

MAURÍCIO DE OLIVEIRA

**COMPORTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FÍSICAS
DE UM PODZÓLICO VERMELHO AMARELO SOB CONDIÇÕES DE PASTO
NATURAL E CULTIVO NA REGIÃO DE LAVRAS, MINAS GERAIS.**

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em "Solos e Nutrição de Plantas", para obtenção do grau de "Magister Scientiae".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

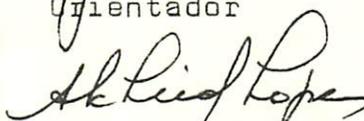
LAVRAS - MINAS GERAIS

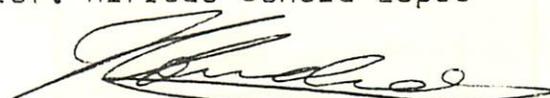
1979

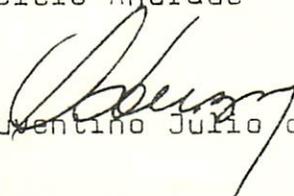
COMPORTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM
PODZÓLICO VERMELHO AMARELO SOB CONDIÇÕES DE PASTO NATURAL
E CULTIVO NA REGIÃO DE LAVRAS, MINAS GERAIS.

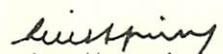
APROVADA:


Prof. Jeziel Cardoso Freire
Orientador


Prof. Alfredo Scheid Lopes


Prof. Hécio Andrade


Prof. Juventino Julio de Souza


Prof. Luiz Henrique de Aquino

Com gratidão aos meus pais, Tomaz e Maria do Carmo,
em homenagem aos meus irmãos,
a todos àqueles que fazem do solo o suporte de produção
de alimentos para a humanidade,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), por ter proporcionado os recursos econômicos para a realização do curso de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pela a colhida e oportunidade concedida para a realização do referido curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro, através da concessão de bolsa durante a realização do curso.

Ao professor Jeziel Cardoso Freire, pela excelente orientação, amizade e prestatividade.

Ao professor Nilton Curi, pela valiosa colaboração com a descrição morfológica dos perfis e classificação do solo estudado.

Aos colegas, Engenheiros Agrônomo Rubens de Oliveira Barbosa e Deoclécio Nazareno do Carmo, pela cooperação na fase inicial de coleta das amostras.

Ao professor Gilney de Souza Duarte, pela sugestão do modelo estatístico utilizado na presente pesquisa.

À acadêmica de matemática Maria José Dias pela valiosa colaboração no processamento e análise estatística dos dados.

A todos os professores dos Departamentos de Ciência do Solo, Biologia, Fitotecnia e Economia Rural que transmitiram seus conhecimentos no decorrer do curso.

A todos aqueles que direta e indiretamente, contribuíram para a concretização do meu curso de pós-graduação a nível de mestrado.

BIOGRAFIA DO AUTOR

MAURÍCIO DE OLIVEIRA, filho de Tomaz João de Oliveira e Maria do Carmo de Oliveira, nasceu em Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte, aos 4 de janeiro de 1952.

Todos os seus estudos de formação básica foram realizados em sua cidade de origem, concluindo os cursos de 1º e 2º graus, no Colégio Estadual de Mossoró, respectivamente nos anos de 1969 e 1972.

Em 1973, iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), graduando-se, nesta Unidade de Ensino Superior, em 1976.

No ano de 1977, foi admitido no Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, mantendo vínculo empregatício, posteriormente com a Escola Superior de Agricultura de Mossoró, entidade à qual permanece filiado como Auxiliar de Ensino.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Densidade do solo	04
2.2. Densidade de partículas	09
2.3. Porosidade total, macro e microporosidade.....	11
2.4. Estrutura e agregação do solo	14
2.5. Consistência do solo: limites de Atterberg.....	19
2.6. Textura do solo e gradiente textural.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1. O solo	24
3.2. Caracterização física dos perfis	26
3.2.1. Análise granulométrica	26
3.2.2. Argila dispersa em água	27
3.2.3. Índice de floculação (IF).....	27
3.2.4. Gradiente textural (GT)	28
3.3. Caracterização química dos perfis	28
3.3.1. Complexo sortivo	28

	Página
3.3.2. Ataque Sulfúrico	29
3.3.3. Sesquióxidos de ferro livre	29
3.3.4. Reação do solo	29
3.3.5. Conteúdo de matéria orgânica.....	29
3.4. Metodologia (Delineamento Experimental).....	30
3.5. Características e propriedades físicas do solo..	30
3.5.1. Densidade do solo (bulk density).....	33
3.5.2. Densidade de partículas	33
3.5.3. Porosidade total do solo (P_t).....	33
3.5.4. Macro e microporosidade do solo.....	34
3.5.5. Análise de agregados do solo.....	34
3.5.6. Consistência do solo: limites de Atterberg	35
3.5.7. Textura do solo e Gradiente textural.....	36
3.5.8. Argila dispersa em água e Índice de flocu- lação	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1. Densidade do solo e de partículas.....	37
4.2. Porosidade total, macro e microporosidade.....	42
4.3. Análise de agregados do solo.....	47
4.3.1. Macroagregados do solo	48
4.3.2. Microagregados do solo	52
4.3.3. Efeito do pré-tratamento das amostras....	55
4.4. Consistência do solo: limites de Atterberg.....	59
4.5. Textura do solo e gradiente textural.....	64
4.6. Argila dispersa em água e índice de floculação..	66
5. CONCLUSÕES	69

Página

6. RESUMD	71
7. SUMMARY	73
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
APÊNDICES	89

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp) de amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado, na região de Lavras, Minas Gerais. (Média de três repetições).....	38
2 Distribuição percentual da porosidade em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado, na Região de Lavras, Minas Gerais (média de três repetições).....	43
3 Distribuição percentual dos macroagregados, sem pré-tratamento, em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo, sob condições de pasto natural e cultivado na região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições).	50
4 Distribuição percentual dos microagregados do solo em função do diâmetro, sem o pré-tratamento em amostras de material de solo nos perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado na Região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições).....	53

- 5 Limites de Atterberg - limite de liquidez (LL), li-
mite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade
(IP) em amostras de material de solo, em perfis de
Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto
natural e cultivado, na Região de Lavras, Minas Ge-
rais (Média de três repetições)..... 60
- 6 Correlações entre limites de Atterberg e os teores
de argila total, sesquióxidos de ferro livre e ma-
téria orgânica em amostras de material de solo em
perfis de Podzólico Vermelho Amarelo na região de
Lavras, Minas Gerais..... 64
- 7 Gradiente textural do solo em amostras de material
de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob
condições de pasto natural (NC) e cultivado (CV) na
região de Lavras, Minas Gerais..... 66
- 8 Conteúdo de argila dispersa em água (AD) e índice
de floculação (IF) em amostras de material de so-
lo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob
condições de pasto natural e cultivado na Região
de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições) 67

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Situação geográfica do Município de Lavras, Minas Gerais	25
2	Bloco-diagrama representativo da catena dos perfis estudados sob pasto natural (perfis NC).....	31
3	Bloco-diagrama representativo da catena dos perfis da área cultivada (perfis CV).....	32
4	Comportamento da densidade do solo e de partículas em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado, na região de Lavras, Minas Gerais.....	39
5	Distribuição percentual da porosidade em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado na região de Lavras, Minas Gerais.....	45
6	Conteúdo de argila total, matéria orgânica e sequi-óxidos de ferro livre em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condição de pasto natural e cultivado, na região de Lavras, Minas Gerais	48

Figura

Página

7 Efeito do pré-tratamento, em amostras de material de solo, na estabilidade de macro e microagregados em água, em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural, na região de Lavras, Minas Gerais..... 56

8 Efeito do pré-tratamento, em amostras de material do solo, na estabilidade de macro e microagregados em água em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de cultivo, na região de Lavras, Minas Gerais 57

1. INTRODUÇÃO

Os solos apresentam no perfil características e propriedades capazes de diferenciar unidades taxonômicas. A intensidade quanto ao tipo, classe e/ou grau das características e propriedades ocorre em valores distintos entre as unidades dos solos. A degradação das características e propriedades dos solos, pelas práticas de cultivo, será portanto, variável em função da gênese de cada unidade de solo. Como práticas de cultivo, entendem-se as diferentes manipulações mecânicas, com a finalidade de permitir condições ótimas para o desenvolvimento das culturas.

As características e propriedades físicas são alteradas pelo cultivo, com o preparo contínuo do solo, segundo BAEUMER e BAKERMANS (6), atingindo estágios irreversíveis, afetando sensivelmente a sua capacidade produtiva. O solo em estudo Podzólico Vermelho Amarelo, cultivado na Região de Lavras, já apresenta geneticamente o horizonte B textural, capaz de dificultar o desenvolvimento do sistema radicular e restringir o movimento da água e ar. Essa situação tende a se agravar com o cultivo realizado fora de condições que possam preservar as características e propriedades físicas, contribuindo assim para um maior deflú-

vio.

A produtividade das culturas, segundo HÉNIN et alii (44), está intimamente relacionada com as condições oferecidas pelas propriedades e características físicas, químicas e mineralógicas do solo que serve como suporte para as mesmas. Estes pesquisadores afirmam que o conhecimento dessas propriedades se faz necessário quando se deseja um aproveitamento mais racional do seu potencial produtivo. O sentido de conhecer as características e propriedades físicas do solo, deve incluir também aspectos de correção destas, quando o uso contínuo imprimiu ao solo, condições que afetam a sua produtividade.

As práticas de cultivo de solos na Região de Lavras, Minas Gerais, são consideradas tradicionais, seguindo-se uma herança paternalista, na sua grande maioria, sem adoção de técnicas agronômicas adequadas. Para adequação destas técnicas, mister se faz um conhecimento detalhado acerca do solo que se pretende utilizar, visto que a forma pela qual estas práticas são desenvolvidas, provocam uma diminuição do potencial produtivo do solo, devido a degradação de características e propriedades físicas. As alterações associadas às condições pluviométricas da região favorecem à aceleração do processo erosivo do solo.

Com a presente pesquisa, objetiva-se verificar o comportamento de algumas características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho Amarelo da Região de Lavras, sob condições de pasto natural e cultivo, bem como fazer um estudo de correlação destas, para uma melhor caracterização da área em questão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Inúmeras pesquisas tem sido desenvolvidas visando observar o comportamento de características e propriedades físicas do solo frente ao cultivo intenso e suas relações com a produção agrícola. Uma produtividade economicamente satisfatória está intimamente relacionada com interações entre características e propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo, bem como as implicações de fatores ambientais. A atuação conjunta desses fatores, associada com as variedades cultivadas implicarão no balanço final da produção agrícola e sua rentabilidade.

Entende-se por características os atributos intrínsecos ao solo que servem para defini-lo, independente do meio ambiente. E, propriedades físicas, o conjunto de interações deste solo, responsável pelo transporte de ar, calor, água e solutos através do mesmo. Segundo BAVER et alii (8), trabalhos pioneiros de Nichols, em 1929, enfatizaram o aspecto dinâmico das propriedades físicas do solo frente às operações de passagem de máquinas e implementos agrícolas relacionados com o cultivo. HÉNIN et alii (44) atentam para o fato de que o preparo do solo para o cultivo, implica necessariamente nessa passagem de máquinas sobre a sua su

perfície, o que acarreta, na grande maioria dos casos, prejuízos à estrutura do solo, afetando seriamente o desenvolvimento e produtividade das culturas. Este fato está ligado intimamente com o tipo de solo e o implemento agrícola empregado. MACHADO (53) constatou evidências de que dependendo do sistema de cultivo empregado, o solo sofre degradação tanto nas propriedades físicas quanto no aspecto de sua fertilidade natural. Há no entanto, um consenso geral de que o uso mal planejado do solo sempre conduzirá a perdas, muitas vezes irreversíveis, no seu potencial de produção, e estas serão tanto mais drásticas quanto maiores forem as alterações sofridas pelas propriedades físicas e químicas do solo

Na presente revisão procurou-se fazer uma listagem dessas evidências constatadas em algumas características e propriedades físicas do solo, bem como relacioná-las com a produção agrícola.

2.1. Densidade do solo

A massa específica aparente, densidade aparente, densidade de volume, densidade global (bulk density), peso específico aparente do solo ou simplesmente densidade do solo, é definida pela relação entre a massa de um solo e o seu volume total. A densidade do solo, é portanto, como defende BUCKMAN e BRADY (14), o modo de se exprimir o peso do solo. É uma medida de massa que leva em conta o volume total de uma amostra de solo. Assim sendo, solos soltos e porosos tenderão a possuir menor den-

sidade, enquanto aqueles mais compactados possuirão uma relação massa/volume maior. [A densidade do solo pode, portanto, servir como indicador do seu estado de compactação.]

A determinação da massa específica aparente do solo é feita experimentalmente, em função de uma massa de solo coletada e o seu volume, considerando-se a inalteração da estrutura da amostra. Pode-se observar, pelo exposto, que esta é uma propriedade bastante instável, o que levará a mesma a constantes alterações dependendo de fatores diversos do solo, dentre os quais, BAEUMER e BAKERMANS (6) destacam: grau de compactação, conteúdo de matéria orgânica do solo, bem como o sistema de cultivo empregado. ADAMS (1) observou o efeito da matéria orgânica na densidade do solo, encontrando uma correlação negativa entre o teor de matéria orgânica do solo e a densidade do solo e de partículas do mesmo. TANCHANDRPHONGS e DAVIDSON (75) assim como os pesquisadores PHILLIPS e KIRKHAN (64) verificaram reduções na produção de grãos de milho, quando houve aumento no nível de compactação do solo, evidenciado pelo acréscimo nos valores de densidade do solo de $1,05 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$. Essa compactação foi responsável pela queda de produção de grãos, mesmo quando se fez o suprimento de nutrientes ao solo, pela adubação. GANTZER e BLAKE (32) observaram uma variação média na densidade do solo de $1,08 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,28 \text{ g.cm}^{-3}$ quando comparavam áreas cultivadas e não cultivadas, respectivamente. Segundo estes pesquisadores houve uma redução na porosidade de aeração e conseqüente acréscimo na microporosidade. GOMES et alii (37), estudando um Podzólico Vermelho Amarelo cultivado há 14 anos consecutivos, observaram dife-

renças significativas para os valores de densidade do solo determinada nos diversos sistemas de cultivo estudados, quando esta foi avaliada à profundidade de 0 - 10 cm. Houve, segundo os autores, uma tendência no aumento da densidade do solo, e uma evidência de maior percentagem de agregados estáveis em água com preendidos entre 2 e 1 mm de diâmetro. Estes autores observaram ainda que a "água disponível" em função da densidade aumentou, quando houve acréscimo na densidade do solo. MACHADO e BRUM (54) encontraram resultados semelhantes aos obtidos por PHILLIPS e KIRKCRAN (64), GOMES et alii (37) e THANCHANDRPHONGS e DAVIDSON (75), trabalhando com um Latossolo Roxo Distrófico, textura argilosa da região de Missões, Rio Grande do Sul. As alterações nas características e propriedades estudadas se verificaram a profundidade média de 0 - 15 cm, concordando com as afirmativas de OLIVEIRA et alii (63).

Apesar do aspecto dinâmico da densidade do solo, esta pode ser avaliada experimentalmente, com precisão relativamente boa. Isto levou ARCHER e SMITH (5) a afirmarem que, dependendo da textura de um solo, pode-se ter valores de densidade do solo diferentes, para o desenvolvimento normal das plantas. Os valores considerados pelos referidos autores são relacionados a seguir: para solos de textura barrenta (média), $1,75 \text{ g.cm}^{-3}$; solos franco arenosos, $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$; solos de textura franco silteosa, $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$ e para os solos franco argilosos, $1,20 \text{ g.cm}^{-3}$. MALLICK e NAGARAJARAO (55) observaram o comportamento da densidade do solo em um solo submetido a um sistema rotacional de culturas de milho e trigo. Estes pesquisadores, trabalhando com

solos da Índia, de textura franco arenosa, verificaram que a densidade do solo sofreu modificações acentuadas com o preparo do solo para o cultivo. Segundo os autores, a densidade do solo na camada superficial era inicialmente de $1,50 \text{ g.cm}^{-3}$, sofrendo uma redução para $1,20 \text{ g.cm}^{-3}$, logo após a aração do solo e uma tendência em aumentar com o decorrer do ciclo da cultura do milho aí instalada, passando para $1,51 \text{ g.cm}^{-3}$ no período de floração, $1,54 \text{ g.cm}^{-3}$ quando foi determinada na fase de colheita do milho. Estes autores verificaram ainda o comportamento de outras características e propriedades físicas do solo interrelacionadas com modificação no nível de compactação do solo, tais como: condutividade hidráulica, características de retenção de água, agregação do solo e as implicações destas na produção final da referida cultura. A condutividade hidráulica, segundo os autores, sofreu redução de $0,35 \text{ cm.min}^{-1}$ para $0,27 \text{ cm.min}^{-1}$ quando a densidade do solo aumentou de $1,57 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,59 \text{ g.cm}^{-3}$. Para esta variação na densidade do solo, houve uma tendência no acréscimo em 22,5% na produção de agregados estáveis em água de diâmetro superior a 0,25 mm. Houve ainda, obedecendo às variações de densidade do solo, uma diminuição em 16,5% na percentagem de água disponível do solo, expressa em volume. Segundo os autores, a produção de raízes pela cultura do milho foi reduzida até à profundidade de 15 cm. SUBBARAMI e DAKSHINAMURTI (74) verificaram efeitos diferentes em diversos sistemas de preparo do solo para a produção de milho. Segundo esses autores, houve prejuízo no desenvolvimento do sistema radicular das plantas quando verificou-se um acréscimo no nível de compactação eviden

ciado pelo aumento da densidade do solo em torno de 22%. Esse prejuízo pode ser maior ou menor, dependendo do tipo de solo, visto que GROHMANN e QUEIROZ NETO (39) verificaram que a faixa de compactação prejudicial ao desenvolvimento e proliferação do sistema radicular de plantas de arroz é mais ampla em um Latossolo Roxo, próximo de $1,42 \text{ g.cm}^{-3}$ do que em um Podzólico Vermelho Amarelo em torno de $1,38 \text{ g.cm}^{-3}$.

Há evidências, no entanto, que quando a densidade do solo eleva-se acima de 20% do seu valor original, haverá restrições no desenvolvimento e proliferação do sistema radicular das plantas cultivadas neste solo e, conseqüentemente, haverá perdas na produtividade das mesmas. TROUSE e HUMBERT (79) observaram que à partir de $1,57 \text{ g.cm}^{-3}$ na densidade do solo, houve restrições no desenvolvimento do sistema radicular de plantas de cana-de-açúcar, em diferentes grupos genéticos de solos.

Charreau e Nicou, citados por SANCHEZ (69), observaram que tanto a produção de raízes quanto a de grãos de sorgo foram reduzidos em um Alfissolo do Senegal, quando a densidade do solo sofreu um acréscimo de $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,60 \text{ g.cm}^{-3}$. As produções estudadas pelos autores foram reduzidas até 60% em função da citada variação de densidade. Resultados semelhantes foram obtidos por PHILLIPS e KIRKMAN (64) para o comportamento de plantas de milho. Esses pesquisadores afirmaram que o aumento de $1,10 \text{ g.cm}^{-3}$ para $1,30 \text{ g.cm}^{-3}$ reduziu o teor de oxigênio disponível para as plantas em 21%, o que acarretou prejuízos no desenvolvimento do sistema radicular das referidas plantas. Gill e Miller citados por CARVALHO (19) observaram que o desenvolvimento

das raízes de milho foi sensivelmente reduzido quando ocorreu um acréscimo no nível de compactação do solo, da ordem de 22% na densidade do solo. Isso acarretou reduções em 35% na sua porosidade de aeração, diminuindo assim o teor de oxigênio disponível para exploração pelo sistema radicular das plantas. ARCHER e SMITH (5) relacionaram a densidade do solo com a "água disponível" e capacidade de aeração de diferentes tipos de solos. Esses autores verificaram um aumento no teor de umidade retido à fração sólida numa tensão de 50 mb (0,05 atm) seguido de um acréscimo no potencial de retenção de água pelo solo. Observando o comportamento da distribuição da porosidade do solo, os autores citados verificaram um decréscimo na porosidade de aeração do solo bem como na sua porosidade total. Solos de textura mais arenosa, segundo ARCHER e SMITH (5), tendem a possuir maiores valores de densidade do solo, maior porosidade de aeração e uma menor capacidade de retenção de umidade.

2.2. Densidade de partículas

A densidade de partículas, ou densidade real como prefere chamar HILLEL (43), é definida pela relação entre uma massa de sólidos e o seu volume, e, segundo este pesquisador, nos solos minerais ela varia numa faixa estreita de $2,6 \text{ g.cm}^{-3}$ a $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$. Segundo BUCKMAN e BRADY (14) esta variação está associada à composição mineralógica da fração sólida do solo, constituída basicamente de quartzo, feldspatos e silicatos coloidais, com valores de densidade compreendidos nessa faixa. Em certos ca

so a densidade de partículas pode ultrapassar o valor limite $2,7 \text{ g.cm}^{-3}$ principalmente quando o solo é rico em materiais pesados tais como turmalina, hornblenda, zirconita, granada, epidoto e magnetita. Em outros casos, pode acontecer de solos ricos em matéria orgânica, apresentarem valores de densidade de partículas de até $2,4 \text{ g.cm}^{-3}$. CAPUTO (17), por outro lado, afirma que a variação da densidade de partículas, dependendo da sua constituição mineralógica é de aproximadamente $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ a $2,85 \text{ g.cm}^{-3}$. REICHARDT (66) concorda com estas variações da densidade de partículas associadas à constituição mineralógica e conteúdo de matéria orgânica, afirmando, por outro lado que ela é uma característica bastante estável, não sofrendo quaisquer modificações com alterações no arranjo estrutural advindas de manipulações mecânicas que se imprimam ao mesmo. CURI (22) observou valores médios de densidade de partículas inferiores aos citados por HILLEL (43), associando o fato ao conteúdo de matéria orgânica das amostras analisadas.

VOMOCIL (82) utilizou a densidade de partículas do solo para definir a sua porosidade total, havendo, segundo o autor um íntimo relacionamento desta com a densidade do solo. A relação densidade do solo/densidade de partículas, segundo o autor, define o volume total de sólidos do solo.

2.3. Porosidade total, macro e microporosidade

Dentre as propriedades físicas do solo sujeitas às alterações pelo cultivo, aquelas relacionadas com o espaço poroso, volume e distribuição, merecem especial atenção, visto que é neste espaço que se processam os principais fenômenos que regulam o crescimento e a produção vegetal. CAPUTO (17) define a porosidade de um solo, pela relação entre o volume de vazios e o volume total de uma amostra deste solo. Reduções no espaço poroso total do solo, segundo o mesmo autor, é indicativo de modificações na estrutura do mesmo. Essas modificações têm grande significado agrônômico, uma vez que reduções na porosidade total de um solo, é sempre acompanhado de acentuados retardamentos na movimentação de sais solúveis através do solo, atividade fundamentalmente importante na nutrição mineral das plantas, DICKERSON (27), EPSTEIN (30), LOWRY et alii (52), REICHARDT (65) REICHARDT (66), SCARDUA (70) e THOMPSON (77). Segundo BAVER et alii (8) uma porosidade de aeração (livre de água) inferior a 10%, é restritiva ao desenvolvimento e proliferação de raízes.

GROHMANN (40), citando Leamer, afirma que este autor dividiu a porosidade total do solo em: porosidade não capilar (macroporosidade) e porosidade capilar (microporosidade), classificando-a ainda segundo a capacidade dos solos reter água pela aplicação de uma determinada tensão. Trabalhos do autor citado levaram à conclusões do que: os poros drenados a uma tensão equivalente a 60 cm de água são classificados como não capilares (macroporos), e é através deles que se processa a aeração do solo.

lo. Os poros que retêm água acima dessa tensão foram classificados como poros capilares (microporos). O volume total de poros (porosidade total) é avaliado pela relação proposta por VOMOCIL (82) entre a densidade do solo e a densidade de partículas. A distribuição da porosidade do solo, segundo RESENDE (67), pode ser encarada também sob definições quanto ao número, tamanho, continuidade, orientação, forma e local. Movimentação de terra, de um modo geral, conforme CAPUTO (17) pode alterar completamente essa distribuição da porosidade do solo, bem como afetar o seu grau de compactação. A aplicação de compostos orgânicos e minerais ao solo pode afetar sensivelmente a distribuição da porosidade do solo, BOODT (11), EPSTEIN (30), MAYS et alii (57) e UHLAND (80). CARVALHO (19), observou sensíveis modificações quantitativas na distribuição da porosidade do solo, em uma Terra Roxa Estruturada do Município de Piracicaba, sob diferentes condições de uso. Segundo o autor houve redução na macroporosidade e porosidade total e, conseqüentemente, aumento na microporosidade. Houve uma redução de 15% na porosidade total do solo nos primeiros 15 cm de profundidade quando se comparavam áreas sob diferentes condições de manejo de solo. Estas variações na distribuição da porosidade do solo são indicativos de modificação no grau de compactação do mesmo. As evidências comprovam que modificações no espaço poroso de um solo acarretarão em perdas ou ganhos no que se refere ao condicionamento para o desenvolvimento das plantas, dependendo de como as alterações se processam. O espaço poroso de um solo está ocupado basicamente por água e ar, havendo um equilíbrio entre a porosidade de aeração e o teor de água do solo. Em função desta umidade, o solo possuirá uma par-

lo. Os poros que retém água acima dessa tensão foram classificados como poros capilares (microporos). O volume total de poros (porosidade total) é avaliado pela relação proposta por VOMOCIL (82) entre a densidade do solo e a densidade de partículas. A distribuição da porosidade do solo, segundo RESENDE (67), pode ser encarada também sob definições quanto ao número, tamanho, continuidade, orientação, forma e local. Movimentação de terra, de um modo geral, conforme CAPUTO (17) pode alterar completamente essa distribuição da porosidade do solo, bem como afetar o seu grau de compactação. A aplicação de compostos orgânicos e minerais ao solo pode afetar sensivelmente a distribuição da porosidade do solo, BOODT (11), EPSTEIN (30), MAYS et alii (57) e UHLAND (80). CARVALHO (19), observou sensíveis modificações quantitativas na distribuição da porosidade do solo, em uma Terra Roxa Estruturada do Município de Piracicaba, sob diferentes condições de uso. Segundo o autor houve redução na macroporosidade e porosidade total e, conseqüentemente, aumento na microporosidade. Houve uma redução de 15% na porosidade total do solo nos primeiros 15 cm de profundidade quando se comparavam áreas sob diferentes condições de manejo de solo. Estas variações na distribuição da porosidade do solo são indicativos de modificação no grau de compactação do mesmo. As evidências comprovam que modificações no espaço poroso de um solo acarretarão em perdas ou ganhos no que se refere ao condicionamento para o desenvolvimento das plantas, dependendo de como as alterações se processam. O espaço poroso de um solo está ocupado basicamente por água e ar, havendo um equilíbrio entre a porosidade de aeração e o teor de água do solo. Em função desta umidade, o solo possuirá uma par-

te de sua porosidade disponível para a aeração e parte da mesma ocupada pela água e/ou solutos do solo. DICKERSON (27) verificou redução na taxa de percolação de água em um solo que sofreu distúrbios na sua estrutura, avaliados pelo aumento na sua densidade aparente e redução na macroporosidade. Observou também redução na taxa de infiltração/deflúvio, aumentando assim os riscos de perdas por erosão. De maneira inversa, pode ocorrer quando se usam certas culturas, como cobertura do solo, associadas com um sistema de manejo racional. Essas práticas de manejo do solo podem aumentar a porosidade não capilar do mesmo melhorando a sua condutividade hidráulica.

Dentre outras características e propriedades físicas do solo estudadas por UHLAND (80) que sofreram modificações dependendo do manejo aplicado ao solo, a distribuição da porosidade do solo foi sensivelmente modificada quando se utilizava o mesmo com um sistema rotacional de kudzu e alfafa. Houve incremento na sua permeabilidade, evidenciada pelo aumento na taxa de infiltração, o que contribuiu para uma redução nos riscos de perdas de solo por erosão. MARCOS (56) verificou que um melhoramento no grau de agregação do solo contribuiu para aumentar a sua porosidade não capilar. DAVIES et alii (23), verificaram a ocorrência do efeito compactante a profundidade de 15 cm, resultante da passagem de máquinas e implementos sobre a superfície do solo. Estes autores atentam para o fato de que a batata-doce não conseguiu se desenvolver satisfatoriamente quando a porosidade do solo foi reduzida em 68%, apresentando raquitismo decorrente da redução na aeração do solo. Segundo LOW (50) a porosidade de um

solo de textura média foi alterada após 25 anos de cultivo, havendo uma redução nessa de aproximadamente 15 a 20%. SEUBERT et alii (71) verificaram que a porosidade do solo foi modificada quando se comparavam diferentes modos de preparo da área para o posterior cultivo em solos da floresta amazônica do Peru. CORSINI (20) observou uma redução de 6% na macroporosidade do solo com o cultivo intenso até a profundidade dos 0 - 31,5 cm.

MACHADO e BRUM (54) estudando diferentes sistemas de manejo e períodos de exploração do solo, verificaram diferenças significativas na sua porosidade total e na macroporosidade em um Latossolo Roxo distrófico até à profundidade de 15 cm. OLIVEIRA et alii (62) admitem que a camada superficial de solo, quando constantemente trabalhada, pode sofrer obstruções na sua macroporosidade e, conseqüentemente, uma diminuição na permeabilidade e prejuízos à aeração. Esses efeitos podem se verificar, segundo o citado pesquisador, a maiores profundidades (horizonte B) de forma indireta, como uma conseqüência da movimentação de coloides minerais e/ou orgânicos.

2.4. Estrutura e agregação do solo

A estrutura do solo e sua textura, segundo DUCHAUFOR (28) são definições que se completam. O aludido pesquisador defende a sua afirmativa pelo fato de ser a textura de um solo a representação da distribuição percentual dos separados do solo após a destruição completa da sua estrutura. O agrupamento destas partículas primárias, por meio de processos físicos, químicos e físi-

co-químicos, contituem as unidades chamadas de agregados, que em conjunto formam a estrutura do solo. A importância da estrutura do solo na produção agrícola é relatada por GROHMANN e QUEIROZ NETO (39) por ser a mesma uma das características responsáveis, indiretamente, pela absorção de nutrientes pelas plantas, bem como a movimentação de água e solutos dentro do perfil.

DENT et alii (25) estudaram o comportamento da estrutura do solo frente ao cultivo em diferentes grupos genéticos de solos provenientes de diversos materiais de origem. Estes pesquisadores avaliaram a estrutura do solo observando variações na sua densidade aparente associada com a relação matéria orgânica:argila, presente nestes solos. Verificou-se variações no grau de estruturação do solo, principalmente nos horizontes superficiais (A_p e A_1) e em alguns solos o efeito do cultivo se manifestou até a maiores profundidades (Horizonte B_2). LOW (50) encontrou semelhantes resultados, trabalhando com solos sob diferentes sistemas de manejo. Houve, segundo o autor, melhoria na estruturação do solo quando se utilizava pastagem como cobertura do solo comparando-se com as parcelas que estavam anualmente sendo aradas sem utilização de cobertura de qualquer espécie. As melhorias resultantes são defendidas pelo autor como consequência do aumento da população de minhocas nas parcelas sob pastagem, interagindo com o teor de matéria orgânica. Todos esses fatores favoreceram o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Os cereais cultivados na área sem cobertura tiveram suas produções afetadas seriamente. As produções de trigo foram reduzidas em 50% quando a densidade de solo passou de 1,08 para 1,47 g.cm⁻³.

e, conseqüentemente redução de 75% na porosidade total do solo.

A estrutura do solo, pode ainda, segundo GROHMANN (41), ser estudada, conforme o diâmetro médio dos agregados do solo estáveis em água. A estrutura é subdividida pelo autor em macroestrutura, quando os agregados possuem diâmetro médio superior a 1,00 mm e, microestrutura, quando os agregados têm diâmetro médio inferior a 1,00 mm. LOW e STWART (51) encontraram diferenças significativas quando observaram a microestrutura de um solo cultivado comparando-se a outro não cultivado, sob condições de mata natural. Estes pesquisadores salientam a importância da matéria orgânica e presença de fungos no desenvolvimento da microestrutura do solo pela sua participação no aumento das forças eletrostáticas responsáveis pelo aumento da estabilidade da estrutura. Segundo os referidos autores, as hifas dos fungos foram provavelmente responsáveis pelo aumento desta força eletrostática. DEXTER (26), concordam com as afirmativas de LOW e STWART (51) e enfatizam que o estudo detalhado da microestrutura do solo seja conduzido com o auxílio da microscopia.

A estrutura do solo, de acordo com GROHMANN (41), vai depender, evidentemente da intensidade com que as partículas primárias do mesmo se encontram agregadas. A estabilidade dos agregados do solo, pode portanto ser um dos parâmetros utilizados no estudo da estrutura de um solo. BRYAN (13) estudou a complexidade deste tipo de avaliação da estrutura do solo em alguns solos da Inglaterra e Canadá. Esse autor, numa breve revisão de literatura, cita 12 (doze) índices de agregação utilizados neste tipo de estudo. Ele verificou, todavia, que desses índices

listados, a medida da distribuição dos agregados estáveis em água em função do seu diâmetro médio, era o mais simples e o mais eficiente de todos utilizados até então para a avaliação do estado de estrutura do solo. A pouca representatividade dos índices listados pelo autor está associada ao fato de que nenhum deles representa a medida do tamanho e arranjo dos agregados do solo. O estudo da estabilidade dos agregados é, portanto, uma tentativa de se avaliar o comportamento da estrutura do solo quando se aplica determinado tratamento ao mesmo. RICHARDSON (68) estudando o efeito de uma intemperização artificial sobre a estabilidade da estrutura do solo, avaliada pela medida da dispersão do mesmo sob diferentes agentes químicos, verificou que a matéria orgânica tem um papel de destaque na manutenção da estabilidade dos agregados. O tipo de argila do solo, bem como a natureza dos cátions adsorvidos no seu complexo de troca, têm significado relativamente importante no que se refere à estabilidade dos agregados do solo. AHMED et alii (2) observaram que cátions divalentes (Ca e Mg) superam os cátions monovalentes (K e Na) em termos de produção de agregados estáveis em água. Segundo estes pesquisadores, as argilas sesquioxídicas e caulínicas têm menor grau de dispersão e, conseqüentemente, dão maior estabilidade aos agregados em função do teor de umidade dos mesmos.

O estado de agregação de um solo é função também do sistema de manejo aplicado ao mesmo. OLIVEIRA et alii (60) estudaram o comportamento dos agregados do solo frente ao tipo de vegetação que o cobria, e verificaram diferenças significativas

nesse parâmetro. Segundo os autores, houve uma superioridade na distribuição percentual dos agregados de diâmetro superior a 1,00 mm (macroagregados) nas parcelas onde havia sido implantada a cultura do eucalipto, seguindo-se nesta ordem, as parcelas com um pomar e a cultura do milho. KLUTE e JACOB (48) verificaram que aumentos no teor de matéria orgânica de um solo franco siltoso aumentou a estabilidade dos agregados de diâmetro compreendido entre 2,00 e 5,00 mm. UHLAND (80) observou que a cobertura do solo foi melhorada, bem como a sua porosidade e permeabilidade, quando se aplicou diferentes sistemas de manejo racionais ao mesmo. TANCHANDRPHONGS e DAVIDSON (75) observaram o efeito de diferentes práticas de manejo na estabilidade dos agregados em água, havendo segundo estes pesquisadores, um substancial aumento nos agregados de diâmetro compreendidos entre 0,20 e 2,00 mm, quando a superfície do solo era protegida com cobertura de restos culturais (stubble mulch). ANDERSON e KEMPER (3) verificaram que a cultura do milho alterou sensivelmente a agregação do solo, causando um desequilíbrio na distribuição da porosidade do solo. A estabilidade dos agregados do solo, segundo KEMPER (47) está relacionado com características e propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo. Em uma extensa revisão bibliográfica, HARRIS et alii (42) discutem a dinâmica da agregação do solo, comparando fatores ambientais e propriedades dos solos responsáveis pela formação e destruição dos agregados. São discutidos ainda aspectos químicos do solo relacionados com a estabilidade dos seus agregados, bem como o sistema de manejo, microorganismos, mesofauna, cultivo e clima como fatores contro

ladores da produção e destruição dos agregados do solo e, conforme CORSINI (21) quanto maior a instabilidade dos agregados do solo, maior a velocidade de infiltração de água no mesmo.

Há, contudo, um consenso geral entre os pesquisadores de que a avaliação da estabilidade dos agregados não é uma medida da estrutura, e sim uma tentativa de se quantificar as alterações dessa estrutura decorrente de distúrbios causados principalmente pelo cultivo ou quaisquer outras ações mecânicas induzidas ao solo.

2.5. Consistência do solo: limites de Atterberg

A consistência do solo é definida por BAVER et alii (8) como um termo designativo das manifestações de forças físicas de coesão e adesão atuando sobre uma massa de solo com diferentes teores de umidade. Essas ações mecânicas implicam que o conceito de consistência do solo inclui propriedades tais como; resistência à compressão, dureza, friabilidade, plasticidade e pegajosidade. FORSYTHE (31), concorda com essa conceituação, bem como atenta para o fato de que a mesma pode ser o indicativo e sua tendência à aderir a outros corpos tais como; máquinas de implementos agrícolas de um modo geral. Do estado de consistência de um solo dependerá portanto, as propriedades do mesmo relacionadas com a alteração na estrutura e outras propriedades físicas. CAPUTO (18) relaciona essas propriedades com diferentes teores de umidade. Segundo esse autor, quando a umidade do solo é muito elevada, ele apresenta-se como um fluido denso e diz-se

que o mesmo está no estado "líquido". Evaporando-se a água, o solo vai endurecendo até um certo teor de umidade (Limite de Liquidez-LL) onde perde a capacidade de fluir, porém pode ser moldado facilmente conservar a sua forma. Nesse teor de umidade o solo encontra-se no seu estado "plástico". Continuando a perda de umidade, o solo atinge um teor (Limite de Plasticidade-LP) no qual se desmancha ao ser trabalhado, sofrendo fraturas. Este é, segundo o autor, o estado "semi-sólido" do solo. Em função desses teores de umidade, nos referidos limites de consistência pode-se calcular o "Índice de Plasticidade" do solo que é dado pela diferença entre os limites de liquidez (LL) e plasticidade (LP). Segundo citação de TERZAGHI (76), CAPUTO (18) e BAVER et alii (8), estes limites de consistência foram propostos por Atterberg em 1911. O Índice de Plasticidade (IP), foi usado por Jenkins, para avaliar o estado de plasticidade do solo, conforme citação de CAPUTO (18). Para valores do IP compreendidos entre 1 e 7% os solos considerados fracamente plásticos, solos com um IP variando de 7 a 15% são considerados moderadamente plásticos, e quando os valores de IP ultrapassam a 15% os solos são considerados altamente plásticos. Há evidências de que o índice de plasticidade do solo é bastante variável, dependendo das suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Segundo CAMPBELL (16) o limite de plasticidade pode ser determinado facilmente através de um penetrômetro, associado ao teor de umidade do solo, apresentando excelente correlação com o método proposto por Casagrande em 1932, embora este se apresente com menor grau de precisão, mas por outro lado, é mais rápido e de fácil determi-

nação. TOWNER (78) observou a validade deste método proposto inicialmente por CAMPBELL (16) para os solos agrícolas. Constatou as afirmativas do autor com referência à rapidez e precisão, dentro de um mesmo sistema mineralógico de determinados grupos genéticos de solos, associado às suas propriedades físicas e químicas. CAMPBELL (15), verificou também que o limite de liquidez pode ser determinado utilizando-se um penetrômetro, com a mesma precisão da determinação do limite de plasticidade.

[Dependendo do teor de argila do solo, bem como do tipo de argila haverá diferentes reflexos no que se refere aos limites de liquidez e plasticidade do mesmo.] AHMED et alii (2) e EL SWAIFY et alii (29) e GILL e REAVES (34) observaram o comportamento dessa característica do solo em função do tipo de cátion adsorvido no complexo de troca e da mineralogia do mesmo, bem como a sua capacidade de troca de cátions. O consenso entre esses pesquisadores foi de que os cátions divalentes (Ca e Mg) quando comparados aos monovalentes (K e Na) atuam indiferentemente no comportamento dos limites de liquidez e plasticidade do solo, variando estes apenas com a mineralogia do solo. Solos caulíníticos e sesquioxídicos possuem menores limites de plasticidade quando comparados aos de famílias montmoriloníticas e alofânicas. O fenômeno, segundo os autores, está relacionado ao fato das argilas do tipo 2:1 necessitarem de um maior teor de umidade para atingir o estado de plasticidade do que as argilas 1:1 e misturas caulinita-óxidos de ferro. Dentro, porém, de um mesmo sistema mineralógico, segundo os referidos autores, quanto maior for o teor de argila, maior será o índice de plasticidade do solo. Conforme

afirmativas de GOMES e CABEDA (36) o conteúdo de matéria orgânica do solo também influi nos limites de consistência do mesmo. Esses componentes orgânicos do solo influenciam apenas o limite inferior de plasticidade, por isso afetam o índice de plasticidade.

2.6. Textura do solo e gradiente textural

O sistema solo apresenta-se composto basicamente por fases distintas em estados sólido, líquido e gasoso. A fração sólida apresenta-se constituída principalmente da matéria mineral, no caso específico dos solos minerais, nos quais, segundo MEDINA (58) a matéria orgânica nunca ultrapassa aos 5%, quando a matéria mineral representa em média, 50% do seu volume total. Estas frações, conjuntamente, formam o "esqueleto do solo" e podem ser separadas em função do seu diâmetro em areia, silte (ou limo) e argila.

A textura do solo é definida por HILLEL (43) e REICHARDT (66), como a distribuição percentual das partículas minerais do solo em função do seu diâmetro. Segundo esses autores, dentre as frações granulométricas do solo, a que determina de maneira mais decisiva o comportamento físico do solo é a fração argila, visto que esta apresenta a maior área superficial específica entre os componentes mineralógicos do solo, o que afeta sensivelmente os processos físicos do sistema solo. A fração argila é definida ainda pela unidade da fração sólida com diâmetro inferior a 0,002 mm. Quando se determina a textura de um solo, faz-se ape-

nas uma análise mecânica da distribuição dessas frações, sem contudo, considerar a sua atividade. Segundo RESENDE (67) a própria fração argila tem sido sub-dividida em classes de tamanhos diferentes e segundo o referido pesquisador, quanto menor a partícula, mais facilmente ocorrerá a sua translocação dentro do perfil. Dependendo, portanto do diâmetro da argila, ter-se-á uma maior movimentação desta em suspensão do horizonte A para o horizonte B.

A textura do solo, segundo MEDINA (58) é uma das características mais estáveis do solo, sendo considerada como elemento de grande importância na descrição, identificação e na classificação do solo.

A determinação da textura é feita através da análise mecânica ou granulométrica do solo, conforme BAVER et alii (8), BUCKMAN e BRADY (14), DUCHAUFOUR (28), GAVANDE (33) e HÉNIN et alii (44). Esta análise é, segundo REICHARDT (65), apenas uma avaliação da quantidade relativa das frações areia, silte e argila, não se considerando a forma, arranjo ou atividade destas frações.

A relação textural entre os horizontes de superfície (A) e de sub-superfície (B) é definida por BENEMA e CAMARGO (7) como sendo o "gradiente textural" que é medido pela proporção entre o conteúdo de argila do horizonte B, exceto o horizonte B₃, e o conteúdo de argila do horizonte A. Segundo os referidos autores, esta relação textural é tomada como índice na evidência de movimentação de argila dentro do perfil do solo. Quanto maior o gradiente textural, maior portanto seria a evidência de translocação de argila no perfil.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em material de perfis de solo do Município de Lavras, Sul do Estado de Minas Gerais ($21^{\circ}11'30''\text{LS}$ e $45^{\circ}00'10''\text{O.Gr.}$). Segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (12) a área aproximada do Município é de 651 km^2 , ficando a sede municipal a 801 metros de altitude. O clima da Região segundo ANDRADE (4) é do tipo Cwb (mesotérmico), conforme a Classificação de Koppen. A figura 1 mostra a situação geográfica do Município de Lavras, em relação ao Estado de Minas Gerais.

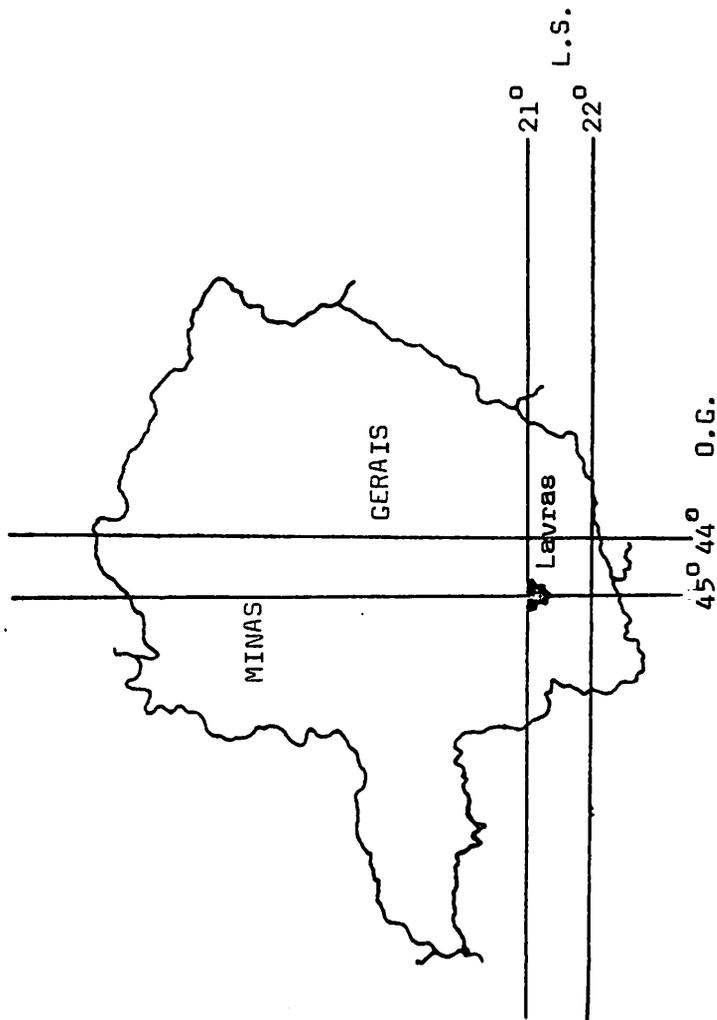
Procederam-se amostragens conforme metodologia específica para fins de classificação da unidade de solo estudada, visto que o Município não possui uma carta de solos.

3.1. O solo

A caracterização morfológica dos perfis estudados foi conduzida conforme metodologia proposta por LEMOS e SANTOS (49) e a descrição foi realizada por CURI*.

* CURI, N. Eng^o Agr^o, Professor Assistente de Pedologia do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL.

FIGURA 1. Situação geográfica do Município de Lavras, Minas Gerais.



M

Com base nas características e propriedades morfológicas, físicas, químicas e ambientais, os perfis estudados foram classificados pela legenda brasileira de solos, conforme os critérios, propostos por BENEMA e CAMARGO (7). A descrição morfológica dos perfis onde foram coletadas as amostras para esta pesquisa encontram-se no Apêndice I. Foram posteriormente coletadas amostras de material de solo nos 6 (seis) perfis para o estudo das características e propriedades físicas a serem comparadas na referida unidade, em três perfis para as condições de cultivo e em três perfis sob a condição de pasto natural.

3.2. Caracterização física dos perfis

Para caracterizar fisicamente os perfis estudados foram coletadas amostras de material de solo nos perfis, com estrutura formada em cada horizonte genético, procedendo-se a sua padronização para análise, com tamizamento a seco, em peneiras de diâmetro de malha de 2,00 mm, constituindo-se a TFSA (terra fina seca ao ar).

3.2.1. Análise granulométrica

A individualização das partículas do solo foi conduzida, segundo procedimento descrito por DAY (24), utilizando-se uma agitação mecânica lenta (8 horas) das amostras em garrafas de Stohman, acopladas em um agitador Wiegner; com aproximadamente 30 rpm.

A fração grosseira do solo (areia) foi subdividida em função do diâmetro das partículas, por peneiramento e classificadas de acordo com o sistema de classificação do USDA (United States De

partment of Agriculture), citado por BUCKMAN e BRADY (14). As frações mais finas (argila e silte) foram determinadas fundamentando-se na Lei de Stokes. Com o objetivo de se elevar o potencial eletrocinético das partículas mais finas utilizou-se o hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N como dispersante químico, conforme procedimento conhecido como "método da pipeta".

3.2.2. Argila dispersa em água X

O procedimento seguido na avaliação da argila dispersa em água, foi semelhante ao efetuado na análise granulométrica, excetuando-se a adição do agente dispersante (NaOH), procedendo-se apenas a diluição da amostra em água destilada numa proporção solo: água de 1:5, nas garrafas de Stohman.

3.2.3. Índice de floculação (IF) Y

A percentagem de argila floculada (índice de floculação), foi obtida pela fórmula:

$$IF (\%) = \frac{(T - N)}{T} \cdot 100$$

onde: T = percentagem de argila obtida na análise granulométrica, com o uso do dispersante químico.

N = percentagem de "argila natural", dispersa em água.

3.2.4. Gradiente textural (GT)

O gradiente textural foi obtido conforme proposição de BE NEMA e CAMARGO (7) pela relação entre a média de percentagem de argila total, obtida na análise granulométrica, do horizonte superficial (A) e o sub superficial (B), excetuando-se o transicional ou seja:

$$GT = \frac{\text{Média de argila total do horizonte B (exceto B}_3\text{)}}{\text{Média de argila total do horizonte A}}$$

3.3. Caracterização química dos perfis

A avaliação das características químicas dos perfis estudados foi feita segundo metodologia específica de cada determinação, conforme roteiros analíticos do "Instituto de Química "John H. Weelock" do Departamento de Ciência do Solo" da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

3.3.1. Complexo sortivo

O complexo dos cátions constituintes do solo foi determinado seguindo-se metodologia específica para cada cátion, conforme VETTORI (81).

3.3.2. Ataque sulfúrico

A determinação dos componentes "totais" de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 e P_2O_5 , foi feita seguindo-se a metodologia descrita por VETTORI (81) atacando-se as amostras com ácido sulfúrico $d=1,47$.

3.3.3. Sesquióxidos de ferro livre

A remoção e determinação percentual de Fe_2O_3 livre do solo foi feita segundo o método C.B.D. (Citrato-Bicarbonato-Ditionito) proposto por JACKSON (45) e a determinação colorimétrica com solução de Ortofenantrolina 0,25%.

3.3.4. Reação do solo

Para a avaliação da reação do solo, fez-se as determinações do pH em água e em solução de KCl N, na proporção solo: água, e solo: KCl de 1:2,5, respectivamente.

3.3.5. Conteúdo de matéria orgânica

O teor de matéria orgânica do solo foi avaliado indiretamente, através do teor de carbono orgânico das amostras, segundo o método de Tiurim, modificado por VETTORI (81).

Para conversão do carbono orgânico, determinado experimentalmente, em matéria orgânica, utilizou-se o fator 1,724.

3.4. Metodologia (Delineamento Experimental)

Foram estudadas duas catenas, constituindo-se cada uma de três perfis, conforme ilustram os bloco-diagramas das figuras 2 e 3, respectivamente. Cada catena estudada constituiu-se um tratamento, visto que uma se encontrava sob condições de cultivo e a outra, em condições de cobertura natural por pastagem de gramíneas ainda não explorada pelo homem com o cultivo. A área cultivada vem sendo explorada há cerca de 10 (dez) anos utilizando-se o sistema rotacional de milho e arroz nos padrões de agricultura tradicional da região. O preparo do solo e cultivo são feitos com cultivadores e arados de tração animal.

Os horizontes do perfil, num total de 7 (sete) para cada perfil, foram estudados nas suas características e propriedades físicas do solo passíveis de alteração pelo cultivo e as diferenças observadas foram avaliadas estatisticamente segundo o modelo de classificações hierárquicas descrito por MEMÓRIA (59). As correlações estabelecidas entre as características e propriedades avaliadas foram determinadas segundo metodologia descrita por GOMES (35).

3.5. Características e propriedades físicas do solo

As características e propriedades físicas do solo listadas a seguir, foram estudadas nos perfis sob condições de pasto e cultivados, e comparados estatisticamente conforme metodologia descrita.

FIGURA 2. Bloco-diagrama representativo da catena dos perfis estudados sob pasto natural (perfis NC).

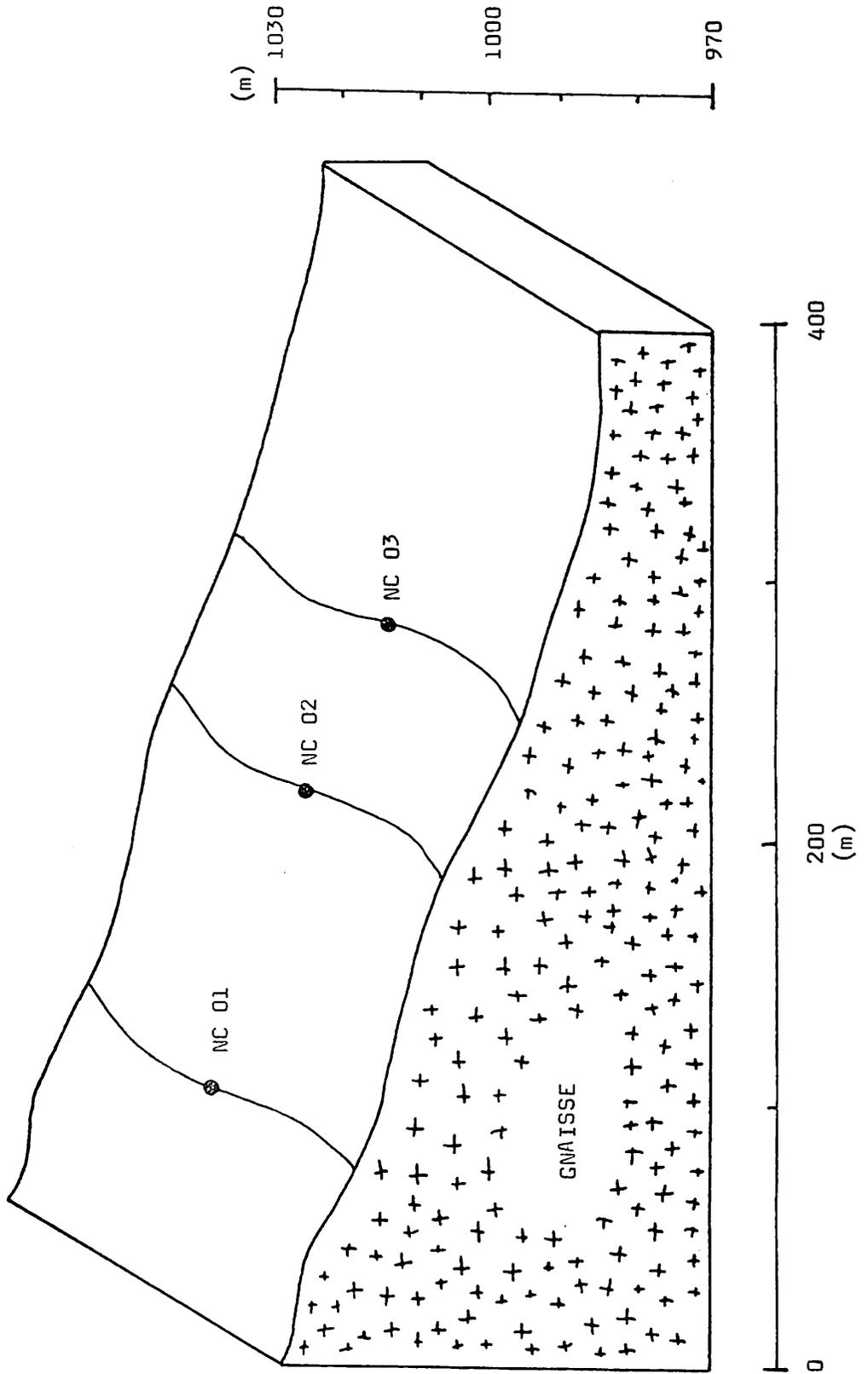
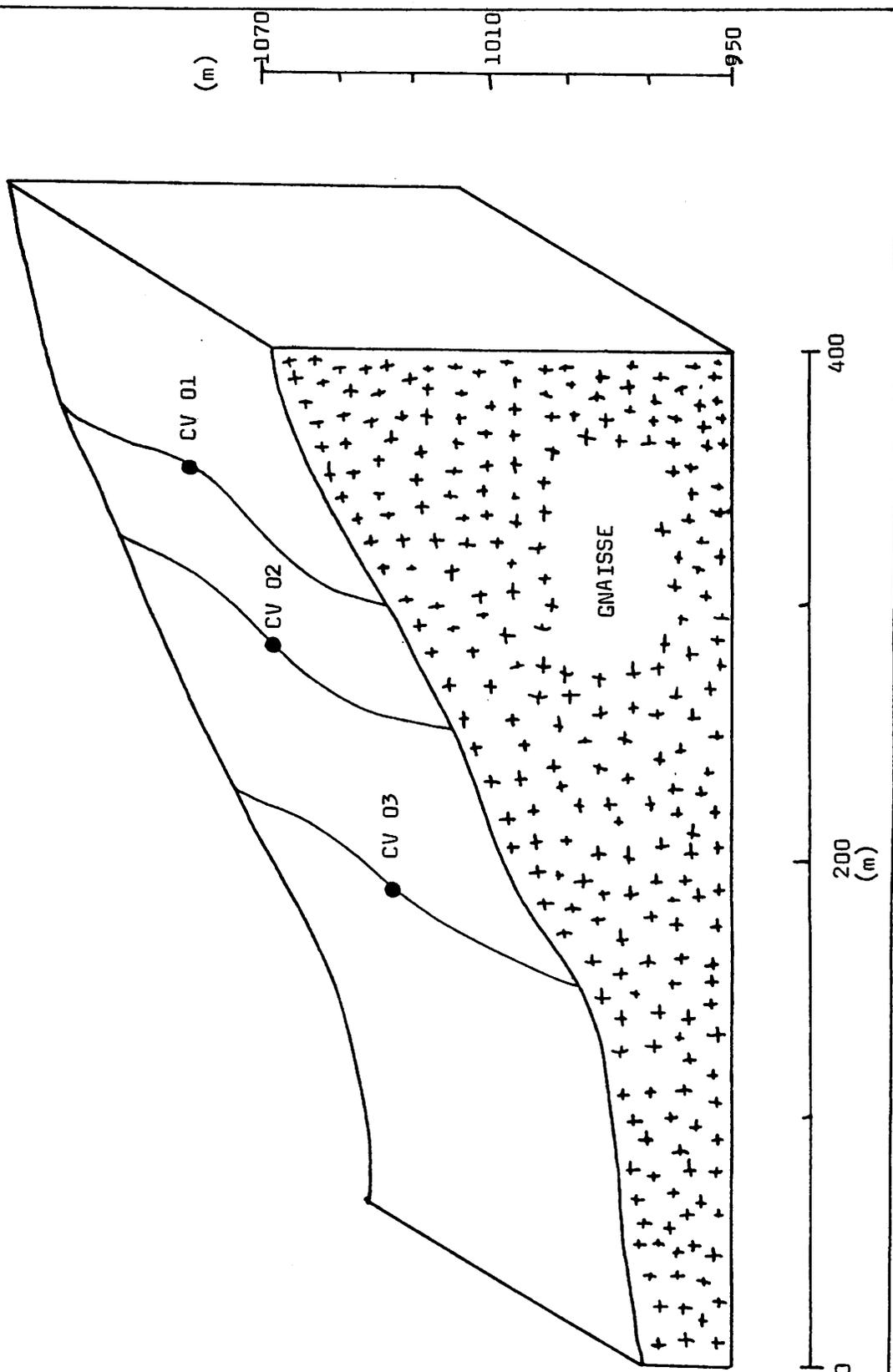


FIGURA 3. Bloco-diagrama representativo da catena dos perfis da área cultivada (perfis CV).



3.5.1. Densidade do solo (bulk density)

A determinação da densidade do solo foi feita segundo BLAKE (9) coletando-se amostras com estrutura indeformada com o auxílio de cilindro de Uhland acoplado a anéis de volume conhecido ($V_c = 276,36 \text{ cm}^3$) e obtida pela razão entre o peso da amostra seca a $105.- 110^\circ\text{C}$ e o volume do cilindro.

3.5.2. Densidade de partículas

Determinada experimentalmente pelo método do picnômetro, descrito por BLAKE (10) com o objetivo de servir de subsídio para o cálculo da porosidade total do solo.

3.5.3. Porosidade total do solo (P_t)

O volume total de poros do solo foi determinado indiretamente, em função da densidade do solo e de partículas, segundo a proposição de VOMOCIL (82) assim expressa:

$$P_t = 100 \cdot (1 - D_s/D_p) = 100 \cdot (D_p - D_s) D_p^{-1}$$

onde: P_t = Porosidade total (%)

D_s = Densidade do solo ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

D_p = Densidade de partículas ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$).

3.5.4. Macro e microporosidade do solo

A distribuição da porosidade do solo foi feita partindo-se do princípio de Leamer e Shaw, citados por GROHMANN (40), para o qual a distribuição da porosidade do solo pode ser feita em função da capacidade de reter água que os poros possuem. Para isso aplicou-se tensão equivalente a 60 cm de coluna de água em unidades de sucção, onde as amostras foram acondicionadas sem que houvesse alteração na sua estrutura. A percentagem de água (expressa em volume) retida nas amostras, após atingido o equilíbrio, corresponde à microporosidade do solo. A macroporosidade foi determinada pela diferença entre a porosidade total e a percentagem de microporos. O método acima descrito é uma preconização do princípio de funcionamento da "Mesa de Tensão" descrita por OLIVEIRA (61).

3.5.5. Análise de agregados do solo

A análise da distribuição dos agregados do solo em função do diâmetro, foi feita segundo metodologia descrita por KEMPER e CHEPIL (46), seguindo modificação de GROHMANN (38) com e sem pré-tratamento das amostras. O pré-tratamento das amostras consiste no seu umedecimento lento através de atomização das mesmas com água destilada, procedendo-se a análise propriamente dita, 24 horas após o pré-tratamento.

O método de agitação para ambos os casos (com e sem pré-tratamento) é uma proposição de YODER (83) constando do tamizamento das amostras em água, com movimentos ascendentes e descendentes de

aproximadamente 30 evoluções por minuto. A distribuição dos macro agregados estáveis em água foi feita obedecendo citação de GROHMANN (41) estabelecendo-se a amplitude média de variação de diâmetro dos agregados em: agregados com diâmetro (\emptyset) superior a 1,00 mm, macro agregados e microagregados, aquêles de diâmetro inferior ou igual a 1,00 mm.

3.5.6. Consistência do solo: limites de Atterberg

A determinação do estado de consistência do solo foi feita avaliando-se os "Limites de Atterberg" - limite de liquidez, limite de plasticidade, e índice de plasticidade, segundo TERZAGHI (76) e SOWERS (73).

a. Limite de Liquidez (LL)

O Limite de Liquidez foi obtido com o auxílio do aparelho de Casagrande, citado por TERZAGHI (76) e CAPUTO (18). Este limite é, convencionalmente, relacionado com o teor de umidade no qual o corre o fechamento de uma fenda de 1 mm feita com um cinzel na a mostra colocada no copo do citado aparelho, sob a ação de golpes aplicados no mesmo.

b. Limite de Plasticidade (LP)

Foi determinado pelo teor de umidade no qual a amostra, previamente umedecida, pode ser moldada em bastonetes de 1 mm de diâmetro, sem sofrer fraturas, conforme SOWERS (73) e CAPUTO (18).

c. Índice de Plasticidade (IP)

Foi obtido pela diferença entre os limites de liquidez e plasticidade:

$$IP (\%) = LL - LP$$

3.5.7. Textura do solo e gradiente textural ✓

A textura do solo foi determinada com o auxílio do triângulo equilátero de classificação da textura do solo, citado por LEMOS e SANTOS (49) e o gradiente textural foi obtido conforme citação de BENEMA e CAMARGO (7).

3.5.8. Argila dispersa em água e índice de floculação ✗

O conteúdo de argila dispersa em água do solo, e o índice de floculação foram obtidos conforme descrição nos itens 3.2.2. e 3.2.3., respectivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os parâmetros físicos determinados e analisados estatisticamente nos perfis sob vegetação de pasto natural e nos cultivados foram comparados entre cobertura vegetal e em função da profundidade do perfil. Os resultados obtidos para as características e propriedades físicas estudadas encontram-se nos quadros e figuras que se seguem, e a caracterização morfológica, física e química dos referidos perfis é apresentada nos Apêndices I e III, respectivamente. No Apêndice II são apresentados as análises de variância dos respectivos parâmetros estudados.

4.1. Densidade do solo e de partículas

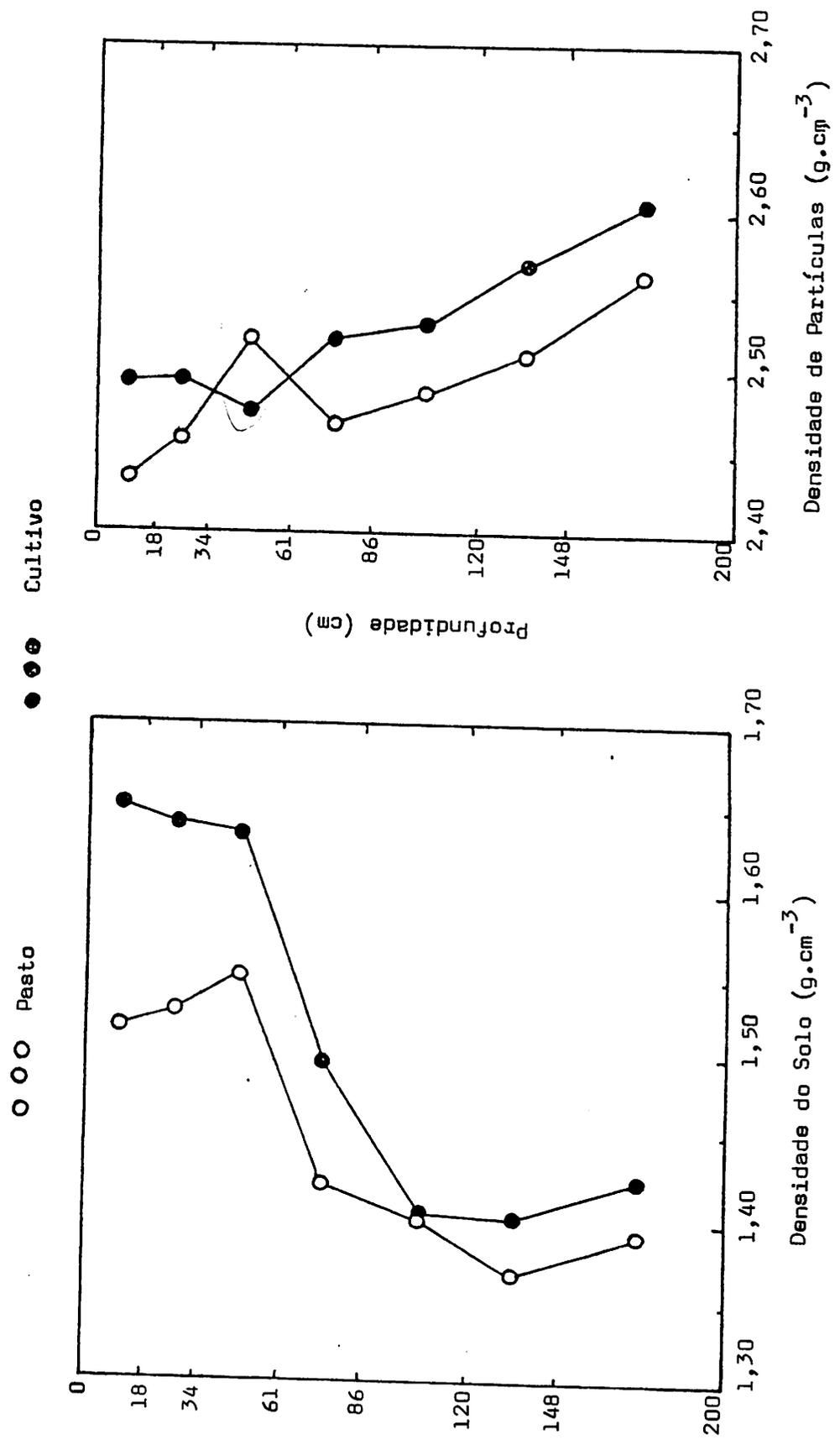
Os resultados apresentados no quadro 1 mostram o comportamento da densidade do solo e de partículas nos perfis estudados. A figura 4 evidencia, com maior clareza, esses resultados. No Apêndice II (quadro 1) são mostrados os quadrados médios obtidos pela análise de variância dos resultados destes parâmetros físicos do solo.

QUADRO 1. Densidade do solo (Ds) e de partículas (Dp) de amostras de material de solo em perfis de Podzólco Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo, na região de Lavras, Minas Gerais. (Média de três repetições).

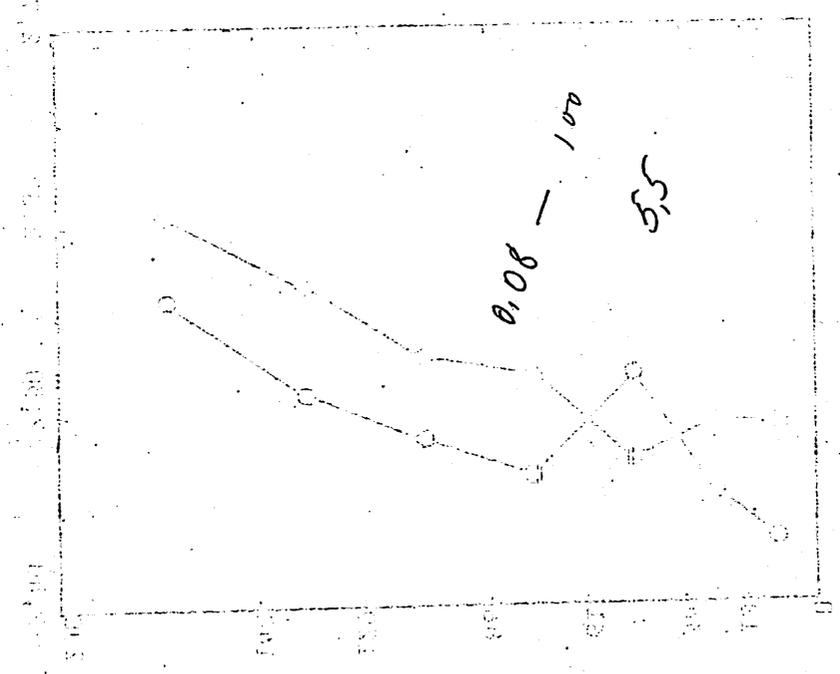
HORIZONTE	Prof. (cm) Média	Ds		Dp	
		Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo
A ₁ e A _p	0-18	1,52 a	1,66 a	2,44	2,50
A & B	18-34	1,53 a	1,66 a	2,46	2,50
B _{21t}	34-61	1,55 a	1,64 a	2,52	2,48
B _{22t}	61-86	1,42 a	1,50 a	2,47	2,52
B _{23t} e B ₃₁ (Bsq-1)	86-120	1,40 a	1,40 b	2,47	2,53
C ₁ e B ₃₂ (Bsq-2)	120-148	1,36 a	1,41 b	2,51	2,57
C ₂ e B ₃₃ (Bsq-3)	148-200	1,39 b	1,43 b	2,56	2,61
MÉDIA		α 1,45	β 1,53	2,49	2,53

*Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%), dentro do mesmo perfil. A notação α e β indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivo, pelo teste F.

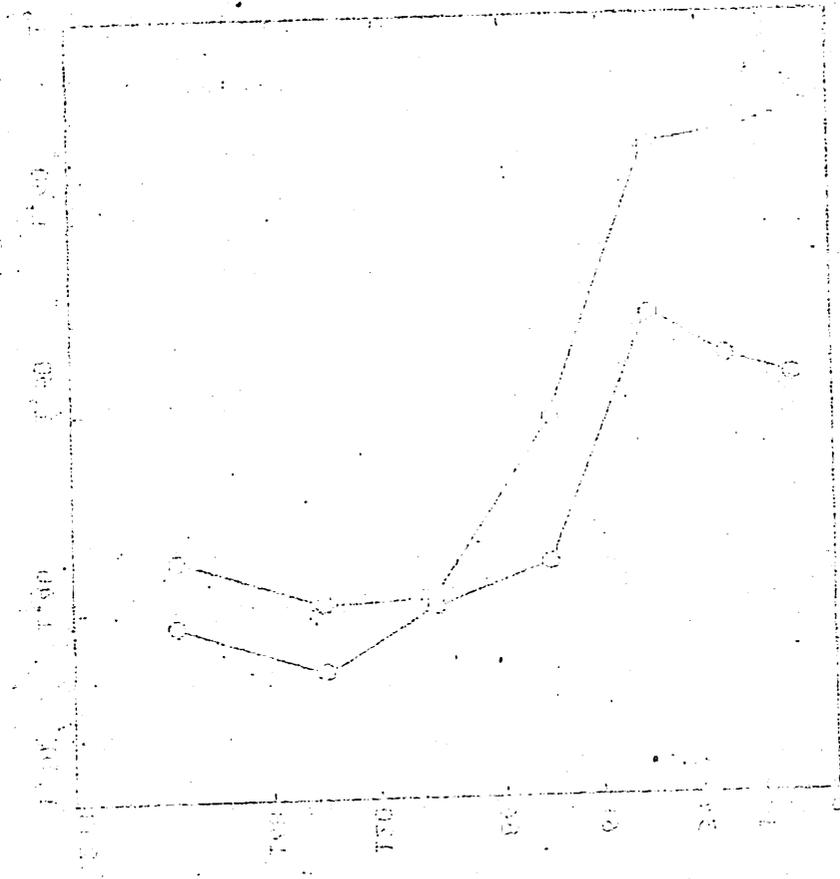
FIGURA 4. Comportamento da densidade do solo e de partículas em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo, na região de Lavras, Minas Gerais.



Temperature (°C)



Temperature (°C)



0.08 - 100

55

Os valores médios apresentados para a densidade do solo sob condições de pasto natural e cultivado, foram, respectivamente, $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ e $1,53 \text{ g.cm}^{-3}$ no perfil. Valores estes que apresentaram-se estatisticamente diferentes, havendo um acréscimo médio de 5,5%, aproximadamente.

Observando os dados apresentados no quadro 1, verifica-se um acréscimo de 9,2% e 7,8% nos valores de densidade do solo, nos horizontes superficiais A_1 e A & B, respectivamente, quando se comparam os resultados obtidos para este parâmetro do solo sob cultivo e não cultivados. Observa-se, por outro lado, que os valores médios de densidade do solo foram menores na camada arável do solo sob condições de pasto natural, comparada à da área cultivada até à profundidade média de 0 - 18 cm. Na camada arável sub-superficial dos 18 - 34 cm, todavia, o acréscimo foi menos acentuado. Estes resultados, quando associados ao conteúdo de matéria orgânica (quadro 1 - Apêndice III), constata-se que esta matéria orgânica, pode ter sido a responsável por essa variação na densidade do solo, concordando os resultados aqui apresentados com os obtidos por ADAMS (1), podendo ainda estar associados com modificações na estrutura do solo.

Essas alterações são comuns quando ocorrem variações no estado de compactação do solo, conforme conclusões de diversos pesquisadores (17, 19, 20, 32, 33, 53, 55, 75 e 82). As evidências indicam que o incremento na densidade do solo para as condições de cultivo, deve-se, provavelmente às modificações sofridas no estado de estruturação do mesmo, devido à desorganização na distribuição da sua porosidade. Estas alterações por sua vez,

podem trazer sérias conseqüências quanto ao desenvolvimento e proliferação do sistema radicular das plantas, pois, segundo GROHMANN e QUEIRÓZ NETO (39), para solo deste mesmo Grande Grupo, quando a densidade atingiu o valor limite de $1,38 \text{ g.cm}^{-3}$ não houve desenvolvimento satisfatório do sistema radicular de plantas de arroz.

Os valores médios obtidos para a densidade de partículas, como pode ser visto no quadro 1, foram de $2,49 \text{ g.cm}^{-3}$ e $2,53 \text{ g.cm}^{-3}$ sob condições de pasto natural e cultivado, respectivamente.

Esta característica física do solo, como pode ser observado, permaneceu estável conforme análise estatística apresentada no quadro 1 do Apêndice II. REICHARDT (66), DUCHAUFOUR (28) e GROHMANN e (40) e outros pesquisadores (8, 14, 22 e 82) atentam para este fato de que a densidade de partículas é uma das características invariáveis no solo, independentemente de quaisquer modificações estruturais que venham ocorrer no mesmo. Os valores médios observados para a densidade de partículas nos solos minerais, de um modo geral, conforme HILLEL (43), giram em torno de $2,60 \text{ g.cm}^{-3}$ a $2,70 \text{ g.cm}^{-3}$. Observa-se todavia, numa verificação dos dados do quadro 1, que houve uma tendência no aumento da referida densidade de partículas, em torno de 2,5% e 1,6% nos horizontes superficiais A_1 e A & B, respectivamente, quando se comparam estes horizontes nos perfis de solo não cultivados para os cultivados. Essa variação pode estar associada com a diminuição no teor de matéria orgânica nos respectivos horizontes (Apêndice III - quadro 1). A determinação da

densidade de partículas, segundo diversos pesquisadores (8, 14, 22, 28, 31 e 82) é afetada pelo conteúdo de matéria orgânica do solo, bem como depende da composição mineralógica do mesmo. Observando-se os dados do quadro 1, pode-se inferir que essa tendência na variação da densidade de partículas sob diferentes coberturas, pode ainda estar associada com os resultados obtidos pela análise química do solo pelo ácido sulfúrico $d = 1,47$, conforme pode ser visto nos quadros 9, 11, 13, 15, 17 e 19 do Apêndice III. Estes dados evidenciam o aumento nos teores "totais" de elementos mais densos tais como titânio, sesquióxidos de ferro e alumínio, e no conteúdo de sílica, bem como a diminuição gradativa no conteúdo de matéria orgânica (quadro 1 - Apêndice III), em profundidade.

A variação dos dados obtidos para a densidade de partículas teve uma amplitude total de $2,44 \text{ g.cm}^{-3}$ a $2,61 \text{ g.cm}^{-3}$, inferiores de um modo geral, à variação citada por HILLEL (43) para os solos minerais. Este comportamento, segundo BUCKMAN e BRADY (14), parece ainda estar associado com os minerais constituintes do material que deu origem ao solo estudado. Na figura 4, podemos constatar, a maiores detalhes, a variação da densidade de partículas do solo nos perfis sob pasto natural e cultivados.

4.2. Porosidade total, macro e microporosidade

O comportamento da distribuição da porosidade do solo nos perfis estudados pode ser observado no quadro 2 e figura 5. Verifica-se uma diminuição na porosidade de aeração (macroporo-

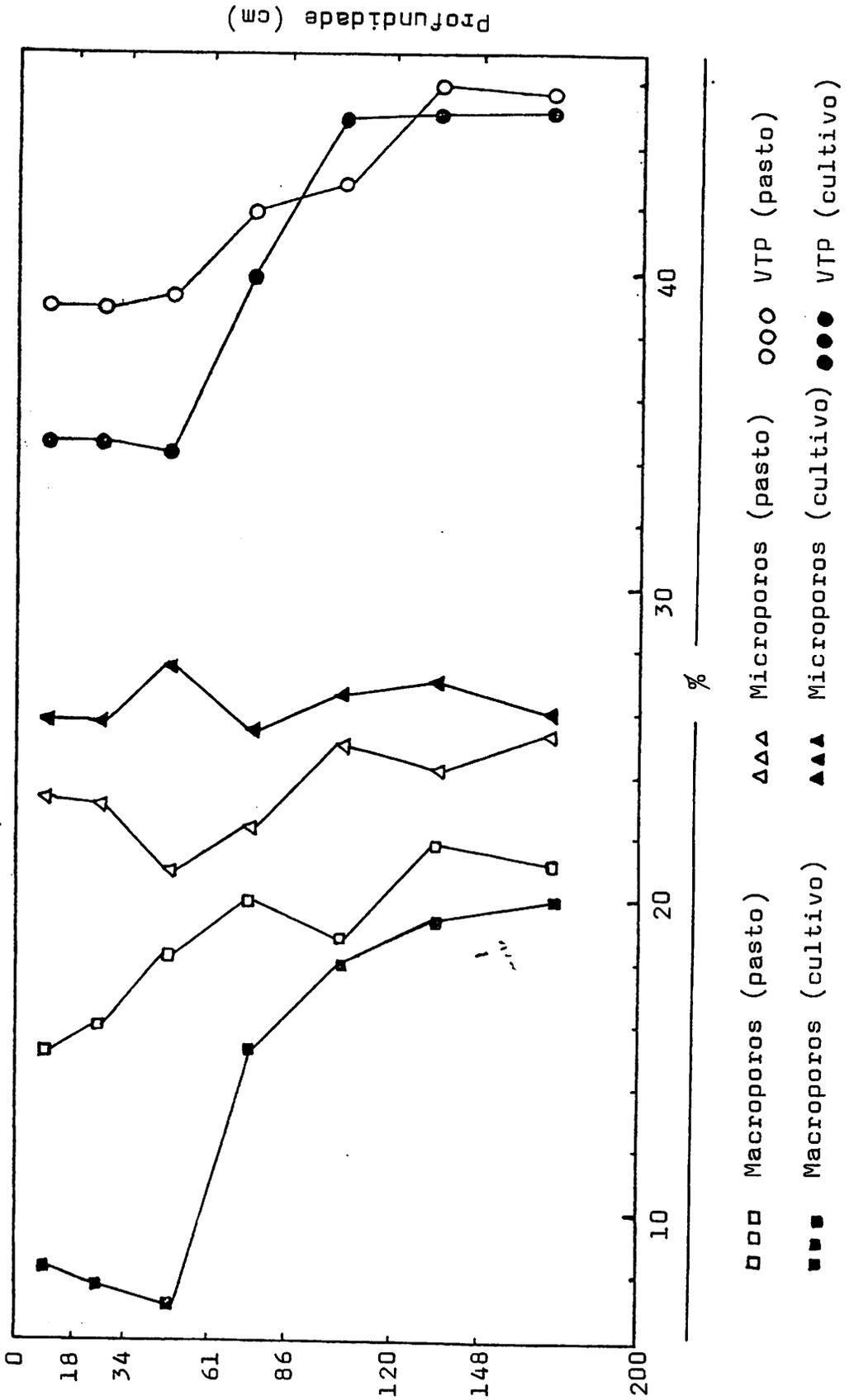
FI

QUADRO 2. Distribuição percentual da porosidade em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado, na Região de Lavras, Minas Gerais (média de três repetições).*

HORIZONTE	Prof. (cm) Média	Porosidade Total		Macroporosidade		Microporosidade	
		Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo
0-18	A ₁ e A _p	37,89	34,00	15,31 a	8,05 a	22,58 ab	25,95 a
18-34	A & B	37,89	33,90	15,95 a	7,90 a	21,94 ab	26,00 a
34-61	B _{21t}	38,35	33,92	18,24 a	7,06 a	20,11 a	26,86 b
61-86	B _{22t}	41,62	40,38	19,63 a	15,41 b	21,99 bc	24,97 a
86-120	B _{23t} e B ₃₁ (Bs _q -1)	43,21	44,63	18,45 a	18,39 b	24,76 c	26,24 a
120-148	C ₁ e B ₃₂ (Bs _q -2)	45,80	45,00	21,58 b	18,91 b	24,22 bc	26,09 a
148-200	C ₂ e B ₃₃ (Bs _q -3)	45,73	45,06	20,56 b	19,95 b	25,17 bc	25,11 a
MÉDIA		41,50	39,55	β 18,53	α 13,67	α 22,97	β 25,89

* Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%) dentro do mesmo perfil. A notação α e β indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivado, pelo teste F.

FIGURA 5. Distribuição percentual da porosidade em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras, Minas Gerais.



sidade) do solo na camada superficial dos perfis não cultivados para os cultivados, girando esta em torno dos 49% até os 34 cm de profundidade. Ocorreu por outro lado, à referida profundidade, um acréscimo de aproximadamente 14% na porosidade capilar do solo (microporosidade). Observa-se que essas variações na distribuição da porosidade do solo, verificaram-se nas camadas superficiais do perfil, estendendo-se até os horizontes sub-superficiais do perfil, embora que em menor escala.

A não homogeneidade quanto à localização dos perfis, proporcionando ações pedogenéticas, tais como as discontinuidades litológicas evidenciadas nos perfis NC 01, NC 02 e NC 03 (Apêndice I), bem como modificações na estrutura do solo pelo cultivo, podem ter sido a causa destas variações na distribuição da porosidade do solo.

A porosidade total, conforme ilustra a figura 5, tendeu a diminuir nos perfis sob cultivo, comportamento semelhante ao da macroporosidade. As raízes abundantes das gramíneas que cobriam a área de pasto natural, podem ter sido a causa desta variação, visto que houve uma redução sensível no conteúdo de matéria orgânica na camada superficial dos perfis sob cultivo, diminuindo a densidade do solo, afetando indiretamente a sua porosidade. Estas constatações foram preconizadas por SANCHEZ (69), que chamou atenção para o fato de que o volume total de poros do solo (porosidade total) é um parâmetro calculado indiretamente, por uma relação de densidades, não representando deste modo, a distribuição entre macro e microporosidade de um solo. Observa-se ainda que, conforme a proposição de VOMOCIL (82), a poro

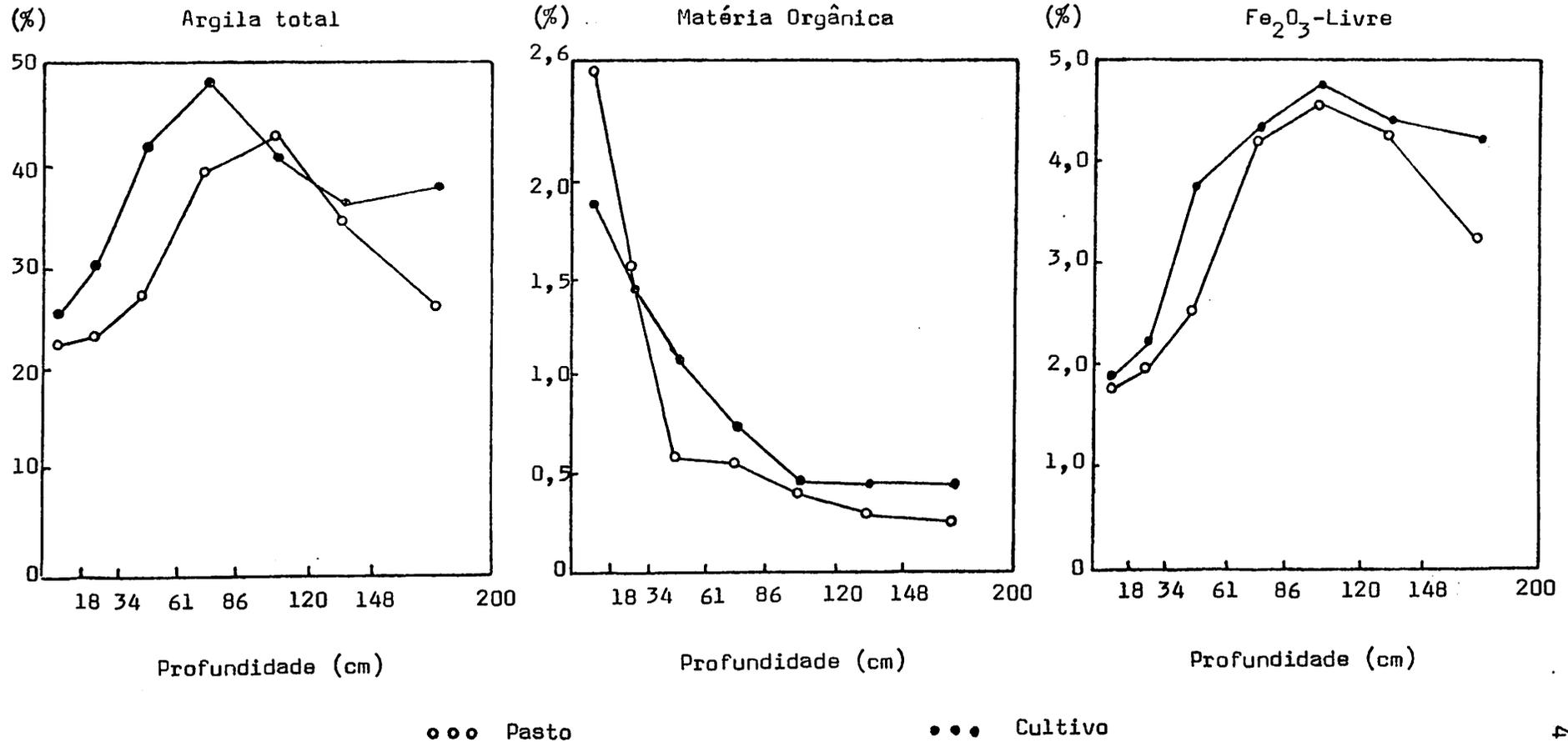
sidade total varia, inversamente com a densidade do solo, e esta, segundo ADAMS (1), está diretamente correlacionada com o conteúdo de matéria orgânica do solo. O cultivo, provavelmente, afetou a porosidade total do solo mais diretamente, na camada arável dos 0 - 18 cm, onde houve maior evidência de alteração na estrutura do solo, tanto pela aração, quanto pela contribuição do processo erosivo advindo da retirada da cobertura original do solo, bem como pelo desequilíbrio na distribuição da sua porosidade. Alterações na estrutura do solo, segundo HÉNIN et alii (44) e CAPUTO (17) induzem modificações na distribuição de sua porosidade e, conseqüentemente, um desbalanceamento no equilíbrio hídrico e aeração do solo. Com os resultados obtidos, apresentados no quadro 2 e figura 5, pode-se inferir, com suporte em diversos pesquisadores (11, 21, 31, 71 e 79), que houve uma acentuada modificação na estrutura do solo, sob condições de pasto, comparada às de cultivo, ressaltando-se também interações de ordem pedogenética, principalmente quando se observa o comportamento dos dados em profundidade. Isto pode ser evidenciado tanto pela distribuição da porosidade do solo quanto pelas alterações na sua densidade. Esta afirmativa pode ser fortalecida com a análise de agregados do solo apresentada nos quadros 3 e 4. Estas modificações acarretam, normalmente, prejuízos no que se refere à movimentação de água e ar no perfil, aumentando a sua predisposição à erosão. O desequilíbrio entre macro e microporosidade, contribui assim para um decréscimo na relação infiltração/deflúvio, favorecendo um possível aumento na erodibilidade do solo sob cultivo. Os resultados obtidos ,

concordam também com os apresentados por LOW (50), onde o efeito compactante de implementos sobre o solo, levou o mesmo a uma alteração na sua porosidade. BAVER et alii (8) afirmam que uma redução em 10% na porosidade de aeração de um solo é restritiva ao desenvolvimento e proliferação de raízes. Observa-se, pelo quadro 2, que a redução, em média verificada nos primeiros 34 cm de profundidade, chegou aos 49% para a macroporosidade do solo, indicando possibilidade de efeitos prejudiciais no desenvolvimento do sistema radicular das culturas instaladas na área estudada sob cultivo. OLIVEIRA et alii (62) atribuem essa redução mais acentuada na porosidade não capilar, às obstruções que podem se verificar na mesma, quando o solo é constantemente trabalhado. Conforme estes pesquisadores, as referidas alterações podem se verificar a maiores profundidades, de uma forma indireta, pela movimentação de coloides minerais e/ou orgânicos, eluviados da superfície, obstruindo os macroporos, quando o solo é trabalhado intensivamente. Evidências estas constatadas numa análise dos quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6 do Apêndice III, bem como através das figuras 5 e 6.

4.3. Análise de agregados do solo

Os quadros 3 e 4 resumem, respectivamente, o estudo da distribuição dos macro e microagregados do solo nos perfis sob condições de pasto e cultivado. No apêndice II (quadros 3 e 4) são apresentadas as análises de variância dos dados. Nas figuras 7 e 8 são mostrados os efeitos do pré-tratamento das amostras na análise de agregados do solo, pela avaliação da sua es-

FIGURA 6. Conteúdo de argila total, matéria orgânica e sesquióxidos de ferro livre em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condição de pasto natural e cultivo, na região de Lavras, Minas Gerais.



tabilidade em água.

4.3.1. Macroagregados do solo

A estabilidade dos agregados do solo está relacionada com os componentes orgânicos e minerais do mesmo. Segundo diversos pesquisadores (11, 21, 37, 44, 69 e 77) estes componentes da fração sólida do solo são responsáveis pelo comportamento da estrutura deste solo frente às modificações induzidas por agentes externos quaisquer, relacionados com o clima e, interações com a atividade da fração argila do solo.

A distribuição dos agregados do solo, nos perfis estudados encontra-se resumida no quadro 3. Os agregados de diâmetro médio compreendidos entre 4,00 e 2,00 mm foram reduzidos significativamente em aproximadamente 24%, e, por outro lado, aumentou o percentual dos agregados de diâmetro 2,00 a 1,00 mm em torno de 30% nos horizontes superficiais de 0 - 18 cm (A_1 e A_p) dos perfis sob cultivo. O comportamento dos macroagregados dos solos, segundo BRYAN (13) é um indicativo da estabilidade da estrutura destes solos frente às modificações induzidas por agentes externos naturais e/ou artificiais. O comportamento dos dados percentuais de macroagregados do solo frente ao tamizamento das amostras imersas em água, mostra o que o impacto da gota de chuva poderá causar em termos de destruição da estrutura, devido a baixa agregação nos horizontes superficiais, observada no solo sob cultivo (horizontes A_p e A & B). OLIVEIRA et alii (60), atentam para o fato de que a cobertura vegetal do solo é

QUADRO 3. Distribuição percentual dos macroagregados, sem pré-tratamento, em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo, sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições)*.

HORIZONTE	Prof. (cm)	Percentagem de agregados em função do diâmetro ϕ (mm)			
		$4,00 \geq \phi > 2,00$		$2,00 \geq \phi > 1,00$	
		Média	Pasto	Cultivo	Pasto
A ₁ e A _p	0-18	81,86 a	61,99 a	7,98 a	11,45 a
A & B	18-34	66,62 a	37,00 b	12,88 ab	22,42 bc
B _{21t}	34-61	33,80 b	24,00 b	17,94 bc	19,32 bc
B _{22t}	61-86	40,70 b	31,52 b	17,00 bc	23,63 c
B _{23t} e B ₃₁ (Bsq-1)	86-120	32,34 b	31,91 b	22,59 c	19,32 bc
C ₁ e B ₃₂ (Bsq-2)	120-148	25,80 b	30,20 b	21,58 c	21,07 bc
C ₂ e B ₃₃ (Bsq-3)	148-200	25,08 b	21,69 b	13,05 b	16,49 ab
MÉDIA		β 43,74	α 34,04	α 16,14	β 19,10

* Médias que apresentam a mesma letra, não diferem estatisticamente, pelo teste Tukey (5%), dentro do mesmo perfil. A notação α e β indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivo, pelo teste F.

grandemente responsável pela redução na energia cinética da gota de chuva, diminuindo assim o seu impacto, protegendo a estrutura da camada superficial frente a estes efeitos danosos. Realmente, os dados do quadro 3, mostram também esta participação da cobertura vegetal na preservação da estrutura dos horizontes superficiais, conferida pela maior resistência dos macroagregados à destruição pelo tamizamento nas camadas superficiais dos perfis sob condições de pasto natural. Observando-se a variação dos dados apresentados no quadro 3, em profundidade, verifica-se uma tendência na diminuição dos agregados de diâmetro compreendidos entre 4,00 e 2,00 mm, e, um acréscimo na percentagem de agregados de diâmetro médio entre 2,00 e 1,00 mm, partindo-se do horizonte A, para o horizonte B. Essa tendência seguiu às variações encontradas nos teores médios de Fe_2O_3 livre, argila total e argila dispersa em água (Apêndice III - quadros 1, 5, 6 e 7). A descrição morfológica dos perfis estudados (Apêndice I) mostra que há evidência no perfil CV 01, da formação de uma massa latossólica no horizonte B do referido perfil, bem como constatações de descontinuidades litológicas nos perfis sob condições de pasto natural (NC 01, NC 02 e NC 03), podendo estas variações pedogenéticas terem sido responsáveis pela variação dos dados, em profundidade.

Os resultados obtidos concordam com as afirmativas de HARRIS et alii (42), que interrelacionaram a estrutura e estabilidade dos agregados do solo com a cobertura vegetal, características e propriedades físicas do mesmo, além do comportamento desta estrutura frente às propriedades químicas e mineralógi

cas do solo.

A redução na porosidade de aeração e aumento da porosidade capilar, (quadro 2 e figura 5), estão relacionados com a distribuição dos agregados do solo apresentada nos quadros 3 e 4. Estes resultados concordam com as afirmativas de diversos pesquisadores (1, 3, 4, 21, 25, 40, 50 e 53) que preconizam as possíveis relações da estrutura do solo com a distribuição da sua porosidade. Solos com estrutura em blocos, segundo os referidos pesquisadores, apresentam maior porosidade de aeração, quando comparados com aqueles que possuem estrutura prismática.

4.3.2. Microagregados do solo

O quadro 4 mostra a distribuição percentual dos microagregados do solo nas amostras estudadas. Verifica-se um constante aumento na percentagem de agregados estáveis em água, de diâmetro inferior a 1,00 mm, quando se comparam os resultados obtidos para a distribuição destes agregados, em função do diâmetro, nos perfis sob condições de pasto natural com os de cultivo. Confrontando-se estes resultados com os obtidos por UHLAND (80), verifica-se que houve um comportamento semelhante para os resultados aqui apresentados. Segundo o referido pesquisador, a cobertura do solo com pastagem natural favoreceu a formação de agregados de diâmetro superior a 1,00 mm (macroagregados), havendo com isso um acréscimo na percentagem dos microagregados. Este comportamento, segundo o mesmo pesquisador, está relacionado com a destruição da macroestrutura do solo pelo preparo do

QUADRO 4. Distribuição percentual dos microagregados do solo em função do diâmetro, sem o pré-tratamento, em amostras de material de solo nos perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado na Região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições)*.

HORIZONTE	Prof. (cm)	Percentagem de agregados em função do diâmetro, ϕ (mm)							
		$1,00 \geq \phi > 0,50$		$0,50 \geq \phi > 0,25$		$0,25 \geq \phi > 0,105$		$\phi \leq 0,105$	
		Média	Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo	Pasto
A ₁ e A _p	0-18	4,47a	10,31a	2,47a	7,25a	1,85a	2,56a	1,37a	3,44a
A & B	18-34	8,00a	16,58a	5,60a	11,20ab	4,03a	7,72ab	2,87a	5,08a
B _{21t}	34-61	20,89b	24,65b	13,26c	17,07b	9,97bc	10,15ab	4,14ab	4,81a
B _{22t}	61-86	20,96b	24,60b	10,72b	11,13ab	6,86ab	6,17ab	3,76ab	2,95a
B _{23t} e B ₃₁ (Bsq-1)	86-120	21,08b	24,53b	11,56ab	11,80ab	8,35ab	8,05ab	4,08ab	4,39a
C ₁ e B ₃₂ (Bsq-2)	120-148	24,54b	24,80b	15,18bc	13,52ab	9,27abc	7,38ab	3,63ab	3,03a
C ₂ e B ₃₃ (Bsq-3)	148-200	18,06b	23,18ab	21,93c	18,67b	16,90c	12,87b	4,98b	7,10b
MÉDIA		α 16,86	β 21,24	α 11,53	β 12,95	β 8,14	α 7,84	α 3,55	β 4,40

*Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%), dentro do mesmo perfil. A notação α e β indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivado, pelo teste F.

mesmo para o cultivo, além do impacto mecânico da gota de chuva sobre a superfície do solo. As médias apresentadas no quadro 4, evidenciam a tendência dos solos sob cultivo apresentarem uma maior percentagem destes microagregados, possivelmente relacionada com a diminuição do conteúdo de matéria orgânica para os referidos perfis (horizontes A_1 e A & B), conforme pode ser visto no quadro 1 do Apêndice III.

Observando-se o comportamento dos dados, em profundidade, verifica-se um constante aumento na produção de microagregados estáveis em água, mostrando a menor estabilidade dos macroagregados, frente ao tamizamento em água destilada. Pode-se verificar, todavia, que, as diferenças foram significativas (quadro 4 - Apêndice II), tanto entre condições de pasto e cultivo.

As descrições morfológicas apresentadas no Apêndice I, bem como as análises físicas e químicas apresentadas no Apêndice III, podem explicar o comportamento dos dados, tanto entre cobertura de pasto natural quanto sob cultivo em relação à profundidade. A presença de argila de baixa atividade detectada nos horizontes B_{31} (Bsq-1), B_{32} (Bsq-2) e B_{33} (Bsq-3) pela proximidade do ponto isoelétrico de carga (quadro 17 - Apêndice III) no perfil CV 02, bem como a presença de carga líquida positiva, evidenciada nos horizontes B_{31} (Bsq-1) e B_{32} (Bsq-2) do perfil CV 01 (quadro 15 - Apêndice III), e ainda evidência da massa latossólica do referido horizonte, podem ter sido responsáveis por essa maior percentagem de microagregados observada nas camadas mais profundas dos perfis sob condições de cultivo.

4.3.3. Efeito do pré-tratamento das amostras

Nas figuras 7 e 8 verifica-se o efeito do pré-tratamento das amostras dos perfis sob pasto natural e cultivado, respectivamente. O pré-tratamento consistiu na atomização lenta das amostras com água destilada, 24 horas antes que se procedesse a análise da estabilidade em água, conforme o procedimento já descrito por YODER (83). Observa-se uma tendência do pré-tratamento ter sido responsável pela produção de uma maior percentagem de macroagregados em todo o perfil tanto sob pasto natural quanto sob cultivado. Verifica-se, por outro lado, que na camada arável (A_1 e A_p) este aumento foi de 5,7% (figura 7), para o perfil sob condições de pasto natural, enquanto na área sob cultivado (figura 8) este aumento foi de aproximadamente 16%. Ocorreu, como pode ser visto nas figuras 7 e 8, um comportamento inverso na distribuição dos microagregados do solo frente ao pré-tratamento das amostras, comparado ao dos macroagregados. Esta distribuição dos macro e microagregados, com e sem pré-tratamento foi semelhante quando se comparam os resultados obtidos para os perfis de pasto natural e cultivado (quadros 3 e 4, e figuras 7 e 8).

Estes resultados obtidos concordam literalmente com citações de HARRIS et alii (42), visto que o umedecimento lento das amostras para a posterior análise de agregados, segundo os autores, confere uma maior estabilidade aos macroagregados do solo. Evans, citado por HARRIS et alii (42), afirma que o umedecimento lento das amostras favorece o aumento da atividade

FIGURA 7. Efeito do pré-tratamento, em amostras de material de solo, na estabilidade de macro e microagregados em água, em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural, na região de Lavras, Minas Gerais.

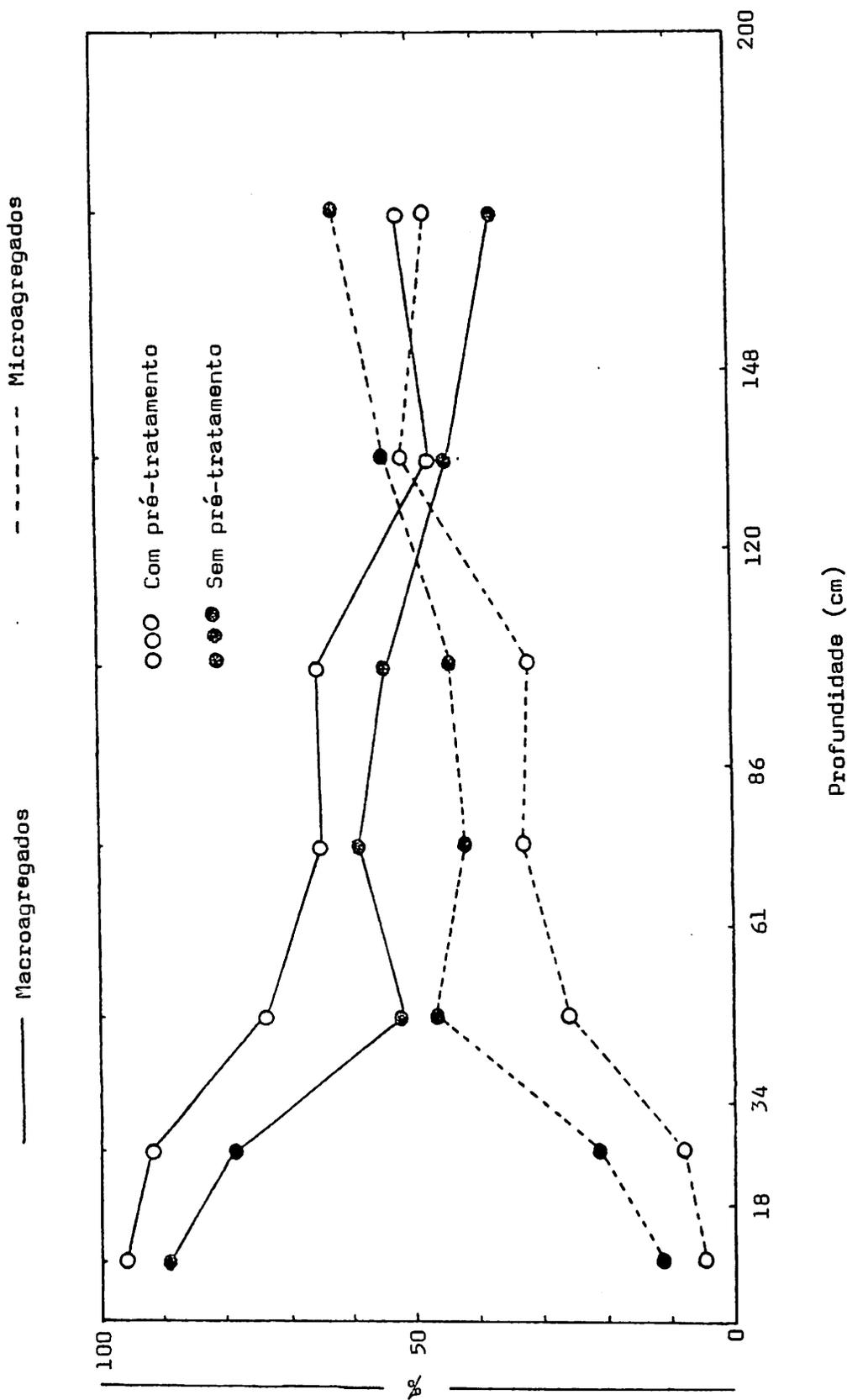
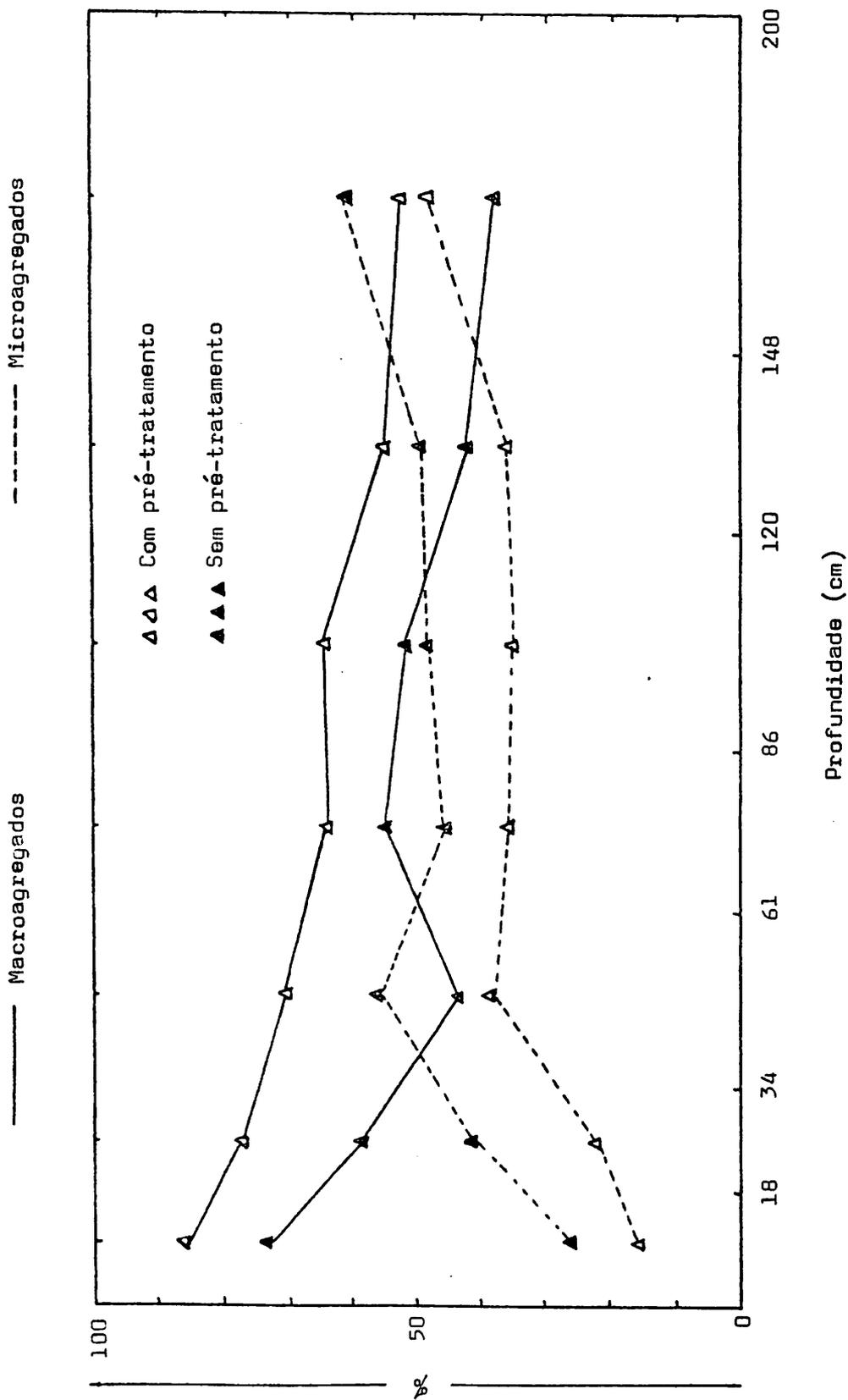


FIGURA 8. Efeito do pré-tratamento, em amostras de material do solo, na estabilidade de macro e microagregados em água em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de cultivo, na região de Lavras, Minas Gerais.



microbiológica, conferindo aos agregados uma maior estabilidade. Este aumento da estabilidade dos agregados, segundo o autor citado, condiciona ao solo uma maior resistência frente aos agentes destruidores da sua estrutura, tais como, o impacto da gota de chuva, vento e manipulações mecânicas advindas do preparo do solo para o cultivo. Esta resistência em função do teor de umidade, todavia, possui valores críticos, que segundo Evans, citado por HARRIS et alii (42), corresponde a uma tensão equivalente, em pf , entre 2,0 e 4,2. Este autor observa ainda que a menor resistência dos macroagregados estáveis em água, sem o pré-tratamento, está relacionada com a grande quantidade de ar aprisionado no interior do referidos agregados e a presença de maior número de microporos livres de água, havendo uma maior evidência de "poros bloqueados" durante a análise dos agregados. Isso aumenta a força com a qual a água é arrastada para dentro do agregado, conduzindo o mesmo a uma destruição mais fácil. A atomização das amostras com água destilada, por 24 horas, no caso específico, foi suficiente para deixá-las com um teor de umidade suficientemente adequado para que se evidenciasse esse aumento no grau de agregação do solo. Verificando-se os dados, em profundidade, constata-se uma tendência na diminuição da percentagem dos macroagregados, semelhante ao que ocorreu para as amostras que não sofreram o pré-tratamento, conforme quadro 3 e figuras 7 e 8.

Esta evidência observada na destruição mais acentuada dos agregados de diâmetro superior a 1,00 mm, pode ainda estar associada com o conteúdo de argila dispersa em água no perfil

do solo, bem como a baixa atividade da fração argila, associada ao alto índice de floculação. A variação destes valores pode ser observadas nos quadros 3 e 4 e Apêndice III, (quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7).

4.4. Consistência do solo: limites de Atterberg

Os resultados obtidos para os parâmetros que definem o estado de consistência do solo encontram-se resumidos no quadro 5. Verificou-se um decréscimo médio em torno de 17% nos limites de liquidez e de plasticidade na camada arável (A_1 e A_p) do solo de pasto para o cultivado. Por outro lado, observa-se um comportamento inverso na camada sub-superficial dos 34 - 61 cm de profundidade, quando se comparam os perfis de pasto natural e cultivado, havendo um aumento de 29% e 24% para os limites de liquidez e plasticidade, respectivamente à referida profundidade. GOMES e CABEDA (36) associam estas variações com o conteúdo de matéria orgânica e argila total do solo, além de outros componentes mineralógicos do solo, dentro do perfil. Pelos teores de argila total, matéria orgânica, e sesquióxidos de ferro livre (Apêndice III - quadro 1), pode-se explicar a variação dos dados obtidos, associando-os ao que foi preconizado por GOMES e CABEDA (36). Foram constatadas diferenças estatisticamente significativas para os teores destes componentes minerais e orgânicos tanto em profundidade quanto comparando-se os perfis sob vegetação de pasto natural e cultivados, conforme pode ser observado pela análise de variância no quadro 6 - Apêndice II. As

QUADRO 5. Limites de Atterberg - limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP) em amostras de material de solo, em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivado, na Região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições)*.

HORIZONTE	Prof. (cm) Média	LL		LP		IP	
		Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo
		%					
A ₁ e A _p	0-18	36,34abc	30,11a	35,46abc	29,49ab	0,88a	0,62a
A & B	18-34	32,35ab	31,21b	29,37ab	28,74a	2,98ab	2,47ab
B _{21t}	34-61	30,71a	43,26c	27,04a	35,48abc	3,67bc	7,79c
B _{22t}	61-86	40,49ab	46,68c	32,02abc	37,66bc	8,47c	9,02a
B _{23t} e B ₃₁ (Bsq-1)	86-120	46,78bc	48,63c	40,67c	43,00c	6,12c	5,63bc
C ₁ e B ₃₂ (Bsq-2)	120-148	41,90bc	43,22bc	39,22c	41,03c	3,68ab	2,19ab
C ₂ e B ₃₃ (Bsq-3)	148-200	38,90abc	43,31bc	37,33bc	41,50c	1,57a	1,81a
MÉDIA		α 38,21	β 40,92	α 33,02	β 36,70	3,91	4,22

* Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%), dentro do mesmo perfil. A notação α e β que precede as médias indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivado pelo teste F.

variações em profundidade, nestes limites de Atterberg, podem ainda estar relacionadas com as descontinuidades observadas na descrição morfológica dos perfis sob condições de pasto natural (Apêndice I).

O índice de plasticidade do solo, por sua vez, não sofreu variação significativa estatisticamente, entre vegetação, conforme pode ser observado no quadro 5 do Apêndice II. Ocorre, todavia, uma tendência no aumento desse índice, em profundidade, até os 61 - 86 cm. Esse aumento está diretamente relacionado com o aumento no teor de argila do solo até essa profundidade. As variações observadas (quadro 5) concordam com os resultados obtidos por TOWNER (78), pois, segundo o autor, dentro de um mesmo grupo mineralógico, quanto maior o teor de argila, maior será o índice de plasticidade do solo. Os resultados obtidos, são inferiores, quando comparados aos encontrados por GOMES e CABEDA (36), diferindo também dos resultados de GILL e REAVES (34), em todo o perfil. Os citados autores trabalharam em camadas de solos a semelhantes profundidades sob diferentes condições de uso, e grupos genéticos de solos distintos. A divergência observada no comportamento dos dados do quadro 5 com os respectivos pesquisadores, prende-se principalmente à mineralogia dos solos estudados, visto que GOMES e CABEDA (36) trabalharam com solos de família montmorilonítica, e, conforme GILL e REAVES (34), quanto maior a atividade da fração argila, maior será o índice de plasticidade do solo. AHMED et alii (2) concordam com o consenso a que chegaram os citados pesquisadores, constatando as afirmativas de EL SWAIFY et alii (29), de que esses minerais se

cundários são responsáveis diretamente pelo comportamento do solo frente às variações no teor de umidade do mesmo. Para outros pesquisadores (2, 29 e 34) a variação no índice de plasticidade pode ainda estar associada à natureza dos cátions adsorvidos ao complexo de troca do solo (Apêndice III - quadros 8, 10, 14, 16 e 18). Verifica-se que o índice de plasticidade está associado com os teores médios apresentados no Apêndice III, para os cátions monovalentes (K^+ e Na^+) e para os divalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}). Estes cátions, por sua vez, não diferem quantitativamente, quando se comparam os perfis sob condições de pasto natural e cultivado. Conforme resultados obtidos por AHMED et alii (2), os cátions mono e divalentes atuam indiferentemente nos limites de Atterberg, havendo todavia, uma relação direta entre o índice de plasticidade e o conteúdo dos cátions trocáveis do solo.

O quadro 6 mostra as correlações existentes entre os limites de Atterberg e os teores de argila total, sesquióxidos de ferro livre e conteúdo de matéria orgânica do solo. Pode-se constatar, pelos coeficientes de correlação, que apenas o índice de plasticidade não foi significativamente relacionado com o conteúdo de matéria orgânica. Observa-se que esses limites de Atterberg estão correlacionados negativamente com o conteúdo de matéria orgânica do solo, ou seja, maiores teores de matéria orgânica, conferirão ao solo menores valores para os parâmetros determinantes do estado de consistência do mesmo. Estas correlações, juntamente com as variações observadas nos teores de argila total e dispersa em água, podem explicar o comportamento destes limites de Atterberg quando comparados na camada arável (0 - 18 cm),

onde houve uma ligeira redução no índice de plasticidade de A_1 para A_p .

Os resultados obtidos concordam com as afirmativas de BAVER et alii (8) de que a matéria orgânica afeta o limite inferior de plasticidade do solo, influenciando, indiretamente no índice de plasticidade do mesmo. Observou-se também que o limite de liquidez foi o que apresentou o maior grau de dependência com o conteúdo de matéria orgânica. Dentre as componentes correlacionadas, a argila total é a mais atuante nas manifestações das forças físicas de coesão e adesão, concordando ainda com o referido pesquisador.

Dentre os componentes da fração sólida do solo, correlacionados com os limites de Atterberg, a matéria orgânica foi a que apresentou menor nível de dependência. O limite de liquidez, por sua vez está mais intimamente relacionado com os componentes da fração sólida estudadas do que o limite de plasticidade.

Confrontando-se os resultados apresentados no quadro 5, para o índice de plasticidade, com os valores citados por CAPUTO (18), conclui-se que os perfis estudados variam de "fracamente plásticos" os horizontes superficiais (A_1 , A_p e A & B), a "moderadamente plásticos", nos horizontes sub-superficiais, evidenciando a correlação positiva, apresentada para este índice do solo, no quadro 6, com a argila e Fe_2O_3 livre.

QUADRO 6. Correlações entre limites de Atterberg e os teores de argila total, sesquióxidos de ferro livre e matéria orgânica em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo na região de Lavras, Minas Gerais.

COMPONENTES (%)	LL	LP	IP
	%		
Argila total	0,81397**	0,61863**	0,96993**
Fe ₂ O ₃ (livre)	0,69117**	0,40409**	0,67696**
Matéria Orgânica	-0,58869**	-0,51208**	-0,25146 ^{ns}

**Coeficiente de correlação (r) significativo ao nível de 1%.

^{ns}Coeficiente de correlação (r) não significativo.

4.5. Textura do solo e gradiente textural

Os quadros 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do Apêndice III apresentam os resultados obtidos para a análise granulométrica do solo, e suas relações texturais nos perfis estudados. Confrontando-se as proporções dos separados do solo (areia, silte e argila) com os valores apresentados no triângulo equilátero de classificação textural do USDA (United States Department of Agriculture), citado por LEMOS e SANTOS (49) verifica-se que a camada superficial (horizontes A₁ e A_p e A & B) têm textura média, enquanto o horizonte B, nos perfis sob pasto natural e cultivado foram, respectivamente "argila" e "argila arenosa", o que evidencia o pro

cesso de podzolização, caracterizado pela movimentação, no caso específico, provavelmente de argila silicatada dentro do perfil.

Observa-se, contudo, que não houve variação quanto à classe textural do solo, embora o quadro 1 do Apêndice III apresente um aumento significativo quando se comparam os teores de argila, em profundidade. A invariabilidade da classe textural concorda com as afirmativas de diversos pesquisadores (8, 14, 33, 43 e 66) de que a textura é uma das características mais estáveis do solo. Essa estabilidade prende-se ao fato de que a amplitude de variação dos teores de areia, silte e argila determinantes de cada classe textural é bastante ampla.

Observando-se os valores calculados do gradiente textural apresentados no quadro 7, verifica-se que existem diferenças pedogenéticas entre os perfis estudados, evidenciadas pelo comportamento do referido gradiente. O perfil CV 01, apresentou o menor gradiente textural dentre os perfis amostrados, o que mostra um provável maior grau de intemperização do mesmo, em relação aos demais. Essa redução pode estar associada à formação de uma massa latossólica nas camadas sub-superficiais do citado perfil, evidenciada na sua descrição morfológica do Apêndice I. O gradiente textural médio dos perfis sob condições de pasto natural, todavia, foi 4,89% inferior à média dos perfis cultivados. Essas reduções podem estar associadas às discontinuidades litológicas observadas no horizonte B dos perfis NC 01, NC 02 e NC 03, evidenciadas pelas linhas de pedras à profundidade média dos 61 - 86 cm, sendo esta provavelmente responsável pelo menor teor médio de argila total nestes horizontes e maior percentagem

das frações mais grosseiras, contribuindo para o menor valor calculado do citado gradiente.

QUADRO 7. Gradiente textural do solo em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural (NC) e cultivo (CV) na região de Lavras, Minas Gerais.

PERFIS		GRADIENTE TEXTURAL	MÉDIA
Pasto	NC 01	1,82	1,64
	NC 02	1,53	
	NC 03	1,57	
Cultivo	CV 01	1,49	1,72
	CV 02	1,85	
	CV 03	1,82	

Os valores do gradiente textural, apresentados no quadro 7, foram obtidos com os resultados da análise granulométrica apresentada nos quadros 2, 3, 4, 5 e 6 do Apêndice III.

4.6. Argila dispersa em água e índice de floculação

O conteúdo de argila dispersa em água do solo, e o índice de floculação, encontram-se apresentados no quadro 8. A média de argila dispersa em água no perfil sob condições de pasto foi 12,47%, contra 11,51% para os perfis sob condições de cultivo, observando-se (quadro 7 - Apêndice II) que esta diferença foi

QUADRO 8. Conteúdo de argila dispersa em água (AD) e índice de floculação (IF) em amostras de material de solo em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo sob condições de pasto natural e cultivo na Região de Lavras, Minas Gerais (Média de três repetições)*

HORIZONTE	Prof. (cm) Média	AD		IF	
		Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo
		%			
A ₁ e A _p	0-18	13,76 a	17,57 a	36,94 a	30,62 a
A & B	18-34	17,24 a	21,65 a	23,56 a	22,93 a
B _{21t}	34-61	20,80 a	28,89 a	21,09 a	33,03 a
B _{22t}	61-86	27,97 a	11,71 a	26,10 a	74,31 a
B _{23t} e B ₃₁ (Bs _q -1)	86-120	6,73 b	0,75 b	85,10 b	98,38 b
C ₁ e B ₃₂ (Bs _q -2)	120-148	0,55 bc	0,02 b	98,61 b	99,95 b
C ₂ e B ₃₃ (Bs _q -3)	148-200	0,27 c	0,01 b	98,98 b	99,98 b
MÉDIA		β 12,47	α 11,51	α 55,77	β 65,60

* Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste Tukey (5%), dentro do mesmo perfil, A notação α e β que precede as médias indica diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivo, pelo teste F.

significativa ao nível de 5% de probabilidade, evidenciando possivelmente, o efeito do cultivo e que existem diferenças pedagógicas entre os perfis de pasto e cultivo, constatando a possibilidade dos perfis sob cultivo, apresentarem um maior grau de intemperização.

Observando a variação dos dados em profundidade, verifica-se para ambos os perfis estudados, que o conteúdo de argila dispersa em água apresentou-se estável estatisticamente, até a profundidade de 86 cm, havendo uma sensível redução a maior profundidade. Houve contudo, uma tendência no aumento desta argila até esta profundidade evidência do próprio processo de podzolização.

O índice de floculação, como pode ser observado pelo quadro 8, passou de 55,77% para 65,60%, aumento que, mais vez constatada a tendência de maior intemperização observada nos perfis sob cultivo. A variação deste índice de floculação, observada em profundidade, foi crescente das camadas superficiais para as sub-superficiais, observando-se, todavia que nos perfis sob cultivo, como pode ser verificado nos quadros 5 e 6 do Apêndice III, este atingiu os 100%, nos horizontes B_{32} (Bsq-1) e B_{33} (Bsq-3) dos perfis CV 01 e CV 02, respectivamente, evidenciando o maior grau de intemperização destes horizontes, quando comparados aos demais. Esses resultados estão ainda associados com a baixa atividade da fração argila dos perfis estudados, bem como a evidência de "carga líquida" positiva apresentada nos horizontes B_{31} (Bsq-1) e B_{32} (Bsq-2) do perfil CV 01, apresentado no quadro 15 do Apêndice III.

5. CONCLUSÕES

A interpretação dos resultados apresentados nas condições em que a pesquisa foi conduzida, permitiu concluir-se o seguinte:

a. Os perfis sob condições de cultivo apresentaram degradação direta em propriedades físicas e indireta em características físicas do solo,

b. As propriedades físicas, densidade do solo, macroporosidade e agregação do solo foram as mais prejudicadas pelo cultivo, nos horizontes A_p e A & B, favorecendo o deflúvio,

c. O aumento na percentagem de microagregados na camada superficial dos 0 - 18 cm, nos solos sob cultivo, evidenciou distúrbios na estrutura do solo.

d. No estágio atual, a área sob cultivo, quando comparada à de pasto natural, apresentou problemas quanto ao desenvolvimento de sistemas radiculares de plantas, bem como aeração e movimentação de água no perfil.

e. A adoção de práticas conservacionistas se torna necessária tanto na área sob pasto natural quanto na cultivada, embora haja limitações quanto à possibilidade de motomecanização.

f. O comportamento das características e propriedades físicas do solo, quando analisado em profundidade, evidenciará diferenças pedogenéticas quanto ao grau de intemperização dos horizontes sub-superficiais das áreas estudadas. Os horizontes superficiais (0 - 34 cm), foram os que mais sofreram degradações nas características e propriedades estudadas.

SUGESTÕES

Dado que a pesquisa foi conduzida analisando-se apenas parâmetros relacionados com características e propriedades físicas do solo, e, frente aos resultados obtidos com as conclusões a que se chegou, sugere-se que:

a. Estudos sejam conduzidos objetivando-se relacionar os níveis de degradação das características e propriedades físicas do solo aqui observadas, com o desenvolvimento de plantas.

b. Procure-se relacionar as modificações nas características e propriedades físicas do solo com a passagem de máquinas e implementos, e quantificar as possíveis alterações observadas a curto e a longo prazos.

6. RESUMO

A presente pesquisa foi conduzida objetivando-se o estudo de características e propriedades físicas em perfis de Podzólico Vermelho Amarelo na região de Lavras, Minas Gerais, sob condições de pasto natural e submetido a manipulações mecânicas advindas do cultivo durante 10 anos consecutivos. Foram estudados três perfis sob condições de pasto natural e três sob cultivo.

O estudo foi conduzido durante os anos de 1977-78, no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras. As características e propriedades físicas estudadas foram: 1. densidade do solo; 2. densidade de partículas; 3. porosidade total; 4. macro e microporosidade do solo; 5. distribuição dos agregados do solo; 6. limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade; 7. textura do solo e gradiente textural; 8. argila dispersa em água e índice de floculação.

Além das características e propriedades físicas estudadas, outras análises químicas foram efetuadas, incluindo sesquióxidos de ferro livre, conteúdo de matéria orgânica, e ainda a determinação do complexo de troca do solo, nos perfis sob ambas as condições.

Os perfis sob cultivo apresentaram modificações em características e propriedades físicas do solo, quando comparados aos de pasto natural. Verificou-se um acréscimo nos valores de densidade do solo e microporosidade, evidenciando alterações no estado de estruturação do solo nas camadas superficiais (horizonte A_1 e A & B). Observou-se uma provável predisposição do solo à erosão, mais acentuada nos perfis sob cultivo, visto que houve redução da macroporosidade em 49%, e conseqüente acréscimo em 14% na microporosidade na camada arável (0 - 34 cm) acarretando conseqüentemente, uma tendência na diminuição da taxa de infiltração/deflúvio. O solo cultivado está sujeito a uma maior predisposição a perdas na sua capacidade produtiva. Por outro lado, ocorre necessidade de práticas conservacionistas visando diminuir os efeitos prejudiciais decorrentes das alterações nas suas características e propriedades físicas, embora a área estudada apresente limitações quanto à possibilidade de motomecanização, devido às condições topográficas.

As análises físicas e químicas, bem como a caracterização morfológica dos perfis, evidenciaram diferenças pedogenéticas nos horizontes sub-superficiais B_{31} (Bsq-1), B_{32} (Bsq-2) e B_{33} (Bsq-3), indicando um maior grau de intemperização dos perfis sob cultivo, quando comparados aos horizontes sub-superficiais sob pasto natural.

7. SUMMARY

SOIL PHYSICAL CHARACTERISTICS AND PROPERTIES OF A RED-YELLOW PODZOLIC SOIL FROM THE LAVRAS REGION, STATE OF MINAS GERAIS: BEHAVIOR UNDER NATURAL PASTURE CONDITION AND CULTIVATION.

Soil physical characteristics and soil physical properties of an Ultisol (Red-Yellow Podzolic) from the region of Lavras, State of Minas Gerais, Brazil, were evaluated under laboratory conditions in order to compare three profiles, respectively under natural pasture and cultivation for 10 consecutive years.

The characteristics and properties studied were: 1. particle size analysis and textural ratio 2. total, water dispersed clay and flocculation index 3. soil aggregation 4. organic matter and free Fe_2O_3 5. particle density 6. bulk density 7. total, macro and microporosity 8. Atterberg's limits. Other chemical characterization included cation exchange complex in both soil profiles.

Correlations for physical characteristics and properties and other chemical properties of the soil profiles were established to compare data for cultivated and natural pasture area.

Cultivation led to considerable changes in some of the soil physical characteristics and soil physical properties studied that are important to plant development and erosion resistance. Soil cultivation increased the values for bulk density and microporosity, showing also a higher level for soil compaction in A_1 and A_2 B horizons, and, consequently increasing erosion hazards due to reduction in macroporosity and in infiltration/run-off ratio.

Cultivated soil is more subjected to loss of the yield potential, being necessary soil conservation practices to reduce deleterious effects of soil cultivation and increase soil productivity.

Chemical and physical analysis suggested that cultivated area presented more advanced degree of weathering compared to natural pasture condition in B_{31} (Bs_q-1), B_{32} (Bs_q-2), and B_{33} (Bs_q-3) horizons for cultivated soil profiles at 131-165 cm, 165-200 cm, and 166-200 cm depth, respectively.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, W.A. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated Podzolic Soils. Journal of Soil Science, Oxford, England, 24(1):10-17, March 1973.
2. AHMED, S.; SWINDALE, L.D. & EL SWAIFY, S.A. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red earths and tropical black earths. I - Plastic Limit, percentage stable aggregates and hydraulic conductivity. Journal of Soil Science, Oxford, England, 20(2):255-68, September 1969.
3. ANDERSON, W.B. & KEMPER, W.D. Corn growth as affected by aggregate stability, soil temperature and soil moisture. Agronomy Journal, Wisconsin, 56(5):453-456, September/October 1964.
4. ANDRADE, G.O. Os climas. In: AZEVEDO, A. Brasil, a terra e o homem. São Paulo, Nacional, 1964. p.446-8.

5. ARCHER, J.R. & SMITH, P.D. The relation between bulk density, available water capacity and air capacity of soils. Journal of Soil Science, Oxford, England, 23(4):475-480, December 1972.
6. BAEUMER, K. & BAKERMANS, W.A.P. Zero-Tillage. Advances in Agronomy. New York, Academic Press, 1973. p:78-120.
7. BENEMA, J. & CAMARGO, M.N. Segundo esboço parcial de classificação de solos brasileiros: subsídios à VI Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1964, 20p. (mimeografado com 6 anexos).
8. BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil Physics. 4th edit. New York, John Wiley, 1972. 498p.
9. BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. ed. Methods of soil analysis, physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.344-90.
10. _____. Particle density. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.511-9

11. BOODT, M.D. Improvement of soil structure by chemical means. In: HILLEL, D. Optimizing the soil physical enviromental toward greater crop yields. New York, Academic Press, 1972. p. 43-55.
12. BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. En ciclopédia dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro, I.B.G.E., 1959. vol. 25, 476p.
13. BRYAN, R.B. The efficiencie of aggregation indices in the com₂parison of some english and canadian soils. Journal of Soil Science, Oxford, England, 22(2):166-178, June 1971.
14. BUCKMAN, H.O. & BRADY, N.C. Some importants physical proper_oties of mineral soils. In: _____. The nature and properties of soils. 7th edit. Toronto, Collier - MacMillan, 1969. p.41-66.
15. CAMPBELL, D.J. Liquid limit determination of arable topsoils using a drop-cone penetrometer. Journal of Soil Science, Oxford, England, 26(3):234-41, September 1975.
16. _____. Plastic limit determination using a drop-cone pe_onetrometer. Journal of Soil Science, Oxford, England 26(3):295-300, September 1976.
17. CAPUTO, H.P. Índices físicos. In: _____. Mecânica dos Solos e suas aplicações. 3ª ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1977. p.41-52.

18. CAPUTO, H.P. Plasticidade e consistência dos solos. In: _____. Mecânica dos solos e suas aplicações. 3ª ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1977. p.60-9.
19. CARVALHO, S.R. Influência de dois sistemas de manejo de pastagens na compactação de uma Terra Roxa Estruturada; Piracicaba, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1976. 89p. (Dissertação de Mestrado).
20. CORSINI, P.C. Modificações de características físico-hídricas em perfis das séries Jaboticabal Santa Tereza, ocasionadas pelo cultivo intenso. Científica, Jaboticabal, 2 (2):148-161, Julho/Dezembro 1974.
21. _____.; PERECIN, P.; DELLA LIBERA, C. & SACHHI, L. Efeito da estabilidade dos agregados na infiltração da água no solo. Científica, Jaboticabal, (Nº Especial): 23-27, 1977.
22. CURI, N. Relações genéticas e morfológicas em solos das encostas inferior e superior do Nordeste, no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1975. 134p. (Tese de Mestrado).
23. DAVIES, D.B.; FINNEY, J.B. & RICHARDSON, S.J. Relative effects of tractor weight and wheelslip in causing soil compaction. Journal of Soil Science, Oxford, England, 24(3):399-409, September 1973.

24. DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In.: BLACK, C.A. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.545-66.
25. DENT, D.L.; DOWNING, E.J. & ROGAAR, H. Changes in structure of Marsch Soils following drainage an arable cultivation. Journal of Soil Science, Oxford, England, 27(2):250-265, June 1976.
26. DEXTER, A.R. Internal structure of tilled soil. Journal of Soil Science, Oxford, England, 27(3):267-278, September 1976.
27. DICKERSON, B.P. Soil compaction after tree-length skidding , in Northern Mississippi. Soil Science Society of America Journal, Madison, 40(6):965-966, November/October 1976.
28. DUCHAUFUDUR, P. Fisica de suelo. In.: _____. Manual de edafologia. Barcelona, Toray-Masson, 1975. p.26-81.
29. EL SWAIFY, S.A.; AHMED, S. & SWINDALE, L.D. Effects of adsorbed cations on physical properties of tropical red and tropical black earths. II. Liquid Limit, degree of dispersion and moisture retention. Journal of Soil Science, Oxford, England, 21(1):187-198, March 1970.

30. EPSTEIN, E. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. Journal of Environmental Quality, Maryland, 4(1):139-42, January 1975.
31. FORSYTHE, W. Manual de laboratório de física de suelos. Editorial IICA, Costa Rica, 1975. 150p.
32. GANTZER, C.J. & BLAKE, G.R. Physical characteristics of Le Sueur loam soil following no-till and conventional tillage. Agronomy Journal, Madison, 70(5):853-7, September/October 1978.
33. GAVANDE, S.A. Labranza, relaciones suelo-maquinaria y cultivo en secano. In.: _____. Física de Suelos: principios e aplicaciones. Editorial Limusa, México, 1976. p.257-77.
34. GILL, R.W. & REAVES, C.A. Relationships of Atterberg Limits and cation-exchange capacity to some physical properties of soil. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 21(3):491-94, May/June 1957.
35. GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. 6ª ed. Piracicaba, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1976. 430p.

36. GOMES, A.S. & CABEDA, M.S.V. Consistência de solos argilosos-escuros do Rio Grande do Sul e sua importância agrônômica. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 15º, Santa Maria, 1975. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.31:4.
37. _____.; PATELLA, J.F. & PAULETTO, E.A. Efeitos de sistemas e tempo de cultivo sobre a estrutura de um solo Podzólico Vermelho Amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 2(1):17-21, Janeiro/Abril 1978.
38. GROHMANN, F. Análise de agregados de solos. Bragantia, Campinas, 19(13):201-14, Março 1960.
39. GROHMANN, F. & QUEIROZ NETO, J.P. Efeito da compactação de dois solos limo-argilosos sobre a penetração de raízes de arroz. Bragantia, Campinas, 25(40):421-31, Abril 1966.
40. _____. Porosidade. In.: MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p.77-84.
41. _____. Estrutura. In.: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. p.101-110.
42. HARRIS, R.F.; CHESTERS, G. & ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation. Advances in Agronomy, New York, Academic Press, 1966. p.107-69.

43. HILLEL, D. Solo e água: fenômenos e princípios físicos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231 p.
44. HÉNIN, S.; GRAS, R. & MONNIER, G. Os solos agrícolas. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 352p.
45. JACKSON, M.L. Dispersion of soil minerals. In.: _____. Soil chemical analysis - advanced course. Madison, University of Wisconsin, Department of Soil Science, 1973. p.27-99.
46. KEMPER, W.D. & CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In.: BLACK, C.A. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.499-510.
47. _____. Aggregate stability. In.: BLACK, C.A. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.511-19.
48. KLUTE, A. & JACOBI, W.C. Physical properties of sassafras silt loam as affected by long-time organic matter additions. Soil Science Society of America Proceedings. Madison, 13(1):24-28 January/February 1949.

49. LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de método de trabalho de campo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. 36p.
50. LOW, A.J. The effect of cultivation on the structure and others physical characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). Journal of Soil Science, Oxford, England, 23(4): 363-80, December 1972.
51. _____. & STWART, P.R. Micro-structural differences between arable and old grassland soils as shown in the scanning electron microscope. Journal of Soil Science, Oxford, England, 25(2):135-137, June 1974.
52. LOWRY, F.E.; TAYLOR, E.J. & MUCK, M.G. Growth rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of pans. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34 (2):306-9, March/April 1970.
53. MACHADO, J.A. Efeito dos sistemas de cultivo reduzido a convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo. Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, 1976. 129p. (Tese de habilitação à Livre-Docência).
54. _____. & BRUM, A.C.R. Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 2(2):81-4, Maio/Agosto 1978.

55. MALLICK, S. & NAGARAJARAO, Y. Effect of tillage and plant growth under rain-fed conditions. Indian Journal of Agriculture Sciences, New Dehli, 42(9):453-6, September 1972.
56. MARCOS, Z.Z. Estrutura, agregação e água do solo. Piracicaba, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1968. 55p. (Tese de Doutorado).
57. MAYS, D.A.; TERMAN, G.L. & DUGGAN, J.C. Municipal compost : effects on crops yields and soil properties. Journal of Enviroment Quality, Maryland, 2(1):89-92, January 1973.
58. MEDINA, H.P. Constituição Física. In.: MONIZ, A.C. Elementos de Pedologia, São Paulo, Polígono, 1972. p.11-20.
59. MEMÓRIA, J.M. Curso de estatística aplicada à pesquisa científica (1ª parte). Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1972. p.153-6. (mimeografado).
60. OLIVEIRA, J.B.; GROHMANN, F. & QUEIROZ NETO, J.P. Características dos agregados de solo Podzólico Vermelho Amarelo da Estação Experimental de Monte Alegre do Sul. Bragantia, Campinas, 25(40):445-55, Dezembro 1966.
61. OLIVEIRA, L.B. Determinação da macro e microporosidade pela "Mesa de Tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Recife 3(1): 197-200, Janeiro/Fevereiro 1968.

62. OLIVEIRA, L.B.; DANTAS, H.S.; CAMPELO, A.B.; GALVÃO, S.J. & GOMES, I.F. Caracterização de adensamento no sub-solo de uma área de "tabuleiro" da Estação Experimental de Curado, Recife. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 3(2):207-14, Março/Abril, 1968.
63. _____; VEIGA, C.L.; DARIVA, T. & MACHADO, J.A. Caracterização físico-hídrica de um perfil de solo da Unidade São Pedro Podzólico Vermelho Amarelo. in.: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14^o. Santa Maria, RS. 1973. Anais... Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1975. p.72-88.
64. PHILLIPS, R.E. & KIRKMAN, D. Soil compaction in the field and corn growth. Agronomy Journal, Wisconsin, 54(1):29 - 34, January/February 1962.
65. REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo - planta-atmosfera, 3^a ed. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura/Fundação Cargill, 1975, 286p.
66. REICHARDT, K. A água na produção agrícola. Piracicaba, McGrawHill, 1978. 120p.
67. RESENDE, M. Classificação e física do solo (Notas de aula). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa/CEAPUL, 1978. (mimeografado).

68. RICHARDSON, S.J. Effect of artificial weatering cycles on the structural stability of a dispersed silt soil. Journal of Soil Science, Oxford, England, 27(3):287-294, September 1976.
69. SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Willey, 1976. 617p.
70. SCARDUA, R. Porosidade livre de água de dois solos do Município de Piracicaba - SP. Piracicaba, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", 1972. 83p.
71. SEUBERT, C.E.; SANCHEZ, P.A. & VALVERDE, C. Effects of land clearing methods on soil properties of an Ultisol and crop performance in Amazon Jungle of Peru. Tropical Agriculture, Trinidad, 54(4):307-321, October 1977.
72. SNEDECOR, G.W. Binomial and poisson distributions. In.: _____ . Statistical methods. 4th ed. Iowa, College Press, 1946. p.431-52.
73. SOWERS, G.F. Consistency. In.: BLACK, C.A. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling. (part 1). Madison, American Society of Agronomy, 1965. p.391-9.

74. SUBBARAMI, R.D. & DAKSIHINAMURTI, C. Root growth and soil structure under different tillage operations and uniform application of fertilizer. Indian Journal of Agriculture Sciences, New Dehli, 41(5):413-22, 1971.
75. TANCHANDRPHONGS, S. & DAVIDSON, J.M. Bulk density, aggregate stability and organic matter content as influenced by two wetland soil management practices. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 34(2):302-5, March/April 1970.
76. TERZAGHI, K. & PECK, R. Propriedades e índices dos solos. In.: _____. Mecânica dos solos na prática da engenharia. Rio de Janeiro, Livro Técnico, 1962. p.3-43.
77. THOMPSON, L.M. Propriedades físicas de los suelos. In.: _____. El suelo e su fertilidad. 3ª ed. Buenos Aires. Editorial Reverté, 1965. p.14-22.
78. TOWNER, G.D. An examination of the fall-cone method for the determination of some strength properties of removed agricultural soils. Journal of Soil Science, Oxford, England 24(4):470-9, December 1973.
79. TROUSE, A.C. & HUMBERT, R.P. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. Soil Science, Baltimore, 91(3):208-17, March 1961.

80. UHLAND, R.E. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 13(2):361-6, March/April 1949.
81. VETTORI, L. Métodos de análises de solos. Rio de Janeiro. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim técnico nº 7).
82. VOMOCIL, J.A. Porosity. In.: BLACK, C.A. Methods of soil analysis physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. (part.1). Madison, American Society of Agronomy. 1965. p.499-510.
83. YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. Journal of American Society of Agronomy, 28(5):391-9, May 1936.

APÉNDICES

APÉNDICE I

1. SOLO SOB VEGETAÇÃO DE PASTO NATURAL

1.1. Perfil Nº NC 01

Data: 18/08/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico textura média/argilosa com cascalho relevo montanhoso substrato gnaissosa.

Localização : Município de Lavras, Minas Gerais, a 950 metros além do trevo de Ribeirão Vermelho, no sentido Lavras-Rodovia Fernão Dias (BR 381), entrando à direita.

Situação e Declive: Corte de estrada situado no terço médio superior de uma encosta, com 26% de declive.

Altitude: 1015 metros

Relevo: Montanhoso

Erosão: Laminar Severa

Drenagem: Bem drenado

Material de origem: Gnaisse

Vegetação: Local - Pastagem natural de capim gordura
Regional - Mata

Uso atual: Pastagem natural de capim gordura.

DESCRIÇÃO DO PERFIL NC 01

- A₁ = 0 - 24 cm; bruno escuro (7,5 YR 4/2, úmido), bruno escuro (7,5 YR 3/2, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A & B = 24 - 35 cm; bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3, úmido), bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada média blocos angulares e sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios e grandes; friável, ligeimente plástico e ligeiramente pegajoso, transição gradual e ondulada.
- B_{21t} = 35 - 58 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/4, úmido); bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido amassado); argila arenosa; moderada a forte média e grande blocos angulares e sub-angulares; cerosidade moderada e comum a abundante; muitos poros, médios e pequenos; duro, muito firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

- IIB_{22t} = 58 - 81 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/6, úmido), bruno avermelhado (5 YR 4/8, úmido amassado); argila arenosa; forte grande prismática; cerosidade moderada e abundante; muitos poros, pequenos; muito duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- IIB_{23t} = 81 - 103 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido amassado); argila arenosa; moderada média prismática; muitos poros pequenos e grandes; cerosidade moderada e pouca; duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- IIC₁ = 103 - 129 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido), vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido amassado); franco argilo arenoso, maciça; poros comuns, médios e grandes; solto, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- IIC₂ = 129 - 200 cm⁺; vermelho (2,5 YR 5/6, úmido), vermelho (2,5 YR 5/6, úmido amassado); franco argiloso; maciça, poros comuns, médios e grandes; solto, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes : Abundantes e finas nos horizontes A₁ e A & B; muitas e finas no B_{21t} e raras nos demais horizontes.

OBS: Ocorrência de linha de pedras com arestas no horizonte B_{22t}.

1.2. Perfil Nº NC 02

Data: 30/04/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo textura média/ argilosa com cascalho relevo forte ondulado substrato gnaisse.

Localização : Município de Lavras, MG., a 800 metros a lém do trevo de Ribeirão Vermelho no sentido Lavras - Rodovia Fernão Dias (BR 381), entrando à direita.

Situação e Declive: Corte de estrada no terço médio de uma encosta, com 22% de declive.

Altitude: 1003 metros

Relevo: Montanhoso

Erosão: Laminar severa

Drenagem: Bem drenado

Material de Origem: Gnaisse

Vegetação: Local - Pastagem natural de capim gordura
Regional - Mata.

Uso atual: Pastagem natural de capim gordura.

DESCRIÇÃO DO PERFIL NC 02

- A₁ = 0 - 17 cm; bruno escuro (7,5 YR 3/2, úmido e úmido a massado) franco argilo arenoso; moderada pequena blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios e pequenos; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A & B = 17 - 33 cm; bruno amarelado escuro (10 YR 4/6, úmido e úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada grande blocos angulares e sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios e grandes; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e ondulada.
- B_{21t} = 33 - 47 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido) bruno (7,5 YR 5/6 úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a forte grande blocos angulares e sub-angulares; cerosidade moderada e comum abundante; poros comuns médios e pequenos; duro, muito firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição clara e plana.
- IIB_{22t} = 47 - 73 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido), vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido amassado); argila; forte média e grande prismática; cerosidade moderada e abundante; muitos poros, muito pequenos; muito duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

IIB_{23t} = 73 - 118 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido) ,
vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido amassado); argi-
la; forte grande prismática; cerosidade moderada e
abundante; muito poros, muito pequenos; muito duro ,
firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso;
transição clara e ondulada.

IIB₃ = 118 - 143 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido) ,
vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido amassado); argi-
la arenosa; moderada média e grande prismática; cer-
sidade moderada e pouca; poros comuns, pequenos; du-
ro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pega-
joso; transição gradual e difusa e plana.

IIC = 143 - 200 cm^{*}; vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido),
vermelho amarelado (5 YR 5/4, úmido amassado); fran-
co argilo arenoso; maciça; poros comuns, médios e
grandes; ligeiramente duro; firme, ligeiramente plás-
tico e ligeiramente pegajoso.

Raízes : Muitas no A₁ e A & B; comuns no B_{21t} e B_{22t}; raras nos
demais horizontes.

OBS: Ocorrência de linha de pedras, com arestas, no horizonte
B_{22t}.

1.3. Perfil Nº NC 03

Data: 27/08/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eu-
trófico textura média/argilosa com casca-
lho relevo forte ondulado substrato gnais-
se.

Localização: Município de Lavras, MG., a 700 metros ,
além do trevo de Ribeirão Vermelho, no
sentido Lavras - Rodovia Fernão Dias (BR
381), entrando à direita.

Situação e Declive: Corte de estrada situado no terço
médio inferior da encosta, com 17%
de declive.

Altitude: 993 metros

Relevo: Montanhoso

Erosão: Laminar severa

Drenagem: Bem drenado

Material de origem: Gnaisse

Vegetação: local - Pastagem natural de capim gordura
regional - Mata

Uso atual: Pastagem natural de capim gordura.

DESCRIÇÃO DO PERFIL NC 03

A₁ = 0 - 21 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido), vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada pequena e média blocos sub-angulalares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios e grandes; ligeiramente plástlico e ligeiramente pegajolso; transição clara e plana.

- A & B = 21 - 40 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/8, úmido) ,
vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido amassado); franco
argiloso; moderada a fraca blocos sub-angulares
que desfazem em grânulos; poros comuns, médios e
grandes; ligeiramente duro, friável, não plástico e
não pegajoso; transição clara e plana.
- B_{21t} = 40 - 58 cm; bruno forte (7,5 YR 5/6, úmido), bruno
(5,4 YR 5/4 úmido amassado); franco argilo arenoso;
moderada a forte média e grande blocos angulares e
sub-angulares; cerosidade moderada e comum; poros
comuns, pequenos e muito pequenos; ligeiramente du
ro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pe-
gajoso; transição clara e plana.
- IIB_{22t} = 58 - 80 cm; vermelho amarelado (5 YR 5/6, úmido) ,
vermelho amarelado (5 YR 5/4, úmido amassado); argi
la arenosa; forte e grande blocos angulares; cerosi
dade moderada e abundante; muitos poros, médios e
pequenos; muito duro, firme plástico e pegajoso, tran
sição gradual e plana.
- IIB_{23t} = 80 - 106 cm; vermelho amarelado (2,5 YR 5/6, úmido),
vermelho amarelado (2,5 YR 5/8, úmido amassado); ar
gila; moderada a forte média e grande blocos angula
res e sub-angulares; cerosidade fraca e pouca; mui
tos poros, muito pequenos; ligeiramente duro, firme
plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.
- IIB₃ = 106 - 142 cm; bruno forte (7,5 YR 6/8, úmido), bru
no forte (7,5 YR 5/8, úmido amassado); franco argi
loso; moderada a fraca pequena blocos sub-angulares;
poros comuns, médios e grandes; solto, friável, não
plástico e não pegajoso; transição difusa e plana.

II C = 142 - 200 cm⁺; bruno forte (7,5 YR 6/6, úmido e úmido amassado); franco argiloso; moderada a fraca pequena blocos sub-angulares; poros comuns, médios e grandes; solto, friável, não plástico e não pegajoso.

Raízes : Abundantes e médias a finas no horizonte A₁; comuns e finas no A & B e B_{21t}; poucas e finas no B_{22t}, raras nos demais horizontes.

OBS: Ocorrência de linha de pedras, com arestas no horizonte B_{22t}.

2. SOLO SOB CONDIÇÕES DE CULTIVO

2.1. Perfil Nº CV 01

Data: 16/08/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Latossólico
textura média/argilosa relevo montanhoso
substrato gnaisse.

Localização : Município de Lavras, MG., a 1050 metros
além do trevo de Ribeirão Vermelho, mar-
gem direita da variante, no sentido La
vras Rodovia Fernão Dias (BR - 381).

Situação e Declive: Trincheira de 1,20 x 1,50 x 2,00 m
aberta no terço médio superior de u
ma encosta, com 27% de declive.

Altitude : 1045 metros

Relevo : Montanhoso

Erosão: Laminar severa com presença de sulcos localiza-
dos.

Drenagem: Bem drenado

Material de origem: Gnaisse

Vegetação: Local - Pastagem natural de capim cordure
Regional - Mata

Uso atual : Roça em pousio, cultivada com arroz anual -
mente em sistema de agricultura tradicional
da região de Lavras, Minas Gerais.

OBS: A área onde foram descritos os perfis CV vem sendo cultivada há cerca de 10 anos, através de uma rotação das culturas do arroz e milho.

DESCRIÇÃO DO PERFIL CV 01

- Ap = 0 - 13 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/8, úmido), vermelho amarelado (5 YR 4/8, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a fraca granular e alguns blocos sub-angulares pequenos; muitos poros, médios e pequenos; ligeiramente duro, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- A & B = 13 - 31 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido) bruno avermelhado (5 YR 5/4, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a fraca pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios e pequenos; solto friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₁ = 31 - 53 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/4, úmido), bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido amassado); argila arenosa; moderada a forte média blocos sub-angulares; cerosidade fraca e pouca muitos poros, médios e pequenos; ligeiramente duro; firme, ligeiramente plástico e pegajoso; transição clara e plana.

B_{22t} = 53 - 104 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/6, úmido) , bruno avermelhado (5 YR 5/8, úmido amassado); argila arenosa; forte média e grande blocos angulares e sub-angulares; muitos poros muito pequenos e pequenos; cerosidade moderada a forte e abundante; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e ondulada.

B_{23t} = 104 - 131 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido) , bruno avermelhado (5 YR 4/3, úmido amassado); argila arenosa; moderada a fraca pequena e média blocos angulares e sub-angulares; cerosidade fraca e pouca; muitos poros, pequenos; ligeiramente duro, friável a firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

B₃₁(Bs_q-1) = 131 - 165 cm; bruno avermelhado claro (5 YR 6/4, úmido), bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido amassado); argila arenosa; fraca aspecto de maciça porosa, muitos poros, muito pequenos e pequenos, macio, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

B₃₂(Bs_q-2) = 165 - 200 cm⁺; bruno avermelhado claro (5 YR 6/4, úmido), vermelho amarelado (5 YR 6/8, úmido amassado); franco argilo arenoso; fraca pequena aspecto de maciça porosa; muitos poros, médios e pequenos; macio, friável a muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes : Abundantes e finas no A_p e A & B; poucas a raras e finas no horizonte B_{21t} e no B_{22t}; raras nos demais horizontes.

OBS: Evidências de massa latossólica nos horizontes B₃₁(Bs_q-1) e B₃₂(Bs_q-2).

2.2. Perfil Nº CV 02

Data: 17/08/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico textura média/argilosa relevo montanhoso substrato gnaisse.

Localização: Município de Lavras, MG., a 1150 metros além do trevo de Ribeirão Vermelho, sentido Lavras - Rodovia Fernão Dias (BR 381), entrando à direita.

Situação e Declive: Trincheira de 1,20 x 1,50 x 2,00 m aberta no terço médio de uma encosta, com 34% de declive.

Altitude: 1025 metros

Relevo: Montanhoso

Erosão: Laminar severa com ocorrência de sulcos localizados.

Drenagem: Bem drenado

Material de origem: Gnaisse

Vegetação: local - Gramíneas de várias espécies
regional - Mata

Uso atual: Roça de milho em pousio, cultivada há 10 anos consecutivos, em sistema de agricultura tradicional da região.

DESCRIÇÃO DO PERFIL CV 02

- A_p = 0 - 13 cm; bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido), bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e difusa e plana.
- A & B = 13 - 34 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/4, úmido e úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a fraca pequena blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; poros comuns, médios; macio, friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{21t} = 34 - 77 cm; bruno amarelado (5 YR 5/6, úmido amassado); argila; forte média blocos angulares e sub-angulares; cerosidade fraca e comum; muitos poros, pequenos, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.
- B_{22t} = 77 - 125 cm; bruno avermelhado (2,5 YR 4/4, úmido), bruno avermelhado escuro (2,5 YR 5/6, úmido amassado); argila; forte média blocos angulares e sub-angulares; cerosidade moderada a forte e abundante; muitos poros, pequenos; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

B₃₁(Bs_q-1) = 125 - 144 cm; vermelho (2,5 YR 5/8, úmido), vermelho (2,5 YR 4/8, úmido amassado); franco argiloso; moderada pequena e média blocos sub-angulares; poros comuns, médios, macio a ligeiramente duro, friável a firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

B₃₂(Bs_q-2) = 144 - 166 cm; bruno forte (7,5 YR 5/8, úmido e úmido amassado); franco argiloso; fraca pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; solto e macio friável a muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

B₃₃(Bs_q-3) = 166 - 200 cm⁺; bruno avermelhado claro (5 YR 6/3, úmido e úmido amassado); franco argiloso; fraca pequena granular; poros comuns e grandes; solto, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes : Abundantes e finas no A_p e A & B; poucas no B_{21t} e B_{22t}; raras nos demais horizontes.

OBS: Evidência de massa latossólica nos horizontes B₃₁(Bs_q-1), B₃₂(Bs_q-2) e B₃₃(Bs_q-3).

2.3. Perfil Nº CV 03

Data: 17/08/77

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente eutrófico textura média/argilosa relevo montanhoso substrato gnaisse.

Localização: Município de Lavras, MG., a 1200 metros a
lém do trevo de Ribeirão Vermelho, senti-
do Lavras-Rodovia Fernão Dias (BR 381).

Situação e Declive: Trincheira de 1,20 x 1,50 x 2,00 m
aberta no terço médio inferior de
uma encosta, com 32% de declive.

Altitude: 972 metros

Relevo: Montanhoso

Erosão: Laminar moderada com presença generalizada de
sulcos individualizados.

Drenagem: Bem drenado

Material de origem: Gnaisse

Vegetação: Local - Gramíneas de várias espécies
Regional - Mata

Uso atual: Roça de milho em pousio, cultivada há 10 a
nos consecutivos, utilizando o sistema tra-
dicional de agricultura da região.

DESCRIÇÃO DO PERFIL CV 03

- A_p = 0 - 20 cm; bruno avermelhado escuro (5 YR 3/4, úmido e úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a fraca pequena e média blocos sub-angulares; ligeiramente duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A & B = 20 - 32 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido), bruno avermelhado (5 YR 4/4, úmido amassado); franco argilo arenoso; moderada a fraca pequena e média blocos sub-angulares; poros comuns, médios e grandes; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{21t} = 32 - 75 cm; vermelho amarelado (5 YR 4/6, úmido e úmido amassado); argila; moderada a forte média blocos sub-angulares; cerosidade moderada e comum; muitos poros, pequenos; ligeiramente duro, firme, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B_{22t} = 75 - 100 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/6, úmido e úmido amassado); argila; moderada a forte média blocos angulares e sub-angulares; cerosidade forte e abundante; muitos poros, muito pequenos; ligeiramente duro, firme, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₃ = 100 - 120 cm; bruno amarelado (5 YR 5/6, úmido), bruno amarelado (5 YR 4/6, úmido amassado); argila; moderada média blocos sub-angulares; cerosidade fraca a moderada e pouca; muitos poros, médios; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual a difusa e plana.

C₁ = 120 - 145 cm; bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido e úmido amassado); argila; moderada pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos po_{ros} comuns, médios e grandes, macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

C₂ = 145 - 200 cm⁺; bruno avermelhado claro (5 YR 6/4, úmido), bruno avermelhado (5 YR 5/3, úmido amassado); franco argiloso; moderada a fraca pequena e média blocos sub-angulares que se desfazem em grânulos; po_{ros} comuns e médios a grandes; macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

Raízes : Abundantes e finas no A_p e A & B; poucas no B_{2lt}; ra_{ras} nos demais horizontes.

APÉNDICE II

QUADRO 1. Quadrados Médios, da Densidade do Solo (Ds) e Densidade de partículas (Dp) de amostras de material de solo dos perfis estudados.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios	
		Ds	Dp
Vegetação	1	0,0587**	0,0127
Horizonte: Pasto	6	0,0176**	0,0048
Horizonte: Cultivo	6	0,0411**	0,0059
Erro Experimental	28	0,0044	0,0029
Coeficiente de Variação %		4,45	2,17

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 2. Quadrados Médios⁽¹⁾, da distribuição percentual da porosidade do solo em amostras de material dos perfis estudados.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios - Porosidade		
		Total	Macro	Micro
Vegetação	1	1,0660	171,5780**	32,3490**
Horizonte: Pasto	6	27,0655*	8,7403*	4,3762**
Horizonte: Cultivo	6	31,2307*	69,6993**	0,3192
Erro Experimental	28	10,5071	3,6176	0,3135
Coeficiente de Variação %		8,29	8,11	2,42

(1) Obtidos com os dados originais (x) transformados para ângulos correspondentes a $\text{arc sen } \sqrt{x/100}$, de acordo com Bliss (1937), citado por SNEDECOR (72).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 3. Quadrados Médios ⁽¹⁾, da distribuição percentual dos macroagregados estáveis em água, obtida com análise de agregados sem o pré-tratamento, em amostras de material de solos dos perfis estudados.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios (∅ mm)	4,00 ≥ ∅ > 2,00	2,00 ≥ ∅ > 1,00
Vegetação	1	370,1790**	58,4340**	
Horizonte: Pasto	6	527,4292**	41,2390**	
Horizonte: Cultivo	6	189,5448**	29,4383**	
Erro Experimental	28	17,6186	3,3176	
Coeficiente de Variação %		10,92	7,48	

(¹) Obtidos com os dados originais (x) transformados para ângulos correspondentes a arc sen $\sqrt{x/100}$, de acordo com Bliss (1937), citado por SNEDECOR (72).
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 4. Quadrados Médios⁽¹⁾, da distribuição percentual dos microagregados estáveis em água, obtida com a análise de agregados sem o pré-tratamento, em amostras de material de solos dos perfis estudados.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios - $\bar{\mu}$ mm			
		$1,00 \geq \bar{\mu} > 0,50$	$0,50 \geq \bar{\mu} > 0,25$	$0,25 \geq \bar{\mu} > 0,105$	$\bar{\mu} \leq 0,105$
Vegetação	1	136,4770**	27,5400**	3,8470*	34,3445*
Horizonte: Pasto	6	132,8310**	115,0283**	82,9503**	21,0896*
Horizonte: Cultivo	6	55,6777**	33,6823**	19,1576**	10,5468
Erro Experimental	28	4,8646	7,5123	6,6961	6,4306
Coeficiente de Variação %		8,67	13,64	15,91	31,72

(¹) Obtidos com a transformação dos dados originais (x) transformados para ângulos de arco sen $\sqrt{x/100}$, de acordo com Bliss (1937), citado por SNEDECOR (72).
 * Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

QUADRO 5. Quadrados Médios (1), das características determinantes do estado de consistência do solo: Limite de Liquidez (LL) Limite de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP) em amostras de material de solo, nos perfis estudados.

Causa de Variação	GL	Quadrados Médios		
		LL	LP	IP
Vegetação	1	25,8640*	19,2050*	0,1085
Horizonte: Pasto	6	32,9653**	29,2478**	44,6949**
Horizonte: Cultivo	6	56,1243**	35,8818**	69,9639**
Erro Experimental	28	4,5927	4,3282	4,8595
Coeficiente de Variação %		5,51	5,69	20,44

(1) Obtidos com os dados originais (x) transformados para ângulos correspondentes a arc sen $\frac{Vx}{100}$, de acordo com Bliss (1937), citado por SNEDECOR (72).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 6. Quadrados Médios⁽¹⁾, dos teores de argila total, matéria orgânica e sesquióxidos de ferro livre em amostras de material de solos dos perfis estudados.

Causa de Variação		Quadrados Médios		
GL		Argila	Matéria orgânica	Ferro livre
Vegetação	1	181,4190**	0,6096*	0,3105*
Horizonte: Pasto	6	78,3745**	16,0572**	11,3347**
Horizonte: Cultivo	6	61,4868**	7,6448**	10,4610**
Erro Experimental	28	5,4905	0,6087	0,9506
Coeficiente de Variação %		6,57	15,08	9,27

(1) Obtidos com os dados originais (x) transformados para ângulos correspondentes a $\arcsin \sqrt{x/100}$, de acordo com Bliss (1937), citado por SNEDECOR (72).
 * Significativo ao nível de 5% de probabilidade.
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

QUADRO 7. Quadrados Médios (1), do teor de argila dispersa em água (AD) e do Índice de Flocculação (IF) em amostras de material de solo nos perfis estudados.

Causa da Variação	GL	Quadrados Médios		
		AD	IF	
Vegetação	1	41,282*	694,590**	
Horizonte: Pasto	6	403,811**	2151,735**	
Horizonte: Cultivo	6	550,945**	2334,095**	
Erro Experimental	28	13,749	42,505	
Coeficiente de Variação %		22,06	11,66	

(1) Obtidos com os dados originais (x) transformados para ângulos correspondentes a arc sen $\frac{\sqrt{x}}{100}$, de acordo com Bliss (1937) citado por SNEDECOR (72).

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

APÉNDICE III

QUADRO 1. Teor de argila total, conteúdo de matéria orgânica e sesquióxidos de ferro livre em amostras de material de solos nos perfis estudados (média de três repetições)*.

HORIZONTE	Prof. (cm) Média	Argila total		Matéria orgânica		Ferro Livre	
		Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo	Pasto	Cultivo
		%					
A ₁ e A _p	0-18	22,30 a	26,09 a	2,56 a	1,89 a	1,85 a	1,88 a
A & B	18-34	22,92 a	30,17 ab	1,58 a	1,47 ab	1,93 a	2,26 a
B _{21t}	34-61	27,25 ab	42,39 cd	0,59 b	1,09 ab	2,35 a	4,07 b
B _{22t}	61-86	39,43 c	48,30 d	0,55 b	0,73 b	4,19 b	4,25 b
B _{23t} e B ₃₁ (Bs _q -1)	86-120	43,26 c	41,39 cd	0,40 b	0,45 c	4,56 b	4,60 b
C ₁ e B ₃₂ (Bs _q -2)	120-148	34,33 bc	36,59 bc	0,29 b	0,46 c	4,28 b	4,44 b
C ₂ e B ₃₃ (Bs _q -3)	148-200	26,21 ab	38,10 cd	0,27 b	0,45 c	3,23 ab	4,27 b
MÉDIAS		α 30,81	β 37,58	α 0,89	β 0,93	α 3,20	β 3,68

* Médias que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste t_{post} (5%), dentro do mesmo perfil. A notação α e β que precede as médias, indica a diferença significativa entre os perfis de pasto e cultivo pelo teste F.

QUADRO 2. Distribuição dos separados do solo, argila dispersa em água e relações texturais provenientes da análise granulométrica pelo "método na pipeta" no perfil Nº NC 01 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	Areias					Silte	Argila		Índice de Floculação
	M.G.	G.	M.	F.	M.F.		Total	Água	
	%								
A ₁	13,35	16,28	10,02	16,09	7,30	18,24	18,72	15,37	17,89
A & B	8,34	13,16	10,75	12,34	7,53	26,34	21,54	17,24	19,96
B _{21t}	10,81	10,81	7,37	11,83	7,31	20,05	31,82	27,40	13,89
IIB _{22t}	8,42	10,62	5,98	9,93	7,50	17,59	39,96	34,83	12,84
IIB _{23t}	8,66	11,34	6,32	9,41	7,84	18,04	38,39	0,15	99,61
IIC ₁	7,76	13,58	6,52	10,41	7,93	21,08	32,72	0,05	99,85
IIC ₂	6,08	9,95	6,50	10,01	7,89	29,66	29,91	0,00	100,00
Gradiente textural: 1,82									

M.G. = Muito Grossa
 G. = Grossa
 M. = Média

F. = Fina
 M.F. = Muito Fina

QUADRO 3. Distribuição dos separados do solo, argila dispersa em água e relações texturais provenientes da análise granulométrica pelo "método da pipeta" no perfil Nº NC 02 (solo sob condições de pasto natural).

HORIZONTE	Areias					Silte	Argila		Índice de Floculação
	M.G.	G.	M.	F.	M.F.		Total	Água	
	%								
A ₁	10,99	10,98	15,87	15,93	8,12	13,32	24,79	13,19	46,79
A & B	14,05	12,36	10,49	17,02	10,01	12,77	23,30	18,92	18,79
B _{21t}	10,20	10,01	14,70	13,56	8,50	16,95	26,08	19,44	25,46
IIB _{22t}	5,30	10,09	9,01	10,10	7,87	16,43	41,20	33,53	29,27
IIB _{23t}	5,98	9,65	6,50	9,13	6,79	19,06	42,89	11,72	72,84
IIB ₃	8,20	10,26	7,95	12,06	7,60	25,27	23,66	0,20	99,30
IIC	15,03	9,72	12,49	10,42	6,30	26,13	19,91	0,20	98,99

Gradiente textural: 1,53

M.G. = Muito Grossa
 G. = Grossa
 M. = Média

F. = Fina
 M.F. = Muito Fina

QUADRO 4. Distribuição dos separados do solo, argila dispersa em água e relações texturais provenientes da análise granulométrica pelo "método da pipeta" no perfil Nº NC 03 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	Areias					Silte	Argila		Índice de Floculação
	M.G.	G.	M.	F.	M.F.		Total	Água	
	%								
A ₁	12,39	15,41	9,52	13,25	6,72	17,08	23,63	12,73	46,13
A & B	11,88	13,05	9,54	16,34	6,89	19,44	22,86	15,56	31,93
B _{21t}	10,11	12,36	8,71	15,93	8,90	19,98	24,01	18,27	23,91
IIB _{22t}	9,32	9,04	6,74	16,40	9,70	11,50	37,30	15,54	35,49
IIB _{23t}	6,98	7,03	4,95	9,79	7,79	14,98	48,48	8,32	82,84
IIB ₃	5,34	9,23	5,77	9,88	7,25	20,57	41,96	1,39	96,69
IIC	6,54	10,93	6,49	10,16	7,85	28,71	29,32	0,60	97,95
Gradiente textural: 1,57									

M.G. = Muito Grossa
 G. = Grossa
 M. = Média

F. = Fina
 M.F. = Muito Fina

QUADRO 5. Distribuição dos separados do solo, argila dispersa em água e relações texturais provenientes da análise granulométrica pelo "método da pipeta" no perfil Nº CV 01 (solo cultivado).

HORIZONTE	Areias					Silte	Argila		Índice de Floculação	
	M.G.	G.	M.	F.	M.F.		Total	Água		
	%									
A _p	5,34	13,62	15,31	23,40	6,68	9,14	26,51	18,48	30,29	
A & B	5,75	12,67	13,78	21,98	6,47	7,44	31,91	22,49	29,52	
B _{21t}	6,64	11,74	12,14	19,29	6,27	5,45	38,47	24,43	35,49	
B _{22t}	4,63	10,12	7,89	15,63	5,86	6,23	49,64	12,16	71,11	
B _{23t}	4,58	11,28	8,97	14,05	7,81	10,73	42,58	1,17	97,25	
B ₃₁ (Bs _q -1)	4,42	10,98	9,85	15,77	7,97	15,46	35,55	0,01	99,97	
B ₃₂ (Bs _q -2)	4,67	8,99	9,37	15,47	7,47	16,32	37,71	0,00	100,00	
Gradiente textural:	1,49									

M.G. = Muito Grossa
 G. = Grossa
 M. = Média

F. = Fina
 M.F. = Muito Fina

QUADRO 6. Distribuição dos separados do solo, argila dispersa em água e relações texturais provenientes da análise granulométrica pelo "método da pipeta" no perfil Nº CV 02 (solo cultivado).

HORIZONTE	Areias					Silte	Argila		Índice de Floculação
	M.G.	G.	M.	F.	M.F.		Total	Água	
	%								
A _p	11,78	13,28	8,51	12,87	6,54	21,93	25,09	16,03	36,11
A & B	7,82	12,20	8,59	12,88	7,17	24,49	26,85	21,65	19,37
B _{21t}	8,23	9,01	4,60	6,58	5,42	15,83	50,33	27,31	45,74
B _{22t}	7,66	10,29	6,19	8,77	5,66	15,80	45,63	10,51	76,97
B ₃₁ (Bs _q -1)	7,89	10,17	6,14	8,67	6,19	21,89	39,05	0,02	99,95
B ₃₂ (Bs _q -2)	5,72	10,34	6,42	9,10	6,40	23,17	38,85	0,02	99,95
B ₃₃ (Bs _q -3)	5,37	8,78	6,37	9,31	5,06	26,17	38,94	0,00	100,00

Gradiente textural: 1,85

M.G. = Muito Grossa
 G. = Grossa
 M. = Média

F. = Fina
 M.F. = Muito Fina

QUADRO 8. Complexo sortivo do solo no perfil Nº NC 01 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	Complexo Sortivo								p (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	T			Al ³⁺ + S	Γ
	mE/100g										%	
A ₁	1,2	0,6	0,12	0,024	1,94	0,4	6,0	7,94	2	24,47	17,82	1,23
A & B	1,5	0,2	0,08	0,024	1,80	0,5	5,1	6,90	2	26,09	21,73	0,35
B _{21t}	1,6	0,1	0,05	0,024	1,77	0,2	2,8	4,57	1	38,75	10,14	0,52
IIB _{22t}	1,3	0,3	0,05	0,016	1,66	0,2	2,5	4,16	1	39,96	10,73	0,38
IIB ₂₃	1,0	0,4	0,04	0,016	1,46	0,1	1,6	3,06	2	47,69	6,41	0,52
IIC ₁	0,7	0,4	0,06	0,016	1,18	0,1	1,9	3,08	2	38,31	7,81	0,52
IIC ₂	0,9	0,3	0,07	0,016	1,28	0,1	1,6	2,88	2	44,54	7,22	0,55

QUADRO 9. Reação do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares Ki, Kr e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil N9 NC O1 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 (d = 1,47)					Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5			
A ₁	5,2	4,4	8,36	8,32	2,85	0,157	0,027	1,71	1,40	4,58
A & B	5,1	4,4	9,85	9,88	3,26	0,169	0,026	1,69	1,39	4,76
B _{21t}	5,5	4,8	14,09	13,52	4,79	0,204	0,027	1,77	1,44	4,43
IIB _{22t}	5,6	5,1	15,55	17,59	5,66	0,218	0,034	1,50	1,25	4,88
IIB _{23t}	6,0	5,6	17,32	17,33	5,56	0,214	0,038	1,70	1,41	4,89
IIC ₁	5,8	5,4	20,86	15,86	5,10	0,212	0,038	2,23	1,85	4,88
IIC ₂	5,6	5,0	17,13	15,86	4,89	0,229	0,036	1,84	1,53	5,09

QUADRO 10. Complexo sortivo do solo no perfil Nº NC 02 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	Complexo Sortivo								P (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	T			Al ³⁺ + S	T
	mE/100g										%	
A ₁	1,9	0,6	0,16	0,016	2,68	0,3	6,0	8,67	2	30,91	10,07	0,18
A & B	1,7	0,2	0,06	0,024	1,98	0,3	3,4	5,39	1	36,89	13,16	0,44
B _{21t}	1,7	0,2	0,06	0,024	1,99	0,1	1,9	3,89	1	51,13	4,80	0,62
IIB _{22t}	1,9	0,2	0,05	0,032	2,18	0,1	2,5	4,68	1	46,58	4,39	0,68
IIB _{23t}	1,6	0,6	0,06	0,032	2,29	0,1	2,2	4,49	1	50,98	4,19	0,71
IIC ₁	1,1	0,4	0,12	0,032	1,65	0,1	1,6	3,25	2	50,79	5,71	0,98
IIC ₂	1,1	0,5	0,11	0,032	1,74	0,1	0,9	2,64	2	65,96	5,42	1,21

QUADRO 11. Reação do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares Ki, Kr e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil Nº NC 02 (solo sub condições de pastagem natural).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 (d = 1,47)					Ki	Kr	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5			
			%							
A ₁	5,3	4,4	11,17	9,27	3,73	0,206	0,029	2,04	1,63	3,90
A & B	5,6	4,6	9,83	9,27	3,33	0,210	0,025	1,80	1,46	4,37
B _{21t}	5,9	4,8	10,80	11,07	3,73	0,231	0,021	1,66	1,36	4,66
IIB _{22t}	6,0	5,0	17,65	18,02	6,06	0,227	0,027	1,66	1,37	4,67
IIB _{23t}	6,0	5,1	22,37	20,02	6,63	0,250	0,034	1,80	1,57	4,74
IIB ₃	6,2	5,1	20,93	17,16	5,50	0,212	0,034	2,07	1,72	4,89
IIC	6,3	5,1	22,26	15,45	5,05	0,210	0,029	2,45	2,02	4,80

QUADRO 12. Complexo sortivo do solo no perfil Nº NC U3 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	Complexo Sortivo								p (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	T			Al ³⁺ + S	T
											%	
											mE/100g	
A ₁	1,8	0,5	0,32	0,032	2,65	0,3	6,2	8,85	1	29,95	10,16	0,36
A & B	1,5	0,4	0,18	0,032	2,11	0,4	4,5	6,61	1	31,91	15,94	0,48
B ₂₁	1,6	0,4	0,08	0,024	2,10	0,1	2,2	4,30	1	48,87	4,54	0,56
IIB _{22t}	1,6	0,5	0,07	0,024	2,19	0,1	2,6	4,79	1	45,77	4,36	0,50
IIB _{23t}	1,4	0,7	0,12	0,024	2,24	0,1	1,7	3,94	1	56,89	4,27	0,60
IIB ₃	1,4	0,5	0,11	0,024	2,04	0,1	2,0	4,04	2	50,48	4,67	0,59
IIC	1,1	0,7	0,14	0,024	1,97	0,1	0,9	2,88	2	68,60	4,84	0,83

QUADRO 13. Reação do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares K_i , K_r e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil Nº NC 03 (solo sob condições de pastagem natural).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 (d = 1,47)					K_i	K_r	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5			Al_2O_3	Fe_2O_3
			%								
A_1	4,8	4,3	10,33	9,10	3,88	0,200	0,032	1,93	1,52	3,63	
A & B	5,2	4,4	10,44	9,98	2,91	0,214	0,027	1,78	1,50	5,38	
B_{21t}	5,5	4,6	10,42	10,24	4,01	0,218	0,024	1,73	1,38	4,01	
IIB_{22t}	5,9	4,9	22,60	15,11	6,24	0,255	0,027	2,54	2,01	3,80	
IIB_{23t}	6,1	5,5	29,03	19,37	7,27	0,276	0,035	2,55	2,05	4,18	
IIB_3	6,1	5,5	21,91	19,09	7,70	0,271	0,035	1,95	1,55	3,89	
IIC	6,1	5,2	22,76	14,43	6,30	0,214	0,021	2,70	2,09	3,59	

QUADRO 14. Complexo sortivo do solo no perfil Nº CV 01 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	Complexo Sortivo								P (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	T			Al ³⁺ + S	T
										%		
										mE/100g		
A _p	0,5	0,1	0,12	0,02	0,74	0,8	5,3	6,04	3	12,3	51,71	0,39
A & B	0,8	0,2	0,05	0,03	1,08	0,3	4,0	5,08	1	21,3	21,69	0,63
B _{21t}	1,1	0,2	0,04	0,02	1,36	0,1	3,0	4,36	1	31,3	6,82	0,55
B _{22t}	0,9	0,4	0,03	0,03	1,36	0,1	2,7	4,06	1	33,5	6,84	0,79
B _{23t}	0,5	0,4	0,04	0,03	0,97	0,1	2,0	2,97	1	32,8	9,30	1,07
B ₃₁ (Bs _{sq} -1)	0,4	0,5	0,07	0,03	1,00	0,1	2,0	3,00	2	33,4	9,07	1,06
B ₃₂ (Bs _{sq} -2)	0,4	0,4	0,10	0,02	0,92	0,1	1,9	2,82	2	32,7	9,76	0,85

QUADRU 15. Reação do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares K_i , K_r e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil N° CV 01 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 (d = 1,47)					Al_2O_3	Fe_2O_3	
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5	K_i	K_r	
— % —										
A _p	4,9	4,2	9,58	9,46	4,24	0,175	0,026	1,72	1,34	3,50
A & B	5,2	4,4	13,34	11,29	4,64	0,183	0,023	2,01	1,59	3,82
B _{21t}	5,6	4,9	12,66	14,17	5,88	0,222	0,025	1,52	1,20	3,78
B _{22t}	5,5	5,1	13,87	15,00	6,99	0,226	0,030	1,57	1,21	3,37
B _{23t}	5,2	5,6	14,79	15,97	6,48	0,243	0,031	1,57	1,25	3,87
B ₃₁ (Bsq-1)	5,3	5,4	15,60	15,00	6,09	0,236	0,029	1,77	1,40	3,87
B ₃₂ (Bsq-2)	5,2	5,3	13,75	13,39	5,55	0,231	0,036	1,74	1,38	3,79

QUADRO 16. Complexo sorativo do solo no perfil N° CV 02 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	Complexo Sorativo								P (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	T			Al ³⁺ / S	T
	mg/100g										%	
A _p	1,0	0,6	0,09	0,03	1,72	0,7	5,7	7,43	8	23,24	28,92	0,43
A. & B	1,0	0,4	0,09	0,02	1,47	0,5	3,8	5,27	2	27,85	25,42	0,30
B _{21t}	2,2	0,7	0,04	0,03	2,97	0,7	2,5	5,47	1	54,33	19,05	0,5
B _{22t}	1,3	0,6	0,05	0,02	1,97	0,1	1,6	3,56	2	55,10	4,83	0,45
B ₃₁ (Bsq-1)	1,1	0,6	0,05	0,03	1,78	0,1	1,6	3,38	2	52,70	5,31	0,95
B ₃₂ (Bsq-2)	0,9	0,7	0,06	0,02	1,68	0,1	1,6	3,29	2	51,33	5,62	0,73
B ₃₃ (Bsq-3)	0,7	0,5	0,07	0,02	1,29	0,1	1,9	3,19	2	40,38	7,20	0,50

QUADRO 17. Reação do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares Kr , Ki e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil No CV 02 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 ($d = 1,47$)						Al_2O_3		Fe_2O_3	
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	Ki	Kr			
	%											
A p	5,1	4,1	10,54	9,27	3,33	0,206	0,029	1,93	1,57		4,37	
A & B	5,0	4,2	13,45	10,81	3,73	0,239	0,022	2,11	1,73		4,55	
B _{21t}	5,9	5,2	24,45	18,91	6,18	0,231	0,026	2,20	1,82		4,80	
B _{22t}	5,8	5,5	18,32	15,45	5,45	0,206	0,025	2,02	1,64		4,48	
B ₃₁ (Bsq-1)	5,5	5,4	21,06	15,96	5,65	0,210	0,027	2,24	1,83		4,43	
B ₃₂ (Bsq-2)	5,2	5,1	20,64	16,90	5,71	0,208	0,029	2,08	1,71		4,65	
B ₃₃ (Bsq-3)	5,1	5,0	25,63	16,22	5,96	0,206	0,029	2,69	2,17		4,27	

QUADRO 18. Complexo sortivo do solo no perfil 99 CV 03 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	Complexo Sortivo								p (ppm)	V	100 Al ³⁺	100 Na ⁺
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	S	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	Γ			Al ³⁺ + S	T
	mE/100g										%	
A _p	2,2	0,7	0,20	0,02	3,12	0,2	4,7	7,82	4	39,92	6,02	0,31
A & B	2,2	0,6	0,07	0,02	2,89	0,1	3,1	5,99	1	48,22	3,35	0,27
B _{21t}	2,5	0,6	0,06	0,03	3,19	0,1	2,8	5,99	1	53,23	3,04	0,53
B _{22t}	1,9	0,9	0,05	0,02	2,87	0,1	2,2	5,07	2	56,65	3,36	0,47
B ₃	1,8	0,8	0,06	0,02	2,68	0,1	1,9	4,58	1	58,53	3,59	0,52
C ₁	1,5	0,8	0,09	0,02	2,41	0,1	1,6	4,01	2	60,09	3,98	0,40
C ₂	1,5	0,8	0,14	0,02	2,36	0,1	2,2	4,56	3	51,74	4,07	0,35

do solo, análise química pelo ataque sulfúrico e relações moleculares K_i , K_r e Al_2O_3/Fe_2O_3 no perfil N9 CV 03 (solo sob condições de cultivo).

HORIZONTE	pH (1:2,5)		Ataque por H_2SO_4 (d = 1,47)							
	Água	KCl	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	K_i	K_r	Al_2O_3 Fe_2O_3
	%									
A ₁	5,5	4,5	12,05	9,78	3,53	0,180	0,033	2,09	1,70	1,27
A & B	5,6	4,5	11,93	10,30	4,04	0,214	0,020	1,97	1,57	1,35
B _{21t}	5,8	4,9	19,54	14,82	5,10	0,208	0,026	2,24	1,84	1,87
B _{22t}	6,1	5,4	21,19	18,82	6,34	0,216	0,032	1,91	1,57	1,39
B ₃	6,3	5,5	29,76	20,22	6,59	0,222	0,034	2,50	2,07	1,07
C ₁	6,2	5,5	21,52	18,98	6,63	0,212	0,040	1,93	1,57	1,38
C ₂	6,1	5,5	22,74	16,90	6,12	0,212	0,040	2,29	1,86	1,17

o no solo, análise química feita para a finalidade de se conhecer a natureza e a quantidade de nutrientes que o solo contém, no ponto de vista químico (solo com nutrientes disponíveis).

HORIZONTAL	pH (1:2,5)		Matéria por H ₂ O (t = 100°C)			
	Água	KCl	S10	S100	Fe ₂ O ₃	Ca
A1	5,2	4,2	12,02	9,78	2,21	0,180
A & B	5,6	4,2	11,33	10,30	4,00	0,214
B214	5,8	4,2	12,24	14,85	2,10	0,208
B202	6,1	5,4	21,12	18,82	6,34	0,216
B2	6,2	5,2	22,76	20,22	6,22	0,222
C1	6,2	5,2	21,22	18,28	6,62	0,212
C2	6,1	5,2	22,74	18,20	6,12	0,212