visualizados na tabela 27, não tem sido verificadas diferenças significativas entre os tratamentos. Os valores mais elevados foram os alcançados no tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo (74,5 %), seguidos dos tratamentos com trigo no sistema plantio direto e com mata nativa (70,54 e 68,61% respectivamente).

Os valores de V% são diretamente influenciados pelos teores de cálcio, magnésio, potássio. No tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, os valores destes cátions são mais baixos, principalmente até 40 cm (local do perfil do solo que foi influenciado pelo manejo), de modo que os valores de V% foram também mais baixos. Os teores de nutrientes resultantes do plantio direto e da mata nativa são elevados principalmente na superfície, devido à mineralização da matéria orgânica, sendo os valores de V % mais elevados. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por MUZILII (1983 e 1985), SÁ

1993), SIDIRAS & PAVAN (1985), ELTZ, PEIXOTO & JASTER (1989) e CENTIRION, DEMATTÊ & FERNANDES (1985).

Tabela 30. Médias de teores de fósforo, de carbono, CTC e V % dos tratamentos.

Grupos de UMHs	Tratamentos / UMHs	Profundidade cm	CTC cmol _c / dm ³ de solo	V %	P mg / dm ³ de solo	C g / dm ³ de solo
1	Cana-de-açúcar / LΔμ pt – entrelinha	0 - ~ 5	17,02 C	76,47 B	1,97 C	21,32 B
	Cana-de-açúcar / LΔμ pt – linha	0 - ~ 5	17,14 C	79,19 B	3,78 BC	20,91 B
	Plantio direto / LΔμ pt	0 - ~ 3	19,01 B	88,00 A	16,75 A	35,99 A
	Mata Nativa / Lμ pt	~ 5 - ~ 16	22,48 A	87,98 A	4,87 B	39,06 A
2	Cana-de-açúcar / LΔμ gt	~ 5 - ~ 30	16,64 BC	78,07 B	1,83 B	19,39 A
	Cana-de-açúcar / FΔμ	~ 10 - ~ 35	15,27 C	75,39 B	1,62 B	19,68 A
	Plantio direto / FΔμ	~ 3 - ~ 30	17,22 AB	83,86 A	9,48 A	22,68 A
	Mata Nativa / FΔμ/μ	~ 16 - ~ 45	18,49 A	83,31 A	1,43 B	22,01 A
3	Cana-de-açúcar / FμΔ	~ 35 - ~ 75	12,50 C	72,82 A	1,51 A	9,03 A
	Plantio Direto / FμΔ	~ 30 - ~ 70	13,47 B	75,67 A	1,56A	8,68 A
	Mata Nativa / FμΔ	~ 45 - ~ 75	14,60 A	76,42 A	1,20 A	10,61 A
4	Cana-de-açúcar / Cμ	> ~ 75	11,23 B	74,59 A	1,95 A	6,80 A
	Plantio Direto / Cμ	> ~ 75	12,18 A	70,54 A	2,28 A	7,21 A
	Mata Nativa / Cμ	> ~ 75	12,40 A	68,61 A	2,08 A	6,03 A

Médias seguidas de mesmas letras na coluna e dentro dos grupos de UMHs não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 1.

5. CONCLUSÕES

As principais modificações nos tratamentos com cana-de-açúcar sob sistema tradicional de manejo (produção contínua) e plantio direto restringiram-se aos primeiros 40 cm dos perfis, tendo sido possível a identificação de quatro tipos distintos de poros: intra-agregados, interagregados, fissural e canais. Nos solos que sofreram manejo, os poros intra-agregados e os canais praticamente desapareceram nos primeiros 40 cm dos perfis estudados, enquanto que sob mata nativa, aqueles foram observados desde os primeiros centímetros até o a parte basal do perfil pedológico.

A compactação do solo sob manejo também restringiu-se aos primeiros 40 cm dos perfis, e mesmo com valores elevados de densidade global, as raízes demonstraram encontrar espaços para atravessarem as camadas mais compactas e explorarem regiões localizadas abaixo destas.

A porosidade total no tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo, assim como o trigo no sistema plantio direto, mostrou redução de aproximadamente 20% para os primeiros 40 cm, por comparação à condição de mata nativa.

A prática de manejo denominada tríplice operação não demonstrou melhorar o enraizamento e a redução da compactação, pois os agregados que formam esta unidade morfollogicamente homogênea (UMH) mostraram o mesmo nível de compactação que a UMH encontrada na mesma profundidade, constituindo, assim, um custo a mais nas operações de manejo da cana-de-açúcar.

A atividade biológica desempenhou importante papel na formação de canais e no transporte de materiais dentro dos perfis estudados, sendo isso mais evidente em solo sob mata nativa, seguido do tratamento com trigo no sistema plantio direto, e sendo muito reduzida e restrita às linhas da cultura de cana-de-açúcar no sistema tradicional, ocasionando uma grande variabilidade das UMH à mesma profundidade, principalmente de 10 a 40 cm.

O plantio direto melhorou os teores de fósforo e potássio do solo em relação ao da mata nativa apenas nos primeiros 10 cm dos perfis estudados, enquanto que o tratamento com cana-de-açúcar no sistema tradicional de manejo determinou grandes variações nos teores de nutrientes, principalmente para o fósforo e potássio nas unidades estruturais encontradas de 0 a

40 cm, o que ocasionou o empobrecimento do solo na entrelinha da cultura de cana-de-açúcar.

Os teores de magnésio, pH e hidrogênio + alumínio indicaram a necessidade da aplicação de calcário em superfície para o cultivo de cana-de-açúcar, principalmente após cinco anos consecutivos de cultivos, e não somente na renovação da cultura, tendo como objetivo a melhora da CTC e dos teores de magnésio, e conseqüentemente, da saturação por bases.

A metodologia do perfil de manejo revelou-se muito útil na percepção das principais alterações encontradas nos tratamentos estudados, comprovando-se tratar-se de uma técnica que deve ser mais difundida em pesquisas que normalmente demandam observações pontuais, ou localizadas, como aquelas ligadas à engenharia de água e solo, bem como em fertilidade do solo, notadamente no direcionamento das amostragens. Amostras colhidas tão unicamente a partir de descrições morfológicas tradicionais (por horizontes) não teriam possibilitado a detecção das modificações decorrentes do manejo praticados no solo em estudo.

A hipótese do trabalho foi comprovada pela identificação das modificações dentro do perfil que com certeza não seriam obtidas com método convencional de descrição morfológica do solo.

Além das conclusões relacionadas aos objetivos outras considerações podem ser feitas visando um manejo mais adequado do solo: a) excluir a gradagem no momento que é realizada a tríplice operação visando a manutenção da estrutura superficial; b) realizar a subsolagem (realizada na tríplice operação), mais próximo do sistema radicular, aumentando assim a umidade o que pode provocar o crescimento radicular e maior exploração do solo; c) descrever a morfologia do solo através da metodologia do perfil de manejo somente nos primeiros 50 cm de profundidade onde ocorrem as principais modificações, tornando a metodologia mais prática e poupando assim trabalho desnecessário.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, J.L.; ALLEONI, L.R.F.; DONZELLI, J.L. Avaliação agronômica e econômica de sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 89-98, 1997.

BAVER, L. D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil Physics**. New York: John Wiley. 1972. 498 p.

BACHELIER, G. **La faune des sols, son écologie et son action**. Paris: ORSTOM, IDT 38, 1978. 391 p.

BALL-COELHO, B.; SAMPAIO, E.V.S.B.; TIESSEN, H., STEWART, J.W.B. . Root dynamic in plant ratoon crops of sugar cane. **Plant and Soil**, v. 142, p. 297-305, 1992.

BELINASSO, I.F.; MORAES, E.E.; DONZELLI, J.L.; SILVA, P.C.; STRINI JÚNIOR, A.E. Compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 6., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba. São Paulo: Copersucar, 1994. p. 57-66.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 335 p.

BLAIR, G.J.; CHAPMAN, L.; WHITBREAD, A.M.; BALL-COELHO, B.; LARSEN, P.; TIESSEN, H. Soil carbon changes resulting from trash management at two locations in Queensland, Australia and in North-east Brazil. **Aust. J. Soil Res.** v. 36, p. 873-882, 1998.

BLAIR, N. Impact of cultivation and sugar-cane green trash management on carbon fractions and aggregate stability for a chromic luvisol in Queensland, Australia. **Soil & Tillage Research**, v. 55, p. 183-191, 2000.

BRADY, N.C. **Nature and properties of soil**. 8ed. New York: McMillan. 1974. 639 p.

CAMARGO, O.A. Compactação do solo e desenvolvimento das plantas. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 44 p.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejos. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantios, rotação de culturas e métodos de preparo das amostras. **Rev. Bra. Ci. Solo**, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I.; FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 3, n. 9, p. 267-270, 1985.

CERRI, C.C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers ORSTOM, sér. Pédologie**, v. 26, p. 37-50, 1991.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 17, p. 471-477, 1993.

DERSIGNY, C.; GUIMARÃES, M.F.; VISINTIN, L.M.B. Observações do estado estrutural e da repetição espacial do sistema radicular de milho cultivado num latossolo roxo. In: Encontro Nacional de Conservação do Solo e da Água, 8., 1990, Londrina. **Anais...** Londrina, 1990. P.425 – 432.

DIAS JUNIOR, M.S.; ESTANISLAU, W.T. Grau de compactação e de retenção de água de Latossolos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p. 45-51, 1999.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno Álico. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 13, p. 259-267, 1989.

EMBRAPA - IAPAR. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA e FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Curitiba, 1984. 791p. (Boletim técnico, 57).

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Manual de métodos de análise de solos**, 2. ed. rev. atual., Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 1999, 412 p.

FERNANDES, J. **A subsolagem no controle da compactação do solo na cana-soca (*Saccharum spp*) cariedade CB 41-76 e seus efeitos no rendimento agrícola e no sistema radicular**. 1979. 158 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de São Paulo / ESALQ, Piracicaba.

FOLONI, L.L. Impacto Ambiental do uso de herbicidas. In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 22., Foz do Iguaçu, 2000. **Anais...** Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2000, p. 49-91.

FREGONEZI, G.A.F.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C; BROSSARD, M. Alterações do espaço poroso de um Latossolo argiloso sob pastagens. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM: SOIL FUNCTIONING UNDER PASTURES IN INTERTROPICAL AREAS, 2000, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Cerrados - Soil Pasture Project, 2000.

FREGONEZI, G.A.F.; BROSSARD, M.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C. Modificações morfológicas e físicas de um latossolo roxo argiloso sob pastagens. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Viçosa, v. 25, p. 1017-1027, 2001.

FREITAS, G.R. Preparo do solo. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar - cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 271-283.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. Metodologia de pesquisa em manejo do solo: estrutura e porosidade do solo. In: **Reunião sobre metodologia de pesquisa em manejo do solo**. RPOCISUR/EMBRAPA/CIMMYT. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, 1990.

GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. **Bol. Tec. I.A.C.**, Campinas, 19, p. 319-328, 1960.

HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in agronomy**, New York, v. 38, p. 95-152, 1985.

HÉNIN, S.; FEODOROFF, A.; GRAS, R.; MONNIER, G. **Le Profil Cultural: Principes de Physique du Sol**. Paris, Masson,. 1960. 320 p.

HÉNIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. **Le Profil Cultural: L'État Physique du Sol et ses Consequenses Agronomiques**. 2ed. Paris, Masson. 1969. 322 p.

HOLE, F. D. Effects of animals on soil. **Geoderma**, v. 25, 1981. p. 75-112.

HUMBEL, F.X. **L'espece poral des sols ferrallitiques du Cameroun: caracteristiques et comportement en relation avec les régimes hydriques et bioclimats.** Paris, 1976, 306 p. (Travaux et documents de l'ORSTOM 54).

JORGE, J.A.; LIBARDI, P.L.; FOLONI, L.L.; ALMEIDA, J.O.C.; REICHARDT, K.; GAMERO, C.A. Influência da subsolagem e gradagem do solo na sua condutividade hidráulica. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 8, p. 1- 6, 1984.

KERTZMAN, F.F. **Modification de la structure et des proprietes physiques des couches superficielles d'un Latossolo Roxo (Guaíra, São Paulo, Brasil) soumis a une irrigation par aspersion.** 1989. 48 p. Universidade de Paris, Paris

KERTZMAN, F.F. **Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocadas pela compactação.** 1996. 153 p. Tese (doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

KIEHL, E.J. **Manual de Edafologia: Relações Solo - Planta.** São Paulo: Ceres, 1979.

KOCHHANN, R.A. O solo e o sistema de manejo conservacionista. In: FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHHANN, R.A.; SELLES, F.; ZENTNER, R.P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.** Passo Fundo, EMBRAPA- CNPT, 1991. p. 43-52. (Documento, 1).

KIRKHAM, M.B. Soil-oxygen and plant-root interaction: na electrical analog study. In: DIEST, A. V. **Plant and Soil: Interfaces and Interaction.** Wageningen, Martinus Nijhooff Publishers. p.11-19. 1987.

LAL, R. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. **Agric., Ecos. Environment**, v. 24, p. 101-116, 1988.

LAVELLE, P. The soil system in the humid tropics. **Biol. Int.** v. 9, p. 2-17, 1984.

LEE, K.E. **Soil animals and pedological processes.** In: Soil an Australian Viewpoint. Melbourne: CSIRO (Academic Press, London), 1983. p. 629-644.

LEE, K.E.; LADD, J.N. Some recent advances in soil biology and biochemistry. Proc. National Soils Conference, **Aust. Soc. Soil Sci.**, Brisbane, p. 83-103, 1984.

LEE, K.E.; FOSTER, R.C. Soil Fauna and Soil Structure. **Aust. J. Res.** v. 29, p. 745-775, 1991.

LOPES, A.S.; GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de Análise de Solo – Conceitos e Aplicações.** São Paulo: Comitê de Pesquisa/ Técnico/ ANDA (Associação Nacional para Difusão de Adubos), 3º edição.1989, 64 p.

MATHIEU, C.; PIELTAIN, F. **Analyse Physique des Sols: Méthodes Choiesies.** Paris: Lavoisier Tec & Doc, 1998.

MANICHON, H. Observation morphologique de l'état structural et mise en évidence d'effets de compactage des horizons travaillés. In: Monnier, G., Goss, M.J. (Eds.), **Soil Compaction and Regeneration.** Rotterdam: Balkema, 1987. p. 39–52.

MANICHON, H. Le profil cultural: une perspective nouvelle pour l'analyse du travail du sol. In: RÉUNION DU GROUPE THÉMATIQUE: STRUCTURE ET FERTILITÉ DES SOLS TROPICAUX, 2., 1995, Montpellier. **Anais...** Montpellier: ORSTOM, 1995. p.7-14.

MEDINA, C.C. **Estudo da aplicação de gesso, calcário e vinhaça na produção e enraizamento de cana-de-açúcar (Saccharum spp).** 1993. 175 p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

MELFI, A.J. Characterization, identification and classification of tropical lateritic and saprolitic soils for geotechnical purposes. In: Peculiarities of geotechnical behavior of tropical lateritic and saprolitic soil-progress report (1982-1985). São Paulo: **Comitê on tropical Soils of the ISSMFE**. Theme 1, Topic 1.2, 1985. p.9-20.

MENGEL, K.; KIRBY, E.A. **Principles of plants nutrition** 4. ed. Bern, International Potash Institute, 1987, 687p.

MUZILLI, O. Manejo da fertilidade do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRÔNOMICO DO PARANÁ, Londrina, Paraná. **Plantio Direto no Paraná**. IAPAR: circular n.23. 1981. p. 43-57.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 7, p. 95-102, 1983.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargil, p.147-160. 1985.

NEVES, C.S.V.J.; FELLER, C.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; TAVARES FILHO, J.; FORTIER, M.. Soil bulk density and porosity of homogeneous morphological units by the Cropping Method in clayey Oxisols in Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 71, p. 109-119, 2003.

OADES, J.M. Mucilages at the root surface. **J. Soil Sci.**, London, v. 29, p. 1-16, 1978.

OADES, J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. In: Brussaard, L.; Kooistra, M.n J.(eds.), Proceedings of the International Workshop on Methods of Research on Soil Structure/ Soil Biota Interrelationships. **Geoderma**, v. 56, p. 377- 400, 1993.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição tamanho de agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistema de culturas. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 15, p.135-140, 1991.

PICCININ, J.L. **Modificações no perfil de solo sob plantio direto com intervenções mecânica sob sucessão e rotação de culturas**. 2005. 125 p. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo; a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 549p. 1981.

RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo**. Instituto Potassa & Fosfato / Instituto Internacional Potassa. P.95-100, 1981.

RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; TAVARES FILHO, J.; DERSIGNY, C.G.; VISINTIN, L.M.B. O método do perfil cultural para auxiliar na avaliação dos efeitos do preparo sobre as estruturas do solo. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 20., Londrina, 1991. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1991, p.1374-1380.

RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; SANTOS, A.O.; GONDIM, A.; BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Influência da queima no estoque de carbono de um latossolo sob cultivo de cana-de-açúcar. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (FATOR DE PRODUTIVIDADE COMPETITIVA COM SUSTENTABILIDADE), 28, 2001, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.249.

SÁ, J.C.M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1993. 96p.

SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, J.H.; CAVALCANTI, F.J.A. Dinâmica de nutrientes em cana de açúcar: III Conteúdo de nutrientes e distribuição do sistema radicular no solo. **Pes. Agr. Bra.**, v. 22, p. 425-431, 1987.

SANTOS, H.P.; ROMAN, E.S. Rotação de culturas. XIV. Efeito de culturas de inverno e de verão na disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica do solo, no período agrícola de 1980 a 1986. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 13, n. 3, p.303-310, 1989.

SANTOS, H.P.; SIQUEIRA, O.J.W. de. Plantio direto e rotação de culturas para cevada: efeitos sobre a fertilidade do solo. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 20, p. 163-169, 1996.

SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influencia do sistema de manejo de solo no seu nível de fertilidade. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 9, p. 249-254, 1985

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R.; MERMUT, A.R.; BENKE, M.B. Influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar em Latossolos Amarelos coesos do Estado de Alagoas: propriedades micromorfológicas. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Campinas, v. 22, p. 15-525, 1998.

SOARES, J.L.N.; ESPINDOLA, C.R. Atributos físicos de um argissolo sob mata nativa (Bariri, SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (FATOR DE PRODUTIVIDADE COMPETITIVA COM SUSTENTABILIDADE), 28, Londrina, 2001. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.18.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; BALBINO, L.C.; NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Rev. Bra. Ci. Solo**, Viçosa, v. 23, p. 393-399, 1999.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Stabilization of soil aggregates as by the root systems of ryegrass. **Aust. Soil Res.**, Victoria, v. 17, p. 429-441, 1979.

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guaíra-SP sob diferentes sistemas de cultivos.** 1991. 67 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de São Paulo / ESALQ, Piracicaba.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Plantas e seus resíduos conduzem o solo à qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (FATOR DE PRODUTIVIDADE COMPETITIVA COM SUSTENTABILIDADE), 28, Londrina, 2001. **Anais...** Londrina: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.266.

VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; TORRADO, P. V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto.** Campinas, Fundação Cargil, 1985, p. 147-160.

VOORHEES, W. B.; LINDSTROM, M. J. Long term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 48, p.152-156, 1984