

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DE ARGISSOLOS DECORRENTES DO  
USO E MANEJO E REFLEXOS NA DENSIDADE DEMOGRÁFICA DO  
MUNICÍPIO DE ANHUMAS - SP**

**MARIA CRISTINA PERUSI**

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia-  
Área de Concentração: Energia na Agricultura**

**BOTUCATU – SP  
novembro - 2001**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**ALTERAÇÕES ANTRÓPICAS DE ARGISSOLOS DECORRENTES DO  
USO E MANEJO E REFLEXOS NA DENSIDADE DEMOGRÁFICA DO  
MUNICÍPIO DE ANHUMAS - SP**

**MARIA CRISTINA PERUSI**

*Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Wolmar Aparecida Carvalho*

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Mestre em Agronomia-  
Área de Concentração: Energia na Agricultura**

**BOTUCATU – SP  
novembro - 2001**

*Ao meu pai José Perucci e ao meu grande amigo  
Marcos Carlos Siqueira, imortalizados pelo amor e  
sempre presentes na profunda saudade que sinto.  
Pela alegria por termos completado mais um ciclo,  
dedico.*

*Entre os povos antigos que acreditavam que podiam compreender a natureza, os filósofos helênicos tiveram coletivamente a fé na possibilidade de chegar a uma explicação racional do cosmos. Individualmente, cada qual tinha fé em que a sua compreensão do cosmo era a correta. Teráclito acreditava que tudo está para sempre em fluxo, que a realidade é movimento e mudança. Em contraste, Demócrito acreditava que tudo é constituído de partículas duras, a que chamou átomos. Pitágoras acreditava que o universo observado reflete um arranjo ordenadamente inerente de natureza numérica. Aristóteles acreditava que todas as partes do cosmos são arrumadas de acordo com um sistema predestinado determinado por causas finais. Mas os sábios helênicos não tinham qualquer conhecimento dos fatos para verificar essas crenças. As suas opiniões conceituais da racionalidade e do mundo se baseavam simplesmente na fé.*

*Dubos (1972)*

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus, inteligência suprema, causa primeira de todas as coisas, manifesto na proteção dos amigos espirituais, que fortalecem nossos passos e nos mantém firmes na fé. Por plantarem em mim a crença num ideal, e por criarem todas as condições necessárias para que este ideal se concretizasse. Por ter-me feito aprendiz de ensinamentos tão especiais, graças lhes dou;*

***Marilsa de Stéfani Cardoso**, Mãe para os amigos. Por ter semeado a possibilidade de uma Pós-Graduação, dentre tantas outras sementeiras sempre produtivas. Pelo suporte emocional, material, psicológico e espiritual durante o desenvolvimento do trabalho, e nos momentos mais importantes da minha vida nesses últimos cinco anos. Agora, pela cumplicidade em partilhar a alegria da finalização de mais esta etapa, e o início de muitas outras que certamente hão de vir. Quando a distância parecia insuportável, eis que ela estava lá, presente nas cartas carinhosas, nas conversas demoradas e edificantes por telefone e pessoalmente, numa rápida, prazerosa e inacreditável visita. Coisas que só podem emanar de seres de envergadura moral e espiritual incontestável como a dela. A você amiga querida, sempre presente e oportuna, diante da impossibilidade de agradecer adequadamente por tudo, torno público a certeza de que este título, assim como tantos outros, também te pertence. Todo meu afeto e reconhecimento. Obrigada amiga;*

*A minha mãe D<sup>ca</sup>. Divina, minha irmã Isabel, meu cunhado Aparecido e ao Sr. José. Por terem me recebido no seio familiar, para que pudéssemos nos auxiliar mutuamente na longa caminhada rumo ao aperfeiçoamento espiritual e moral. Pelo amor incondicional, fundamental para que concluíssemos juntos mais este projeto;*

*Para as crianças da minha vida, **Murilo Henrique, Daniel Felipe, João Víctor, Luiz Felipe e Beatriz**. Pelos convites irrecusáveis para o fantástico mundo lúdico. Que a vida lhes conserve assim; alegres, graciosos, ternos e do bem. A tia Cris ama vocês;*

*Aos amigos **Édson Leirião, Edinho, Sara, Fátima Torres, Rosana, Ricardo, Maria do Socorro, Herly, Ivo, Rosângela, Josely, Ágda, Carlos Primolan, Luciane, D<sup>a</sup> Cida e Juvanir**, por estarem sempre presentes com palavras de carinho e incentivo;*

*Aos queridos **Vânia e Dársio**, que também enveredaram por estes caminhos, que não lhes falte “energia” e disposição para o aprendizado, seja ele intelectual ou pessoal. Que sejam felizes na caminhada;*

*Aos amigos **Alécio e Adriano**, irmãos de sangue e de generosidade, sem os quais seria muito difícil a concretização deste trabalho. Pela disponibilidade, carinho e dedicação, todo meu reconhecimento;*

***Pedro e Alexandre**, pelo socorro na hora do desespero e por me fazerem lembrar de que tudo é uma questão de manter a “mente quieta, a espinha ereta e o coração tranqüilo”;*

***José Luis Barbosa**, pelo apoio na área computacional;*

***Gentil, João Osvaldo, Róbson, Sr. José Paulino, Luciene, Maria e Flora** (desenhistas), amigos que atuaram diretamente no processo de amadurecimento deste trabalho, pelas valiosas contribuições de ordem intelectual mas fundamentalmente pelo apoio moral, estímulo e companheirismo, muito obrigada;*

***Ao Sr. José Aparecido Udenal**, por ter gentilmente permitido a utilização de sua propriedade agrícola como área piloto desta pesquisa, pelo acompanhamento no trabalho de campo e fornecimento de informações que muito contribuíram para valorizar este trabalho;*

***À Senhora Alice Rodrigues Udenal e filhos**: José Luis, Lucilene e Luciane, pela amizade e recebimento carinhoso em sua propriedade e residência. Compreensão que transformaram o árduo trabalho de campo em satisfação e alegria;*

***Sílvio, Eduardo e Marta**, pelo esforço em entender minha ausência e por partilharem mais um momento de realização;*

*Milena, Renata, Patrícia, Jailto, Dársio, Alécio, Raquel, Guto, Eloíza, Flávia, Josely, Sara, Adriana, João Bosco, Juliana, Juscilene, Gláucia, Silvana, Júlio, Jô e Jú, estagiários e freqüentadores que fizeram e fazem do Laboratório de Sedimentologia uma alquimia de ciência e alegria;*

*Rosemeire, Magali, Róbson e “Ígor”, criaturas maravilhosas com quem aprendi um novo conceito de família. Pelo convívio harmonioso, pela cumplicidade e pelo apoio, levarei para sempre lembranças boas, saudade e gratidão;*

*Às amigas que fiz em Botucatu, pelas conversas sempre alegres e produtivas, o profundo desejo de que permaneçam em minha vida; Dorotéia, Ana Tereza, Júlio, Ana Rosa, Beto, Cibele, Carla, Elisângela, Paulo André, Silas, Mariê, Cléo, Tarcízio, Tânia, Paulo, Júlio, Eliane Valéria, Uechoa, Mauro, Viviane, Renato, Édson Piroli, Sílvio, Santino, Juliana, Vanessa, Wal, Baby, Ivo, Juliana Barile, José Roberto;*

*A todos os funcionários da FCA/UNESP, em especial Marlene, Marilena e Jaqueline (Seção de Pós-Graduação); Rosângela, Rita e Maria do Carmo (Depto. Engenharia Rural); Ronaldo (Laboratório de Sensoriamento Remoto); D<sup>ª</sup>. Cida e Célia (Biblioteca), cuja competência vai além dos compromissos profissionais, sempre solícitos em atender a nossa sempre “urgente necessidade”, obrigada;*

*Ao Dr. Wilson Roberto de Jesus, pela colaboração na realização das análises estatísticas;*

*Ao Dr. Rui Marconi Pheifer, pela colaboração na elaboração do balanço hídrico;*

*Aos Profs. Drs. do Depto. de Física, Química e Biologia da FCT/UNESP, em especial a Homero Marques Gomes, Celso Cardoso, Tadeu Tommaselli e à Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria de Lourdes Corradi Silva, pelas palavras de incentivo e pela disposição em ajudar;*

*Ao Prof. Dr. Sílvio Rainho Teixeira, figura marcante na minha vida acadêmica, a quem devo a oportunidade da iniciação científica, eis a oportunidade de agradecer;*

*Ao Prof. Roberto Azevedo, pela amizade, presença e habilidade em tornar simples coisas altamente complexas, seja no plano intelectual ou pessoal. O convívio durante o curso de Pós-Graduação foi um grande aprendizado;*

*Aos professores do Depto. de Geografia da FCT/UNESP, em especial ao Prof. Dr. Antônio Nivaldo Hespanhol, Prof. Dr. Octávio Freire, Prof. Dr. Manoel Carlos Franco Toledo de Godoy e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rosângela Ap. Hespanhol. Pela contribuição na discussão das idéias e pelo empenho para a viabilização do meu pedido de afastamento das atividades junto a FCT/UNESP, sem o qual a realização deste trabalho não seria possível;*

*A todos os funcionários da FCT/UNESP, em especial ao Paulo Eugênio, Tuca, Sônia, Marisa, Pedro Gardim, Eliane, Cláudia, Lúcia, e Nair. Além de ótimos profissionais, além de companheiros de trabalho, amigos fiéis que não pouparam esforços para a viabilização do pedido de afastamento, minha gratidão;*

*Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Wolmar Aparecida Carvalho, minha orientadora. Por ter tornado possível mais esta conquista. Por estar presente desde a concepção até o fechamento deste trabalho, sou lhe grata.*

*Que a dívida de gratidão que contrái com cada um de vocês fortaleça os laços que nos une...*

*Muito obrigada.*



<b>SUMÁRIO</b>		<b>Página</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....		XI
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....		XII
<b>1 RESUMO</b> .....		1
<b>2 SUMMARY</b> .....		3
<b>3 INTRODUÇÃO</b> .....		5
<b>4 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....		8
4.1 Alteração de características físicas do solo em função do uso e manejo.....		9
4.1.1 Estrutura e agregação.....		9
4.1.2 Densidade, porosidade e compactação.....		15
4.2 O processo de modernização da agricultura brasileira.....		18
4.3 Histórico da ocupação e etapas econômicas do município de Anhumas.....		22
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....		27
5.1 Material.....		27
5.1.1 Histórico agrícola da área.....		28
5.1.2 Descrição geral do município de Anhumas.....		30
5.1.3 Cartas topográficas e mapas pedológico e geológico.....		39
5.1.4 Censos demográficos e agropecuários.....		40
5.1.5 Material de campo.....		40
5.2 Métodos.....		41
5.2.1 Seleção da área de estudo.....		41
5.2.2 Descrição morfológica dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas.....		41
5.2.3 Análises físicas e químicas dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas.....		42
5.2.4 Determinação de porcentagem de agregados por via seca.....		43
5.2.5 Análise estatística.....		44
5.2.6 Análise da estrutura agrícola e os deslocamentos populacionais no município de Anhumas.....		45
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....		46
6.1 Análise morfológica dos perfis-de-solo.....		46

6.1.1	Descrição geral.....	46
6.1.2	Descrição morfológica.....	48
6.2	Análise física de rotina dos perfis-de-solo.....	51
6.3	Análise química dos perfis-de-solo.....	59
6.4	Análise de agregados.....	62
6.5	Análise da estrutura agrícola e os deslocamentos populacionais no município de Anhumas no período de 1960-1995/6.....	73
6.5.1	Estrutura fundiária.....	73
6.5.2	Atividades agropecuárias.....	76
6.5.2.1	Pecuária.....	80
6.5.3	Mecanização e uso de insumos agrícolas.....	80
6.5.4	Exploração da terra.....	83
6.5.5	Dinâmica populacional.....	85
6.6	Síntese da discussão dos resultados.....	87
7	<b>CONCLUSÕES</b> .....	92
8	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	94

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro</b>		<b>Página</b>
1	Informações da propriedade rural da área estudada, obtida do proprietário e explorador.....	28
2	Balanço hídrico referente a Pirapozinho, Posto D8-075; período 1984-1999; Latitude 22°16' S; Longitude 51° 30' W; altitude 470 m.....	35
3	Descrição geral dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas-SP.....	47
4	Descrição morfológica dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas – SP.....	49
5	Características físicas dos solos estudados.....	52
6	Características químicas dos solos estudados.....	56
7	Valores do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA- mm) para os usos e os horizontes dos perfis-de-solo.....	64
8	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA- mm) referente a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes de perfil-de-solo (tratamento).....	65
9	Valores médios do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA), referentes ao uso com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis-de-solo.....	68
10	Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA- mm) referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento).....	70
11	Valores médios do diâmetro dos agregados (DMPA- mm) referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos.....	72
12	Efetivo bovino do município de Anhumas no período de 1960-1995/6.....	80
13	Número de tratores no município de Anhumas segundo a potência do motor.....	81
14	Número de estabelecimentos com uso de fertilizantes, defensivos e práticas de conservação de solo no município de Anhumas.....	82
15	Comparação de algumas características do horizonte A dos solos sob uso com floresta, pastagem e cultura anual.....	87

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras</b>	<b>Página</b>	
1	Localização dos perfis-de-solo sob floresta (1), pastagem (2) e cultura anual (3), estudados no município de Anhumas – SP. Escala 1:50.000.....	30
2	Localização do município de Anhumas na 10ª região administrativa de Presidente Prudente – SP.....	31
3	Balanço hídrico referente a Pirapozinho, Posto D8-075.....	36
4	Valores de densidade do solo de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	55
5	Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob floresta- PVAd.....	57
6	Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob pastagem- PVe.....	58
7	Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob cultura anual- PVd.....	59
8	Valores de cálcio e magnésio de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	60
9	Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	66
10	Teor de matéria orgânica de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	67
11	Teor de argila de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	67
12	Representação conjunta do diâmetro médio ponderado de agregados de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.....	71
13	Estrutura fundiária do município de Anhumas, número e área dos estabelecimentos por classe de tamanho, 1960-1995/6.....	74
14	Utilização das terras no município de Anhumas no período de 1960-1995/6.....	77
15	Principais lavouras no município de Anhumas, área cultivada e produção em toneladas no período de 1960-1995/6.....	79
16	Exploração das terras segundo a condição do produtor no município de Anhumas 1960-1995/6.....	84
17	População total, urbana e rural do município de Anhumas 1960-1996.....	86

## 1 RESUMO

Objetivando avaliar a alteração da estrutura de ARGISSOLOS textura arenosa/média causada pelo uso e manejo no município de Anhumas, Oeste do Estado de São Paulo, para verificar as modificações antrópicas do solo como causa da diminuição gradativa da população nos últimos quarenta anos, foram estudados perfis-de-solo sob as condições de utilização agrícola, com pastagem e cultura anual há mais de vinte e cinco anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais em área que foi pastagem pelo mesmo período, e sob condições naturais, de floresta, para efeito de comparação. Para este estudo foi escolhida como área piloto uma propriedade agrícola representativa dos solos do município de Anhumas e do uso e manejo do solo da maioria dos estabelecimentos rurais. As etapas para atingir os objetivos foram as seguintes: caracterização e classificação dos solos; interpretação de resultados analíticos, físicos e químicos; avaliação das modificações da estrutura através da estabilidade de agregados e análise de dados demográficos e agropecuários da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE) de 1960 a 1995/6, para a análise da estrutura agrícola e dos deslocamentos populacionais. As principais conclusões foram as seguintes: o carbono orgânico do horizonte A, em relação à floresta diminuiu 64 % no solo sob pastagem e 79 % no solo sob cultura anual, e este em relação à pastagem é 43 % menor, indicando que a pastagem está melhorando as condições físicas do solo; o volume total de poros do horizonte A, em relação à floresta diminuiu 21 % no solo sob pastagem e 17 % no solo sob cultura anual e este em relação à pastagem aumentou 5 %; o diâmetro médio

ponderado dos agregados do horizonte A, em relação à floresta diminuiu 50 % no solo sob pastagem e 76 % no solo sob cultura anual e este com relação à pastagem diminuiu 51 %, indicando que a pastagem está melhorando as condições físicas do solo; o diâmetro médio ponderado de agregados do horizonte A e o valor médio para os solos decrescem na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual, com os valores de 1,33560 e 1,44550; 0,66748 e 1,01180; 0,32468 e 0,99380 mm; a estabilidade dos agregados do horizonte B dos ARGISSOLOS é devido ao efeito do teor de argila que sobrepõe ao da matéria orgânica; no período de 1960 a 1996, a população rural do município de Anhumas diminuiu 84 %, a urbana aumentou 173 % e a total teve uma redução de 53 %; a degradação de algumas características físicas e químicas dos ARGISSOLOS não constitui fator limitante para a produção agrícola no sistema de manejo de seis anos com rotação de culturas anuais, em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período de tempo, há mais de vinte e cinco anos e, por si só, não explica o êxodo rural; o aumento da área de pastagem com predomínio da pecuária extensiva que absorve pouca mão-de-obra, associada à estrutura fundiária concentrada, a baixa produtividade do solo e a falta de uma política agrícola voltada efetivamente para o pequeno produtor, foram as principais causas do êxodo rural no município de Anhumas.

**Palavras-chave:** uso e manejo, estrutura, solo, êxodo rural.

## **2 SUMMARY**

**ANTROPIC ALTERATIONS IN ARGISSOLOS RESULTING FROM USING AND HANDLING AND REFLECTIONS IN DEMOGRAPHIC DENSITY OF COUNTY OF ANHUMAS – SP.** Botucatu, 2001. 102f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: MARIA CRISTINA PERUSI

Adviser: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. WOLMAR APPARECIDA CARVALHO

Objectifying to evaluate the alteration in the structure of ARGISSOLOS texture sandy/mean caused by using and handling in the county of Anhumas, in the West of São Paulo State, to verify the antropic modifications of the soil caused by gradative reduction of the population in the last 40 years, were studied soil profiles under the conditions of agricultural use, with pasturage and annual culture for more than 25 years, using the following system: six years with rotation of annual cultures in area that was pasturage at the same age under natural conditions of forest for effect of comparison. For this study was chosen as sample area an agricultural propriety representative of the soils in the county of Anhumas and of the using and handling of the soil in the most of rural establishments in the West of São Paulo state. The stages to reach the objectives were the following: characterization and classification of the soils; interpretation of analitic, phisical and chemical results;

evaluations of modification in the structure through the stability of aggregate and analysis of demographic, agricultural and cattle-raising aspects of the FIBGE from 1960 to 1995/6, for analysis of productive structure and populational displacements. The main conclusions were the following: the organic carbon in the horizon A, in reference to forest reduced 64 % in the soil under pasturage and 79 % in the soil on annual culture and this in reference to pasturage is 43 % smaller, indicating that the pasturage is becoming better the physical conditions of the soil; the total volume of pores of horizon A, in reference to the forest reduced 21% in the soil under pasturage and 17 % in the soil under annual culture and this in reference to pasturage increased 5 %; the medium diameter considered of the aggregate of the horizon A, in reference to forest reduced 50 % in the soil on pasturage and 76 % in the soil on annual culture and this in reference to pasturage reduced 51 %, indicating that the pasturage is becoming better the physical conditions of the soil; the medium diameter considered of the aggregates of the horizon A and the medium value for the soils decrease in the following sequence: PVAd - forest > Pve - pasturage > PVd - annual culture, with the values of 1,33560 and 1,4455; 0,66748 and 1,0118; 0,32468 and 0,9938 mm; the stability of the aggregate of horizon B of the ARGISSOLOS is due to the affect of the tenor put the clay on top of the organic material; in the period of 1960 to 1996, the rural population of county of Anhumas reduced 84 %, the urbane increased 173 % and the total had a reduction of 53 %; the degradation of some physical and chemical characteristics of the ARGISSOLOS don't constitute a limiting factor for a agriculture production in the system of handling for six years with rotation of annual cultures, in area that was followed by pasturage for the same period of time for more than 25 years and for itself, doesn't explain the rural exodus; the enlargement of the area of pasturage with predominating of extensive cattle that absorbs a few labor, associated to fundiaria structure concentrated, the degradation of the soil and the absence of a agricultural policy turned effectively to the small producer, were the principal causes of the rural exodus in the county of Anhumas.

**Keywords:** using and handling, structure, soil, rural exodus.



### 3 INTRODUÇÃO

A utilização dos solos para produção de alimentos e matérias primas implica em mobilizações do solo que, a curto prazo, estabelecem as condições necessárias para o desenvolvimento das plantas. Essas práticas, com o decorrer do tempo, degradam o solo devido à desagregação ocasionada pelos equipamentos agrícolas, aumento das perdas por erosão e das perdas de nutrientes dos vegetais por exportação na forma de colheitas.

No solo sob vegetação natural, o conteúdo de matéria orgânica permanece estável. O uso agrícola altera esta condição de estabilidade, sendo que, uma redução acentuada é observada quando são utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos vegetais. Nessa situação, é estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além da perda da produtividade das culturas e o conseqüente comprometimento econômico.

A recuperação ou manutenção dos teores de matéria orgânica e a capacidade produtiva do solo pode ser alcançada pela utilização de pastagens ou, no caso de sistemas agrícolas intensos, pela utilização de métodos de preparo com pequeno ou nenhum revolvimento e por sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais, resultando, respectivamente, em menores taxas de perda e maiores taxas de adição de matéria orgânica ao solo.

De maneira geral, as ações que envolvem as diferentes formas de uso e manejo bem como a manutenção ou não da matéria orgânica promovem mudanças nas características químicas e físicas do solo, principalmente na estrutura. A estrutura é uma das mais importantes propriedades do ponto de vista agrícola, justificado pelo fato de que, determinadas características do solo, fundamentais à capacidade produtiva como a movimentação da água, transferência de calor, aeração, densidade e porosidade, são consideravelmente influenciadas por esta propriedade.

A história agrícola do Oeste do Estado de São Paulo teve início com a cultura do café que atingiu seu apogeu de 1930 a 1940. A ocupação dos solos do Planalto Ocidental por parte dos pioneiros do café foi marcada pela expansão das estradas de ferro, notadamente a Sorocabana, decisiva para o desbravamento da região.

O café passou por várias crises como a queda do preço no mercado internacional em função da superprodução e posteriormente, a diminuição da produtividade dos cafeeiros velhos e as geadas, principalmente as de 1931, 32 e 33, que dizimaram as lavouras novas.

A crise do café propiciou ambiente favorável à implantação da cultura de algodão, que passou a substituí-lo com a vantagem de exigir menos capital, mão-de-obra e por ser uma cultura anual.

O decréscimo da produtividade das safras de algodão teve início na década de 50, atribuído, segundo Leite (1972) ao empobrecimento do solo, juntamente com pragas que atacaram os algodoais levando a gastos elevados com inseticidas, inviabilizando o cultivo devido ao alto custo da produção.

Com a queda do algodão, teve início a ascensão do amendoim. Menos exigente que o algodão, passou a ser o principal produto na economia da maioria dos municípios do Oeste do Estado de São Paulo. Além disso, foi incentivado pelas indústrias de extração de óleo de algodão que ficavam ociosas nas entressafras. O amendoim inclui duas semeaduras anuais, resultando no revolvimento do solo, criando condições propícias para o surgimento de focos erosivos em áreas há muito exploradas com nível de manejo baixo.

Com o decorrer dos anos, a agricultura passou a não dar mais o retorno financeiro esperado. Muitos agricultores, principalmente os pequenos e descapitalizados, sem muitas opções em decorrência principalmente de uma política agrícola que favorece

seletivamente grupos sociais e algumas culturas, notadamente àquelas destinadas à exportação, começaram a vender suas propriedades e desenvolver outras atividades em outras regiões. Nesse processo, a diminuição das pequenas áreas produtivas vieram acompanhadas do crescimento acelerado das áreas de pastagens e do rebanho bovino.

As áreas com pastagem e a atividade pecuária tornaram-se predominantes no Oeste do Estado de São Paulo, incentivadas pelo êxito do comércio de gado bovino, bem como pela diminuição de gastos com a mão-de-obra necessária nas culturas, provocando o êxodo rural. Esta mobilidade social, inerente ao processo de modernização da agricultura, repetiu-se em todo o país, num processo contínuo de comprometimento da qualidade de vida principalmente nos grandes centros urbanos.

Inserido neste contexto, o município de Anhumas, localizado no Oeste do Estado de São Paulo, foi escolhido como área de estudo devido ao ritmo de crescimento demográfico que tem diminuído paulatinamente nos últimos quarenta anos. Além disso, apresenta as características físicas da região como um todo, bem como semelhante processo de ocupação e exploração econômica, possibilitando extrapolar os resultados obtidos para outros municípios com características similares.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos:

1- avaliar as modificações causadas pelo uso e manejo na estrutura de ARGISSOLOS textura arenosa/média sob uso com cultura anual e pastagem há mais de vinte e cinco anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período e sob condições naturais, floresta, para efeito de comparação;

2- verificar a dinâmica populacional, rural e urbana e a estrutura agrícola do município de Anhumas.

#### 4 REVISÃO DA LITERATURA

Sendo o solo o produto da interação dos fatores de gênese, material de origem, clima, relevo, organismos, tempo e dos processos pedogenéticos que compreendem ações desenvolvidas no interior ou à superfície dos perfis por adições, transformações, transportes seletivos, remanejamentos mecânicos e perdas (Oliveira, 1975), conclui-se que, mesmo em áreas relativamente pequenas, podem ser encontradas grandes variedades de solos, o que torna possível e necessária a escolha das atividades mais adequadas para cada um deles. É principalmente o uso inadequado deste recurso que o degrada num curto lapso de tempo (Sarquis, 1996).

Ainda para este autor, quando o solo fica exposto por ocasião da retirada da vegetação natural para cultivo de vegetais ou pastagens, inicia-se um processo de degradação cuja intensidade vai depender do tipo de solo, clima e topografia dentre outros, podendo atingir um nível crítico se o agricultor não considerar as práticas conservacionistas, resultando em perdas de solo acima dos limites toleráveis, e conseqüente comprometimento econômico e ambiental.

Além disso, a agricultura intensiva sem a reposição dos elementos nutritivos, essenciais à planta, exportados pelas colheitas, limita a capacidade produtiva do solo, e acaba por resultar no esgotamento progressivo. Quando em condições naturais, sem a influência da ação antrópica, a própria natureza se encarrega de devolver ao solo os elementos nutritivos por meio de processos naturais, típicos das cadeias alimentares. Condição esta cada

vez mais comprometida pela ação predatória que caracteriza a apropriação da natureza pelos recursos e interesses econômicos (Sarquis, 1996).

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990), bons solos significam abundância e alto nível de vida, enquanto que à sua degradação já foi motivo de extermínio de vários povos, como a histórica decadência do Império Romano, que pode ser atribuída ao desflorestamento, esgotamento do solo e erosão. Tal extermínio não se limitou somente ao Império Romano pois continua presente na história agrícola moderna.

## **4.1 Alteração de características físicas do solo em função do uso e manejo**

### **4.1.1 Estrutura e agregação**

Oliveira et al. (1992), definem a estrutura do solo como sendo o resultado da agregação de suas partículas primárias (areia, silte e argila) e a coexistente matéria orgânica, resultado de fenômenos físicos, químicos e também ações biológicas, que agrupam-se formando agregados os quais apresentam formas e tamanhos definidos, e comportam-se como porções individualizadas e independentes. Ao arranjo do material sólido inorgânico e orgânico do solo configurando esses agregados, dá-se o nome de estrutura do solo.

A estrutura do solo diz respeito à reunião das partículas sólidas em agregados, os quais se separam um do outro por superfícies de enfraquecimento. A estrutura define a forma, tamanho e arranjo das partículas sólidas do solo (Brewer & Sleeman, 1960).

A classificação mais comumente usada da estrutura do solo é a de Nikiforoff, utilizada no *Soil Survey Manual*, SOIL SURVEY STAFF (1951), com ligeiras modificações. Segundo esse autor, a classificação da estrutura se fundamenta em três parâmetros: tipo, classe e grau; sendo que, o tipo define a forma da estrutura, a classe, o tamanho dos elementos estruturais e o grau, o desenvolvimento da estrutura.

Nos solos, pode-se encontrar macroestruturas, observáveis no campo e que podem ser vistas a olho nu e microestruturas, com dimensões inferiores a 1mm, que podem ser identificadas, apenas, com auxílio de lentes.

Os tipos e subtipos de estrutura do solo, segundo Lemos e Santos (1996) são os seguintes: laminar, prismático (prismático e colunar), em blocos, também conhecido como cúbico (blocos angulares e subangulares) e esferoidal (granular e grumosa).

A estrutura laminar, como o nome indica, tem seus agregados dispostos em finas placas horizontais. Encontra-se este tipo de estrutura em solos de regiões secas e frias, onde há congelamento. Na superfície de solos virgens pode também ser encontrado em consequência da compactação (pisoteio, rodas de veículos etc.). É mais freqüente nos horizontes Al e E, entretanto, é mais característico dos horizontes C.

Na estrutura prismática, distingue-se dois subtipos: o prismático propriamente dito e o colunar, ambos apresentando a característica de ter o plano vertical maior do que o superior da unidade estrutural horizontal. A estrutura é considerada prismática quando a porção superior da unidade estrutural é plana. Colunar, quando a extremidade superior da unidade estrutural é arredondada. Estas estruturas são características de horizonte B, sendo a do subtipo colunar encontrada, principalmente, nos solos salinos.

A estrutura em blocos é também conhecida como cúbica, na qual se pode distinguir dois subtipos: blocos angulares, nos quais as faces planas são mais evidentes e apresentam arestas bem definidas e blocos subangulares, que têm faces arredondadas ou planas e vértices arredondados. Estas estruturas são características de horizonte B textural dos ARGISSOLOS.

A estrutura granular é um subtipo do tipo esferoidal, que apresenta também o subtipo grumoso, na qual as unidades são muito porosas. É característica de horizontes superficiais, ricos em matéria orgânica, como os horizontes Al ou Ap.

O segundo parâmetro, refere-se ao tamanho das unidades, sendo reconhecidas as seguintes classes: a) muito pequena; b) pequena; c) média; d) grande; e) muito grande.

O terceiro parâmetro utilizado para descrever a estrutura é o grau de desenvolvimento ou a estabilidade dos agregados. Costuma-se considerar os seguintes graus de estrutura:

a) sem estrutura: quando não ocorre agregação ou arranjo ordenado das partículas;

b) fraca: neste caso, a estrutura é pouco resistente à pressão, desfazendo-se numa mistura de poucos agregados, muito quebrados e grande proporção de terra fina;

c) moderada: formada por agregados bem formados, moderadamente resistentes à fragmentação, partindo-se em muitos elementos inteiros, alguns quebrados e pouco material desagregado;

d) forte: nesta classe, os elementos são bem formados, os aglomerados são resistentes e podem ser observáveis nos perfis-de-solo separando-se facilmente uns dos outros.

Os principais fatores que influem na gênese dos agregados são: a argila, a matéria orgânica e os sesquióxidos de ferro e de alumínio, denominados agentes cimentantes das partículas, os cátions adsorvidos e o manejo do solo, que também tem influência no processo de estruturação. A matéria orgânica e os minerais de argila são os dois agentes cimentantes que mais contribuem para a agregação do solo.

Brady (1989) afirma que, embora se possa encontrar perfis-de-solo com apenas uma configuração estrutural, freqüentemente encontram-se vários tipos de elementos estruturais à medida que se passa de um horizonte para outro, evidenciando que as condições e características do solo (movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade global e porosidade), mantém íntima relação com a estrutura do solo.

A origem da estrutura do solo está relacionada ao material de origem, o qual desempenha papel significativo nos processos físicos e bioquímicos na formação do solo. Ainda para o referido autor, são três os fatores básicos que exercem influência sobre a estabilidade dos agregados:

- Ação temporária de aglutinação mecânica dos microorganismos, os fungos em especial, tornando-se mais acentuada quando a matéria orgânica recente é adicionada aos solos;

- O efeito de cimentação dos produtos intervenientes da síntese e da decomposição microbiana por vezes chamados “componentes pré-humo”, que são muito eficazes como estabilizadores dos agregados por vários meses;

- O efeito da cimentação dos componentes mais recentes e estáveis dos humos, auxiliados por certos componentes inorgânicos, como os óxidos de ferro que proporcionam, a longo prazo, o grosso da estabilidade dos agregados.

Para Shawarby (1952), fungos podem produzir agregados unindo mecanicamente com seus micélios, as partículas minerais, sendo que as bactérias são eficientes apenas se produzirem substâncias gomosas.

A matéria orgânica, segundo Mello et al. (1983), torna os solos mais friáveis, mais fáceis de serem trabalhados por promover a formação de grânulos e estabilizá-los. A estrutura granular aumenta a porosidade e por isso facilita a movimentação do ar e de água na zona radicular, e oferece melhores condições para a emergência das plantas e o desenvolvimento das raízes.

Este autor cita ainda que, possivelmente, os compostos orgânicos, através de suas posições positivas ou negativas se ligam às partículas minerais pelas posições negativas ou positivas destas e assim, a matéria orgânica serviria de ponte ligando as partículas minerais e formando os grânulos. Além disso, a presença da matéria orgânica reduz consideravelmente a densidade global do solo, reestruturando-o.

A destruição da vegetação nativa e as práticas agrícolas resultam, segundo Mello (s.d.) em rápida decomposição da matéria orgânica do solo que se acumulou durante longo período de tempo, conduzindo a uma redução no teor da mesma.

Para o referido autor, a diminuição da matéria orgânica é mais acentuada nos primeiros anos de cultura e depois vai se tornando gradativamente menos intenso, até atingir um estado de equilíbrio com as novas condições, ou seja, natureza da cultura, manejo do solo, práticas culturais e adubação, dentre outros. Lembra o autor que, atingindo o novo equilíbrio matéria orgânica *versus* ambiente, ele se manterá razoavelmente constante, porém, se as condições se alterarem, o conteúdo orgânico também sofrerá alteração, aumentando ou diminuindo, até atingir novo nível de equilíbrio.

Os princípios ou diretrizes gerais para a manutenção da matéria orgânica do solo, segundo Mello (s.d.) são os seguintes: retornar todos os resíduos de plantas e de outros materiais orgânicos; balanceá-lo com N extra, se necessário, arar e gradear apenas o necessário e evitar a erosão.



Freire (1967), estudou a agregação e a estabilidade de agregados formados em presença de matéria orgânica, adubação, vegetação e calagem. Empregou o método de Yoder (1936) para a determinação da estabilidade em água e a técnica de Van Bavel (1949), para estimar o índice de agregação. Seus resultados mostraram que o efeito dos fatores investigados, exceto o da vegetação, variou com a natureza do solo. O autor observou que, isoladamente, a adubação, calagem ou a matéria orgânica não contribuíram para a agregação ou estabilidade dos agregados, tão eficientemente quanto à vegetação nos três solos estudados.

Para Paladini (1989), as culturas quando adequadamente manejadas, especialmente em sistema de rotação, são agentes importantes para a agregação do solo. As culturas produzem resíduos que são a fonte de energia para a atividade microbiana na formação de compostos húmicos do solo, e os sistemas radiculares aproximam as partículas por compressão. Além disso, a própria variação da umidade é reduzida pela cobertura vegetal, protegem os agregados da superfície contra o impacto direto das gotas de chuva e da ação do sol.

O sistema de rotação que inclui a combinação de pastagens perenes, de gramíneas e leguminosas, além de culturas anuais, é bastante eficiente na manutenção de uma boa estrutura, sendo as pastagens perenes as mais eficientes, porque atuam por períodos mais prolongados e por possuir um sistema radicular desenvolvido e em constante renovação (Machado & Brum, 1978; Cintra, 1980).

Silveira (1997), estudando os efeitos do uso e manejo nas características de Latossolos e solos Podzólicos sob condições de uso agrícola e sob condições naturais, conclui dentre outras, que a porosidade total dos horizontes superficiais em relação à mata nos Latossolos diminuiu 15 % nos solos sob pastagem e 17 % sob cana-de-açúcar, sendo que para os solos Podzólicos a diminuição foi de 21 % sob cana-de-açúcar e de 17 % sob pastagem; os valores de volume total de poros dos Latossolos e dos solos Podzólicos sob mata, pastagem e cana-de-açúcar foram de 41 %, 36 % e 35 % e de 46 %, 43 % e 36 % respectivamente, nos horizontes superficiais, evidenciando que há uma melhoria da estrutura do solo, quando poucas mobilizações são aplicadas. O diâmetro médio ponderado dos agregados não variou com a profundidade do solo sob cana-de-açúcar e pastagem devido à interferência do manejo se manifestar nos horizontes superiores. O uso com pastagem melhora

as condições estruturais dos solos em relação à cana-de-açúcar quando comparada com a mata. Os valores médios do diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes Ap dos solos Podzólicos sob mata, cana-de-açúcar e pastagem, variou de 0,50; 0,54 e 0,60 mm, respectivamente, indicando que o uso com pastagem por mais de dez anos melhora a estrutura do solo.

O referido autor esclarece ainda que a estabilidade dos agregados não é um fenômeno inteiramente orgânico, pois depende da interação contínua entre componentes inorgânicos, como o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , que funcionam como pontes entre a matéria orgânica e as argilas do solo.

Para Blacke (1968) solos virgens, uma vez cultivados perdem a estabilidade da agregação com a diminuição do conteúdo de matéria orgânica. Essa deteriorização da estrutura pode, contudo, ser paralizada a níveis governados pela quantidade, natureza e estado da argila do solo, Ranzani (1967). Neste sentido, Bertoni & Lombardi Neto (1990) esclarecem que agregados do solo com argila montmorilonítica são pouco estáveis em água, e os com caulinítica são mais estáveis, estando a ilita em posição intermediária. Cumpre colocar que, quanto maior a estabilidade dos agregados, menor será a perda de solo por erosão.

No tocante ao húmus, a agregação é auxiliada pela flocculação com Ca; o húmus saturado com  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{H}^+$  e  $\text{Na}^+$  é peptizado não promovendo agregação dos sólidos do solo. Segundo Ranzani (1967), é provável que o fator mais importante da agregação de partículas do solo seja a ligação de complexos orgânicos com íons metálicos (quelatos).

Hernani et al. (1995) citados por Urchei (1996), reforçam ainda a importância da matéria orgânica na melhoria dos solos. Por apresentar uma baixa densidade específica (menor que um), favorece a granulação, diminui a densidade do solo, forma agregados estáveis e, em solos muito argilosos, proporciona a melhoria da estrutura e da aeração, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular.

Dentre os componentes do manejo, o preparo do solo talvez seja a prática que mais influi no comportamento físico, uma vez que atua sobre a estrutura e todas as outras propriedades a ela relacionada (Vieira, 1985, citado por Urchei, 1996). Neste sentido, Derspsch et al. (1991, citado por Urchei, 1996) constataram a influência do preparo do solo sobre a estabilidade dos agregados. No sistema de plantio direto, entendido como um sistema de plantio no qual a semente é depositada diretamente no solo não preparado, onde os resíduos

da cultura anterior permanece, e as plantas daninhas são controladas com herbicidas, na camada de 0-10 cm, 67 % dos agregados da classe 9,52 a 5,66 mm, originalmente existentes, ainda permaneciam estáveis na água, ao passo em que, sob preparo mínimo e convencional, 23 e 3 %, respectivamente, dos agregados dessa classe foram encontrados. Os agregados se desfizeram e se distribuíram nas classes de 4,0 a 2,0; 2,0 a 1,0 e 1,0 a 0,5 mm. Na camada de 11 a 20 cm de profundidade, a distribuição dos agregados foi semelhante para o preparo mínimo e convencional; as diferenças em comparação ao plantio direto, porém, foram menores, pois este apresentou somente 20 % dos agregados na classe de 9,52 a 5,66 mm.

Ainda sobre este assunto, Campos et al. (1995) enfatizam que, os preparos intensos por implementos agrícolas ocorridos no sistema convencional, fracionam os agregados maiores em unidades menores quando comparado com o plantio direto. Neste, onde há menor ação de implementos agrícolas e a permanência da cobertura vegetal, protegem o solo dos impactos e da conseqüente ação desagregadora da chuva.

#### **4.1.2 Densidade, porosidade e compactação**

Segundo Kiehl (1979), entre os agregados ocorrem espaços vazios denominados poros onde se alojam a solução do solo e o ar. Sendo assim, a distribuição relativa dos diferentes tamanhos de poros é função da estrutura do solo.

Para o referido autor, a porosidade pode ser definida como sendo o volume de vazios ou ainda o espaço do solo não ocupado pela “matrix” (componentes orgânicos e inorgânicos). A porosidade depende principalmente da textura e da estrutura dos solos. A microporosidade é a principal responsável pela retenção da água, enquanto que a macroporosidade deixa a água escorrer com certa rapidez, passando os vazios a serem ocupados pelo ar.

A perda de porosidade está associada á redução do teor de matéria orgânica, á compactação e ao efeito do impacto das gotas de chuva, fatores esses que, causando uma diminuição no tamanho dos agregados, reduzem, em conseqüência, o tamanho dos poros (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Ainda para estes autores, o volume e a natureza da porosidade estão correlacionados com outras propriedades como a textura, a densidade aparente, a umidade do

solo entre outros, influenciando direta ou indiretamente na infiltração, na permeabilidade, na temperatura, no crescimento das plantas.

A densidade do solo é o volume do solo natural, incluindo os espaços ocupados pelo ar e pela água. Ela é variável e depende da estrutura e da compactação do solo. Quanto menos estruturado e compactado for o solo, maior será o valor da densidade global. Geralmente observa-se um aumento da densidade global com a profundidade do perfil devido à pressão das camadas subjacentes, provocando o fenômeno da compactação, reduzindo a porosidade, restringindo o crescimento das plantas (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Alterações na estrutura podem ser verificadas através da variação dos valores da densidade do solo. Brady (1989), afirma que um solo localizado na Pensilvânia, de textura franca, em 58 anos de cultivo, chegou a apresentar uma densidade do solo de 1,25 e 50 % de porosidade total e que o mesmo solo não cultivado apresentava uma densidade do solo de 1,07 e uma porosidade total de 57,2 %. Como se pode observar, o cultivo, num prazo de 58 anos, aumentou a densidade do solo das camadas superficiais, o que significa um comprometimento da sua estrutura, da porosidade e, conseqüentemente, da capacidade produtiva deste solo.

Veihmeyer e Hendrickson (1948) citados por Mello et al. (1983), constataram que nenhuma raiz foi encontrada em solos com densidade do solo acima de 1,9 inclusive, em outras observações, quando a densidade era 1,7 e 1,8 já havia dificuldade de penetração. Em solos argilosos, com densidade entre 1,6 e 1,7 não observaram penetração de raízes.

Kiehl et. al. (1976), esclarecem que, quanto mais elevada for a densidade do solo, o solo apresentará as seguintes características: menor grau de estruturação, menor porosidade e maior restrição para o crescimento das plantas, percolação da água e aeração. A densidade aparente (global), pode ser interpretada como uma medida da porosidade de um solo, pois para uma mesma classe textural, quanto maior a densidade aparente, menor será a quantidade de poros.

Em geral, verifica-se um aumento da densidade do solo e uma diminuição da porosidade, da infiltração e da condutividade hidráulica, quando os solos são submetidos a diferentes sistemas de manejo, em relação ao seu estado natural (Machado &

Brum; Abrão et. al.; Machado et. al.; Beltrame et. al.; Leite & Medina; Viera & Muzilli; Centurion & Dematê; Corrêa; Silva et. al. citados por Anjos et. al., 1994).

Solos bem agregados possuem porosidade maior que solos pobres em agregação, o que resulta numa mais rápida penetração e percolação da água de chuva, além de facilitar a troca gasosa entre o solo e atmosfera. No geral, solos bem agregados conferem melhores condições para o desenvolvimento das plantas, pois oferecem menores restrições mecânicas ao desenvolvimento da raiz e germinação das sementes (Ferreira, s.d.).

A estabilidade da estrutura do solo é referida em termos de resistência, dos agregados oferecida às demolições, provocadas pelo impacto de gotas das chuvas ou pelas solicitações dos implementos e máquinas agrícolas. Alguns elementos estruturais são facilmente demolidos, enquanto outros são mais resistentes (Ranzani, 1967).

Entre as várias propriedades do solo, a estrutura é considerada como uma das mais importantes do ponto de vista agrícola. Os diferentes usos e sistemas de manejo exercem influência sobre a formação e estabilidade dos agregados. Deste modo, a constante movimentação de máquinas e implementos assim como o pisoteio de animais, contribuem para causar alterações no tamanho dos agregados, o que acaba por alterar outras propriedades como a porosidade e a densidade, podendo levar a casos extremos de degradação como a erosão e a compactação do solo (Jorge, 1985)

Para Primavesi (1980), as principais causas de degradação pelo cultivo são: a aração constante e profunda evoluindo o solo; retorno deficiente de matéria orgânica; exposição da superfície do solo ao impacto das chuvas; deficiência de nutrientes; monocultura. A degradação das propriedades pedológicas leva invariavelmente a mudanças nas características físicas e químicas dos solos que se refletem de imediato na produtividade. Neste sentido, destacam-se os problemas de compactação e de erosão. Assim, o uso indiscriminado de práticas de manejo tem sido responsável pelo surgimento de uma série de problemas nos solos, resultando em quedas de produtividade e, conseqüentemente, comprometimento econômico. Desta forma, a compactação do solo passa a ser uma das mais fortes e representativas formas de degradação deste recurso.

Para Queiroz Neto et. al. (1966), a compactação do solo está indiretamente ligada à estrutura e a porosidade. Como o solo é um material eminentemente poroso, por compressão, a mesma massa de material sólido pode ocupar um volume menor,

prejudicando assim a estrutura, o arranjo dos poros, o volume de poros e as características de retenção de água, relacionados diretamente com os vazios ou porosidade do solo.

De acordo com Beltrame et al. (1981), o preparo do solo destrói a estrutura natural da camada arável, e quando realizados sob condições de excesso de umidade, causam compactação, reduzindo as taxas de infiltração, aumentando o volume do escoamento superficial, principalmente nos solos com declividade acentuada. Nas áreas com baixa declividade a compactação promove a redução das taxas de infiltração aumentando o tempo de encharcamento, diminuindo consideravelmente o tempo disponível para seu preparo.

Segundo Jorge (1985), o processo de compactação do solo engloba aspectos que estão relacionados com as características físicas, químicas, biológicas e ambientais como o clima, tratamentos agronômicos do solo, principalmente o manejo e o tipo de culturas. Este processo interfere basicamente na mudança de volume da massa de solo, com modificações na densidade global.

Outro aspecto a ressaltar é a aeração que, de acordo com Mello et al. (1983) as plantas se desenvolvem mal em solos pouco arejados, muito compacto ou saturados de água, principalmente devido à falta de oxigênio na zona radicular que interfere na respiração das raízes, podendo causar a morte da planta pela impossibilidade de absorver oxigênio e nutrientes. Algumas plantas são menos resistentes quanto a aeração, como o milho (*Zea mays* L.), o algodão (*Gossyplum sp.*), a batata (*Solanum sp.*), enquanto que outras são mais tolerantes como o arroz (*Oriza sativa* L.).

Além da queda da produtividade, os solos compactados tornam-se mais sujeitos à erosão causada pelo escoamento das águas superficiais (Jorge, 1985).

#### **4.2 O processo de modernização da agricultura brasileira**

O processo de modernização da agricultura brasileira a partir da década de 60 é um marco na fase das relações indústria/campo. Baseada na substituição das importações, surge rompendo com o modelo primário-exportador evoluindo para uma economia urbanizada e industrializada. Esta nova fase, caracterizada basicamente pelas mudanças nas relações de trabalho, incorporação de novas tecnologias de produção e o uso intensivo de insumos (fertilizantes químicos, agrotóxicos, medicamentos veterinários e

sementes melhoradas dentre outros), transformou definitivamente o cenário rural (Szmrecsányi, 1990; Delgado, 1985).

Introduzido assim, cumpre reforçar a informação de que tal processo emerge com a participação efetiva do Estado. Este, manifesta-se oferecendo incentivos às indústrias e assegurando mercados através de políticas de financiamento agrícola. Neste sentido, em 1965, é instituído o SNCR (Sistema Nacional de Crédito Rural), que se caracteriza pela concessão de recursos financeiros, com taxas de juros bastante convidativos, prazos e carência de pagamentos para os produtores rurais ao adquirirem insumos modernos e máquinas agrícolas. A contradição reside no fato de que, o pequeno produtor, descapitalizado, dificilmente tem acesso a este tipo de benefício. Os agentes financeiros burocratizam o processo de concessão de créditos, justificado pela ausência de rentabilidade por parte destes, condição básica para que tal negociação se realize (Sorj, 1986; Silva, 1996).

Segundo os referidos autores, no final da década de 60, emerge no Brasil o chamado Complexo Agroindustrial (CAI), caracterizado pela implantação de um setor produtor de bens de produção para a agricultura. Paralelamente, desenvolve-se ou moderniza-se em escala nacional, um mercado para produtos industrializados de origem agropecuária, dando origem à formação simultânea de um sistema de agroindústrias, em parte dirigida para o mercado interno e em parte voltado para a exportação.

Ainda com relação ao papel do Estado, Sorj (1986) esclarece que a ação do Estado neste contexto, orienta-se para a modernização da agricultura, visando integrá-la ao novo circuito produtivo liderado pela agroindústria de insumos e processamentos de matéria-prima, ao mesmo tempo em que mantém seu papel estabilizador entre as necessidades do mercado interno e a pressão do mercado externo, e de gerador de condições infra-estruturais necessárias à expansão do conjunto do setor.

Dentre as tantas transformações técnicas, a incorporação da mecanização agrícola bem como a utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos, são dois fortes indicadores do processo de modernização da agricultura. A introdução de novas tecnologias visa, acima de tudo, intensificar a produção, aumentando a produtividade e, conseqüentemente, as taxas de lucro. Desta forma, a produção agropecuária deixa de ser uma esperança ao sabor das forças da natureza para se converter numa certeza sob o comando do capital (Silva, 1980).

A produção de tratores no Brasil teve como marco o ano de 1959 com a vinda da Ford, a primeira multinacional na área a instalar-se no país. À guisa de ilustração, enquanto na década de 50 contava-se com um trator para cada 2.281 ha de lavoura (todos importados), na década de 80, contava-se com um trator para cada 87 ha de lavoura, uma relação bastante considerável, (Graziano Neto, 1985). A mecanização foi intensivamente adotada visando expandir as áreas cultivadas principalmente àquelas culturas destinadas à exportação como a soja, a cana-de-açúcar, algodão, dentre outros. Sendo assim, predominantemente em grandes áreas monocultoras e grandes detentoras de capital.

No que se refere aos fertilizantes e agrotóxicos, esclarece Sorj (1986) que na década de 70, a grande expansão do consumo de fertilizantes (na maioria importados), se deve à Política Governamental de Subsídios ao preço desses produtos, associado aos juros subsidiados para sua compra, aumentando as taxas de crescimento desses insumos. Entre os anos de 1965 e 1975, o consumo de fertilizantes no Brasil cresceu à taxa média de 60% ao ano, enquanto que os agrotóxicos cresceram à média de 25% no mesmo período (Graziano Neto, 1985).

Por modernização na agricultura, entende-se mudança na base técnica da produção agrícola. A industrialização da agricultura resulta da transformação desta num ramo de produção industrial. Neste sentido, Silva (1996) enfatiza que a dinâmica da agricultura estará determinada pelo padrão de acumulação industrial, centrado no desenvolvimento dos complexos agroindustriais e a ação do Estado. Mas não é só isso. Graziano Neto (1985), esclarece que esta modernização vai muito além do progresso técnico, uma vez que se modifica também a organização da produção no que diz respeito às relações sociais, e não somente técnicas de produção.

Leme (1999) identifica que a partir da década de 80 houve um afastamento da política estatal no que se refere à preocupação com o bem estar da população do campo, ao mesmo tempo em que os complexos agro-industriais tornavam-se cada vez mais abrangentes. Esta retirada do Estado manifestou-se pela diminuição do crédito rural que ocorreu durante a referida década, surgindo um novo instrumento de intervenção do Governo Federal, consubstanciado na Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM).

Segundo Hespanhol (1997), por falta de informações e de organização, a maioria dos pequenos produtores acabam vendendo seus produtos aos intermediários



(cerealista), muitas vezes por valor inferior ao preço de garantia. Os cerealistas, por sua vez, ou armazenam o produto aguardando elevação dos preços ou eles próprios vendem para o governo através do mecanismo do AGF (Aquisições do Governo Federal). Desta forma, os benefícios, cujo discurso do Governo Federal deveriam se destinar aos pequenos produtores, acaba por beneficiar explicitamente os mais abastados.

A modernização e integração agro-industrial não ocorreu em todo o contexto rural brasileiro, predominando inicialmente nas regiões Sudeste, notadamente o Estado de São Paulo e Sul, posteriormente no Centro-Oeste (década de 80), e muito recentemente o Norte e Nordeste vieram participar deste processo (Delgado, 1997, citado por Leme, 1999).

Neste sentido, graças à prosperidade advinda do café a partir da segunda metade do século XIX, São Paulo passou a ser o maior centro industrial do país. O grande número de estrangeiros que vieram para as lavouras exigia crescente quantidade de bens de consumo, o que propiciou o surgimento de um comércio de mercadorias que as indústrias aos poucos foram produzindo.

Desta forma, a lavoura de café deu origem ao processo dinâmico e acumulação de capital, que desencadeou um acelerado crescimento no número de indústrias instaladas, e rápida expansão do território ocupado, criando condições para o pioneirismo industrial no cenário nacional.

Especificamente no que se refere à região Oeste do Estado de São Paulo, Hespanhol (1996) e Toledo Júnior (1990) esclarecem que a referida região passou por um processo de modernização pautada na pecuária bovina, com pastagens ocupando grandes áreas, consubstanciadas em grandes propriedades, onde as lavouras possuem baixa expressividade.

Delgado (1985), reforça a idéia de que o processo de modernização se realiza com intensa diferenciação e mesmo exclusão de grupos sociais e regiões econômicas. Não sendo, portanto, um processo que homogeniza o espaço econômico e tampouco o espectro social e tecnológico da agricultura brasileira.

Mediante esclarecimento do referido autor, cabe ressaltar que a modernização da agricultura não melhorou as condições de vida da população rural igualmente. Com o processo de expansão do capitalismo no campo, grande parte da mão-

de-obra foi sendo paulatinamente substituída pelas máquinas, num processo contínuo de profundas transformações técnicas e sociais. Segundo Graziano Neto (1986), a sazonalidade da mão-de-obra é reforçada face à redução do trabalho permanente, em detrimento da temporária.

Passaram a coexistir produtores modernizados, devidamente capitalizados e aptos a atenderem às novas exigências do mercado. Por outro lado, produtores que mantêm formas de produção tradicionais que dificilmente entram na disputa dos grandes mercados, limitando-se a uma produção basicamente de subsistência. Estes, convivem ainda com aqueles que, expropriados de seus meios de produção, passaram a vender sua força de trabalho como o bóia-fria, o trabalhador volante, o assalariado (Leme, 1999).

Somadas a essas características, o processo de concentração fundiária, historicamente instituído no país desde os primórdios da colonização haja vista o modo de produção de larga escala voltada para o mercado externo, expulsa o homem do campo, reforçando ainda mais as diferenças regionais. Neste sentido, de acordo com Prado Jr. (1978) a propriedade fundiária caracteriza a estrutura agrária brasileira. Com exceção do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Espírito Santo, todo o país apresenta grande concentração fundiária, o que corresponde a regiões de menor densidade demográfica e, conseqüentemente, com maiores disparidades sociais e econômicas.

Em resumo, as características do processo de modernização da agricultura inicialmente apresentadas, somam-se a característica da seletividade, uma vez que tal processo não atinge igualmente todas as regiões, produtos e classes sociais, reforçando ainda mais as disparidades que já são inerentes ao modo de produção vigente.

### **4.3 Histórico da ocupação e etapas econômicas do município de Anhumas**

O patrimônio de Anhumas foi inaugurado em 1922. Nesta época, as terras pertenciam à Companhia Marcondes de Colonização - Indústria e Comércio, empresa pertencente ao Coronel José Soares Marcondes, que chegou nesta região no final de 1919, iniciando a venda de várias glebas. Ocupado inicialmente por migrantes mineiros, destacaram-se as famílias de Domingos Ferreira de Medeiros e de José Custódio Vêncio. Foi distrito de Presidente Prudente até 1954, quando se emancipou. (Abreu, 1972).

Parte integrante da região da Alta Sorocabana, o município de Anhumas teve a sua história agrícola desenvolvida com características similares aos demais municípios do Oeste do Estado de São Paulo.

Com a apropriação de centenas de alqueires de terra que se estendia desde a barranca do rio Paranapanema até o espigão do rio do Peixe, José Teodoro de Souza foi considerado o primeiro desbravador do sertão do Paranapanema (por volta de 1850). Preocupado em “povoar” para não perder “suas” terras, dividiu a grande gleba e distribuiu pequenos lotes para as famílias que vieram acompanhando-o (Abreu, 1972). Não demorou, vieram os “grilheiros”, preocupados em explorar e negociar as terras, gerando históricos, permanente e polêmicos conflitos que se estendem até os dias de hoje, principalmente no Pontal do Paranapanema.

Já no século XX, depois da penetração pioneira dos mineiros, que após a decadência das minas vieram atraídos pelas terras de pastagem, o Oeste do Estado de São Paulo foi procurado pelos plantadores de café, emigrantes de Minas Gerais e São Paulo, em busca de terras férteis para o cultivo dessa cultura. Com uma produção que ultrapassou mais de 60% da produção global do país, a região Oeste do Estado de São Paulo colocou-se no comércio internacional do café (Sarquis, 1996).

Este produto valorizou sobremaneira os espigões do Planalto Ocidental Paulista, a partir de loteamentos rurais e do surgimento de novas cidades. O loteamento rural constituía-se no retalhamento das glebas em pequenas parcelas que eram vendidas a prazo principalmente para aqueles que haviam acumulado recursos como colonos nas fazendas de café. A comercialização dessas parcelas ficava a cargo das companhias estrangeiras bem como por fazendeiros que vendiam uma parte de suas terras para financiar as plantações. Assim, se esta área estava inicialmente caracterizada por latifúndios, ela pode pouco depois, conhecer as pequenas propriedades rurais exploradas em regime familiar (Spósito & Guimarães, 1997).

O povoamento da região contou com o transporte prestado pela Estrada de Ferro Sorocabana, que se comportou como infra-estrutura da economia cafeeira, oferecendo transporte rápido, barato e seguro do café para os grandes centros. Segundo Abreu (1972), comparando-se a cronologia da expansão cafeeira com o prolongamento da Sorocabana, verifica-se que esta forneceu um suporte fundamental à expansão da cultura e do povoamento, principalmente a Alta Sorocabana a partir do município de Assis.

Prado Júnior (1956) esclarece que as condições de clima, qualidade do solo e a imigração europeia colocaram em destaque a cultura do café entre os produtos agrícolas brasileiros. O autor comenta que do ano de 1889 (ano da proclamação da república) até 1930, o Estado de São Paulo recebeu mais de dois milhões de imigrantes, sendo que a maior parte dessa mão-de-obra se destinou à cultura do café. Além disso, o capital cafeeiro foi a mola propulsora para o desenvolvimento do setor industrial principalmente no Estado de São Paulo.

A agricultura sustentada principalmente pelo café atingiu o seu apogeu de 1930 a 1940 (Sarquis, 1996). O declínio do produto está basicamente relacionado com a má conservação dos solos, as geadas que dizimaram as plantações, a grande crise internacional historicamente conhecido como “crack” da bolsa de Nova York e pela concorrência com a produção de outros países.

Com a crise do café, foi implantada na região da Alta Sorocabana a cultura do algodão, favorecida pela expansão da indústria têxtil e pelo interesse por parte do mercado internacional. Além disso, por ser uma cultura anual, o ciclo de produção é mais rápido, característica satisfatória para os produtores.

Segundo Leite (1972), a cultura do algodão, além de trazer grande influência nas novas divisões de terras na Alta Sorocabana, motivou a instalação de importantes indústrias de descaroçamento, geralmente estrangeiras. Em 1939, foram montadas na região a Usina de Anderson Clayton e depois a Samba S/A. Nas décadas de 40 e 50, foi instalada a Saad S/A, a cooperativa de Cotia S/A e outras. Entretanto, por se tratar de cultura temporária e sujeita a variações climáticas anuais, os algodoads sofreram oscilações entre uma safra e outra. Outros fatores influenciaram também na produção, tais como: preços pouco compensadores, fortes concorrências de outras lavouras e perda gradual da fertilidade do solo, ocorrendo decréscimo da produção, a partir de 1955, depois do seu apogeu no município.

Para Leite (1972), entre os fatores que ocasionaram a queda da produtividade, o empobrecimento dos solos foi um dos principais, juntamente com as pragas que atacaram os algodoads, levando a gastos elevados com inseticidas e a conseqüente inviabilidade da produção.

De acordo com Marques (1966), a cotonicultura constitui uma das mais nocivas práticas no que se refere à erosão, sendo as perdas de solo de 26.600 t/ha. A

grandeza desse valor, pode ser verificado quando se compara com as perdas de solo sob mata que é de 0.004 t/ha.

Com a queda da produção do algodão na década de 50, os agricultores passaram a se dedicar ao cultivo do amendoim, aumentando as áreas de produção. Até então cultura subsidiária, o amendoim passou a ser o principal produto na maioria dos municípios. Sendo o amendoim menos exigente que o algodão, adaptou-se aos solos da região que suportavam, após pequena adubação, duas semeaduras anuais. Seu plantio foi, segundo Sarquis (1996), incentivado pelas indústrias de extração de óleo de algodão cujas prensas de moagem se mantinham ociosas nas entre safras. A cultura do amendoim, por sua vez, agravou o quadro de erosão devido ao revolvimento da camada superficial do solo por ocasião das semeaduras.

A pecuária, juntamente com a cultura do algodão, foi se tornando uma atividade importante na economia da região. Esta atividade surgiu como alternativa para as terras cansadas dos cafeeiros que, por sua vez, tornaram-se imprestáveis para o algodão.

Com o passar dos anos, a agricultura passou a não dar mais retorno financeiro esperado, uma vez que o produtor gastava mais com a plantação do que recebia com a colheita. Os agricultores optaram então, por vender suas propriedades para os fazendeiros da região e buscar outras alternativas de vida (Sarquis, 1996).

Especificamente no que se refere ao município de Anhumas, segundo dados da FIBGE, em 1960 existiam 832 estabelecimentos no referido ano, passando para 258 em 1995/6, uma redução de 69 % em números absolutos.

Nesse processo, a diminuição das pequenas áreas produtivas vieram até 1985, acompanhadas da diminuição das áreas de lavoura (temporárias e permanentes), da redução da produção de alguns produtos agrícolas e do crescimento acelerado das áreas de pastagens e do rebanho bovino (FIBGE, 1960-1995/6). Como resultado final, a inevitável redução no emprego de mão-de-obra e o conseqüente êxodo rural, num quadro de transformações econômicas e sociais.

Como afirmou Silveira (1997), muitas são as causas apontadas como responsáveis pela diminuição tanto do número de estabelecimentos, quanto da área de produção. Para o referido autor, pode-se citar as seguintes: a degradação dos recursos naturais, o endividamento que leva muitos proprietários a venderem suas terras e a migração dessa

população para a cidade, ou para outras áreas, em busca de melhores condições de vida e de trabalho, já que o campo não mais oferece boas condições. Os proprietários vendem suas propriedades. Alguns conseguem montar algum negócio e sobreviver, enquanto outros terminam totalmente descapitalizados.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1 Material**

O material utilizado no presente trabalho é constituído pelo agrossistema representativo dos processos de ocupação do município de Anhumas onde ocorrem predominantemente ARGISSOLOS, utilizados com cultura anual e pastagem há seis anos. Para avaliar as alterações antrópicas, foi estudado também o mesmo tipo de solo sob floresta, como padrão de comparação uma vez que mantém as características edáficas originais.

A caracterização da área piloto, uma propriedade agrícola representativa do município de Anhumas, pode ser verificada no Quadro 1 e a localização dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual, descritos e amostrados para análises químicas e físicas de rotina e da estabilidade de agregados, podem ser observados na Figura 1. As coordenadas geográficas da sede da propriedade são as seguintes: 51°26'21" de Longitude Oeste Grw. e 22°19'09" de Latitude Sul.

Quadro 1 - Informações da propriedade rural da área estudada, obtida do proprietário e explorador

Nome da propriedade	- Sítio São Luiz
Nome do proprietário	- José Aparecido Udenal *
Área do imóvel	- 33,88 ha
Principal atividade	- Pecuária – 21,78 ha
Número de cabeças de gado	- 130 – corte e leite
Pasto (capim)	- <i>Brachiária decumbens</i> Stapf
Agricultura	- Milho, feijão, batata-doce e arroz
Manejo na agricultura	- Rotação de culturas (feijão, batata-doce e milho) - Calagem (carbonato de cálcio e magnésio) - Adubação Mineral N-P-K (4X20X20) - Adubação Orgânica (esterco de gado) - Incorporação de resíduos da colheita - Aração e gradagem **
Mão-de-obra	- Contrata 4 a 5 homens no plantio e colheita
Problemas na agricultura e pecuária	- Não tem
Comercialização da produção	- Vende na região
Assistência técnica	- Engenheiro Agrônomo da Casa da Agricultura (CATI)***
Crédito para agricultura	- Não Usa****
Crédito para pecuária	- PRONAF – Banco do Brasil – até R\$ 5.000,00 (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar)

\* Neto de austríaco e avó italiana; pai adquiriu a propriedade em 1933; procedência dos pais: Batatais e São Joaquim da Barra (Região de Ribeirão Preto-SP); sempre explorou a propriedade; proprietário desde 1988; escolaridade 1º grau; tem dois filhos com nível universitário.

\*\* Trator da marca Massey Ferguson.

\*\*\* Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada.

\*\*\*\* Nas entressafras vende algumas cabeças de gado.

### 5.1.1 Histórico agrícola da área

A área da propriedade agrícola estudada é cultivada há mais de 25 anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período, seis anos.

Até 1990 a rotação de culturas era feita com feijão, milho, amendoim e/ou algodão. Com a entrada da batata-doce na região por volta de 1990, a rotação de culturas está sendo feita da seguinte maneira: feijão, batata-doce e milho.

No solo sob agricultura, em cada rotação de cultura é feita aração e



uma gradagem e incorporado ao solo resíduos vegetais deixados no campo após a colheita, resíduos animais (esterco de gado bovino). Além disso, é feita calagem com calcário dolomítico (carbonato de cálcio e de magnésio) e adubação mineral, N-P-K, em proporções recomendadas e que podem variar de acordo com a cultura e as condições de fertilidade do solo, verificada através de análise química de amostras de terra.

Na formação da pastagem, com capim *Brachiaria decumbens* Staph (braquiária) é apenas incorporado ao solo os resíduos da colheita anterior, a pastagem é semeada utilizando em média 33 a 41 kg de sementes por hectare. Após seis anos a pastagem é retirada por tombamento e efetuado de 2 a 3 gradagens. Esta braquiária é uma gramínea perene, herbácea, decumbente, que ocupa totalmente o terreno devido a grande capacidade que possui em se alastrar, formando uma densa vegetação de 60 a 70 cm de altura. Bastante agressiva, essa forrageira ocupa rapidamente o terreno, “gramando-o” de forma impressionante, impedindo qualquer processo de erosão. Por essa razão, a *Brachiaria decumbens* tem sido a gramínea preferida para formar pastagens em terrenos mais declivosos (Pupo, 1985).

Neste sistema de manejo a produtividade média por hectare é a seguinte: 62 sacas de milho, 25 sacas de feijão e 723 caixas de 25 kg de batata-doce.

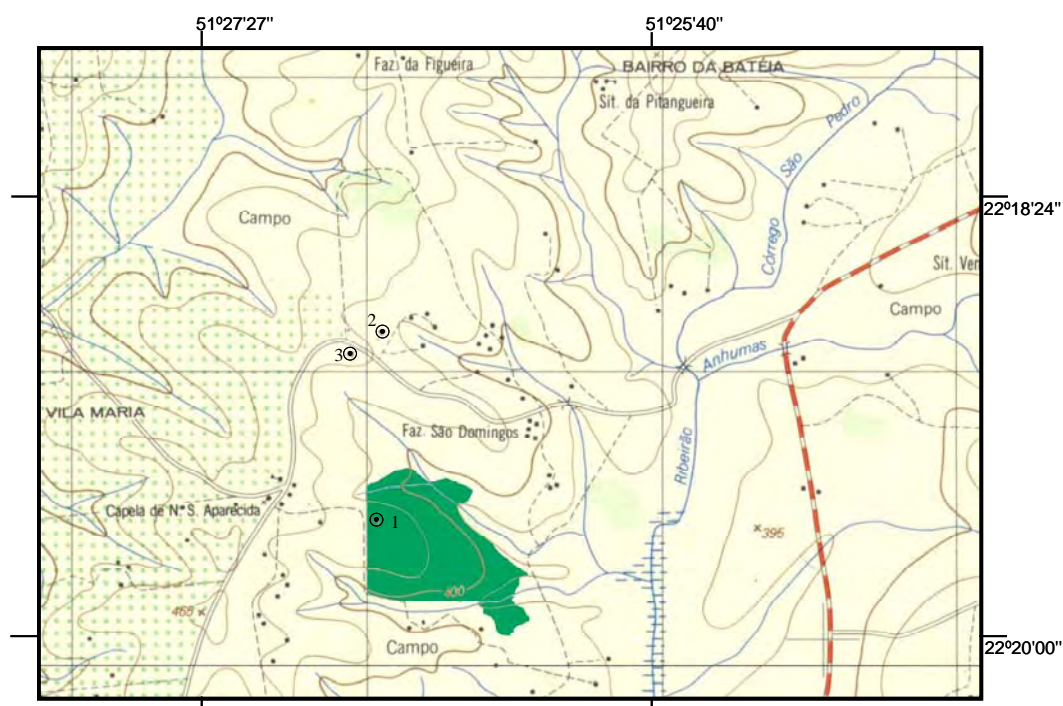


Figura 1 - Localização dos perfis-de-solo sob floresta (1), pastagem (2) e cultura anual (3), estudadas no município de Anhumas - SP. Escala 1:50.000 (Fonte: Carta do Brasil - Folha SF-22-Y-B-III-3, FIBGE)

### 5.1.2 Descrição geral do município de Anhumas

O município de Anhumas, com uma área de 321,7 km<sup>2</sup> (FIBGE, 1996), está inserida na 10<sup>a</sup> Região Administrativa de Presidente Prudente - Oeste do Estado de São Paulo. Está compreendido entre as seguintes coordenadas geográficas: 51°20'45" a 51°31'12" de Longitude Oeste de Grw. e 22°11'52" a 22°30'57" de Latitude Sul. Limita-se com os municípios de Presidente Prudente, ao Norte; Regente Feijó e Taciba à Leste; Pirapozinho e Narandiba à Oeste (Figura 2).

O município de Anhumas pertence à Bacia Sedimentar do Paraná. Esta unidade geotectônica, formada a partir do Devoniano Inferior, possui uma área de aproximadamente 1.100.000 km<sup>2</sup> dentro do território brasileiro e é formada predominantemente por materiais de origem sedimentar, ocorrendo também lavas basálticas e sills de diabásio (IPT, 1981b).

Na região Oeste do Estado de São Paulo, após a finalização dos derrames de lavas da formação Serra Geral de idade Jurássico Superior e Cretáceo Inferior, inicia-se a deposição basal dos sedimentos do Grupo Bauru (IPT, 1981b).

De acordo com o IPT (1981b), as formações geológicas dominantes que afloram na região Oeste do Estado de São Paulo, pertencem ao Grupo Bauru- Formações Caiuá (28,7 %); Santo Anastácio (2,7 %); Adamantina (62,2 %), Grupo São Bento – Formação Serra Geral (4,3 %); e os Depósitos Cenozóicos (2,1 %).

O município de Anhumas está localizado predominantemente em domínios do Grupo Bauru- Formação Adamantina do Cretáceo Superior, ocorrendo também, nas baixadas planas e geralmente úmidas, Depósitos do Cenozóico (IPT, 1981b).

A formação Adamantina apresenta-se como a mais importante por ser a de maior expressão e representatividade. Recobre as formações Serra Geral, Caiuá e Santo Anastácio e é recoberta pela Formação Marília e Depósitos Cenozóicos. É constituída de depósitos fluviais com predominância de arenitos finos e muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos, com lentes de siltitos arenosos e argilosos, ocorrendo em bancos maciços. Como estruturas sedimentares, apresenta estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno e grande porte (IPT, 1981b).

De acordo com o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981a), o Oeste Paulista encontra-se localizado no Planalto Ocidental Paulista, que abrange uma área de aproximadamente 50 % do Estado de São Paulo, indo desde a província das Cuestas Arenítico - Basálticas até o limite Oeste dos rios Grande, Paraná e Paranapanema.

Segundo Boin (2000), na maior parte do Oeste paulista as altitudes variam entre 300 e 500 metros e, somente nos vales dos rios Paraná e Paranapanema, assim como na foz de seus vários afluentes encontram-se altitudes inferiores a 300 metros. O relevo desta porção do Estado mostra forte imposição estrutural, sob o controle das camadas sub-

horizontais, com leve caimento para Oeste, formando uma extensa plataforma estrutural suavizada, com cotas entre 250 e 600 metros.

De acordo com a classificação do IPT (1981a), o município de Anhumas apresenta as seguintes configurações geomorfológicas:

- colinas médias com predomínio de interflúvios com áreas de 1 a 4 km<sup>2</sup>, topos aplainados, vertentes com perfis convexos a retilíneos;

- drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular, vales abertos a fechados, planícies aluviais restritas, presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

O clima do Oeste do Estado de São Paulo e conseqüentemente do município de Anhumas, segundo a classificação climática de Köppen é do tipo Aw; clima Tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio é superior a 18°C.

A adoção desta classificação comumente segue em combinação com a proposta por Monteiro (1973), baseada em critérios de distinção de zona climática. Assim, o clima passa a sofrer a influência de massas de ar Tropicais e Polares, com dominância da massa de ar Tropical Marítima. Desta forma, o clima regional, classificado em princípio como Aw, tropical, quente e úmido, é perturbado pela circulação atmosférica regional. A referida região está localizada em uma faixa de transição climática, entre as zonas tropical e a extra-tropical, o que lhe confere um caráter de transição, caracterizado pela variabilidade pluviométrica, com flutuações dos totais de chuvas (Sant'anna Neto & Barrios, 1992).

Os sistemas tropicais se individualizam na massa Tropical Atlântica (Ta), com origem no anticiclone atlântico; na massa Tropical Continental (Tc), que se forma na Depressão do Chaco; e na massa Equatorial Continental (Ec), que se origina na Planície Amazônica. Os sistemas polares se individualizam na Massa polar Atlântica (Pa), originada no Anticiclone Polar, em seu ramo Atlântico, e nos sistemas frontológicos, tendo como descontinuidade, provocada pelo entrechoque dos sistemas tropicais e polares, a Frente Polar. (Sant'anna Neto & Barrios, 1992).

Trabalhando com intervalo de tempo entre 1951 e 1990 (40 anos), os referidos autores identificaram, conforme as estações do ano, uma tendência das chuvas para a região Oeste paulista: na primavera e no inverno há uma tendência crescente da pluviosidade;

o outono é estável e o verão, mesmo sendo a estação mais chuvosa com 40 % das chuvas anuais, apresenta uma tendência decrescente. Assim, a distribuição das chuvas no Oeste paulista não apresenta uma uniformidade têmporo-espacial sobre uma topografia composta por relevos de espigões desgastados e suaves

Estes dados tendem a indicar que não existe uma regularidade pluviométrica. O que se verifica é uma variabilidade das chuvas que, dependendo do encadeamento dos sistemas atmosféricos atuantes ao longo do ano, podem ocasionar períodos de maior ou menor quantidade de chuvas e isso se refletirá nos índices de excedentes e deficiências de água que escoam e infiltram no solo.

De acordo com Boin (2000), as características pluviométricas têm importância fundamental quando são consideradas juntamente com outros elementos de análise como o solo e o relevo de uma dada região, bem como os tipos de uso do solo. Tais preocupações são importantes principalmente no que diz respeito às precipitações excepcionais, face à capacidade de saturação hídrica do solo na época de preparo para o plantio.

Conforme Barrios (1987) citado por Mariano (1995), o clima é um regulador temporal da produção agrícola, onde a variável precipitação determina a fase do plantio, o crescimento e o desenvolvimento da planta. Com o objetivo de se identificar períodos que requerem maiores atenções por parte do produtor no que se refere à disponibilidade hídrica, à deficiência, aos excessos, à retirada e à reposição d'água no solo, utilizou-se o balanço hídrico (Thornthwaite & Matter, 1955).

Ometto (1981) define balanço hídrico como sendo a contabilidade de entrada e saída de água no solo, esclarecendo que sua interpretação leva a informações de ganho, perda e armazenamento de água no solo, fundamentais para o planejamento e elaboração do calendário agrícola.

Durante o período analisado (1984-1999) representado no Quadro 2 e Figura 3, constatou-se que no município de Anhumas a precipitação e a temperatura média anual são, respectivamente, 1347 mm e 23,5°C. Ocorreu excedente hídrico total de 145 mm de janeiro a maio e deficiência hídrica de 18 mm nos meses de julho, agosto, setembro e novembro. Nos meses de outubro a março concentrou-se 71,5 % das precipitações.

Quadro 2 - Balanço hídrico referente a Pirapozinho, Posto D8-075; período 1984-1999; Latitude 22°16' S; Longitude 51°30' W; altitude 470 metros

Meses	T °C	Nomo grama	Corre- ção	EP	P	P-EP	Neg Acum	ARM	ALT	ER	DEF	EXC
mm												
JAN	25,8	4,3	34,5	148	197	49	0	125	11	148	0	38
FEV	25,6	4,0	30,0	120	183	63	0	125	0	120	0	63
MAR	25,3	4,0	31,5	126	144	28	0	125	0	126	0	18
ABR	23,9	3,3	29,1	96	102	6	0	125	0	96	0	6
MAI	20,9	2,3	28,5	66	86	20	0	125	0	66	0	20
JUN	19,7	1,9	22,0	51	50	-1	1	124	-1	51	0	0
JUL	19,9	2,0	28,2	56	24	-32	33	95	-29	53	3	0
AGO	21,8	2,6	29,4	76	42	-34	67	72	-23	65	11	0
SET	22,7	2,8	30,0	84	80	-4	71	70	-2	82	2	0
OUT	24,6	3,5	32,7	125	115	0	71	70	0	115	0	0
NOV	25,5	4,0	33,0	132	128	-4	75	68	-2	130	2	0
DEZ	25,8	4,3	34,8	150	196	45	11	114	46	150	0	0
ANO	23,5	-	-	1220	1347	127	-	-	0	1202	18	145

Balanço hídrico segundo Thornthwaite & Mather (1955), elaborado na Seção de Introdução da Divisão Dasonomia do Instituto Florestal de São Paulo.

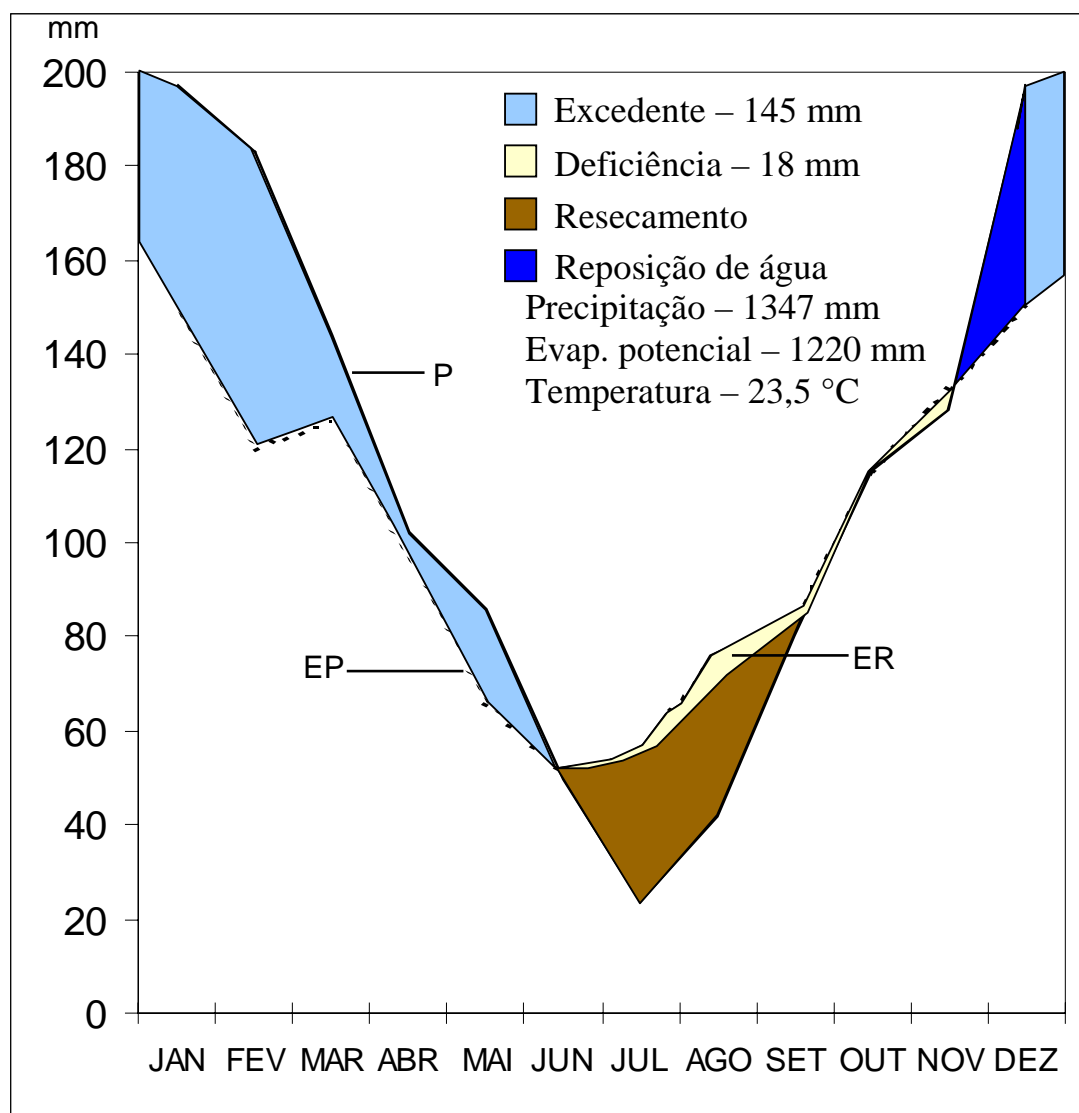


Figura 3 - Balanço hídrico referente a Pirapozinho, Posto D8-075.

No Oeste do Estado de São Paulo, antigas áreas ocupadas por densas florestas tropicais sofreram um processo de devastação em consequência do uso agrícola e pastoril, principalmente a partir da segunda década deste século (Sarquis, 1996). Hoje, remanescentes da vegetação natural ocorrem em pequenos maciços isolados.

De acordo com Francisco (1989), a remoção da cobertura de floresta influi significativamente no comportamento hídrico do solo, alterando-o quanto á reposição, redistribuição e a orientação do fluxo d'água.

Para Camargo et. al. (1986); Lemos e Santos (1996), no que se refere ao município de Anhumas, os remanescentes da vegetação primária, nas partes altas, é a Floresta Tropical Subperenifólia.

Desde o início da década de 60, os principais tipos de vegetação primária têm sido usados como critério de fases de unidades de mapeamento adotadas em levantamentos pedológicos de média e pequena escala no Brasil, com o objetivo de suprir insuficiências de dados referentes às condições térmicas e hídricas do solo. Os tipos de vegetação, adotados para fasamento de classes de solos, decorre de condicionantes climáticos e/ou edáficos imperantes, os quais influenciam as variedades de formações fitogeográficas e regulam seu comportamento fisionômico-fisiológico (Camargo et. al., 1986). As formas de vegetação primária empregada para fasamento das classes de solo podem ser verificadas em Lemos & Santos (1996).

De acordo com o mapa pedológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:500.000 (Oliveira et al., 1999), as unidades de mapeamento, constituindo associações de solos do município de Anhumas, são as seguintes:

**PVA 2-** ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos abrupáticos ou não A moderado textura arenosa/média relevo suave ondulado e ondulado.

**PVA 10-** ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos + ARGISSOLOS VERMELHOS Distróficos e Eutróficos ambos textura arenosa/média e média relevo suave ondulado + LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos textura média relevo plano todos A moderado.

**LV 78-** LATOSSOLOS VERMELHOS Distróficos A moderado textura média relevo plano + ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS e VERMELHOS ambos Eutróficos e Distróficos A moderado textura arenosa/média e média relevo suave ondulado.

Segundo a EMBRAPA (1999), os ARGISSOLOS compreendem solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de horizonte A ou E.

Os solos Podzolizados de Lins e Marília variação Lins e variação Marília e os Podzólicos Vermelho- Amarelos variação Laras (Brasil, 1960), correspondem, segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), aos ARGISSOLOS



VERMELHOS e ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS dependendo da cor do horizonte B. Os Podzólicos Vermelho–Amarelos variação Piracicaba (Brasil, 1960), correspondem aos ARGISSOLOS VERMELHO- AMARELOS e uma pequena parte deles, por apresentarem elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ) elevados, à classe dos ALISSOLOS (Oliveira et. al., 1999).

Os ARGISSOLOS são, na sua maioria, solos muito profundos (> 200 cm de profundidade). Não apresentam qualquer impedimento físico à penetração do sistema radicular pelo menos até 200 cm de profundidade a menos que apresente o fenômeno da compactação, resultante do uso inadequado do mesmo. Além disso, por apresentarem, no geral, textura média ou arenosa em superfície e baixa atividade da fração argila, são facilmente preparados para o plantio.

De modo geral, os ARGISSOLOS são susceptíveis à erosão por apresentarem gradiente textural entre o horizonte A ou E e o B. Esses solos apresentam-se com baixa ou muito baixa resistência à erosão (Lombardi Neto et al., 1991, citados por Oliveira et. al., 1999). Todavia, quando além do gradiente textural a transição entre os horizontes A ou E e B é abrupta e ocorrem em relevo ondulado e forte ondulado são muito mais susceptíveis á erosão (Oliveira et. al., 1999).

Os LATOSSOLOS são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresentar mais de 150 cm de espessura (EMBRAPA, 1999).

Brasil (1960), identificou as seguintes classes de Latossolos: Roxo, Vermelho- Escuros, Vermelho- Amarelos e os Vermelho- Amarelos Húmicos. Os Latossolos Roxos e os Latossolos Vermelho- Escuros correspondem aos LATOSSOLOS VERMELHOS sendo que os Latossolos Roxos são denominados de LATOSSOLOS VERMELHOS FÉRRICOS e os Latossolos Vermelho- Amarelos e os Vermelho- Amarelos Húmicos correspondem aos LATOSSOLOS VERMELHO- AMARELOS (EMBRAPA, 1999; Oliveira et. al., 1999).

A classe dos LATOSSOLOS ocupa cerca de 52 % da área do Estado de São Paulo (Brasil, 1960 citado por Oliveira 1999). São, em geral, solos com boas propriedades físicas. Situados, na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso de máquinas

agrícolas. São solos de excepcional porosidade total sendo comuns valores de 50-60 % e, conseqüentemente, de boa drenagem interna, mesmo nos de textura argilosa. Sua elevada friabilidade permite que sejam facilmente preparados para o cultivo

Segundo Lombardi Neto et al. (1975), citados por Oliveira (1999) estes solos apresentam boa tolerância à perda por erosão e baixa erodibilidade, justificado pela maior permeabilidade como colocado anteriormente.

No que se refere à hidrografia, a Região Oeste do Estado de São Paulo encontra ao Norte o rio Grande, ao Sul o rio Paranapanema, a Oeste o rio Paraná e à Leste pelas “Cuestas” Basálticas. A referida região está inserida na Bacia Hidrográfica do rio Paraná, uma das maiores Bacias Hidrográficas do Brasil, possuindo 889,941 km<sup>2</sup> de extensão (Daker, 1983; citado por Leme, 1999).

De acordo com Leme (1999), grande parte dos rios que compõem a rede de drenagem do Oeste do Estado de São Paulo são totalmente formados dentro dos limites da Província do Planalto Ocidental Paulista. Os rios de maior porte desta região são geralmente rápidos, formando cachoeiras e corredeiras, pouco utilizados para navegação. A rede de drenagem regional caracteriza-se por ribeirões e córregos perenes, cujo volume de água diminui apenas durante os períodos de estiagem

A rede de drenagem do município de Anhumas é constituída pelo Ribeirão Anhumas que é afluente do rio Paranapanema, fronteira natural com o Estado do Paraná. Ao norte, os rios são afluentes do rio Santo Anastácio que, por sua vez, é afluente do rio Paraná.

### **5.1.3 Cartas topográficas e mapas pedológico e geológico**

Para verificação da rede de drenagem, relevo, localização de acidentes geográficos, de propriedades rurais, de estradas e para a localização dos perfis-de-solo, foram utilizadas folhas de carta do Brasil, referentes à área de estudo, provenientes de restituição aerofotogramétrica na escala de 1:50.000 com curvas de nível com intervalo vertical de 20 metros, editadas em 1974, pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE).

O município de Anhumas está representado nas folhas assim identificadas:

Pirapózinho (SF – 22 – Y – B – III – 3)

Presidente Prudente ( SF – 22 – Y – B – III – 1)

Tarabai ( SF – 22 – Y – B – II – 4)

Esperança do Norte (SF – 22 – Y – B – VI – 1)

Serviram de base para interpretações geológicas o mapa geológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:500.000 (São Paulo – IPT, 1981) e para orientação na identificação dos solos, o mapa pedológico do Estado de São Paulo, na escala de 1:500.000 (Oliveira et al., 1999).

#### **5.1.4 Censos demográficos e agropecuários**

Os dados Demográficos e Agropecuários para o município de Anhumas foram obtidos nos Censos publicados pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), referentes ao período de 1960 a 1995/6. A opção pela representação em forma de Figuras ou Gráficos foi condicionada pela facilidade de compreensão das informações neles contidas.

Os dados Agropecuários serviram para mostrar as mudanças ocorridas nas principais atividades agropecuárias e, conseqüentemente, no uso do solo, além da relação do número de estabelecimentos agrícolas e a concentração fundiária. Os dados dos Censos Demográficos serviram para verificar os deslocamentos populacionais do município de Anhumas e comprovar a diminuição do número de habitantes residentes no meio rural bem como da população total nos últimos quarenta anos.

#### **5.1.5 Material de campo**

Para a descrição morfológica e coleta de amostras dos horizontes dos perfis-de-solo, foram utilizados: martelo de pedólogo, trado tipo holandês, enxadão, carta de cores de solo de “Munsell”, trena, sacos plásticos, etiquetas, lupa, clinômetro e GPS de Campo- Garmin 12 XL.

## **5.2 Métodos**

O método utilizado no presente trabalho foi o da comparação da influência do uso e manejo do solo com a manutenção da vegetação natural, avaliando-se o seu resultado em relação a degradação das características edáficas originais

Uma vez definidos os objetivos do trabalho e delimitada a área da pesquisa, fez-se necessário a caracterização morfológica, bem como a análise das amostras de terra em laboratório, obtendo-se dados referentes às condições físicas e químicas dos ARGISSOLOS sob uso com cultura anual, pastagem a mais de vinte e cinco anos no seguinte sistema: seis anos com rotação de culturas anuais, em área que foi seguida de pastagem pelo mesmo período; e sob floresta que serviu de padrão para avaliar o efeito do uso e manejo dos ARGISSOLOS.

A partir da análise conjunta dos dados de solo bem como dos Censos Demográficos e Agropecuários da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE), pode-se trabalhar com a hipótese inicialmente levantada; a de que seria a alteração de algumas características do solo, um dos fatores responsáveis pela diminuição da densidade demográfica no município de Anhumas nos últimos anos.

### **5.2.1 Seleção da área de estudo**

Para este estudo foi selecionada como área piloto a propriedade agrícola “Sítio São Luiz” pertencente a José Aparecido Udenal, por ser representativa dos solos do município de Anhumas, além de representar o uso e o manejo dos solos da maioria dos estabelecimentos rurais.

### **5.2.2 Descrição morfológica dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas**

Para as áreas escolhidas utilizadas com culturas anuais, pastagem e com floresta, em locais julgados convenientes, foram abertas trincheiras com 200 cm de

profundidade para a descrição morfológica e coleta de amostras dos horizontes dos perfis-de-solo, de acordo com o manual de método de trabalho de campo (Lemos & Santos, 1996).

Foram coletadas amostras indeformadas para a determinação da densidade do solo e da estabilidade dos agregados. As amostras deformadas foram destinadas para as demais análises físicas e químicas.

### **5.2.3 Análises físicas e químicas dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas**

As determinações analíticas foram feitas com TFSA (terra fina seca ao ar) proveniente do fracionamento subsequente à preparação da amostra, sendo os resultados expressos em terra fina seca à 105 °C.

As análises relacionadas abaixo foram realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997).

- Composição granulométrica da terra fina: (método do densímetro) dispersão em água com NaOH agitação de alta rotação; sedimentação; argila determinada por densimetria no sobrenadante; areia separada por tamisação em cinco classes (Classificação Internacional) e silte calculado por diferença.

- Argila dispersa em água: como o anterior suprimindo o agente dispersante.

- Grau de flocculação: cálculo baseado na porcentagem de argila dispersa em água ( $GF = [100 (\text{argila total} - \text{argila dispersa em água}) / \text{argila total}]$ ).

- Densidade de partículas: método do álcool etílico, utilizando balão volumétrico de 10 ml e 4 g de TFSE e expresso em  $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

- Densidade do solo: método da parafina utilizando-se torrões, expresso em  $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$

- Porosidade total: utilizando a expressão: Porosidade total = 100 [(densidade de partículas – densidade do solo)/densidade de partículas], expressa em porcentagem de volume.

- pH em H<sub>2</sub>O e em KCl 1 N : medição, por eletrodo de vidro em suspensão solo – H<sub>2</sub>O ou solo – KCl 1N, na proporção sólido-líquido 1:2,5.

- Bases extraíveis:  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  extraídos com  $\text{KCl}$  1N e titulação com EDTA:  $\text{K}^{+}$  extraído com  $\text{HCl}$  0,05 N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025N e determinado por fotometria de chama.

- Soma de bases: cálculo de adição dos resultados da determinação anterior ( $S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}$ ).

- Acidez extraível:  $\text{Al}^{3+}$  extraído com  $\text{KCl}$  1N e acidez titulada com  $\text{NaOH}$  0,025 N e azul-bromotimol como indicador;  $\text{H}^{+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  extraídos com  $\text{Ca}(\text{OAc})_2$  2 1N, pH 7,0 e acidez titulada com  $\text{NaOH}$  0,0606 N e fenolftaleína com indicador;  $\text{H}^{+}$  calculado por diferença.

- Capacidade de troca de cátions: cálculo do somatório dos resultados de bases e acidez extraíveis, das determinações anteriores ( $T = S + \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ ).

- Porcentagem de saturação por bases: cálculo da proporção de bases extraíveis abrangidas na capacidade de troca de cátions ( $V = S/T \times 100$ ).

- Porcentagem de saturação por alumínio: cálculo da proporção de alumínio extraível abrangido no somatório, de resultados de bases e alumínio extraíveis, segundo determinações supracitadas ( $m = \text{Al}^{3+} / S + \text{Al}^{3+} \times 100$ ).

- Retenção de cátions: cálculo da proporção de alumínio extraível mais bases trocáveis em relação à argila ( $\text{RC} = \text{Al}^{3+} + S / \text{Kg argila}$ ).

- Fósforo extraível: extraído com  $\text{HCl}$  0,05 N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N e determinado por colorimetria.

- Carbono orgânico: oxidação via úmida com  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  0,4N e titulação com  $\text{FeSO}_4$  0,1N.

- Nitrogênio total: calculado pelo teor de matéria orgânica.

#### **5.2.4 Determinação de porcentagem de agregados por via seca**

A determinação da porcentagem de agregados por via seca foi feita de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

A análise de agregados por via seca, compreende as seguintes etapas:

- Pesar 100 g da amostra preparada (seca ao ar e passadas em peneira de 4 mm de malha).

- Colocar na parte superior de um jogo de peneiras de 2,0 – 1,0 – 0,5 – 0,25 mm de malha e de 20 cm de diâmetro.
- Ligar o agitador e deixar por 15 minutos (agitador tipo ROTAP de velocidade controlada e movimentos rotatórios com vibração).
- Retirar o conjunto e transferir os agregados retidos em cada peneira, para latas de alumínio numeradas e de peso conhecido;
- Colocar na estufa e determinar o peso à 105° C.
- Em outra amostra de 100g determinar o seu peso seco à 105° C para utilização no cálculo da porcentagem de agregados;
- Calcular a porcentagem dos agregados retidos em cada peneira, de acordo com a seguinte expressão e na seguinte seqüência: 4.0 – 2.0 mm; 2.0 – 1.0 mm; 1.0 – 0.5 mm; 0.5 – 0.25 mm e menor que 0.25 mm.
- Calcular a porcentagem de agregados da seguinte forma:  
% de agregados = 100 (peso dos agregados secos à 105°C)/peso da amostra seca à 105°C.

Para o cálculo do diâmetro médio ponderado (DMP) foi utilizada a seguinte equação:  $DMP = \sum (C_{mm} \times P)$ , segundo Youker e Mcguines (1956) citados por Kiehl (1979), onde  $C_{mm}$  é o centro das classes de tamanho dos agregados e  $P$  é a proporção do peso de cada fração de agregados em relação ao peso da amostra.

Esta análise foi feita para todos os horizontes dos perfis-de-solo com cinco repetições.

### **5.2.5 Análise estatística**

Aos resultados da análise de agregados foi aplicada análise estatística que constou de: análise de variância (considerando o delineamento experimental casualizado) e teste de médias de Tukey a 5 % de probabilidade.

Foram realizadas as seguintes análises de variância:

- Para o uso com floresta, considerou-se 5 tratamentos; horizontes A, AE, Bt1, Bt2 e BC, com 5 repetições para cada horizonte, totalizando 25 dados.

- Para o uso com pastagem, considerou-se quatro tratamentos; horizontes Ap, Bt1, Bt2, e BC, com 5 repetições para cada horizonte, totalizando 20 dados.

- Para o uso com cultura anual, considerou-se 4 tratamentos; horizontes Ap, Bt1, Bt2, e BC, com cinco repetições, totalizando 20.

- Para cada horizonte, A, Bt1, Bt2 e BC, considerou-se três tratamentos; usos com floresta, pastagem e cultura anual e com cinco repetições, totalizando para cada horizonte, 15 dados.

- Para as médias do diâmetro médio ponderado dos agregados (DMPA) dos horizontes dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual e para cada horizonte para os três usos, foi aplicado o teste de médias de Tukey a 5 % de probabilidade.

- Utilizou-se programas do “Statistical Analysis System” versão 6,12 (SAS, 1996) para a análise dos dados que foi realizada no Pólo Computacional do Lageado - CINAG - Centro de Informática na Agricultura - FCA - UNESP- Botucatu/SP.

#### **5.2.6 Análise da estrutura agrícola e os deslocamentos populacionais no município de Anhumas**

Foi feita uma análise dos dados dos Censos Demográficos e Agropecuários produzidos pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (FIBGE) no período de 1960 a 1995/6, objetivando identificar a estrutura produtiva agrícola do município de Anhumas nos últimos quarenta anos. Para tanto, analisou-se a estrutura fundiária do município; a forma de utilização das terras; as principais lavouras; a pecuária, representada pelo efetivo bovino; a condição dos produtores; o emprego de tecnologia como máquinas e insumos agrícolas e a dinâmica populacional durante o período analisado.

Foi feita uma análise conjunta dos dados físicos, químicos e da estrutura agrícola para verificar o processo de alteração do solo, ocasionada por mudanças ocorridas nas principais atividades agropecuárias.



## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Análise morfológica dos perfis-de-solo**

A localização dos perfis-de-solo estudados sob floresta, pastagem e cultura anual pode ser observada na Figura 1. A análise morfológica e as características físicas e químicas permitiram classificar os solos pelo sistema brasileiro de classificação de solos (EMBRAPA, 1999).

#### **6.1.1 Descrição geral**

A descrição geral dos perfis-de-solo estudados está contida no Quadro 3, onde se pode verificar que os solos são provenientes de produtos de alteração do arenito do Grupo Bauru – Formação Adamantina do Cretáceo Superior e não apresentam pedregosidade e nem rochiosidade.

Quadro 3 - Descrição geral dos perfis-de-solo estudados no município de Anhumas - SP

Observação*	PVAd	PVe	PVd
Latitude	22° 19' 32" S	22° 18' 52" S	22° 18' 57" S
Longitude	51° 26' 45" W	51° 26' 43" W	51° 26' 50" W
Situação	Terço Médio	Terço Superior	Topo
Declive	5 %	7 %	0 a 3 %
Cob. veg. sobre perfil	Floresta natural	Gramíneas	Batata-doce
Altitude (m)	430	430	440
Litologia	Arenito	Arenito	Arenito
Formação geológica	Adamantina	Adamantina	Adamantina
Cronologia	Cretáceo Superior	Cretáceo Superior	Cretáceo Superior
Material de origem	Prod. alt. do arenito	Prod. alt. do arenito	Prod. alt. do arenito
Relevo local	Suave ondulado	Suave ondulado	Plano
Relevo regional	Suave ondulado	Suave ondulado	Suave ondulado
Erosão	Não aparente	Não aparente	Laminar ligeira
Drenagem	Bem drenado	Bem drenado	Bem drenado
Vegetação primária	Fl. Tr. Subperenifólia	Fl. Tr. Subperenifólia	Fl. Tr. Subperenifólia
Uso atual	<b>Floresta</b>	<b>Pastagem</b>	<b>Cultura Anual**</b>
Clima	Aw	Aw	Aw

\*- Data das observações: 23/11/2000; \*\* Rotação de culturas: feijão, batata-doce e milho.

PVAd – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico arênico A chernozêmico textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

PVe – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

PVd – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado.

O relevo regional característico dos solos é suave ondulado, com topografia pouco movimentada com elevações de altitudes relativas da ordem de 45 a 85 m, apresentando declives de 3 a 8 %. Os perfis-de-solo foram descritos em locais de relevo plano e suave ondulado, com declives variando de 0 a 7 %.

As características morfológicas dos perfis permitem caracterizar a drenagem interna dos ARGISSOLOS como acentuadamente drenado no horizonte A e bem drenado no horizonte Bt.

Remanescentes da vegetação natural permitiram reconhecer na área de

ocorrência dos solos, a floresta tropical subperenifólia (Lemos & Santos,1996). Esse tipo de vegetação correlacionado com os regimes de temperatura e umidade do solo (EUA, 1975), segundo Camargo et al. (1986), provavelmente indica regime de temperatura hipertérmico (temperatura média anual do solo, a 50 cm de profundidade, igual ou superior a 22 °C, e com diferença entre a média de temperatura do solo no verão e no inverno superior a 5 °C) e regime de umidade údico (o solo fica menos de 90 dias cumulativos, por ano, sem água disponível às plantas até 50 cm de profundidade).

O uso dos solos é com floresta, pastagem e cultura anual em sistema de rotação (feijão, batata-doce e milho).

O clima, segundo a classificação climática de Koëppen é Aw, tropical com estação chuvosa no verão e seca no inverno, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio é superior a 18 °C. De acordo com o balanço hídrico (Quadro 2 e Figura 3), o ressecamento e a deficiência hídrica ocorreram nos meses de julho, agosto, setembro e novembro, período em que se recomenda um sistema de irrigação afim de aumentar a produtividade das culturas anuais.

### **6.1.2 Descrição morfológica**

A descrição morfológica dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual pode ser verificada no Quadro 4. Os perfis descritos em trincheiras de 200 cm de profundidade, apresentam as seqüências de horizontes: A, AE, Bt1, Bt2 e BC, sob floresta, e Ap, Bt1, Bt2 e BC, sob pastagem e cultura anual.

Quadro 4 - Descrição morfológica dos perfis de solo estudados no município de Anhumas - SP

PVAd –FLORESTA	
A	0-25 cm; bruno escuro (7,5YR 3/2, úmido; 4/2, seco); areia franca; composta moderada pequena e média granular e grãos simples; macia muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa; transição gradual e plana.
AE	25-80 cm; bruno (7,5YR 5/4, úmido); cinza claro (7,5YR 6/2, seco); areia franca; composta fraca pequena granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	80-125 cm; vermelho amarelado (5YR 4/8, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	125-158 cm; vermelho amarelado (5YR 4/8, úmido); franco argilo arenosa; moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e moderada; muito dura, friável, plástica e pegajosa; transição gradual e plana.
BC	158-200 cm <sup>+</sup> ; vermelho amarelado (5YR 5/8, úmido); franco argilo arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, plástica e pegajosa.
PVe – PASTAGEM	
Ap	0-25 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/3, úmido); areia franca; composta fraca e moderada pequena e média granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	25-65 cm; bruno avermelhado escuro (2,5YR 3/4, úmido); franco arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; superfícies foscas (coatings); dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	65-120 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; superfícies foscas (coatings); dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.
BC	120-200cm <sup>+</sup> ; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena e media blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.
PVd –CULTURA ANUAL	
Ap	0-40 cm; bruno avermelhado escuro (5YR 3/4, úmido); areia franca; maciça que se desfaz em fraca pequena granular e grãos simples; macia, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição abrupta e plana.
Bt1	40-70 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca pequena e média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
Bt2	70-140 cm; vermelho escuro (2,5YR 3/6, úmido); franco argilo arenosa; fraca e moderada pequena e média blocos subangulares; cerosidade pouca e fraca; muito dura, friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.
BC	140-200 cm <sup>+</sup> ; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco argilo arenosa; maciça porosa que se desfaz em fraca pequena blocos subangulares e fraca pequena granular; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

O solo sob floresta apresenta horizonte A chernozêmico, no qual não foi observado pedoturbação, com 25 cm de espessura, cor úmida e seca bruno escuro (7,5YR 3/2; 4/2). Os solos sob pastagem e cultura anual apresentam horizonte A moderado com espessura de 25 e 40 cm e cor úmida bruno avermelhado escuro (5YR 3/3 e 5YR 3/4), respectivamente. As cores mais escurecidas nesses horizontes estão relacionadas aos maiores teores de matéria orgânica, uma vez que são horizontes superficiais. A textura é areia franca e a estrutura é composta granular e grãos simples com grau de desenvolvimento moderado no solo sob floresta, fraco e moderado no solo sob pastagem e fraco no solo sob cultura anual. A consistência é macia, muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa no solo sob floresta e macia, muito friável, não plástica e não pegajosa nos solos sob pastagem e cultura anual.

A transição do horizonte A para o B é em todos os usos abrupta e plana isto é, a faixa de separação entre esses horizontes é menor que 2,5 cm e a topografia é plana.

O horizonte AE, do solo sob floresta, por ser transicional, apresenta mais característica de A do que de E. Esse horizonte tem 55 cm de espessura, cor úmida bruno (7,5YR 5/4) e seca, cinza claro (7,5YR 6/2); textura areia franca; estrutura composta, granular pequena e fraca e grãos simples e consistência macia, muito friável, não plástica e não pegajosa.

O horizonte B dos solos apresenta-se subdividido em Bt1, Bt2 e BC. A cor predominante do horizonte Bt do solo sob floresta é vermelho amarelado, com matiz 5YR, valor variando de 4 (Bt1 e Bt2) e 5 (BC) e croma 8. A cor predominante do horizonte Bt dos solos sob pastagem e cultura anual é vermelho escuro nos horizontes Bt1 e Bt2, com matiz 2,5YR, valor 3 ou 4 e croma 6. A cor do horizonte BC, horizonte transicional com mais características de B do que de C, é vermelho com matiz 2,5YR, valor 4 e croma 6. A textura é predominantemente franco argilo arenosa. Os horizontes Bt1 e Bt2 apresentam estrutura em blocos subangulares pequenos e médios, de grau fraco e moderado e cerosidade, isto é, películas muito finas de material inorgânico visíveis nas faces dos elementos estruturais, com grau de desenvolvimento variando de fraco a moderado e quantidade pouca. A cerosidade é indicativa de ocorrência de processo de iluviação que é a deposição de material de solo removido de um horizonte superior para um inferior no perfil-de-solo. A estrutura do horizonte BC dos solos é maciça porosa que se desfaz em fraca, pequena e média, blocos

subangulares e granular.

A consistência do horizonte Bt1 e Bt2 com o solo seco, úmido e molhado é: dura e muito dura; friável; plástica e ligeiramente plástica e pegajosa e ligeiramente pegajosa, respectivamente. A consistência do horizonte BC dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual é ligeiramente dura (seco) e muito friável (úmido). A consistência com o solo molhado é plástica e pegajosa para o solo sob floresta e ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa para os solos sob pastagem e cultura anual. A plasticidade desses solos é indicativa da qualidade da fração argila que é predominantemente caulínica, mas com proporções diferentes de argilas silicatadas e sesquioxídicas (óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio), que não têm tanta viscosidade, plasticidade e coesão quanto as argilas silicatadas (Buckman & Brady, 1979).

A transição entre os horizontes Bt1, Bt2 e BC para o solo sob floresta e cultura anual é gradual (a faixa transicional varia entre 7,5 e 12,5 cm) e apenas a transição entre os horizontes Bt2 e BC do solo sob pastagem é clara (a faixa transicional varia entre 2,5 e 7,5 cm). A topografia das transições entre esses horizontes é plana, isto é, a faixa de separação é praticamente horizontal, paralela à superfície do solo.

## **6.2 Análise física de rotina dos perfis-de-solo**

No Quadro 5 estão apresentadas as principais características físicas dos ARGISSOLOS sob floresta, pastagem e cultura anual. Os teores de areia total e argila variaram de 650 a 880 g.kg<sup>-1</sup> e 90 a 260 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que a areia total diminui e a argila aumenta em profundidade do horizonte A até o horizonte Bt2 e no horizonte BC ocorre um pequeno aumento da areia e diminuição da argila, provavelmente, por ser um horizonte de transição entre B e C e, portanto, com características mais semelhantes com as do horizonte B do que de C, que é menos afetado pelos processos pedogenéticos.

A areia fina (0,25 a 0,10 mm) e areia muito fina (0,10 a 0,5 mm), são predominantes na fração areia total (2 a 0,05 mm), com teores variando de 340 a 540 g.kg<sup>-1</sup> e 150 a 330 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, provavelmente devido ao material de origem que é produto de alteração de arenitos do Grupo Bauru, Formação Adamantina que é constituída de arenitos finos e muito finos (IPT, 1981).

Os teores de areia total, silte e argila permitiram caracterizar a textura do horizonte A dos solos como arenosa e a do horizonte Bt média, segundo Lemos & Santos (1996); EMBRAPA (1999).

O solo sob floresta por apresentar textura arenosa (areia franca) desde a superfície até 80 cm de profundidade ou seja, até o início do horizonte B textural é considerado arênico (EMBRAPA,1999).

O gradiente textural, média aritmética do teor de argila total do horizonte Bt (excluído o BC) pelos teores médios do horizonte A, variou de 2,33 (solo sob floresta), 2,22 (solo sob pastagem) e 2,72 (solo sob cultura anual). No Quadro 5 pode-se verificar também, que o teor de argila do horizonte Bt1 é o dobro do teor do horizonte A, e que esse aumento ocorre em uma distância vertical menor que 2,5 cm (Quadro 4), caracterizando uma mudança textural abrupta (EMBRAPA, 1999).

O gradiente textural, a mudança textural abrupta e a presença de cerosidade, resultante de iluviação de material coloidal inorgânico, no horizonte B (Quadro 4), além do teor de argila e da espessura do horizonte B, permitiram caracterizar o horizonte B dos solos como B textural (Bt) e classificá-los como ARGISSOLOS (EMBRAPA, 1999).

Os ARGISSOLOS são susceptíveis à erosão devido ao gradiente textural e à mudança textural abrupta, uma vez que o horizonte subsuperficial de menor permeabilidade, favorece o escoamento superficial das águas pluviais e, conseqüentemente a erosão (Carvalho et al., 1997); todavia o relevo suave ondulado, com declives de 3 a 8 % (Quadro 3) e a cobertura vegetal de gramíneas, que predominam nesses solos em áreas de maior declividade, provavelmente devam contribuir para minimizar a erosão.

A relação entre a argila naturalmente dispersa e a argila total, obtida após a dispersão, indica a proporção da fração argila que se encontra floculada, e assim permite inferir sobre o grau de estabilidade dos agregados, EMBRAPA (1997). O grau de

floculação para os solos estudados variou de 33 % a 71 % e o grau de dispersão de 29 % a 67%.

Através do Quadro 5 e Figura 4, pode-se verificar que a densidade do solo sob floresta aumentou de  $1,28 \text{ kg.dm}^{-3}$  no horizonte A, para  $1,65 \text{ kg.dm}^{-3}$  no horizonte BC e o volume total de poros decresceu nos mesmos horizontes de 52 % para 38 % devido, principalmente, ao decréscimo da matéria orgânica (Quadro 6), que contribui para a agregação do solo e, conseqüentemente, para o aumento do volume total de poros (Machado et. al., 1981).

No solo sob cultura anual, o aumento do valor da densidade do solo de  $1,56 \text{ kg.dm}^{-3}$  para  $1,65 \text{ kg.dm}^{-3}$  a 40 cm da superfície e em seguida, uma diminuição para  $1,58 \text{ kg.dm}^{-3}$  é devido, provavelmente, à compactação do solo em decorrência do preparo para o plantio, que implicou num decréscimo do volume total de poros de 43 % para 38 % e, conseqüentemente no aumento da densidade do solo. No solo sob pastagem houve pouca variação no valor da densidade, de  $1,51 \text{ kg.dm}^{-3}$  a  $1,58 \text{ kg.dm}^{-3}$ , assim como da porosidade total que variou de 39 % a 43 %.



Quadro 5 – Características físicas dos solos estudados

Horizonte Símb.	Prof. (cm)	Areia*			Silte		Argila		Grau		Densidade		VTP** (%)		
		MG	G	M	F	MF	Total	Natural	Argila	Floc.	Disp.	Solo		Partículas	
(g.kg <sup>-1</sup> )															
PVAd – FLORESTA															
A	0-25	0	traços	50	440	330	820	50	130	60	54	46	1,28	2,67	52
AE	25-80	traços	traços	40	480	330	850	40	110	60	45	55	1,32	2,76	52
Bt1	80-125	traços	traços	30	350	310	690	50	260	140	46	54	1,50	2,63	43
Bt2	125-158	0	traços	30	340	280	650	50	300	180	40	60	1,56	2,67	42
BC	158-200+	traços	traços	30	350	320	700	40	260	160	38	62	1,65	2,67	38
PVe – PASTAGEM															
Ap	0-25	traços	traços	120	500	260	880	30	90	60	33	67	1,57	2,67	41
Bt1	25-65	traços	traços	90	460	250	800	20	180	80	56	44	1,58	2,58	39
Bt2	65-120	traços	traços	50	450	270	770	10	220	120	45	55	1,57	2,67	41
BC	120-200+	0	traços	80	510	190	780	20	200	120	40	60	1,51	2,67	43
PVd – CULTURA ANUAL															
Ap	0-40	traços	traços	120	540	220	880	30	90	60	33	67	1,56	2,76	43
Bt1	40-70	0	0	50	430	260	740	30	230	140	39	61	1,65	2,67	38
Bt2	70-140	0	traços	70	470	150	690	50	260	120	54	39	1,58	2,76	43
BC	140-200+	0	traços	80	420	230	730	60	210	60	71	29	1,65	2,67	38

\* MG- Muito Grossa; G- Grossa; M- Média; F- Fina; MF- Muito Fina. \*\* VTP- Volume total de poros.

Quadro 6 – Características químicas dos solos estudados

Horizonte	pH	Soma de Bases			Acidez Extrável	CTC	V* m**	Fósforo(P) assimilável	Retenção cátions RC***	Matéria Orgânica		Carbono Nitro- gênio						
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>						Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	MO	C	N	C/N			
Símb. Prof. (cm)	Água KCl	mmol.c.dm <sup>-3</sup>			%			cmol <sub>c</sub> (+)/kg argila	kg argila	g.dm <sup>-3</sup>								
PVAd - FLORESTA																		
A	0-25	6,3	5,9	48,60	19,80	4,86	73,26	0,60	20,73	94,59	77	1	11,71	56,82	29,80	17,29	1,49	11,60
AE	25-80	4,9	4,3	9,00	4,59	2,55	16,14	3,30	27,54	46,98	34	17	2,45	17,67	12,05	6,99	0,60	11,65
Bt1	80-125	4,7	4,0	13,95	9,99	3,33	27,27	11,00	43,07	81,34	34	29	2,22	14,72	9,05	5,25	0,45	11,67
Bt2	125-158	4,4	3,9	10,80	10,08	3,06	23,94	17,90	43,24	85,08	28	43	0,88	13,95	7,88	4,57	0,39	11,72
BC	158-200+	4,5	4,0	6,30	6,48	2,46	15,24	16,50	25,79	57,53	26	52	0,44	12,21	4,43	2,57	0,22	11,68
PVe – PASTAGEM																		
Ap	0-25	5,5	5,2	11,70	3,96	1,38	17,04	0,50	19,74	37,28	46	3	4,96	19,49	10,84	6,29	0,54	11,65
Bt1	25-65	5,3	4,6	16,20	1,98	0,42	18,60	0,90	19,34	38,84	48	5	0,88	10,83	5,57	3,23	0,28	11,54
Bt2	65-120	5,5	5,0	18,00	2,34	0,54	20,88	0,20	20,04	41,12	51	1	0,44	9,58	4,43	2,57	0,22	11,68
BC	120-200+	6,1	5,4	18,00	2,88	0,30	21,18	0,10	14,66	35,94	59	0,5	0,88	10,64	2,19	1,27	0,11	11,55
Pvd – CULTURA ANUAL																		
Ap	0-40	6,2	5,8	18,90	7,20	1,92	28,74	0,10	16,29	45,13	64	0,3	22,36	32,04	6,14	3,56	0,31	11,48
Bt1	40-70	5,4	4,7	18,90	2,88	1,02	22,80	0,80	19,44	43,04	53	4	0,88	10,26	5,00	2,90	0,25	11,60
Bt2	70-140	5,0	4,3	11,70	3,24	1,08	16,02	5,60	20,73	42,35	38	26	0,88	8,32	4,43	2,57	0,22	11,68
BC	140-200+	4,8	4,1	8,10	2,88	1,02	12,00	8,50	16,48	36,98	32	42	0,88	9,76	2,19	1,27	0,11	11,55

\* V% = 100S/CTC; \*\* m% = 100Al<sup>3+</sup>/S+Al<sup>3+</sup>; \*\*\* RC = 100(S+Al<sup>3+</sup>/kg argila).

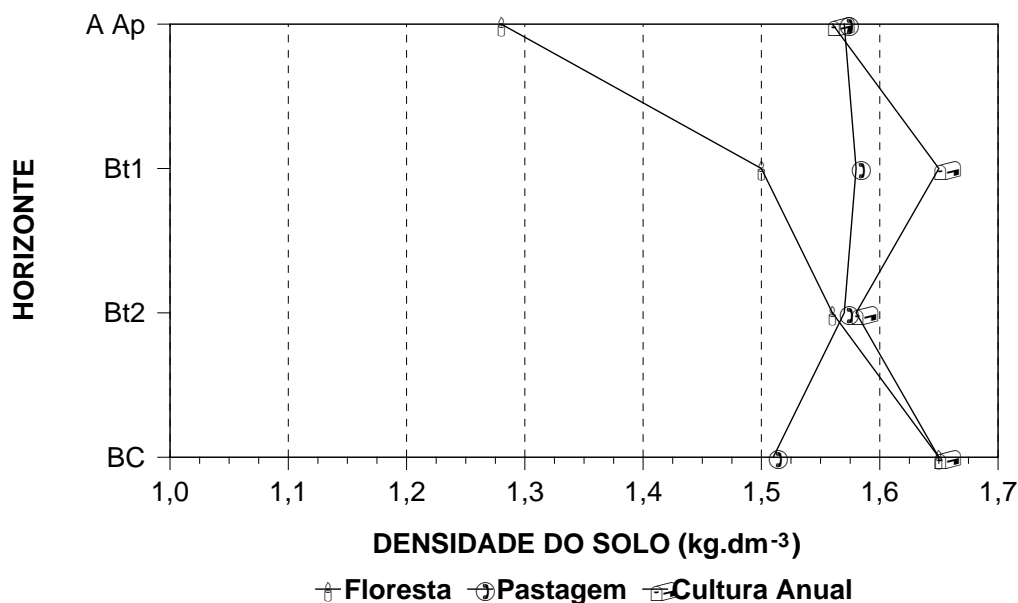


Figura 4 - Valores de densidade do solo de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram a proporção entre o volume de poros e sólidos, orgânicos e minerais dos solos sob floresta, pastagem e cultura anual. Observa-se comparativamente em relação ao solo sob floresta, as variações do volume total de poros, principalmente dos horizontes mais superficiais em decorrência do uso e manejo, concordando com Silveira (2001). Essas Figuras mostram também, um aumento do teor de argila no horizonte Bt dos solos, e um decréscimo no horizonte BC, concordando com a natureza desses solos que possuem horizonte B textural.

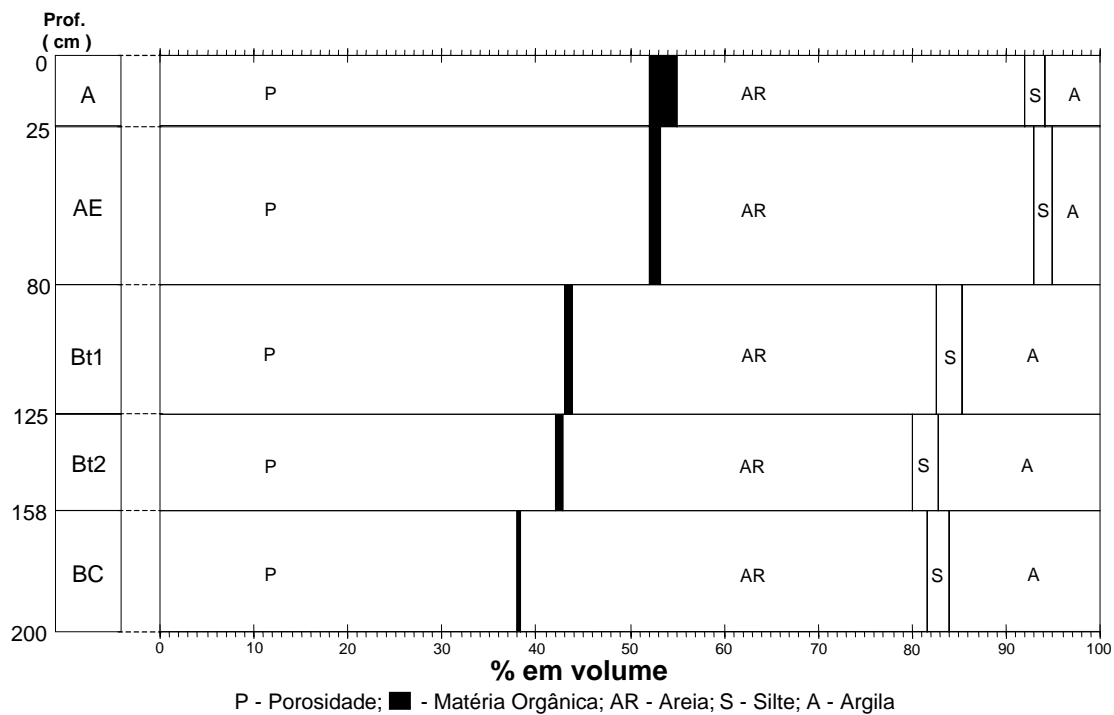


Figura 5 - Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob floresta - PVAd.

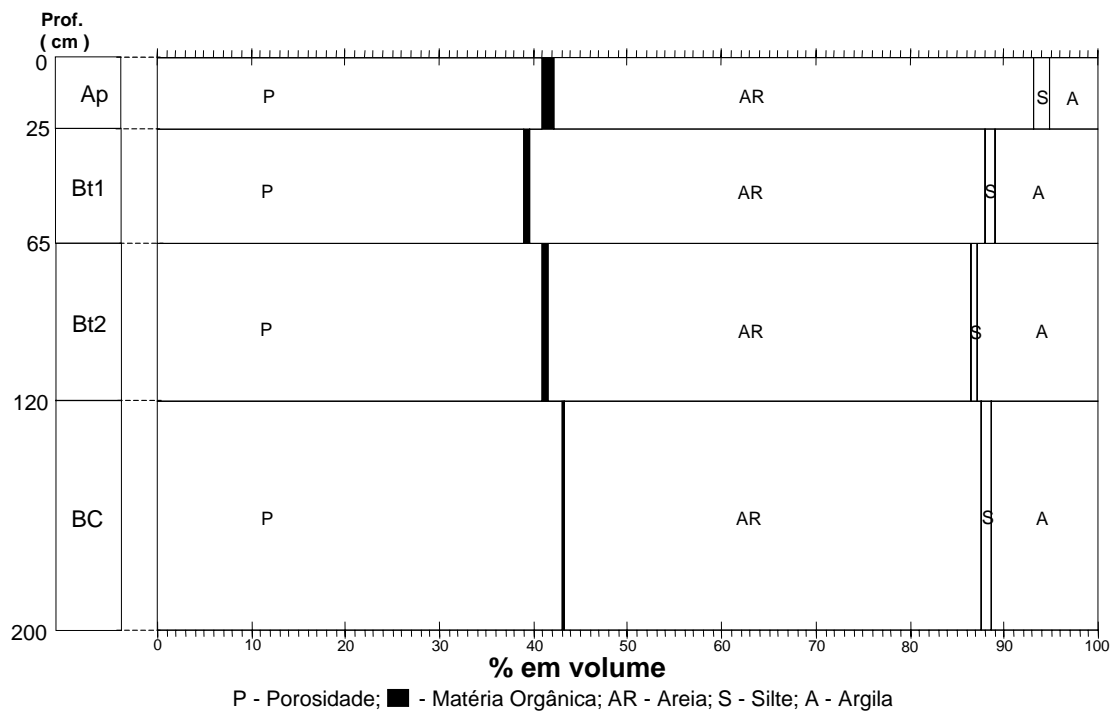


Figura 6 - Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob pastagem - PVe.

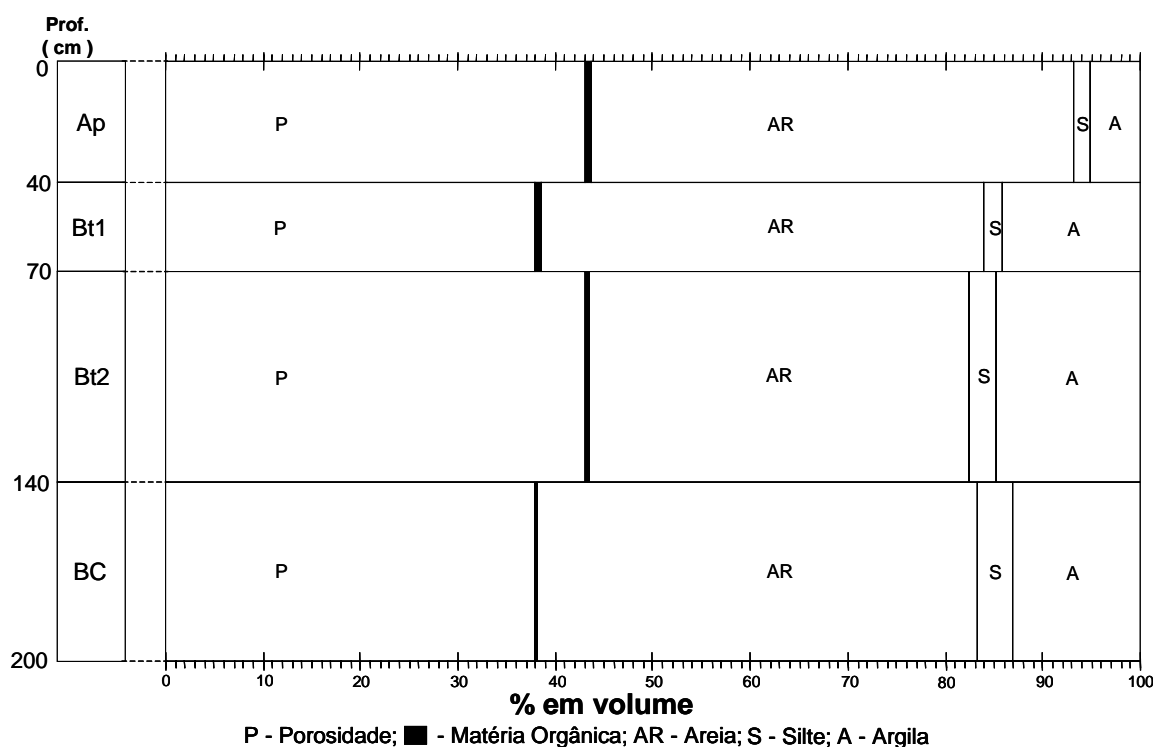


Figura 7 - Diagrama volumétrico da porosidade e constituintes sólidos do perfil-de-solo sob cultura anual - PVd.

### 6.3 Análise química dos perfis-de-solo

O Quadro 6 apresenta as características químicas dos perfis-de-solo. Para todos os usos, o hidrogênio ( $H^+$ ) é o cátion dominante no complexo de troca em todos os horizontes, variando de  $14,66 \text{ mmolc.dm}^{-3}$  a  $43,24 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ , sendo considerados valores altos (EMATER, 1998). Com exceção do horizonte A do solo sob floresta e do horizonte Ap do solo sob cultura anual que têm predominância, dentre as bases, de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) com os seguintes valores:  $48,6 \text{ mmolc.dm}^{-3}$  e  $18,9 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ , sendo considerados valores alto e médio, respectivamente. O  $Mg^{2+}$  também é expressivo, dentre as bases, no horizonte A dos solos sob floresta e cultura anual, com valores de  $19,80 \text{ mmolc.dm}^{-3}$  e  $7,20 \text{ mmolc.dm}^{-3}$ , sendo considerados valores alto e médio, respectivamente. Os valores mais altos de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no horizonte A do solo sob floresta é devido ao húmus e no solo sob cultura anual é devido, principalmente, à calagem. A distribuição do  $Ca^{2+}$  e do  $Mg^{2+}$  nos perfis-de-solo pode ser observada através da Figura 8.

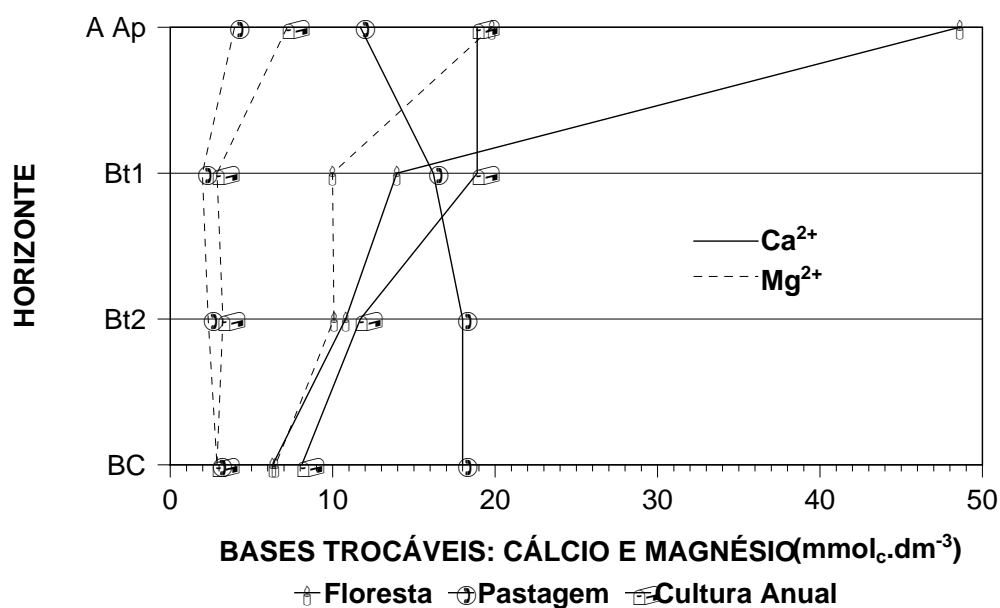


Figura 8 - Valores de cálcio e magnésio de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

A reação do solo no horizonte A do solo sob floresta e no horizonte Ap do solo sob pastagem e cultura anual é moderadamente ácida, com pH em água de 6,3; 5,5 e 6,2, respectivamente (EMBRAPA, 1999). De modo geral, o pH dos solos sob floresta e cultura anual diminui em profundidade com o aumento do alumínio ( $Al^{3+}$ ), e o pH do solo sob pastagem aumenta em profundidade com a diminuição do alumínio ( $Al^{3+}$ ), provavelmente devido a hidrólise do  $Al^{3+}$  da solução do solo, que aumenta a acidez (Kiehl, 1979).

O pH em cloreto de potássio (KCl) com valores mais baixos do que o pH em água resultou em valores de delta pH ( $\Delta pH = pH\ KCl - pH\ água$ ) negativo, indicando que ocorre nos solos predominância de argila silicatada (Kiehl, 1979).

A capacidade de troca catiônica (CTC) diz respeito à quantidade total de cátions retidos à superfície dos colóides (minerais de argila e húmus) em estado permutável. O maior valor de CTC,  $94,59\ mmolc.dm^{-3}$ , foi encontrado para o horizonte A do solo sob floresta, provavelmente devido ao maior teor de matéria orgânica, de  $29,8\ g.dm^{-3}$  e por estar humificada, uma vez que a relação C/N é de 11,6 (Kiehl, 1979) e a CTC do húmus ser maior que a dos minerais de argila (Mello et al., 1983).

A CTC variou, em  $\text{mmolc.dm}^{-3}$ , de 94,59 a 46,98 no solo sob floresta, 41,12 a 35,94 no solo sob pastagem e de 45,13 a 36,98 no solo sob cultura anual, em função do aumento ou diminuição da matéria orgânica (Quadro 6) e do teor de argila (Quadro 5). Esses valores caracterizam um grau moderado de CTC para o horizonte A do solo sob floresta, e para os demais horizontes em todos os usos um grau baixo de CTC (Mello et al., 1983).

A saturação por bases (V %) no solo sob floresta decresceu de 77 % para 26 % e a saturação por alumínio (m %) aumentou de 1 % para 52 %, do horizonte A para o horizonte BC, caracterizando um caráter distrófico para este solo, uma vez que a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresenta V % menor que 50 %. A saturação por bases no solo sob pastagem aumentou de 46 % no horizonte Ap, para 59 % no horizonte BC e a saturação por alumínio variou de 5 a 0,5 %, caracterizando caráter eutrófico para este solo, devido a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresentar saturação por bases maior que 50 %. A saturação por bases no solo sob cultura anual decresceu de 64 % para 32 %, e a saturação por alumínio aumentou de 0,3 % para 42 %, do horizonte Ap para o horizonte BC, caracterizando caráter distrófico para este solo, devido a maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B apresentar V % menor que 50 % (EMBRAPA, 1999). Segundo Olmos (1983), os solos que apresentam caráter eutrófico possuem as melhores condições de fertilidade e os de caráter distrófico são pouco ou muito pouco férteis e sem reserva de nutrientes.

O carbono orgânico para todos os usos diminuiu em profundidade, sendo que os maiores valores foram encontrados para o solo sob floresta,  $29,80 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte A e  $4,33 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte BC, seguido do solo sob pastagem, com valores de  $6,29 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte Ap e  $1,27 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte BC e os menores valores foram verificados para o solo sob cultura anual (em sistema de rotação de culturas),  $3,56 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte Ap e  $1,27 \text{ g.dm}^{-3}$  no horizonte BC.

Segundo Mello et al. (1983) valores de carbono orgânico, expressos em porcentagem inferiores a 0,6 de 0,6 a 1,2 e maior que 1,2, são interpretados como valores baixo, médio e alto, respectivamente. Assim, no solo sob floresta o teor de carbono orgânico do horizonte A é considerado alto; do AE, médio e do Bt1, Bt2 e BC, baixo. O teor de carbono orgânico do horizonte Ap do solo sob pastagem é considerado médio e dos demais horizontes baixo, sendo que, o teor de carbono orgânico para o solo sob cultura anual é baixo em todo o



perfil-de-solo.

Os valores da relação carbono nitrogênio são semelhantes para todos os usos, variando de 11,48:1 a 11,68:1. Os valores encontrados se devem a decomposição da matéria orgânica, que auxilia na perda de carbono, enquanto o nitrogênio vai sendo reciclado, até chegar a uma relação média de 10:1, quando se estabiliza na forma húmica (Silveira, 2001). A relação C/N fornece informação sobre o estado de humificação da matéria orgânica. Todavia, o húmus possui uma relação C/N que varia de 12:1 a 8:1 tendo por média 10:1 (Kiehl, 1979), evidenciando, portanto, através dos dados, que a matéria orgânica dos solos encontra-se num estágio avançado de decomposição.

A retenção de cátions no horizonte B dos solos estudados variou de 8,32  $\text{cmol}_{\text{c}(+)}/\text{kg}$  argila no horizonte Bt2 sob cultura anual a 14,72  $\text{cmol}_{\text{c}(+)}/\text{kg}$  argila no horizonte Bt1 sob floresta, valores coerentes com os valores encontrados em horizontes B de ARGISSOLOS.

Através da descrição geral e dos resultados analíticos, físicos e químicos, Quadros 3, 4, 5 e 6, foi possível classificar os solos segundo EMBRAPA (1999).

PVAd – ARGISSOLO VERMELHO – AMARELO Distrófico arênico A chernozêmico textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 1, sob floresta).

PVe – ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico abrupto A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 2, sob pastagem).

PVd – ARGISSOLO VERMELHO Distrófico abrupto A moderado textura arenosa/média fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado (Perfil 3, sob cultura anual).

#### **6.4 Análise de agregados**

No Quadro 7 estão apresentados os diâmetros médios ponderados dos agregados com 5 repetições, onde se pode observar que os valores médios referentes aos horizontes A e a média geral do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA) dos solos decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual,

com os valores de 1,33560 e 1,44550; 0,66748 e 1,01180; 0,32468 e 0,99380 mm. A maior estabilidade dos agregados do horizonte A do solo sob floresta é devido, comparativamente aos outros usos, ao maior teor de matéria orgânica (Quadro 6), que se origina em grande parte dos tecidos das partes aérea e subterrânea de uma variedade muito grande de plantas. A maior estabilidade dos agregados do solo sob pastagem em relação ao solo sob cultura anual é devido ao sistema radicular das gramíneas que induzem a agregação e dão estabilidade à estrutura do solo, além do seu sistema foliar permitir densa cobertura do terreno, o que leva à redução e controle da erosão (Silveira, 2001). No solo sob cultura anual, em sistema de rotação de culturas, o menor valor encontrado referente ao DMPA do horizonte A, é indicativo de que os agregados são menos estáveis, em decorrência das operações agrícolas de preparo do solo para plantio, concordando com Paladini (1989).

Quadro 7 - Valores do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm) para os usos e os horizontes dos perfis-de-solo

	FLORESTA	PASTAGEM	CULTURA ANUAL	Média Geral
	<b>A</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap</b>	
	1,3012	0,6962	0,4301	
	1,4316	0,7435	0,2848	
	1,2823	0,6670	0,3444	
	1,2673	0,5958	0,3127	
	1,3956	0,6349	0,2514	
Média	<b>1,33560</b>	<b>0,66748</b>	<b>0,32468</b>	<b>0,775920</b>
	<b>AE</b>			
	0,9422			
	0,7585			
	0,8331			
	0,7671			
	0,7678			
Média	<b>0,81374</b>			
	<b>Bt1</b>	<b>Bt1</b>	<b>Bt1</b>	
	1,9152	1,0775	1,6135	
	1,6280	1,0860	1,4311	
	1,6814	1,0071	1,4208	
	1,7063	1,2052	1,6939	
	1,5471	1,1668	1,6052	
Média	<b>1,69560</b>	<b>1,10852</b>	<b>1,55290</b>	<b>1,452340</b>
	<b>Bt2</b>	<b>Bt2</b>	<b>Bt2</b>	
	1,7271	1,1386	1,4301	
	2,0832	1,2725	1,4610	
	1,8871	1,3266	1,5175	
	1,8336	1,2136	1,5517	
	1,8279	1,2970	1,4406	
Média	<b>1,87178</b>	<b>1,24966</b>	<b>1,48018</b>	<b>1,533873</b>
	<b>BC</b>	<b>BC</b>	<b>BC</b>	
	1,6338	1,0576	0,6135	
	1,4921	1,0942	0,6070	
	1,5836	0,9783	0,6411	
	1,5084	0,8226	0,6950	
	1,3359	1,1556	0,5301	
Média	<b>1,51076</b>	<b>1,02166</b>	<b>0,61734</b>	<b>1,049920</b>
Media Geral	<b>1,4455</b>	<b>1,0118</b>	<b>0,9938</b>	

Os resultados da análise de variância, referentes aos diferentes usos dos solos para os horizontes dos perfis-de-solo estão no Quadro 8, e mostram que o DMPA é estatisticamente diferente para os horizontes A, AE, Bt1, Bt2 e BC do solo sob floresta e para os horizontes Ap, Bt1, Bt2 e BC dos solos sob pastagem e cultura anual, a 1 % de

probabilidade, sendo que o coeficiente de variação dos dados em relação à média variou de 7,6 % na floresta, 8,76 % na pastagem e 8,05 % na cultura anual, sendo considerados valores baixos, o que leva à crer que a amostragem para análise foi bem criteriosa.

Quadro 8 - Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), referente a variável uso do solo com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis-de-solo (tratamento)

Uso	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
FLORESTA	Horizonte	4	3,2986	0,8246	68,29**
	Resíduo	20	0,2415	0,0121	
	Total	24	3,5401		
		CV=7,60%		Média=	1,4455
PASTAGEM	Horizonte	3	0,9229	0,3076	39,18**
	Resíduo	16	0,1256	0,0079	
	Total	19	1,0485		
		CV=8,76%		Média=	1,0118
CULTURA ANUAL	Horizonte	3	5,6930	1,8977	296,34**
	Resíduo	16	0,1025	0,0064	
	Total	19	5,7955		
		CV=8,05%		Média=	0,9938

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Através do Quadro 7 e Figura 9 pode-se verificar que o menor valor de DMPA foi obtido para o horizonte AE do solo sob floresta e que o DMPA diminuiu de 1,33560 mm, no horizonte A, para 0,81374 mm no horizonte AE, provavelmente, devido a diminuição do teor de matéria orgânica, que é um dos responsáveis pela estabilidade de agregados, de 29,8 g.dm<sup>-3</sup> para 12,05g.dm<sup>-1</sup> uma vez que o teor de argila diminuiu apenas 20g.kg<sup>-1</sup>, Quadros 6 e 5 e Figuras 10 e 11. Os menores valores de DMPA no horizonte Ap dos solos sob pastagem e cultura anual é devido aos menores teores de matéria orgânica e argila, sendo menos estáveis os agregados sob cultura anual, provavelmente devido as mobilizações do solo para plantio.

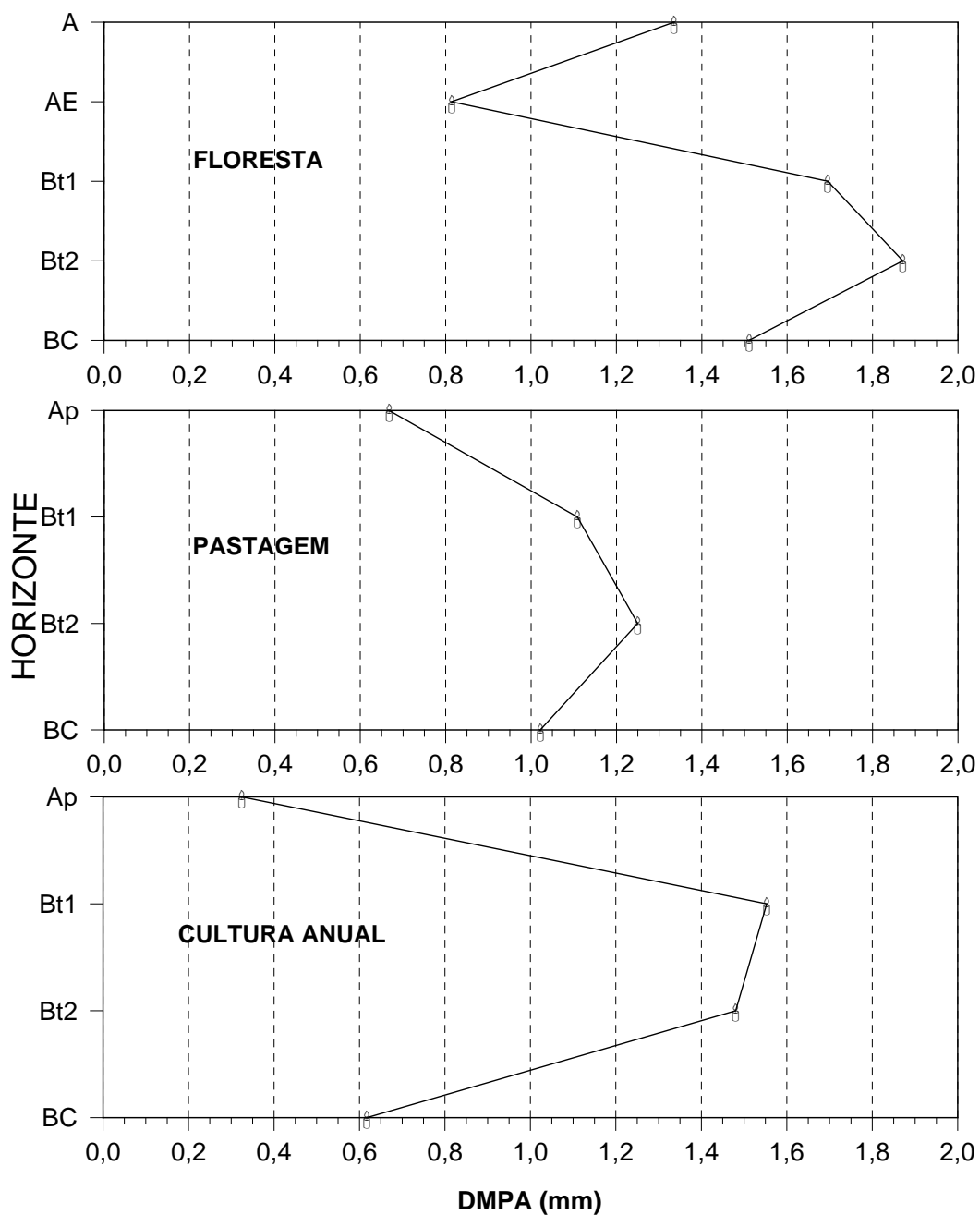


Figura 9 - Diâmetro médio ponderado dos agregados dos horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

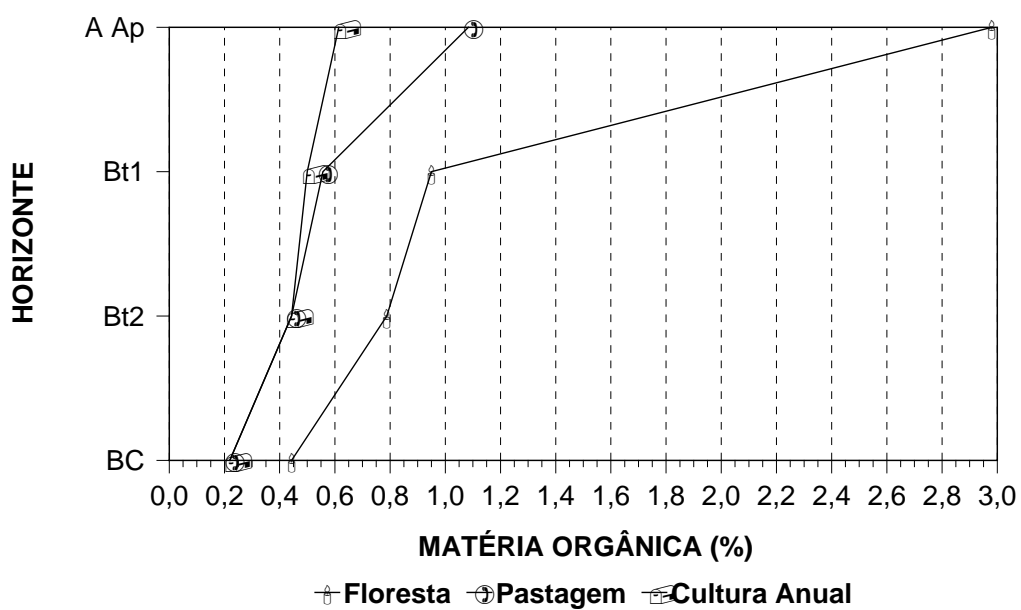


Figura 10 - Teor de matéria orgânica de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

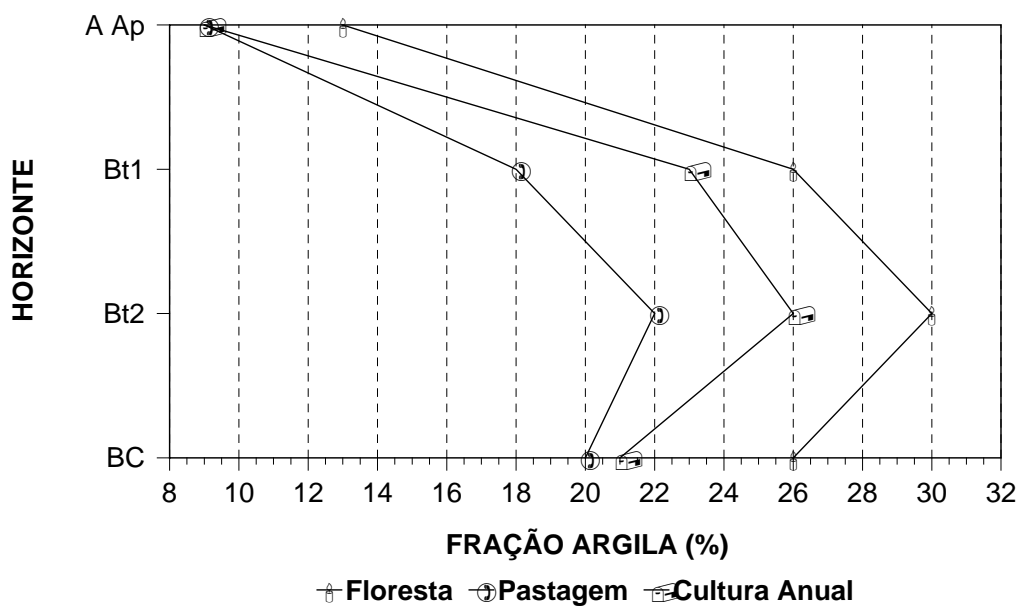


Figura 11 - Teor de argila de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

De modo geral os agregados são mais estáveis nos horizontes Bt1 e Bt2, apresentando DMPA variando de 1,0852 mm no horizonte Bt1 do solo sob pastagem a 1,87178 mm no horizonte Bt2 do solo sob floresta, devido ao aumento expressivo da fração argila. Observa-se que o DMPA decresce do horizonte Bt2 para o BC em todos os usos, devido ao decréscimo da matéria orgânica e do teor de argila (Quadro 7 e figuras 9, 10 e 11).

O Quadro 9 apresenta comparações de médias do diâmetro médio ponderado de agregados referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis-de-solo. O teste de Tukey aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo sob floresta não apresentou significância estatística para os horizontes Bt1 (1,69560 mm) e Bt2 (1,87178 mm); Bt1 (1,69560 mm) e BC (1,51076 mm); A (1,33560 mm) e BC (1,51076 mm), sendo que o DMPA do horizonte AE (0,81374 mm) é diferente dos demais à nível de 5 % de probabilidade, e os agregados são os menos estáveis.

Quadro 9 - Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA), referentes aos usos com floresta, pastagem e cultura anual para os horizontes dos perfis-de-solo

DMPA (mm)					
FLORESTA					
A	AE	Bt1	Bt2	BC	DMS*
1,33560c	0,81374d	1,69560ab	1,87178a	1,51076bc	0,208
PASTAGEM					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
0,66748c		1,10852ab	1,24966a	1,02166b	0,1603
CULTURA ANUAL					
Ap		Bt1	Bt2	BC	DMS*
0,32468c		1,55290a	1,48018a	0,61734b	0,1448

\*\* DMS – Diferença mínima significativa Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O horizonte AE, transicional, com características também de horizonte E que é um horizonte eluvial com perda de argila silicatada, óxidos de ferro e de alumínio, com resultante concentração de quartzo, os agregados são os menos estáveis do perfil, provavelmente, devido ao teor de matéria orgânica de 12,05g.dm<sup>-3</sup> ser insuficiente para suprir a perda dos componentes minerais eluviados e que também promovem e dão estabilidade à

estrutura do solo (Kiehl, 1979).

O teste de Tukey (Quadro 9) aplicado às médias do DMPA nos diferentes horizontes para o solo sob pastagem não apresentou significância estatística para os horizontes Bt1 (1,10852 mm) e Bt2 (1,24966 mm); Bt1 (1,10852 mm) e BC (1,02166 mm), devido ao aumento do teor de argila e diminuição do teor de matéria orgânica, sendo que o DMPA do horizonte Ap (0,66748 mm) difere dos demais e os agregados são menos estáveis, provavelmente, devido ao menor teor da fração argila ( $90\text{g.kg}^{-1}$ ).

Para o solo sob cultura anual, as médias de DMPA dos horizontes Bt1 (1,55290 mm) e Bt2 (1,48018 mm) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (Quadro 9), devido a pouca variação dos teores de argila e matéria orgânica mas são, estatisticamente diferentes dos horizontes BC (0,61734 mm) e Ap (0,32468 mm), que por sua vez difere do horizonte BC (0,61734 mm). O DMPA dos agregados do horizonte Ap é menor e diferente dos demais, devido ao menor teor da fração argila ( $90\text{g.kg}^{-1}$ ), baixo teor de matéria orgânica e ao revolvimento superficial do solo, que destrói os agregados, favorecendo a perda das frações finas e dando menor estabilidade aos agregados.

Os resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados dos horizontes A, Bt1, Bt2 e BC para os usos com floresta, pastagem e cultura anual, encontra-se no Quadro 10. O diâmetro médio ponderado foi significativo a 1 % de probabilidade para todos os horizontes considerados. O coeficiente de variação dos dados em relação à média variou de 8,56 % no horizonte A, 7,91 % no Bt1, 6,03 % no Bt2 e 9,98 % no BC, sendo considerados valores baixos.



Quadro 10 - Resultados da análise de variância do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), referentes a variável horizonte (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos com floresta, pastagem e cultura anual (tratamento)

Horizonte	Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
A	Uso do Solo	2	2,6431	1,3215	299,70**
	Resíduo	12	0,0529	0,0044	
	Total	14	2,6960		
		CV=8,56%			Média= 0,775920
Bt1	Uso do Solo	2	0,9375	0,4687	35,55**
	Resíduo	12	0,1582	0,0132	
	Total	14	1,0957		
		CV=7,91%			Média= 1,452340
Bt2	Uso do Solo	2	0,9892	0,4946	57,90**
	Resíduo	12	0,1025	0,0085	
	Total	14	1,0917		
		CV=6,03%			Média= 1,533873
BC	Uso do Solo	2	2,0015	1,0007	91,18**
	Resíduo	12	0,1317	0,0110	
	Total	14	2,1332		
		CV=9,98%			Média= 1,049920

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Na Figura 12 observa-se que os agregados dos horizontes A, Bt1, Bt2 e BC do solo sob floresta são maiores e, conseqüentemente, mais estáveis em relação aos outros usos. Os agregados do horizonte A são mais estáveis devido ao maior acúmulo de matéria orgânica e cátions bivalentes como o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$  (Quadro 6), que colaboram para aumentar a estabilidade dos agregados, Sidiras & Vieira (1984), uma vez que há pouca variação do teor de argila dos horizontes A, Quadro 5, ( $130\text{g.kg}^{-1}$  na floresta,  $90\text{g.kg}^{-1}$  na pastagem e cultura anual).

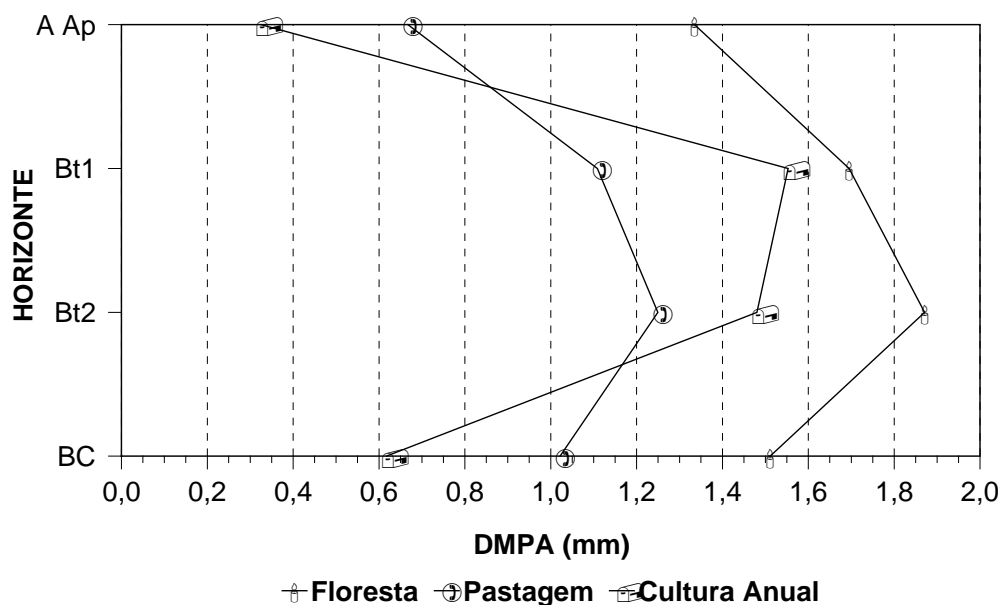


Figura 12 - Representação conjunta do diâmetro médio ponderado de agregados de horizontes dos perfis-de-solo sob floresta, pastagem e cultura anual.

Devido ao gradiente textural dos ARGISSOLOS e do decréscimo do teor de matéria orgânica em profundidade, a estabilidade dos agregados dos horizontes Bt1, Bt2 e BC é devido ao maior teor da fração argila e, conseqüentemente de colóides minerais, tais como argilominerais e óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio que dão estabilidade aos agregados uma vez que são agentes cimentantes.

O Quadro 11 apresenta os resultados do teste de Tukey aplicado às médias do DMPA referentes aos horizontes para os usos dos solos, onde se pode verificar que o DMPA dos horizontes A diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade, mostrando o efeito do uso e manejo dos solos. A diminuição do DMPA do horizonte A de 1,33560 mm do solo sob floresta, para 0,32468 mm no solo sob cultura anual é devido às mobilizações do solo para as atividades de preparo e plantio e redução da matéria orgânica. O DMPA do horizonte Ap do solo sob pastagem, de 0,66748 mm é superior ao do mesmo horizonte do solo sob cultura anual, mostrando que a pastagem está melhorando as condições físicas do solo devido, provavelmente, à contínua adição de restos orgânicos ao solo e também à liberação pelas raízes de materiais orgânicos considerados substâncias estabilizadoras de agregados (Oades, 1978).

Quadro 11 - Valores médios do diâmetro médio ponderado de agregados (DMPA-mm), referentes aos horizontes (A, Bt1, Bt2 e BC) para os usos dos solos

Horizonte	DMPA (mm)			DMS*
	Floresta	Pastagem	Cultura Anual	
A	1,33560 <b>a</b>	0,66748 <b>b</b>	0,32468 <b>c</b>	0,1120
Bt1	1,69560 <b>a</b>	1,10852 <b>b</b>	1,55290 <b>a</b>	0,1937
Bt2	1,87178 <b>a</b>	1,24966 <b>c</b>	1,48018 <b>b</b>	0,1559
BC	1,51076 <b>a</b>	1,02166 <b>b</b>	0,61734 <b>c</b>	0,1768

\* DMS – Diferença mínima significativa.

Médias seguidas de letras diferentes, na linha, diferem estatisticamente entre si, a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

No Quadro 11 pode-se verificar que o DMPA do horizonte Bt1 do solo sob floresta (1,69560 mm) difere estatisticamente a 5 % de probabilidade do horizonte Bt1 do solo sob pastagem (1,10852 mm), mas não difere do horizonte Bt1 do solo sob cultura anual (1,55290 mm), que por sua vez difere estatisticamente do horizonte Bt1 do solo sob pastagem (1,10852 mm) devido, provavelmente, a variações do teor da fração argila (Quadro 5).

Como pode ser observado no Quadro 11, o DMPA dos Horizontes Bt2 diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade em todos os usos, sendo que a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVd – cultura anual > PVe – pastagem, com os valores de 1,87178; 1,48018 e 1,24966 mm. O teor de argila e de matéria orgânica do horizonte Bt2 dos solos sob floresta, cultura anual e pastagem são os seguintes: 300g.kg<sup>-1</sup> e 7,88g.dm<sup>-3</sup>; 260g.kg<sup>-1</sup> e 4,43g.dm<sup>-3</sup>; 220g.kg<sup>-1</sup> e 4,43g.dm<sup>-3</sup>, respectivamente, o que leva a crer que as diferenças de estabilidade dos agregados são devidas a variações no teor da fração argila.

O DMPA dos horizontes BC diferem estatisticamente a 5 % de probabilidade em todos os usos sendo que, a estabilidade dos agregados decresce na seguinte seqüência: PVAd – floresta > PVe – pastagem > PVd – cultura anual, com os valores de 1,51076; 1,02166 e 0,61734 mm respectivamente, em decorrência de variações no teor da fração argila, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e grau de floculação da fração argila (Quadros 5 e 6), que são variáveis que influenciam diretamente na estabilidade de agregados.