UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE UM SOLO SUBMETIDO A CULTIVOS PERENES E A POUSIO EM AMBIENTE AGRÍCOLA SERRANO – BOM JARDIM (RJ)

João Paulo Lima de Miranda

Fevereiro de 2008

PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE UM SOLO SUBMETIDO A CULTIVOS PERENES E A POUSIO EM AMBIENTE AGRÍCOLA SERRANO – BOM JARDIM (RJ)

João Paulo Lima de Miranda

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Ferreira Fernandes

Co-orientador: Prof[a]. Dra. Ana Valéria F. A.Bertolino

Co-orientador: Guilherme Kangussú Donagemma

Rio de Janeiro

Fevereiro/2008

PROPRIEDADES FÍSICO-HÍDRICAS DE UM SOLO SUBMETIDO A CULTIVOS PERENES E A POUSIO EM AMBIENTE AGRÍCOLA SERRANO – BOM JARDIM (RJ)

João Paulo Lima de Miranda

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada por:

Prof. Dr. Nelson Ferreira Fernandes - Orientador

Prof[a]. Dra. Ana Valéria Freire Allemão Bertolino – Co-Orientador

---

Prof. Dr. Guilherme Kangussú Donagemma – Co-Orientador

Prof. Dr. Evaristo de Castro Júnior

Prof. Dr. José Ronaldo de Macedo

Rio de Janeiro - Fevereiro/2008

Ficha Catalográfica

Miranda, João Paulo Lima de

Propriedades físico-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano – Bom Jardim (RJ). UFRJ/Programa e Pós-Graduação em Geografia, 2008.

123p.

Dissertação de mestrado – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Programa e Pós-Graduação em Geografia, 2008.

1- Indicadores físicos do solo 2- Agricultura migratória 3- Manejo do solo 4- Mata Atlântica

Agradecimentos:

1- Aos meus pais, pois sem eles nada seria possível.
2- Ao meu orientador Nelson Fernandes, que me aceitou no Labnelson (em 2001) e sempre me incentivou na pesquisa. Agradeço a sua orientação, toques, sugestões, confiança e amizade.
3- A Ana Valeria Bertolino, minha orientadora de monografia e agora também no mestrado. Agradeço a minha "mãe" por junto com o Nelson me ensinar a pesquisar, e agradeço a sua disposição de ajudar e orientar e a sua amizade.
4- Ao Guilherme Donagemma, pela orientação, sugestões, ensinamentos e pela amizade, apesar de ser flamenguista.
5- Ao Heitor Coutinho da EMBRAPA, por me agregar no projeto, confiança, amizade e pelo início de orientação.
6- A Andrea Paula (Andreaps) pela amizade, bom-humor e pelas constantes ajudas. Sem a Andreaps meu trabalho seria mais difícil e monótono.
7- Ao Marcel Lopes, pelas constantes ajudas, principalmente na micromorfologia. Agradeço sobretudo a sua amizade.
8- A Roberta Laureano e Lucia Maria, alunas de iniciação científica que muito me ajudaram. Com certeza sem a ajuda delas seria impossível terminar a tese. Agradeço também a oportunidade de orientá-las e ter a amizade de ambas.
9- Aos professores do PPGG Evaristo Castro Filho e André Avelar, pela seriedade e competência nas disciplinas ministradas e pelas ajudas.
10- Ao Gustavo Tato, técnico de campo da EMBRAPA-Solos, pela sua competência, ajuda e descontração nos campos.
11- A Luciana, Julio (Laboratório de Física do Solo) e Gilson, técnicos de laboratório da EMBRAPA-Solos que sempre me ajudaram.
12- A Rachel Bardy, Zé Ronaldo, Lumbreras, Fabiano Baliero, Sebastião e Alexandre, pesquisadores da Embrapa pelas ajudas, parceria e informações cedidas.
13- Ao Pedro Perez pelas ajudas na estabilidade de agregados.
14- Ao Marcelo, Alexander e Karine da biblioteca da EMBRAPA-Solos, pela grande disposição na busca de diversas referências aqui utilizadas.
15- Ao José Polidoro da EMBRAPA-Solos e Fabio Matias da UFRRJ, pelas ajudas na estatística.
16- Ao Alexandre e Isaltino Sandre pelo apoio fundamental em campo.
17- A Martina, Carlos e todo o pessoal da pousada Morgenlicht, pelas ajudas, amizade e pelo excelentes serviços prestados (e o molho pesto...).
18- Ao André Mendes pela ajuda e esclarecimento de dúvidas.
19- Ao Tarcisio e Julinho da geologia da UFRJ, pela confecção das lâminas e ajuda na micromorfologia respectivamente.
20- A Monica Hernandes e Jocilea da PUC pelas ajudas com a porosimentria de mercúrio.
21- Aos técnicos Geraldo e Manoel da UNESP de São Carlos pelas ajudas com a porosimentria de mercúrio.

22- Ao Tacio Campos, pelas diversas ajudas e financiamento do trabalho.
23- Ao CNPq, FAPERJ e PRONEX pelo financiamento da tese.
24- Ao Wander da FAPERJ pela boa vontade em resolver meu problema temporário de financiamento.
25- A Nildete e Ildione do PPGG pelas ajudas e quebras de galho.
26- As minhas irmãs Joanna e Christina pelos apoios
27- A minha querida Eléia, que me ajudou no produto final
28- As minhas tias Nilza e Nilcea pelas constantes ajudas
29- Aos amigos Donizeti pelas ajudas no computador, Edi e Lincoln, Clara, Bernardo, Aurélio, Abajur, Meleca e outros que me ajudaram de alguma forma.
30- Aos diversos amigos do Labnelson (Aline Lopes, Ivanilson, Raquel, Eberval, Zaidan, Laura, Hugo, Taís, Carol, Aline Travassos, Suzana, Lizie, Silvio) pelas ajudas, companheirismo e momentos de descontração.
31- Aos meus colegas de mestrado Heitor, Fabrício, Leonardo, Isabela, Rogério Gaúcho, Francisco, Sato, Marcos e Davi, pelas ajudas e amizade.
32- A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a minha tese.

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO 1
1.1- Objetivos 4
1.2- Objetivos específicos 4
2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5
2.1- Manejo e agricultura itinerante 5
2.2- Propriedades físicas do solo 10
2.2.1- Textura 10
2.2.2- Estrutura 12
2.2.3- Porosidade 13
2.2.3.1- Porosidade- diferentes classificações e características 14
2.2.3.2- Porosidade- métodos de análise 16
2.2.4- Densidade do solo, densidade de partículas e aeração 17
2.2.5-Estabilidade de agregados 19
2.2.5.1- Fatores que afetam a agregação 20
2.2.5.2- A relação da agregação com os processos nos solos 23
2.2.5.3- Métodos de mensuração da agregação 24
2.3- Condutividade hidráulica saturada 25
2.4-Principais características dos cultivos avaliados 27
2.4.1- Banana 27
2.4.2.- Café 28
3- ÁREA DE ESTUDO 30
4- METODOLOGIA 36
4.1- Coberturas avaliadas 36
4.2- Coleta de amostras 41
4.3- Propriedades físicas e hidráulicas 41
4.3.1- Porosidade, Macroporosidade, Microporosidade e Densidade do Solo 41
4.3.2- Coeficiente de aeração 43
4.3.3- Densidade de partículas 43
4.3.4- Textura 43
4.3.5- Estabilidade de agregados 44
4.3.6- Condutividade hidráulica saturada 45
4.4- Carbono orgânico 47
4.5- Porosimetria de mercúrio 47
4.6- Tratamento estatístico 48
5- RESULTADOS 49
5.1- Textura 49
5.2- Porosidade 56
5.2.1- Porosidade Total 56
5.2.2- Macroporosidade 62
5.2.3- Microporosidade 65
5.2.4- Coeficiente de Aeração 68
5.3- Densidade do solo 69

5.4- Densidade de partículas 73
5.5- Estabilidade de agregados 75
5.6- Condutividade hidráulica saturada 83
6- CONCLUSÕES 87
7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 90
8- ANEXOS 105
8.1- Perfis de solos 105
8.2-Análise estatística das propriedades 115
8.3- Correlações entre as propriedades 119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Paisagem onde observa-se encosta dividida em glebas com cultivos perenes, pousios e florestas em diferentes estágios sucessionais. 7
Figura 2: Esquema da relação entre a textura e a porosidade. 11
Figura 3: Diferença de infiltração de água em solos com texturas e manejos diferentes. 12
Figura 4: Diferenças da porosidade em função da estrutura cúbica e piramidal 12
Figura 5: Esquema das diferentes formas de estruturas; prismática, colunar, blocos, placas e granular. 13
Figura 6: Localização do município de Bom Jardim no estado do Rio de Janeiro. 30
Figura 7: Vista de Bom Jardim, com agricultura sendo realizada em trechos de elevadas declividades. 31
Figura 8: Vista geral da bacia da área de estudo em Bom Jardim. 31
Figura 9: Modelo digital da área de estudo. 32
Figura 10: Perfis de solo realizados na encosta com as coberturas avaliadas. 33
Figura 11: Vista lateral do setor inferior da parcela do café. Observa-se a delimitação da mesma e a sua calha coletora. 37
Figura 12: Parcela da banana, onde observa-se a ponte construída com o objetivo de se evitar o pisoteio diário na área da parcela. 37
Figura 13: Parcela da banana, sendo possível observar os dois tanques de armazenamento do escoamento e sedimentos e o tubo coletor. 37
Figura 14: Detalhe da formação da serrapilheira da banana, com uma cobertura eficiente. 38
Figura 15: Parcela do cultivo do pousio mais curto (2 anos) no ano seguinte anos (terceiro ano). 38
Figura 16: Detalhe a formação da serrapilheira do pousio com 3 anos, já com uma cobertura do solo eficiente. 39
Figura 17: Detalhe do pousio de 5 anos. 39
Figura 18: Parcela da mata 40 anos, com elevada densidade de indivíduos e grande porte das árvores. 40
Figura 19: Vista da mata, onde observa-se um porte elevado dos indivíduos que proporciona eficiente interceptação. 40
Figura 20: Detalhe da formação da serrapilheira da mata, bastante adensada. 41
Figura 21: Mesa de tensão e seus detalhes na parte inferior, aparelho usado no ensaio de macro e microporosidade do solo. 42
Figura 22: Ensaio da mesa de tensão com as amostras indeformadas postadas no instrumento. 42
Figura 23: Conjunto de peneiras no agitador de Yoder. 45
Figura 24: Permeâmetro de Guelph desmontado com todas as suas peças e montado em campo pronto para o ensaio. 46
Figura 25: Triângulo textural com a classificação granulométrica das parcelas com coberturas diferentes. 51
Figura 26: Teor médio de argila entre os diferentes manejos e profundidades. 52
Figura 27: Teor médio de areia total entre os diferentes manejos e profundidades. 53
Figura 28: Teor médio de areia grossa entre os diferentes manejos e profundidades. 54
Figura 29: Teor médio de areia fina entre os diferentes manejos e profundidades. 55

Figura 30: Teor médio de silte entre os diferentes manejos e profundidades. 56
Figura 31: Porosidade total pelo método da mesa de tensão influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 59
Figura 32: Porosidade total pelo método das densidades influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 60
Figura 33: Porosidade total pelo método da porosimetria de mercúrio influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 61
Figura 34: Macroporosidade influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 63
Figura 35: Microporosidade influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 67
Figura 36: Aeração influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 69
Figura 37: Densidade do solo pelo método da mesa de tensão influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 72
Figura 38: Densidade do solo pela porosimetria de mercúrio influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 73
Figura 39: Densidade de partículas pelo método do balão volumétrico nos diferentes manejos e profundidades. 74
Figura 40: Densidade de partículas pelo método da porosimetria de mercúrio nas diferentes parcelas e profundidades. 75
Figura 41: Porcentagem de agregados > 2 mm influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 76
Figura 42: Diâmetro médio ponderado (DMP) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades. 78
Figura 43: Diâmetro médio geométrico (DMG) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades. 79
Figura 44: Índice de estabilidade de agregados (IEA) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades. 81
Figura 45: Carbono orgânico influenciados pelos diferentes manejos e profundidades. 83
Figura 46: Condutividade hidráulica saturada influenciada pelos diferentes manejos e profundidades. 85
Figura 47: Análise multivariada entre as propriedades físicas. 118
Figura 48: Gráfico de correlação entre a porosidade total pelo método da mesa de tensão e porosidade total pelo método da densidade. 119
Figura 49: Gráfico de correlação entre a porosidade total pelo método da mesa de tensão e macroporosidade. 119
Figura 50: Gráfico de correlação entre a macroporosidade e o teor de areia. 120
Figura 51: Gráfico de correlação entre porosidade total e a microporosidade 120
Figura 52: Gráfico de correlação entre a microporosidade e o teor de argila 121
Figura 53: Gráfico de correlação entre a porosidade total (mesa de tensão) e densidade do solo. 121
Figura 54: Gráfico de correlação entre a porcentagem de agregados acima de 2 mm e diâmetro médio ponderado (DMP) 122
Figura 55: Gráfico de correlação entre o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) 122
Figura 56: Gráfico de correlação entre o teor de carbono orgânico e a porcentagem de agregados maiores do que 2 mm (PA 2mm) 123

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da condutividade hidráulica saturada de acordo com a velocidade de fluxo 26
Tabela 2: Área colhida de diversas culturas no Brasil em 1991. 29
Tabela 3: Ângulo da encosta em graus por parcela nos setores inferior e superior. 33

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1: Porosidade total pela densidade 42
Fórmula 2: Aeração 43
Fórmula 3: DMP 44
Fórmula 4: DMG 44
Fórmula 5: IEA 45

RESUMO

O manejo do solo exerce um papel muito importante nas propriedades físicas do solo, e conseqüentemente, na infiltração, na dinâmica hidrológica, no escoamento e na erosão. Na Região Serrana do Rio de Janeiro, muitas áreas originalmente ocupadas por Mata Atlântica foram transformadas em áreas agrícolas, com utilização de rotação de culturas seguidas por pousio. Após 7 a 10 anos de pousio, a vegetação crescia tão rápido a ponto de órgãos reguladores como o IBAMA considerarem essas áreas como remanescentes da Mata Atlântica, impedindo a reutilização pelos agricultores que progressivamente vinham reduzindo o tempo de pousio para se adequarem a legislação ambiental, e em conseqüência não conseguiam recuperar a qualidade inicial do solo, ocorrendo redução da produtividade. Atualmente, a legislação permite a utilização do pousio por até 10 anos em áreas onde tradicionalmente essa técnica vinha sendo praticada, mas devido a deficiência de estudos de propriedades físicas do solo em sistemas agrícolas com utilização de pousio em longo prazo no Brasil, ainda há uma lacuna no que tange a identificação do tempo ideal de pousio para a recuperação da qualidade física do solo em domínio de Mata Atlântica. O objetivo do trabalho é avaliar a influência de cultivos perenes e com pousio nas propriedades físicas e hidráulicas do solo em área agrícola serrana de Mata Atlântica (Bom Jardim-RJ), como tentativa de se entender e minimizar as questões ambientais e verificar se o pousio é uma técnica conservacionista. O estudo desenvolveu-se em parcelas de erosão instaladas num CAMBISSOLO com os seguintes usos: banana, café (perenes), pousio com 2 anos, pousio com 5 anos e mata secundária com 45 anos (referência). Foram coletadas 12 amostras em setembro de 2005 nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, com 3 repetições – totalizando 60 amostras – sendo deformadas para os ensaios de textura, densidade de partículas e carbono orgânico, e indeformadas para a determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e aeração pelo método da mesa de tensão, e para estabilidade de agregados via úmida a partir da metodologia da EMBRAPA. Também foram coletadas amostras indeformadas nas profundidades de 10-20, 20-30 e 60 cm para a determinação da porosidade total, densidade do solo e densidade de partículas através da porosimetria de mercúrio e foi realizado o ensaio de condutividade hidráulica saturada *in situ* nas profundidades de 12, 22 e 32 cm. Os resultados indicam que de uma forma geral as propriedades físicas foram influenciadas pelo manejo, com destaque para a porosidade total, a macroporosidade, a porcentagem de agregados acima de 2 mm, o IEA e a condutividade hidráulica saturada. O pousio de 5 anos foi capaz de recuperar de 72 a 100% da porosidade total, enquanto que com 2 anos de pousio a recuperação foi menor, de 66 a 88%. A macroporosidade mostrou comportamento similar, com recuperação de 60 a 90 % no pousio 5 anos contra 50 a 76% no pousio de 2 anos. No geral, os maiores valores médios da microporosidade ocorreram nos pousios, porém sem distinções significativas entre estes. A recuperação da aeração também foi maior no pousio 5 anos, variando de 91 a 100% enquanto que no pousio de 2 anos foi de 77 a 90%. Em geral, também foi observada maior recuperação da densidade do solo no pousio de 5 anos, que tendeu a melhorar em profundidade, porém sem significativas diferenças para o pousio de 2 anos. O IEA foi o índice mais sensível para demonstrar as diferenças da agregação entre os manejos, no qual os pousios não se diferiram entre si, porém apresentaram valores mais elevados do que os cultivos perenes. A condutividade hidráulica saturada foi a propriedade que apresentou a menor recuperação entre as profundidades estudadas; de 13 a 58% no pousio de 5 anos e entre 6 e 33% no pousio de 2 anos. A partir do conjunto das propriedades avaliadas, observou-se a seguinte ordem de degradação do solo entre os manejos e coberturas; café > pousio 2 anos > banana > pousio 5 anos > mata. Os resultados atestam que o tempo de 5 anos foi o mais adequado para a recuperação da qualidade física do solo.

Palavras-chave: indicadores físicos do solo, agricultura migratória, manejo do solo, Mata Atlântica

1- INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é atualmente um dos biomas mais ameaçados do planeta devido a sua elevada devastação e pequena conservação de áreas remanescentes em relação a sua área original, fazendo com que seja de fundamental importância a manutenção desse bioma na forma de remanescentes que permitem a formação de corredores ecológicos. Devido a sua grande biodiversidade e grau de endemismo, é conhecido como um "hot-spot" (Lagos e Muller, 2007). Dentre as diversas atividades praticadas nesse bioma, destaca-se a agricultura, especialmente na Região Serrana do Rio de Janeiro, onde tradicionalmente vem sido utilizada a agricultura migratória ou itinerante. Esse tipo de agricultura é conhecido por ter grande distribuição mundial (especialmente nas regiões tropicais) e por utilizar a técnica do pousio (terra parada sem plantio) para a recuperação da qualidade do solo (Correia *et al*, 2004).

O período de duração do pousio é de fundamental importância para que haja a reciclagem de nutrientes e recuperação da qualidade física do solo via decomposição da serrapilheira e recomposição de raízes (Altieri, 2002) e conseqüentemente para a sustentabilidade da agricultura migratória (Coutinho *et al,* 2004). A partir da mudança na legislação ambiental com o código florestal que passou a considerar áreas de preservação baseadas no diâmetro médio no peito (caule) dos indivíduos, aumentou a pressão conservacionista que o IBAMA exercia sobre os remanescentes de Mata Atlântica na Região Serrana do Rio de Janeiro, fazendo com que os produtores da região, inclusive os do município de Bom Jardim reduzissem o tempo de pousio para 3 a 4 anos ao invés de 7 a 10 anos com o intuito de evitar que as áreas de descanso fossem enquadradas como estágio de capoeira avançada, as quais seriam entendidas pelo IBAMA como remanescentes.

Desta maneira, os agricultores eram impedidos de reutilizarem áreas de vegetação secundária dentro de suas próprias fazendas e conseqüentemente não conseguiam recuperar a qualidade inicial do solo, observando redução progressiva da produtividade. Mais recentemente, foi elaborada uma nova Lei Federal em dezembro de 2006 (Presidência da República, 2008) que modificou a questão do pousio o qual passou a ser admitido como prática nos Estados onde tal procedimento é utilizado tradicionalmente, como é o caso do Rio de Janeiro.

Visto que segundo Prado *et al* (2002), há no Brasil uma deficiência de estudos em longo prazo sobre a influência do pousio nas propriedades dos solos, já que sempre foi raro a

manutenção de solos em descanso mais prolongado, ainda há uma lacuna no que tange a identificação do tempo de pousio mínimo correto para a recuperação da qualidade do solo, uma vez que também não é muito rentável para os agricultores um pousio muito prolongado (Silva, 1998).

As coberturas e os manejos podem influenciar e modificar positivamente ou negativamente as propriedades físicas e químicas dos solos (Abrão *et al.*, 1979; Fernandes *et al*., 1983; Primavesi, 1984; Carpenedo e Mielnickzuk, 1990; Campos *et al*., 1995; Lucarelli, 1997), principalmente nos horizontes mais superficiais. O manejo inadequado é uma das principais causas da degradação das estruturas dos solos, provocando redução da macroporosidade, aumento da microporosidade e da densidade do solo, redução do tamanho dos agregados e do teor de matéria orgânica, entre outras alterações (Paladini e Mielniczuk, 1991; Anjos *et al*., 1994; Albuquerque *et al.*, 1995; Salton e Mielniczuk, 1995; Silva e Mielniczuk, 1997a).

No geral, a maior parte dos trabalhos que relaciona as propriedades físicas em sistemas de pousio tem demonstrado a eficácia desta técnica na recuperação da qualidade do solo. Nunes *et al* (2006) verificaram que o pousio com 5 anos após plantio de milho e feijão teve a tendência de recuperar as propriedades físicas, químicas e biológicas num LUVISSOLO, com destaque para 90 % da densidade do solo e 95 % da porosidade, ao contrário dos pousios com 2, 3 e 4 anos, que atingiram valores máximos de 85 % na densidade do solo e 90 % na porosidade total. Cunha *et al* (2001) encontraram resultado semelhante, já que verificaram que houve 90 % de recuperação da macroporosidade e 85 % da densidade num LATOSSOLO Vermelho-amarelo com apenas 3 anos de pousio após cultivo de soja e milho. Mendes (2006) observou que do ponto de vista geotécnico, o sistema de pousio com 3 anos apresentou características que promoveram a estabilidade de encostas e proteção mecânica de um CAMBISSOLO em relação ao solo com cultivo anual. Angelotti Netto e Fernandes (2005) observaram condutividade hidráulica saturada num LATOSSOLO Vermelho em pousio com 6 anos maior de 70 a 300% do que em solo cultivado com milho e feijão. Falcão Sobrinho e Ross (2007) notaram menor recuperação da porosidade (87 %) e da densidade (91 %) num ARGISSOLO cultivado com milho e feijão em relação ao solo com pousio por 3 anos nas superfícies iniciais (96 e 100 % respectivamente).

Todavia, Alves e Suzuki (2004) não verificaram variações significativas da porosidade de um LATOSSOLO Vermelho com pousio por 6 anos em relação ao uso de diversas

espécies cultivadas (guandu, mucuna preto, entre outras), resultado semelhante ao Barros *et al* (2006) que encontraram valores de porosidade total semelhante em plantio convencional com couve-flor e os dois pousios avaliados (4 a 7 anos). Angelotti Netto *et al* (2007) observaram da porosidade total em até 8% superior num LATOSSOLO Vermelho cultivado com milho e feijão do que em pousio com 6 anos. Prado *et al* (2002) verificaram maior densidade num LATOSSOLO Vermelho com 5 anos em pousio do que num solo cultivado intensamente com milho e feijão.

Propriedades físicas do solo tais como a porosidade total, macroporosidade e densidade do solo funcionam como controladoras dos movimentos de solutos e gases, crescimento de raízes (Danielson e Sutherland, 1986a; Reichardt, 1987; Lamandé *et al*, 2003; Wairu e Lal 2005), além de influenciar os processos hidrológicos e erosivos, já que afetam a capacidade de infiltração e a retenção de água (Curmi 1988, Silveira, 2004a, Brandão, 2006), e conseqüentemente, o escoamento superficial (Hillel, 1970; Gavande, 1982; Sidiras *et al*, 1983; Salton e Mielniczuk, 1995; Brandão 2006) e a erosão, (Bertoni e Lombardi Neto, 1999). Assim, o conhecimento da influência do manejo nas propriedades físicas de solos tropicais é fundamental para a manutenção da produtividade agrícola e para o combate da degradação do ambiente (Lal, 2000).

Segundo Eltz *et al* (1977) e Abu-Hamdeh (2006), a erosão é uma questão de importância mundial devido à rapidez e seriedade que os danos são causados, já que anualmente, quinhentos milhões de toneladas de materiais são carreados somente no Brasil (Reichardt, 1987; Lespch, 2002). Diversas são as suas conseqüências negativas, tais como a redução da produtividade dos cultivos devido à remoção da matéria orgânica (Primavesi, 1984), nutrientes e fertilizantes contidos nos horizontes mais superficiais, além de assoreamento, poluição dos rios e lagos (Primavesi, 1984; Reichardt, 1987; Bertoni e Lombardi Neto, 1999; Lepsch, 2002), contaminação, mortandade de peixes e de organismos aquáticos em função dos pesticidas carregados pelos sedimentos aos corpos d'água (Plaster, 1992) e desertificação (Suertegaray, 1996). Desta forma, é fundamental a conservação dos solos, na medida em que estes assumem enorme relevância social e ambiental (Brady, 1989).

Assim, é de grande importância a realização de estudos sobre as propriedades físico-químico-biológicas dos solos sob pousio para que seja identificado o tempo ideal para a recuperação da qualidade do solo com agricultura migratória em ambiente de Mata Atlântica, para que se confirme ou não se esse sistema é viável do ponto de vista ambiental.

1.1– Objetivos

Objetiva-se analisar a influência de cultivos perenes e com pousio na recuperação das propriedades físico-hídricas de um solo em área agrícola serrana de Mata Atlântica (Bom Jardim-RJ), como tentativa de se entender o tempo ideal de pousio e minimizar as questões ambientais, além de contribuir para afirmar ou não o caráter conservacionista da agricultura migratória nessa área. A hipótese inicial é que manejos e coberturas distintas do solo podem alterar de forma diferenciada em ambientes diversos as propriedades físicas do solo que exercem grande controle na infiltração, na dinâmica da água no solo e na erosão.

1.2- Objetivos específicos

Analisar a influência do manejo nas seguintes propriedades:

- Porosidade total
- Macroporosidade
- Microporosidade
- Aeração
- Densidade do solo
- Estabilidade de agregados
- Condutividade hidráulica saturada

Comparar a influência do manejo:

- Em pousios com diferentes tempos (2 e 5 anos)
- Em dois cultivos perenes (café e banana), associando também aos pousios.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, far-se-á a revisão bibliográfica da agricultura itinerante e de trabalhos com propriedades físicas nessa temática e em seguida a das propriedades físicas do solo e suas relações com o manejo.

2.1 - Manejo e agricultura itinerante

Neste sub-capítulo será feita uma revisão da agricultura itinerante e serão destacados alguns trabalhos que apresentam modificações nas propriedades do solo.

Manejo é o conjunto de todas as práticas de cultivo que podem ser realizadas nos solos, objetivando-se a conservação da água e do solo, além de visar ótimas condições físico-químico-hídricas para aumento da produtividade das culturas (Barcelos *et al*., 1999; Jorge, 1985).

Segundo Correia *et al* (2004), a agricultura itinerante (nômade ou migratória) é uma forma de agricultura bastante extensiva que apresenta grande distribuição geográfica mundial, com destaque para as regiões tropicais, onde também é conhecida como milpa na América Central, conuco no Caribe, burara no sul da Bahia e coivara na Amazônia (Silva, 1998). No Estado do Rio de Janeiro, a agricultura itinerante tem sido praticada há pelo menos 150 anos pelas comunidades indígenas e caiçaras ao longo da Baía de Ilha Grande e na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, principalmente na área de Nova Friburgo, colonizada por imigrantes europeus (Oliveira, 1999).

A agricultura itinerante é o regime alternado de floresta e agricultura pelo método de queimada e de roçada, sendo considerado um agroecossistema, pois este se configura com a introdução da agricultura no ecossistema (Silva, 1998), e por utilizar recursos renováveis disponíveis além de características ecológicas e estruturais do meio agrícola, como terras em pousio e vegetação circundante. A agricultura migratória também é considerada uma forma de agroecologia já que incorpora cuidados especiais relativos ao ambiente, assim como os problemas sociais, enfocando não somente a produção, mas também a sustentabilidade ecológica do sistema de produção (Hecht, 2002).

A agricultura migratória tem como principal característica o uso do pousio como manejo, visando a recuperação da qualidade do solo parcialmente degradado após alguns anos

de cultivo com culturas anuais ou perenes de ciclo menor do que o pousio. As condições que limitam a produtividade das culturas são superadas durante o pousio, permitindo-se a recuperação do sistema a partir do banco de sementes existentes no solo e de fragmentos florestais adjacentes (Altieri, 2002). De acordo com Oliveira (1999) e Altieri (2002), a restauração do pousio ocorre pelo retorno da matéria orgânica e de nutrientes para a superfície do solo via decomposição da serrapilheira e devido à atuação do crescimento de raízes.

A agricultura migratória tem as vantagens da não proliferação relativa das populações de pragas e ervas daninhas e, em locais pobres ou em regimes de pequenos estabelecimentos, é muitas vezes a única alternativa possível de exploração econômica devido ao seu baixo índice de consumo externo. O pousio mantém a sustentabilidade ambiental da exploração agrícola ao longo do tempo, já que os processos erosivos são minimizados (Oliveira, 1999).

A duração do pousio tem sido citada como característica de elevada influência sobre a sustentabilidade ambiental e viabilidade econômica desse sistema, porque uma vez curto, conduz a uma degradação local rápida com perda da produtividade, e se for longo, inviabiliza a produção em função da elevada área demandada e do aumento dos custos inerentes à limpeza do terreno (Silva, 1998). As características fundiárias (tamanho da propriedade) e agro-ambientais (culturas existentes, potencial do solo, clima, etc) também são variáveis importantes para o pousio (Magalhães, 2004). Para Altieri (2002) existem três tipos de pousio: pousio florestal (20 a 25 anos), pousio arbustivo (6 a 10 anos) e pousio de pastagens (menos de 5 anos), mas ambos não devem incorporar agrotóxicos e defensivos.

A prática da utilização do pousio origina um mosaico de diversas comunidades vegetais com estruturas diferenciadas que variam de acordo com o tempo e a capacidade de regeneração de cada porção abandonada após o cultivo (Figura 1). A denominação Campo Sujo é o estágio sucessional iniciado logo após o cultivo. Nesse estágio, o processo de colonização é iniciado por espécies herbáceas, há a presença de arbustos esparsos, o adensamento de indivíduos é pequeno e a serrapilheira é incipiente. O próximo estágio é denominado Macega, sendo necessário em média 2 anos para que esse estágio seja atingido. Nesse momento, o adensamento de arbustos é significativo e a serrapilheira é maior. O tempo médio necessário para se atingir o estágio de Capoeira é de 7 anos, sendo esta semelhante a floresta, pois a serrapilheira e os indivíduos já se encontram estratificados (herbáceos, arbustivos e arbóreos) e a densidade é maior. O último estágio é o da Mata, cujo porte e o adensamento dos indivíduos é máximo (Freitas, 1998).

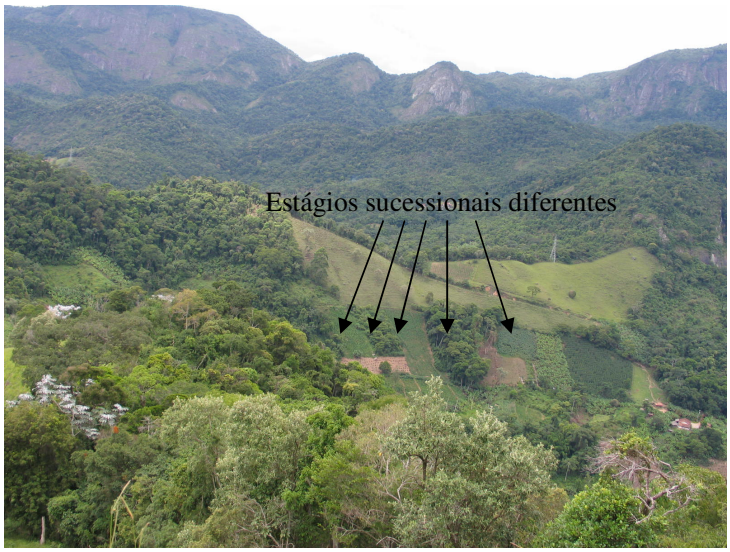


Figura 1: Paisagem onde observa-se encosta dividida em glebas com cultivos perenes, pousios e florestas em diferentes estágios sucessionais. Fonte: Heitor Coutinho.

A Mata Atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados do planeta, apresentando grande riqueza de espécies e grau de endemismo. Desde o início da colonização brasileira, esse bioma vem tendo seu espaço progressivamente ocupado por atividades agrícolas, industriais e urbanas (Correia, 2004), restando atualmente possui apenas 7% da sua área original, onde se concentra 70 % da população e 80 % do PIB brasileiro (Magalhães, 2004). A maior parte deste restante está fragmentada, sofrendo contínua perda de biomassa vegetal e erosão genética. Segundo os dados do censo agropecuária do Estado do Rio de Janeiro de 2000 (Cide, 2000), há uma tendência de redução da atividade agrícola entre 1970 e 1996, com queda de 37 % da área plantada com lavouras e 50 % do pessoal ocupado com atividades de agropecuária, o que poderia aliviar as pressões antrópicas sobre os remanescentes florestais (Correia, 2004).

Para que fosse evitado o avanço das principais ameaças como o desmatamento, expansão de agricultura e pastagem, houve uma mudança na legislação através do Decreto n° 750 de fevereiro de 1993, que determinou a permanência de uma reserva legal em parte das propriedades que estão inseridas nesse bioma. Se por um lado, este decreto foi fundamental para aumentar a consciência ecológica da sociedade em relação à conservação da Mata Atlântica, por outro, forçou os agricultores a alterarem sua sistemática de manejo (Lobão *et al,* 2002).

Assim, no município de Bom Jardim (RJ), a pressão conservacionista sobre as áreas de Mata Atlântica exercida pelo IBAMA fazia com que os agricultores reduzissem o período de pousio de 7 a 10 para 3 a 4 anos, período no qual os indivíduos já ultrapassam 5 cm de diâmetro de tronco, ponto que os órgãos de fiscalização passavam a considerar como intocável (Correia *et al*, 2004). Esses órgãos estavam, portanto, agindo com rigor nas áreas de pousio, multando os agricultores que derrubavam as capoeiras. Com a redução do tempo do pousio, o solo não tinha tempo suficiente para recuperar a qualidade, reduzindo progressivamente a sua fertilidade e diminuindo a produtividade das culturas, levando os agricultores a aplicarem fertilizantes, gastarem parte da renda na compra de corretivos e praticarem uma agricultura mais convencional do que conservacionista, muito mais impactante ao meio ambiente.

Recentemente, a Lei Federal de número 11.428 de 22 de dezembro de 2006 (Presidência da República, 2008) passou a considerar o pousio como uma prática válida para possibilitar a recuperação da fertilidade do solo até 10 anos, aumentando o tempo para os produtores. Essa lei também entende como legais as atividades de manejo agroflorestal sustentável praticadas em pequenas propriedades ou posses rurais familiares que não descaracterizem a cobertura vegetal e não prejudiquem a função ambiental, além de legalizar o corte de áreas em estagio sucessional de regeneração médio quando necessários para o pequeno produtor rural e populações tradicionais para o exercício de atividades ou usos agrícolas, imprescindíveis à sua subsistência, ressalvadas as áreas de preservação permanente. No caso dos estágios iniciais de sucessão, passou-se a ser admitida a prática agrícola do pousio nos Estados onde tal procedimento é utilizado tradicionalmente, como é o caso do Rio de Janeiro.

É de fundamental importância a realização de estudos que possam comprovar uma possível sustentabilidade da prática de pousio mais prolongado, para confirmar (ou não) o caráter conservacionista da agricultura migratória. É necessário investigar também, até que ponto um pousio mais longo modifica as características físicas, químicas e biológicas do solo sob esse bioma. Toda essa conjuntura motivou o desenvolvimento de projetos como o organizado pelo Projeto de Apoio ao Desenvolvimento de Tecnologia Agropecuária para o Brasil (PRODETAB), no qual foi redigido o relatório final "Qualidade do solo e da água como indicadores de recuperação de áreas degradadas submetidas a manejo agroflorestal" (Coutinho *et al,* 2005), realizado pela EMBRAPA-Solos e o organizado pelo Programa de

Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) "Geotecnia Aplicada à Avaliação, Prevenção e Remediação de Problemas Ambientais", além de "Agricultores e território: sustentabilidade das práticas e saberes" (Carneiro, 2005), realizado em São Pedro da Serra-RJ. Ambos têm como objetivo analisar a eficácia da agricultura migratória em ambiente de Mata Atlântica.

O município de Bom Jardim se destaca devido à grande produção de olerículas e consumo de agrotóxicos (Andrade *et al*, 2004) utilizando entre outros práticas, a agricultura migratória com 2 ou 3 anos de cultivo seguido de 3 ou 4 anos de pousio, efetuando-se também uma queimada controlada, preservando-se a maior parte da matéria orgânica (Correia, 2004). Esse sistema em Bom Jardim se difere da região da Baía de Ilha Grande por utilizar corretivos, fertilizantes e pesticidas e por ter um cunho mais comercial do que de subsistência, com destaque para os cultivos comerciais de batata, inhame, café, banana, entre outros. (Silva, 1998 e Oliveira, 1999).

Segundo Prado *et al* (2002), há no Brasil uma deficiência de estudos de longo prazo sobre a influência do pousio nas propriedades físicas dos solos. Solos mantidos em pousio são raros e são escassas as possibilidades de estudá-los em relação à organização estrutural decorrentes do seu uso (Lobato e Libardi, 1998). Todavia, há alguns trabalhos que abarcam essa temática.

Angelotti Netto e Fernandes (2005) estudaram a condutividade hidráulica num LATOSSOLO Vermelho e verificaram valores de 70 a 300% % superiores no solo em pousio com 6 anos em relação ao solo cultivado com milho e feijão, independentemente dos teores de umidade. Prado *et al* (2002) avaliaram a densidade do solo e a resistência a penetração num LATOSSOLO Vermelho em cultivo intensivo de milho e feijão por 2 anos e em pousio com 5 anos. Os autores observaram aumento de até 10% da densidade do solo sob pousio, resultado semelhante ao de Wutke *et al* (2000), que relacionaram esta mudança a uma provável redução dos fluxos de ar, água, dos espaços vazios, e aumento da resistência à penetração, ao contrário do cultivo intensivo, que ao promover o revolvimento do solo de forma adequada, tende a aumentar a macroporosidade. Silva (1998), pesquisando a influência de pousio do sistema Caiçara (Ilha Grande) sobre propriedades físicas de um CAMBISSOLO sobre manejo comparado com a mata secundária, observou que a textura, densidade do solo, porosidade e estabilidade de agregados não foram influenciadas pelo agroecossistema caiçara quando contrastado com os resultados da mata secundária, ao contrário da infiltração, que foi menor no sistema com pousio. Esse autor verificou também a redução de macroartrópodes no

manejo caiçara e poucas alterações nas propriedades químicas em relação à mata secundária.

Trabalhando em Nova Friburgo, Lima *et al* (2006) e Barros e Lima (2006) analisaram propriedades químicas e físicas de um CAMBISSOLO sob manejo convencional com couve-flor e sob pousio, comparados com floresta secundária. A primeira autora verificou maiores teores de carbono total no pousio e menores valores no plantio convencional de couve-flor. Barros e Lima, (2006) não encontraram significativas diferenças entre os tratamentos da porosidade total, macro e microporosidade embora a mata tenha apresentado maiores valores e o pousio de capoeira de 4 a 7 anos tenha obtido os menores valores em geral.

Existem diversos trabalhos que relacionam o manejo nas propriedades dos solos. Bertol *et al* (1994) destacaram o efeito do preparo do solo na degradação das propriedades físicas, dentre as quais a densidade do solo, estrutura, estabilidade de agregados e a porosidade, influenciando, também, no comportamento do solo em relação à fluxos e retenção de água, geração de escoamento superficial e susceptibilidade a erosão hídrica. Segundo Primavesi (1984), as condições da superfície dos solos agrícolas dependem diretamente do manejo recebido. Tem sido constatado em diversos trabalhos o aumento da densidade do solo e a diminuição da porosidade, da infiltração e da condutividade quando os solos são submetidos a diferentes sistemas de manejo em relação ao seu estado natural. Todavia, o tempo de cultivo é uma variável extremamente importante para que as modificações nas propriedades físicas ocorram (Bertoni e Lombardi Neto, 1999).

2.2– Propriedades físicas do solo

Neste tópico, serão discutidas as propriedades físicas do solo e as suas diversas relações com a hidrologia e erosão.

2.2.1- Textura

A textura é a distribuição das frações granulométricas do solo, sendo uma das principais propriedades físicas justamente por ser uma das mais estáveis (Moniz, 1975), não se modificando significativamente ao longo do tempo ou através da utilização de práticas agrícolas diversas, mesmo nas camadas superficiais. Os solos não são constituídos somente por uma fração, mas da combinação de areia, silte e argila (Lepsch, 2002). A textura é uma

das principais características físicas responsáveis pela porosidade, macroporosidade e microporosidade (Plaster, 1992; Costa, 1999), já que em geral, solos arenosos possuem grandes poros e porosidade total baixa, enquanto que solos argilosos apresentam muitos microporos e elevada porosidade total (Figura 2).

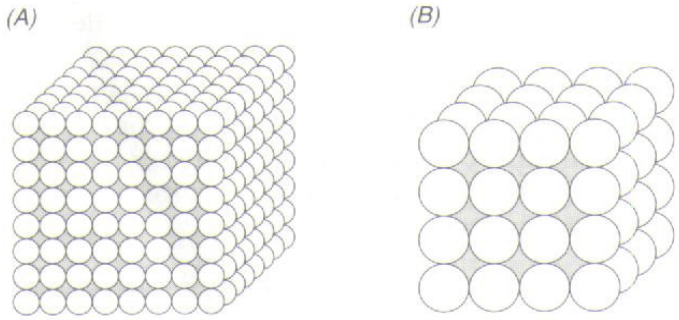


Figura 2: Esquema da relação entre a textura e a porosidade. Nota-se que em um mesmo volume, o solo A com partículas menores (argila) apresenta maior microporosidade e maior porosidade total, enquanto que o solo B com partículas maiores (areia) possui maior macroporosidade, porém com porosidade total menor. Fonte: (Plaster, 1992).

A textura influencia diretamente o controle hidrológico, sendo uma das características responsáveis pela infiltração (Figura 3) e pela condutividade hidráulica saturada no solo (Albuquerque *et al*., 1995) juntamente com a estrutura. Solos com textura grossa tendem a facilitar a movimentação da água no solo, ao contrário de solos argilosos.

Em relação à retenção de água, solos argilosos possuem maiores valores, e conseqüentemente, terão os seus poros mais freqüentemente preenchidos por água do que solos arenosos. A textura também pode influenciar a erosão, pois as partículas grossas, mais pesadas, tendem a permanecer no perfil, enquanto que as mais finas e leves são susceptíveis à erosão se não tiverem agregadas. Em geral, a fração do silte é considerada a mais erodível (Bertoni e Neto, 1999).

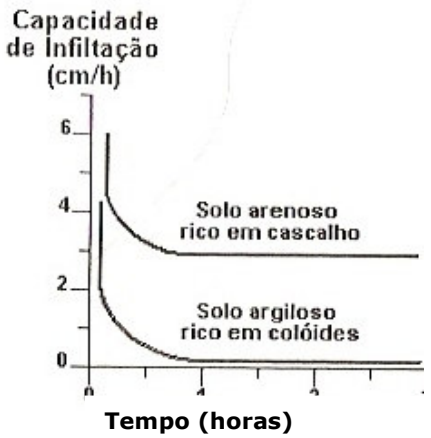


Figura 3: Diferença de infiltração de água em solos com texturas e manejos diferentes. Fonte: (Modificado de Coelho Netto, 2001).

2.2.2- Estrutura

A estrutura é o arranjo espacial das partículas do solo e do espaço poroso entre elas, incluindo o tamanho e a forma dos agregados criados quando as partículas se agrupam (Lawrence, 1977; Hillel, 1980; Coelho Netto, 2001). A estrutura é uma propriedade que pode ser alterada pelo efeito das diferentes técnicas de manejo e influencia várias propriedades físicas, tais como a aeração, densidade do solo e porosidade (Hillel, 1980).

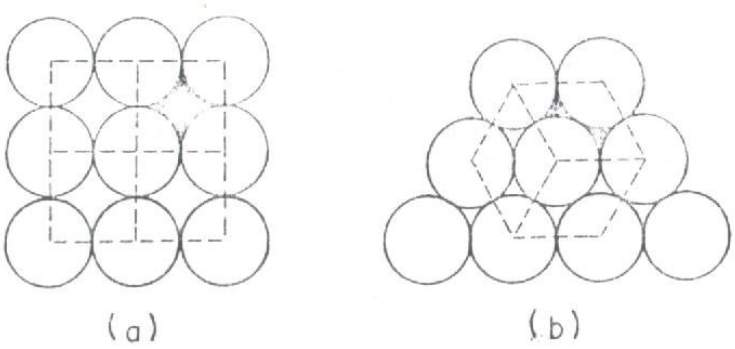


Figura 4: Diferenças da porosidade em função da estrutura cúbica (a) e piramidal (b). Fonte: Kiehl, (1979).

A condição estrutural pode ser avaliada em dois aspectos: parâmetros relacionados à forma da estrutura, como a densidade do solo e a porosidade, e parâmetros relacionados à

estabilidade da estrutura (Albuquerque *et al*., 1995). O arranjo das partículas do solo produz poros que se diferem entre si pela forma e tamanho (Grohmann, 1975a) (Figura 4).

A estrutura é uma das características responsáveis pela infiltração de água no solo (Albuquerque *et al*., 1995), afetando diretamente o direcionamento e a velocidade dos fluxos de água no solo, e conseqüentemente, a erosão. Solos com estrutura granular possuem grande porosidade permitindo o fluxo em todas as direções. Solos com estrutura em bloco formam grande número de poros, porém pequenos, com fluxos de água em todas direções. As estruturas prismáticas possuem poros maiores favorecendo fluxos verticais e as estruturas em placas facilitam fluxos horizontais (Figura 5) (Hillel, 1980; Lespch, 2002).

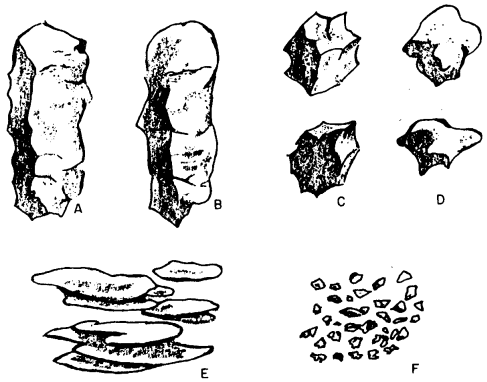


Figura 5: Esquema das diferentes formas de estruturas; prismática (A), colunar (B), blocos (C e D), placas (E) e granular (F). Fonte: Santos *et al*, 2005.

A estrutura influencia diretamente as trocas gasosas, a aeração, a infiltração, a susceptibilidade à erosão e a disponibilidade de água para as plantas (Hillel, 1980; Wohlenberg, 2004). É fundamental a manutenção da estrutura e dos agregados para reduzir os impactos ambientais resultantes das práticas agrícolas (Six *et al*, 2000).

2.2.3- Porosidade

Nesse momento, serão discutidas as principais características da porosidade do solo e algumas das principais técnicas de análise da supracitada propriedade.

Os espaços vazios entre as partículas sólidas do solo são chamados de poros, sendo a porosidade total a razão entre o volume total dos poros e o volume total do solo (Hillel, 1980). A porosidade é, em grande parte, conseqüência da arrumação e do tamanho das partículas do

solo e possui relação direta com a estrutura e a textura. O número, tamanho, distribuição e continuidade dos poros são variáveis conforme o solo (Jorge, 1985).

2.2.3.1- Porosidade - diferentes classificações e características

O conhecimento da porosidade total em si não informa sobre o comportamento do solo em resposta ao manejo, sendo necessário também entender a distribuição do tamanho dos poros (Hillel, 1980; Prevedello, 1996), cuja definição não há um consenso (Luxmoore *et al*, 1990), existindo diversas classificações que variam conforme o tipo de transporte e os processos que neles ocorrem (Prevedello, 1996). Esse último autor define que os macroporos são maiores do que 0,3 mm, os mesoporos são entre 0,3-0,05 mm, enquanto que os microporos são os poros cujo diâmetro é menor do que 0,05 mm.

Johnson *et al*. (1960) definiram três classes, afirmando que os macroporos são maiores do que 5 mm, os mesoporos estão entre 2-5 mm, enquanto que os microporos abaixo de 2 mm. Brewer (1964), um dos principais pesquisadores de micromorfologia dos solos, elaborou uma classificação de poros quanto ao tamanho utilizando sete intervalos, variando de extremamente fino (menores do que 0,005 mm) até extremamente grosseiro (maiores do que 10 mm). Greenland (1981) fez uma diferente classificação baseada na dinâmica de água no solo, separando poros de transmissão (0,5-0,05 mm), poros de estocagem (0,05-0,005 mm) e poros residuais (menores do que os poros de estocagem).

Luxmoore (1981) propôs uma nova classificação baseada na capacidade de campo dos solos, definindo os poros como macro (maiores do que 1mm), meso (0,01-1mm) e microporos abaixo de 0,01 mm. Kiehl (1979) define sua classificação com os macroporos possuindo diâmetro superior a 0,2 mm de diâmetro, enquanto que os microporos não atingem esse limite

De acordo com Eltz *et al.* (1989), Pagliai (1994) e Wairiu e Lal (2006), o volume, a quantidade e a distribuição dos tamanhos dos poros pode ser bastante alterado pelo preparo do solo, mas essas modificações são restritas a morfologia dos macroporos (Kriba *et al*., 2001), enquanto que a microporosidade, em geral, não é muito afetada pelas técnicas de manejo (Pagliai, 1994; Ferreira *et al.*, 1999). Segundo Greenland (1981), Pagliari *et al.* (1984), Ringorose-Voase e Bullock (1984), Pagliai (1994), e Schaefer *et al*. (2001), a porosidade é um bom indicador das condições da estrutura do solo, já que o tamanho, forma e continuidade dos poros afetam importantes processos do solo (Wairiu e Lal, 2006), como a infiltração,

condutividade hidráulica, escoamento superficial e erosão. Para Curmi (1988), há uma grande importância da macroporosidade nas propriedades de retenção de água.

Angelotti Netto *et al* (2007) compararam a porosidade total, macro e microporosidade em um LATOSSOLO VERMELHO com 6 anos de cultivo convencional e 6 anos em pousio. Os autores verificaram porosidade total 8 % superior e microporosidade até 7 % superior no solo cultivado, especialmente nas camadas superficiais. Cunha *et al* (2001) verificaram a porosidade de um solo com 3 anos de pousio após seis anos de preparo convencional de milho num LATOSSOLO Vermelho-amarelo sobre cerrado. Os autores concluíram que o tempo de pousio de três anos não foi suficiente para recompor a porosidade total em relação ao perfil sob vegetação de cerrado nativo. Em compensação, Alves e Suzuki (2004) não verificaram diferenças da porosidade total, macroporosidade e microporosidade entre o pousio e cultivos que recuperam a qualidade de um LATOSSOLO vermelho.

Falcão Sobrinho e Ross (2007) analisaram a porosidade e a densidade num LUVISSOLO com plantio de milho e feijão, em pousio e em mata nativa. Os autores observaram que na área de cultivos a porosidade total esteve em torno de 0,43 m^3/m^3 na profundidade inicial, enquanto que os demais manejos apresentaram valores próximos a 0,5 m^3/m^3. Para os autores, é possível que o aumento da densidade do solo e a redução da porosidade total no sistema de plantio convencional estejam relacionados com o menor teor de matéria orgânica, com o processo constante de umedecimento e secagem e com o entupimento de poros devido ao impacto de gotas de chuvas sobre a superfície do solo em função da ausência de cobertura vegetal nessa área, favorecendo a desagregação e remoção de partículas (Albuquerque *et al*., 2001) e contribuindo para a translocação de partículas mais finas para os horizontes inferiores. Este fato possibilita maior arraste de partículas no sentido da declividade nesse sistema, pelo efeito do escoamento superficial, que favorece os processos erosivos, implicando danos à produtividade.

Muitos trabalhos têm mostrado que a porosidade total tende a diminuir com a profundidade (Albuquerque *et al*., 1995), pois a macroporosidade, que está relacionada a rachaduras ou atividades biológicas associadas a raízes e animais escavadores, tende a diminuir acompanhando a redução do número total dos organismos em profundidade (Coelho Netto, 2001). Em geral, as variações da macroporosidade tendem a controlar o comportamento da porosidade total.

As modificações da porosidade provocadas pelos organismos têm sido estudadas por vários autores. Oliveira *et al*. (2000) trabalharam com PODZÓLICOS, CAMBISSOLOS e LATOSSOLOS, verificando grande influência da atividade biológica nos horizontes superficiais através de pedotúbulos, pelotas fecais e grande quantidade de canais que tenderam a reduzir em profundidade. Lamandé *et al*. (2003) pesquisaram modificações na morfologia dos poros sob a influência de minhocas em CAMBISSOLO com cultivo de milho permanente, rotacionado e com pasto através de análise de imagens. Os autores verificaram que a população de minhocas foi um fator influenciador nas mudanças das propriedades físicas tais como a morfologia dos poros e a taxa de infiltração. Lima *et al.* (2005) avaliaram e quantificaram por meio da micromorfologia as modificações da porosidade oriunda da atividade biológica em LATOSSOLO Vermelho-Amarelo sob aplicação de máquinas. Os autores concluíram que os bioporos tiveram relação inversa com a densidade do solo.

2.2.3.2- Porosidade- métodos de análise

Com relação aos métodos de análise da porosidade dos solos, um dos mais convencionais e utilizados para a obtenção da macro e microporosidade do solo é a mesa de tensão, descrito primeiramente por Leamer e Shaw (1941) e adaptado por Oliveira (1968). Este aparelho opera com sucção de 60 cm de água (Grohmann, 1975a), responsável pela obtenção da microporosidade por eliminação, sendo 0,5 mm o limite considerado entre os macro e microporos. Como o presente trabalho baseou-se nessa metodologia, esse limite será o considerado para a distinção dos tamanhos dos poros.

Muitos trabalhos utilizaram essa técnica com sucesso, como o de Abrão *et al* (1979) que avaliaram a microporosidade de um LATOSSOLO Roxo pela mesa de tensão em diferentes tratamentos e Albuquerque *et al* (1995) que estudaram a porosidade de um LATOSSOLO Vermelho com diversos manejos. Souza *et al*. (2006) verificaram a macro e a microporosidade num LATOSSOLO Vermelho supostamente compactado com cultivo de cana de açúcar, comparando os resultados com análises micromorfológicas. Os autores comprovaram a compatação e verificaram relação positiva entre os resultados obtidos pela mesa de tensão e pela micromorfologia.

Uma das limitações da mesa de tensão é a necessidade de monitoramento das condições de ensaio para que a coluna de água não se rompa em caso de entrada de ar no

sistema. Pequenas alterações da sucção ao longo da superfície de contato com as amostras também podem vir a ocorrer, assim como a preocupação de uma manutenção de um recobrimento das amostras para evitar perdas por evapotranspiração deve ser levada em consideração.

Diversos trabalhos que mensuram a porosidade utilizam a relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas (Hillel, 1980), como os de Abrão *et al* (1979) e Albuquerque *et al* (1995). Fernandes *et al* (1983) também estudaram a porosidade em vários manejos e Anjos *et al* (1994) analisaram a porosidade em usos e manejos distintos (mata nativa, cultivo convencional e plantio direto) em LATOSSOLOS, PODZÓLICOS e CAMBISSOLOS.

Outro método utilizado para a mensuração da porosidade é a porosimetria de mercúrio, uma técnica considerada adequada, conveniente e rápida para a determinação da distribuição dos tamanhos dos poros entre 10^{-1} mm e 10^{-5} mm, ou seja, dos microporos (Lawrence, 1977). Além da porosidade, a técnica também fornece dados de densidade do solo e densidade de partículas. No Brasil, a porosimetria de mercúrio ainda é pouco utilizada, merecendo maior destaque alguns trabalhos internacionais, como o de Newman e Thomasson (1979), e o de Richard *et al*. (2001), que investigaram o efeito da compactação nas mudanças da porosidade num ARGISSOLO e suas conseqüências na condutividade hidráulica e retenção de água por essa técnica e por microscopia eletrônica.

A análise da porosidade pela porosimetria de mercúrio pode conter erros. O raio dos poros geralmente é subestimado e, para isso, tem sido utilizado um fator de correção fixo, mas que pode variar conforme o teor de argila, alterando o resultado real. O ângulo de contato das partículas e a tensão de superfície do mercúrio são valores variáveis que influenciam nos cálculos e modificam a precisão dessa análise. A aplicação de uma pressão heterogênea, entrada de ar na amostra, impurezas no mercúrio e o colapso dos poros numa compressão da amostra durante o ensaio são outras distorções possíveis na análise da porosidade pela porosimetria de mercúrio (Danielson e Sutherland, 1986b).

2.2.4 - Densidade do solo, densidade de partículas e aeração

A densidade do solo, ou densidade aparente, é a relação existente entre a massa do solo seco e o volume total. A mesma relaciona-se diretamente ao maior ou menor

adensamento dos solos. Esta propriedade é variável e pode ser modificada pelo manejo, já que em áreas de cultivo, muitos trabalhos tem demonstrado o aumento da densidade do solo, seja pela implementação de máquinas agrícolas e/ou redução da matéria orgânica (Anjos *et al*. 1994; Oliveira *et al*, 2004). Em geral, os solos minerais apresentam densidade entre 1 e 1,5 g/cm³, mas solos compactados podem ter valores mais elevados, enquanto que solos orgânicos, podem possuir densidade abaixo de 1g/cm³ (Brady, 1989).

A densidade do solo é influenciada pela textura do solo (Libardi, 2005), pois solos arenosos apresentam densidade superior a dos solos argiloso, enquanto que os solos siltosos apresentam comportamento intermediário. A densidade de solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8 g/cm^{-3}, enquanto em solos argilosos pode ficar entre 0,9 a 1,6 g/cm³.

A densidade possui grande importância para a hidrologia dos solos (Jorge, 1985; Anjos *et al*., 1994; Ceddia, 1998), pois influencia a capacidade de infiltração e a condutividade hidráulica (Grohman, 1975b), relacionando-se inversamente com a porosidade e positivamente com a erosão. Abrão *et al*. (1979) estudaram os efeitos de sistemas de preparo do solo em cultivos de soja e trigo num LATOSSOLO Roxo distrófico e verificaram que os valores de retenção de água tiveram relação positiva com os de densidade do solo, resultado semelhante ao de Araújo *et al*. (2004), que trabalharam num LATOSSOLO Vermelho cultivado sobre mata nativa com sistema de agricultura migratória. Silva *et al* (1986) analisaram a influência da compactação em propriedades físicas de dois LATOSSOLOS e verificaram que o aumento da densidade do solo foi acompanhado pela redução dos macroporos e elevação dos microporos.

Angelotti Netto *et al* (2007) observaram densidade em até 11 % maior num LATOSSOLO Vermelho cultivado intensamente com milho e feijão do que em pousio de 6 anos devido a maior mobilização do primeiro, que promove maior porosidade e reduz a densidade. Os autores verificaram tendência de redução da densidade com a profundidade em função da aração. Falcão Sobrinho e Ross (2007) observaram que na área de plantio de milho e feijão a densidade do solo atingiu um valor elevado (1,49 g/cm³) na profundidade de 0 a 5 cm, sendo superior em mais de 10% em relação ao pousio que recuperou 97 % em relação à mata nativa, caracterizando-se uma grave compactação e degradação do solo no solo cultivado.

A densidade real ou densidade das partículas é a propriedade do solo que relaciona a massa das partículas sólidas e o volume ocupado por essas partículas (Kiehl, 1979). O valor

médio da densidade real do solo varia conforme a mineralogia e composição do mesmo, sendo esta propriedade considerada bastante estável e não alterada pelo manejo (Anjos *et al*., 1994). A maior parte dos solos apresenta densidade de partículas entre 2,6 e 2,75 g/cm³, porque quartzo e feldspato, com densidades compreendidas nesta faixa, compõem a principal parcela dos minerais constituintes do solo (Brady, 1989). A densidade de partículas não relaciona-se com a densidade do solo, estrutura, textura ou compactação, mas é importante para se calcular a porosidade total (Ceddia, 1998).

A aeração é a renovação da composição do ar do solo, que tende a igualar a do ar atmosférico (Camargo, 1975). A aeração é uma propriedade que está diretamente ligada à compactação e a porosidade. Um solo bem aerado possui uma proporção maior de macroporos responsáveis por uma maior difusão de oxigênio, sendo também dependente de fatores como a distribuição do tamanho dos agregados. A aeração é um parâmetro muito importante porque é modificada pelo manejo e afeta diretamente o crescimento das plantas, a atividade biológica, a absorção de água e a movimentação de gases no solo (Gavande, 2002).

2.2.5 – Estabilidade de agregados

De acordo com Hillel (1980) e Curi *et al*. (1993), agregado é um conjunto de partículas primárias do solo com forma e tamanho definidos, comportando-se mecanicamente como uma unidade estrutural, que também pode ser chamado de pede.

Segundo Palmeira *et al*. (1999), a agregação do solo é um fenômeno que ocorre em duas etapas, sendo a primeira relacionada com a aproximação de partículas e a segunda com a ação de agentes cimentantes, resultando na formação dessas unidades estruturais cujas forças de ligação são maiores do que as unidades adjacentes. O arranjo dessas unidades no seu conjunto define a estrutura do solo (Moniz, 1975; Lespch, 2002).

De acordo com Tsidall e Oeades (1982), os agregados podem ser de dois tipos quanto ao tamanho; macroagregados (> 250 μm) e microagregados (< 250 μm); segundo os autores, os cultivos podem alterar os macroagregados enquanto que os microagregados não são afetados.

2.3.5.1- Fatores que afetam a agregação

Existem diversos fatores que podem aumentar o grau de agregação de um solo, tais como elevados teores de matéria orgânica e argila (Jorge, 1985; Palmeira *et al*., 1999; Guerra, 2001; Wohlenberg *et al*, 2004), natureza dos cátions, ácidos orgânicos, teor de alumínio, pH do solo (Castro Filho *et al,* 1998), teor de cálcio, ferro e magnésio (Lacerda *et al* 2005), configuração e densidade de raízes (Silva e Mielniczuk, 1997) e atividade biológica através de fungos e bactérias (Castro Filho *et al,* 1998). Segundo Horner e Dexter (1988), Horn (1990), e Oliveira *et al*, (1996), os ciclos de umedecimento e secagem e na profundidade superficial levam à desidratação de ligantes orgânicos e inorgânicos que proporcionam a formação de agregados de menor tamanho.

A matéria orgânica responde pela maior parte das variações na agregação em solos tropicais. Segundo Tsidall e Oeades (1982), os agentes ligantes determinam o tempo de agregação e o tamanho dos agregados. Esses agentes podem ser divididos em ligantes transitórios, temporários e persistentes. Os ligantes transitórios mais importantes são os polissacarídeos originados da atividade microbiana e das raízes, influenciando os agregados menos estáveis. Os agentes temporários (raízes e hifas fúngicas) estão mais associados aos macroagregados, podendo ser afetados pelas práticas de manejo. Os agentes persistentes são originados de fragmentos de raízes e células de bactérias, sendo compostos orgânicos mais resistentes. Durante o processo de decomposição de raízes, os três tipos de materiais orgânicos são adicionados ao solo, oferecendo maior estabilidade aos agregados. A redução ou o aumento da matéria orgânica pode ser influenciado pelo manejo na incorporação dos resíduos culturais ou pela cobertura do solo (Bayer e Mielniczuk, 1997), afetando assim, os agregados dos solos.

Na literatura, há diversos trabalhos que relacionam a importância da matéria orgânica na formação dos agregados. Wohlenberg *et al* (2004) avaliaram a influência de diferentes culturas e coberturas do solo no teor de matéria orgânica e agregação num ARGISSOLO Vermelho-amarelo com rotação de culturas e em pousio. Os autores verificaram que a agregação foi maior no campo natural e menor no sistema descoberto, em virtude do intenso preparo do solo e redução da matéria orgânica, aumentando os agregados menores no solo descoberto. Assim, foi observada relação direta das culturas na agregação, já que a maior

estabilidade ocorreu nos cultivos que aportam mais matéria orgânica e cobrem o solo o ano todo.

Wendling *et al* (2005) verificou a influência de diferentes manejos no carbono orgânico e na estabilidade de agregados num LATOSSOLO Vermelho com plantio direto, sistema convencional e mata nativa, verificando que os tratamentos cultivados com milho e soja tiveram os índices de agregação reduzidos em até 637 % em relação à mata nativa, percebendo também relação direta entre o carbono e a agregação. Castro Filho *et al* (1998) avaliaram as relações entre o teor de carbono orgânico e estabilidade de agregados num LATOSSOLO Roxo em sistemas de plantio convencional, plantio direto e rotações de cultura. Os autores verificaram que o aumento do teor de carbono correlacionou-se com os índices avaliados em razão da redução dos agregados menores e aumento nas classes maiores, com as maiores diferenças ocorrendo na profundidade superficial. Bertol *et al* (2004) também encontraram correlação positiva do carbono com agregação, resultado semelhante ao de Paladini e Mielniczuk (1991), Roth *et al* (1991), Wohlenberg *et al* (2004), Madari *et al* (2005) e Zhang *et al* (2007). Segundo Roth *et al* (1991), essa correlação ocorre graças ao fato das moléculas orgânicas atuarem nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem de fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação.

Silva *et al* (2006) avaliaram o efeito da cobertura de cana de açúcar em função de idades diferentes (2, 18 e 25 anos) na agregação de um LATOSSOLO Amarelo, comparado com a mata nativa e procurando correlacionar com os teores de carbono orgânico. Os autores verificaram que o carbono orgânico foi reduzido no cultivo com 2 anos em relação a mata nativa. Houve uma recuperação da qualidade do solo no cultivo da cana com 18 anos, já que os valores de carbono orgânico e de agregação foram bastante similares à mata nativa.

Pinheiro (2002) verificou que o fracionamento químico da matéria orgânica foi eficaz para demonstrar as variações da agregação entre os manejos, na medida em que a autora verificou alta correlação da agregação com as frações ácido fúlvico e humina. Pinheiro *et al* (2004) estudaram o efeito de sistemas de manejo no aporte de carbono orgânico e na estabilidade de agregados num LATOSSOLO Vermelho distrófico. Os autores verificaram que o plantio direto foi o cultivo que apresentou o maior percentual (quase 80 %) de agregados na faixa correspondente a maior estabilidade. Madari *et al* (2005) avaliaram o efeito do plantio direto e do convencional sob diferentes rotações de cultura na agregação e no

teor de carbono de um LATOSSOLO Vermelho. Os autores verificam que na profundidade superficial houve as maiores diferenças, com o plantio direto se aproximando mais das condições naturais do solo. O carbono foi positivamente bem correlacionado com os macroagregados e negativamente bem correlacionado com os microagregados, provando a relação estreita entre o carbono e agregação.

Observa-se, em geral, correlações positivas entre os índices de agregação e o carbono orgânico na classe de maior diâmetro e correlação negativa na classe com menor diâmetro (Carpenedo e Mielniczuk, 1990; Roth *et al*, 1991; Wendling *et al* (2005). No entanto, alguns trabalhos como o de Silva e Mielniczuk (1998) atestam que as variações do carbono orgânico podem ser insuficientes para explicar as variações na agregação. Para Castro Filho *et al* (1998) demais fatores atuando ou não em conjunto com a matéria orgânica podem influenciar na agregação, como a natureza dos cátions e seus poderes de floculação, mineralogia do solo, ácidos orgânicos, atividade microbiológica, tipos de microorganismos e comportamento do alumínio.

Lima *et al* (2006) observaram maior teor de carbono total em um sistema de pousio em detrimento da floresta e do plantio convencional. Bertol *et al* (2004) também encontraram correlação positiva, aludindo ao carbono orgânico a principal causa do aumento da agregação em sistemas de rotação de culturas (pousio) nas profundidades iniciais. Para os autores a ausência de preparo, os ciclos de umedecimento e secagem do solo possivelmente podem consolidar a agregação e explicar as variabilidades da estabilidade nessas condições.

Para Silva e Mielniczuk (1997) e Pinheiro *et al* (2004), as diferentes densidades e configurações nos padrões das raízes exercem grande influência na agregação já que removem a água e fornecem alimento para microorganismos que influenciam na agregação. O trabalho de Silva *et al* (1997) constata que o sistema radicular teve grande efeito na estabilidade de um LATOSSOLO Amarelo.

A agregação do solo e a estabilidade dos agregados em água também podem sofrer influências dos diferentes sistemas de manejo em curto espaço de tempo (Silva e Mielniczuk, 1997; Palmeira *et al*. 1999). De acordo com Campos *et al* (1999), há uma variação cíclica provocada por práticas de manejo na agregação do solo, que pode sofrer alterações temporárias. Segundo Abrão *et al* (1979) os manejos que promovem maior mobilidade do solo tendem a apresentar redução da estabilidade, resultado semelhante ao encontrado por Rodrigues *et al* (2007), que compararam a estabilidade em sistema de pousio e plantio de

feijão e milho. Os autores verificaram agregação até 3 vezes maior no pousio, cujo comportamento pode ter sido favorecido pelo maior conteúdo de matéria orgânica do solo (até 14 % maior). Na classe de agregados de tamanho < 0,25 mm, o tratamento pousio apresentou menor quantidade de agregados, reforçando a idéia de que o revolvimento do solo está provocando a degradação da estrutura do solo.

Para Roth e*t al* (1991), os manejos que expõem o solo descoberto provocam a redução da agregação, podendo originar o efeito de selamento superficial. Os autores observaram que os mais altos índices foram encontrados na parcela de mata natural e nos tratamentos sob pousio após desmatamento, justamente por serem os que mais cobrem o solo. De acordo com Alvarenga *et al*. (1986), quanto menor o revolvimento do solo, maior tende a ser a estabilidade dos agregados, já que o revolvimento do solo e a intensidade das práticas agrícolas tendem a quebrar os macroagregados reduzindo a sua proporção no solo, e conseqüentemente, aumentando a ocorrência dos agregados mais reduzidos.

2.2.5.2- A relação da agregação com os processos nos solos

Há uma relação negativa entre estabilidade de agregados e a erosão, já que uma elevada estabilidade de agregados reduz a erodibilidade dos solos, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, aumentando as taxas de infiltração e reduzindo o escoamento superficial (Reichert, 1993; Guerra e Guerra, 2003; Abu-Hamdeh, 2006). Além disso, a erodibilidade de um solo pela água depende das propriedades que afetam a resistência do solo à desagregação e ao transporte, sendo ambos processos dependentes da estabilidade de agregados, que proporciona maior resistência ao impacto das gotas da chuva (Reichert, 1993; Guerra, 2001), sendo assim um indicador da qualidade do solo (Sá *et al*, 2000).

Poucos são os estudos que correlacionam a estabilidade de agregados com a porosidade. Ceddia (1998) estudou propriedades físicas num PODZÓLICO de tabuleiro com manejos distintos de cana, verificando diminuição do tamanho dos agregados, aumento da densidade do solo e redução da porosidade total nas profundidades superficiais no manejo de cana-de-açúcar sob queima. Esse mesmo autor também encontrou que o maior desenvolvimento da população de minhocas coincidiu com maior estabilidade de agregados, confirmando o que afirma Castro Jr. (1991) sobre a importância do papel da fauna

endopedônica na abertura de macroporos e na incorporação da matéria orgânica para a formação de agregados no solo.

A agregação do solo é uma das propriedades mais importantes a ser considerada quando se investiga o comportamento do mesmo em relação à erosão (Silva e Mielniczuk, 1997). A estabilidade de agregados também influencia a retenção de água, aeração e penetração de raízes no solo (Reichert, 1993), infiltração (Abu-Hamdeh *et al*, 2006) e é um dos principais mecanismos de seqüestro de carbono (Lal, 2000). Segundo Zhang *et al* (2007), a estabilidade de agregados também é relacionada às menores densidades de solo e às maiores macroporosidades.

2.2.5.3- Métodos de mensuração da agregação

A estabilidade de agregados se refere à capacidade dos mesmos de manterem as suas formas quando são submetidos a forças externas artificiais. Existem diversas formas de se medir a estabilidade de agregados. Sá *et al* (2000) utilizaram ultra sonda e simulação de impacto das gotas por gotejamento, as quais são métodos mais próximos da situação no campo, mas não se ajustam para análises de rotina. As formas mais usuais de medição são o método que inclui o esforço da água (mais apropriado para os estudos de erosão) (Kemper e Rosenau, 1986; Silva e Mielniczuk 1997), através do impacto das gotas por submersão dos agregados, que simula a desintegração em condições de molhamento e secagem (Yoder, 1936), e o método por agitação mecânica sem a presença da água (Hillel, 1980; Curi *et al*., 1993).

Na literatura, além da distribuição das porcentagens de agregados em frações, há três índices que avaliam a estabilidade; o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade de agregados (IEA), mas raros são os trabalhos que utilizam ambos, como os de Castro Filho *et al,* (1998), Wendling *et al* (2005) e Bastos *et al*. (2005), que verificaram o grau de estabilidade num LATOSSOLO Vermelho-Amarelo em virtude de adição de compostos orgânicos hidrofóbicos. Segundo Kemper e Rosenau (1986), o DMG é um índice mais completo pra descrever a distribuição do tamanho dos agregados, embora o DMP seja mais fácil de calcular. Ambos os índices podem ser utilizados para avaliar a estabilidade de agregados. Segundo Pinheiro *et al* (2004), ambos apresentam correlação positiva com a porcentagem de agregados estáveis (os maiores agregados).

O DMP foi proposto por Van Bavel (1949), sendo calculado a partir do somatório dos produtos entre o diâmetro médio de cada fração de agregado e a proporção da massa da amostra, que é obtida através da divisão da massa de agregados retidos em cada peneira pela massa da amostra corrigida em termos de umidade. Este índice é relacionado com a porcentagem de agregados maiores, refletindo a resistência à erosão, pois quanto maiores os agregados, maiores são os espaços porosos, aumentando a infiltração e diminuindo a erosão além de elevar a resistência ao impacto da água (Angulo *et al*, 1984). Sendo assim, solos com DMP acima de 2 mm são considerados estáveis.

O DMG foi criado por Mazurak (1950), sendo uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência e é calculado multiplicando-se o peso das frações de agregados pelos logaritmos dos diâmetros médios ponderados, dividindo a soma total pelo peso da amostra. Os solos com DMG maior do que 2 mm são estáveis e resistentes a erosão (Silva e Mielniczuk 1997).

O IEA é uma medida de agregação total do solo em percentual, que ao contrário dos índices anteriores, não leva em consideração a distribuição por classes de agregados. O IEA se baseia no teor de areia e na classe de instabilidade, pois quanto maior a quantidade de agregados menores que 0,25 mm, menor será o IEA. Castro Filho *et al* (98) afirmam que pode ser encontrada uma baixa correlação entre o IEA e os demais índices, já que nem sempre o aumento do DMP e do DMG é acompanhado pelo crescimento do IEA. Em geral, o IEA tem sido visto como o índice menos sensível para demonstrar as variações entre os manejos (Wendling *et al*, 2005).

2.3- Condutividade hidráulica saturada

A condutividade hidráulica saturada é a propriedade relacionada à velocidade com que a água passa por um solo saturado, sendo uma das propriedades de maior relevância para estudos de movimento de água e solutos no solo (Mesquita, 2004). Depende diretamente da permeabilidade dos solos, da viscosidade e densidade da água, da aceleração da gravidade (Libardi, 1995) e de propriedades do solo, tais como a textura (conforme verificou Vieira, 2001), estrutura, porosidade, da densidade do solo e do teor de umidade (Brady, 1989; Mesquita, 2004; Silveira, 2004b). Solos arenosos tendem a apresentarem maior condutividade do que solos argilosos.

Essa propriedade pode não permanecer constante devido às alterações dos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem continuamente no solo, sendo passível de ser modificada pelo manejo (Guerra e Guerra, 2003). Qualquer fator que exerça influência sobre o tamanho, geometria, configuração e organização interna dos poros exercerá, também, influência sobre a condutividade hidráulica saturada, o que pode levar a uma grande variabilidade espacial (Libardi,1995; Silveira, 2004b; Brandão 2006), como mostra a Tabela 1. Kriba *et al*. (2001) sugerem uma relação direta entre os macroporos e a condutividade hidráulica saturada.

Tabela 1: Classificação da condutividade hidráulica saturada de acordo com a velocidade de fluxo. Fonte: Kutílek e Nielsen (1994).

Classes	Velocidade
Excessiva permeabilidade	$Ks > 10^{-4} ms^{-1}$
Alta permeabilidade	$10^{-5} < Ks < 10^{-4}\ ms^{-1}$
Média permeabilidade	$10^{-6} < Ks < 10^{-5}\ ms^{-1}$
Baixa permeabilidade	$10^{-7} < Ks < 10^{-6}\ ms^{-1}$
Muito baixa permeabilidade	$Ks < 10^{-7} ms^{-1}$

Segundo Kriba *et al*. (2001), para a caracterização em campo, a medição com o Permeâmetro de Guelph apresenta as vantagens em relação a de laboratório, tais como causar perturbações mínimas no solo, além de possuir várias opções de profundidade e de carga de pressão e utilizar pouca água. De acordo com Angelotti Netto e Fernandes (2005), a condutividade hidráulica feita em laboratório tem a vantagem de ser um ensaio rápido e fácil, porém altera as propriedades do solo, ao contrário da realizada *in situ*, que se aproxima mais das condições reais.

Freitas (2003) observou variações da condutividade hidráulica na banana em profundidades diferentes. Zimmermann *et al* (2006) analisaram a condutividade hidráulica saturada em sistema de floresta (Amazônia), Banana e capoeira (pousio), verificando que os maiores valores ocorreram na mata e em seguida na banana. Resultado inverso foi constatado por Angelotti Netto e Fernandes (2005), que encontraram os maiores valores da condutividade hidráulica saturada na área mantida em pousio, especialmente as profundidades de 20 cm e 40

cm, em que a diferença para o solo cultivado foi de uma ordem de uma grandeza. Segundo os autores, as maiores porcentagens de areia grossa presente nessa área também contribuíram para as maiores taxas de condutividade, assim como foi constatado por Santos e Ribeiro (2000), ao estudarem os efeitos da irrigação e do cultivo nas propriedades morfológicas e físicas de um LATOSSOLO e um ARGISSOLO.

A macroporosidade, em geral, apresenta uma correlação estreita com a condutividade hidráulica, como foi observado por Anderson e Bouma (1973), Kriba *et al* (2001), Vieira (2001), e Ahuja *et al*, (1984), que afirmaram existir uma relação direta entre a largura dos macroporos e a condutividade hidráulica, por Martins e Coelho (1980) que também apontaram uma relação direta entre os dois parâmetros num SOLONETZ-SOLODIZADO e num PLANOSSOLO e por Mesquita e Moraes (2004), que afirmaram a condutividade ser dependente de vários parâmetros dos solos, principalmente a macroporosidade.

2.3 - Principais características dos cultivos avaliados

2.4.1- Banana

A banana é a fruta mais consumida no Brasil e no mundo. No ano de 2001, foi a segunda maior cultura frutífera (Sousa, 1999), ficando atrás somente da laranja, apresentando uma área colhida de 490.000 ha (Tabela 2, Alves *et al*, 1997) e produção de 6.177.293 toneladas de frutos. O Brasil é o segundo maior produtor mundial perdendo apenas pra Índia, com produção voltada principalmente para o mercado interno (Borges *et al*, 1997). São Paulo e Bahia são os principais estados produtores.

A bananeira desenvolve-se em diversos tipos de solo, mas um solo bem drenado constitui-se em fator essencial para o cultivo da bananeira, razão pela qual dá-se preferência por solos areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, de boa profundidade (superior a 25 cm) e não sujeitos a inundações. A aeração do solo é um fator importante, pois a disponibilidade adequada de oxigênio é essencial para o bom desenvolvimento do sistema radicular da bananeira (Borges *et al*, 1997).

A banana é uma fruta de clima tropical ou subtropical, com bom desenvolvimento em condições de alta umidade e temperaturas elevadas, uniformemente distribuídas, sendo 15°C a 35°C uma faixa segura para exploração e temperatura ideal em torno de 26°C. A precipitação é de importância primordial para a planta, pois esta exige um consumo elevado e constante de

água devido à necessidade de alto índice de hidratação dos seus tecidos (Oliveira e Souza, 2003). Médias anuais de precipitação em torno de 1900 mm, com boa distribuição das chuvas no decorrer do ano, em torno de 100 mm/mês, propiciam condições de alta produtividade e qualidade dos frutos (Cintra, 1988; Borges *et al*, 1997; Lima *et al*, 2003).

Em geral, a profundidade das raízes da bananeira se encontra de 20 a 40 cm abaixo da superfície, podendo chegar até 50-70 cm. O comprimento varia de 5 a 10 metros, dependendo das condições edáficas tais como a porosidade, profundidade, textura e fertilidade do solo (Borges *et al*, 1997). A banana se caracteriza por apresentar caule subterrâneo (rizoma), cujo "falso" tronco é formado pelas bases superpostas das folhas, folhas grandes e flores em cachos (Borges et al, 1997). Em Bom Jardim tem sido plantada com espaçamento de 3 m entre linhas 3 m entre covas (Mendes, 2006).

Estudando as características hidrológicas de bananais no parque de Grumari, Rio de Janeiro, Freitas (2003) verificou interceptação (média de 48%) e retenção hídrica da serrapilheira superior nos bananais em relação à floresta secundária local, evidenciando a funcionalidade das bananas na hidrologia dos solos. O autor observou também, que houve uma maior média de escoamento superficial no plantio de banana em comparação com a floresta, resultado que pode estar associado às características superficiais do solo ou a uma possível geração de fluxo superficial de serrapilheira na banana.

2.4.2 - Café

O café se caracteriza por ser tipicamente de regiões tropicais, sendo cultivado em diversos países com destaque para os Africanos e para os da América do Sul. O Brasil é o maior produtor mundial com 25 milhões de sacas de 60 kg anuais (Thomaziello, 2000) e é o segundo consumidor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos (Luna-Filho, 2008). A cultura em 1991 representava a sexta maior área plantada no Brasil (Tabela 2, Alves *et al*, 1997).

A temperatura ideal para o desenvolvimento dos cafeeiros é de 18 a 22°C, com precipitação entre 1200 e 1800 mm. Quanto às propriedades físicas do solo, é necessária uma profundidade mínima de um metro, com boa condição de drenagem, ausência de adensamento excessivo e solo mais arenoso (Thomaziello, 2000) para um bom desenvolvimento do sistema radicular do cafeeiro. Segundo os estudos de Barreto (2004), a profundidade média das raízes é de 60 a 70 cm, semelhante ao considerado por Mantovani (2001), que estimou em 60 cm

baseando-se em características do solo da região, da cultura e em informações passadas pelos próprios produtores.

Segundo Fernandes (2001), pouco se tem estudado sobre os efeitos dos diferentes tipos de manejo nas propriedades físicas dos solos em cultivos de café. Os autores estudaram os efeitos dos parâmetros físicos do solo, em Latossolo Vermelho-Amarelo em área de cafeeiro catuaí. Simões (2006) avaliaram a variabilidade espacial de atributos físicos de um LATOSSOLO Vermelho distroférrico submetido a diferentes manejos, por meio de estatística descritiva e de geoestatística. Paula Netto (2001) analisando a estabilidade de agregados em água em plantio de café com diferentes tratamentos verificaram que o manejo e o local de amostragem exerceram influência sobre a proporção e distribuição dos agregados em água do solo na lavoura cafeeira.

Miranda *et al* (2004) avaliaram a interceptação em cafezais adensados em Duas Barras, região Serrana fluminense. Os autores encontraram interceptação média de 19% do total da chuva, variando de acordo com as características da mesma.

Tabela 2: Área colhida de diversas culturas no Brasil em 1991. Fonte: Alves *et al*, 1997

Cultura	Área em 1.000 há
Milho	13.110
Soja	9.618
Feijão	5.443
Cana-de-Açúcar	4.211
Arroz	4.127
Café	2.767
Trigo	1.995
Mandioca	1.943
Algodão	1.830
Laranja	981
Cacau	667
Caju	617
Banana	490

3- ÁREA DE ESTUDO

O município escolhido para o desenvolvimento do trabalho foi Bom Jardim (Figura 6), localizado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, dentro do bioma Mata Atlântica. Esta área foi selecionada por apresentar um sistema agrícola envolvendo cultivos representativos da região (Aboim *et al* 2008), tais como cultivos comerciais de milho, banana, feijão, inhame, entre outros, utilização de pousio, por se destacar como um dos maiores produtores de olerícolas do Estado e por localizar-se numa região com histórico de problemas erosivos em função das elevadas taxas de precipitação e do relevo acidentado. O Município possui grande percentual de florestas em relação a sua área total, situação privilegiada devido às condições do relevo (Figuras 7 e 8), que dificulta o uso e geralmente é inadequado para a agricultura (Andrade *et al* 2004).

Figura 6: Localização do município de Bom Jardim no Estado do Rio de Janeiro.

Figura 7: Vista de Bom Jardim, com agricultura sendo realizada em trechos de elevadas declividades. Fonte: Heitor Coutinho.

Figura 8: Vista geral da bacia da área de estudo em Bom Jardim.

A região está enquadrada na unidade geomorfológica das colinas e maciços costeiros do planalto da Serra dos Órgãos, com altitudes em torno de 900 m. Apresenta litologia com predominância de granitos metamórficos, gnaisse, migmatitos e associações. Os solos mais comuns da região são LATOSSOLOS Vermelho-amarelo, ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, NEOSSOLOS e associações entre estes (Coutinho *et al*, 2005). O tipo climático é mesotérmico úmido, com calor bem distribuído durante o ano e com baixo ou nenhum déficit hídrico. A precipitação anual é em torno de 1400 mm concentrado no verão, época em que as perdas de solo por erosão são mais comuns (Campello *et al*, 2004).

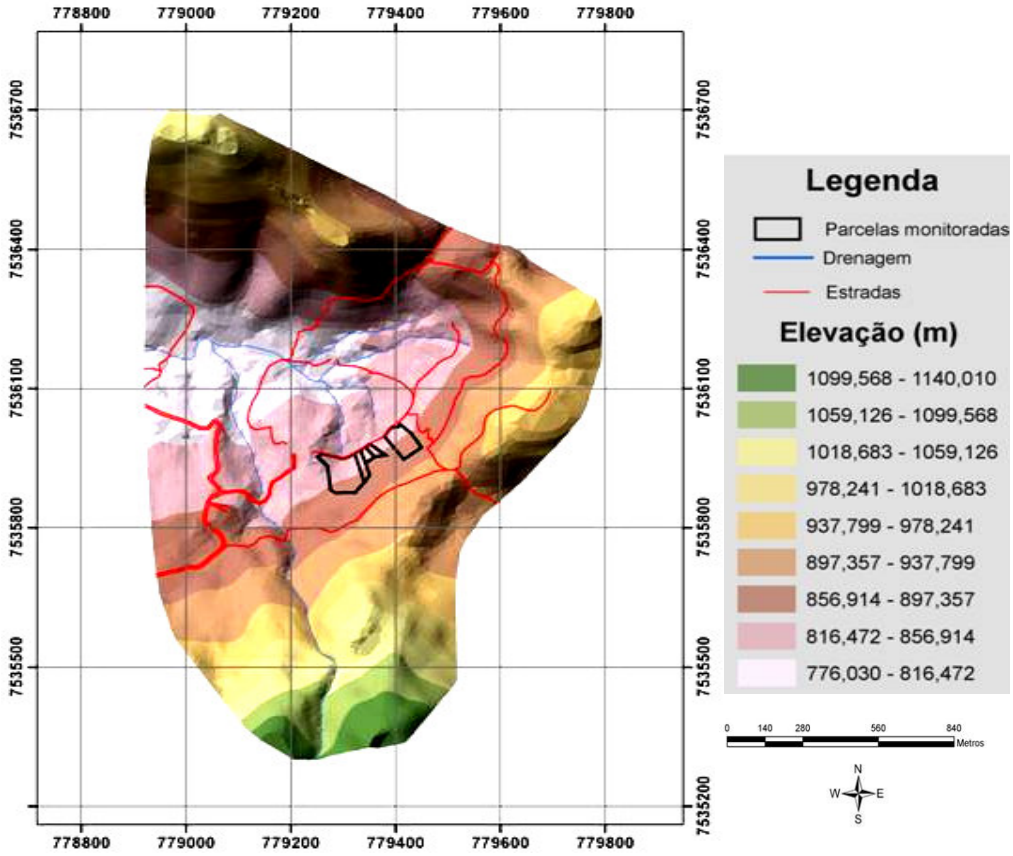
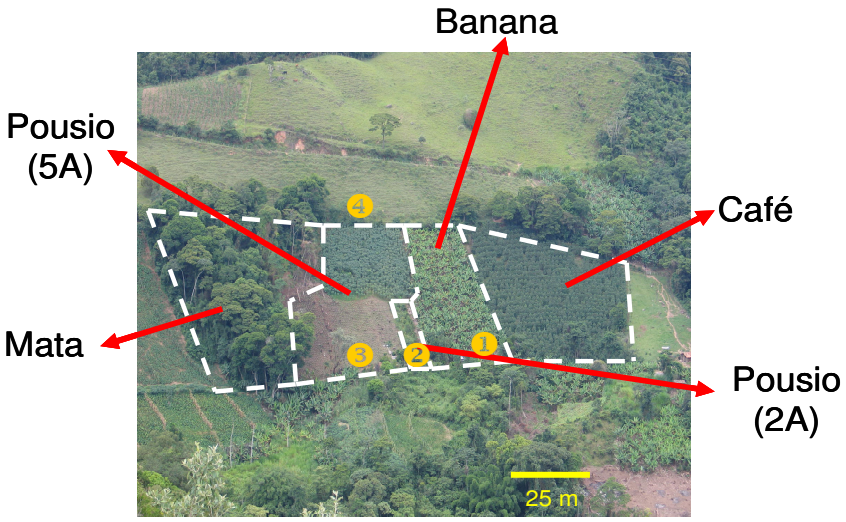


Figura 9: Modelo digital da elevação da área de estudo. Observa-se a localização das culturas. Fonte: Coutinho *et al* (2005).

Mais especificamente, os estudos foram realizados no distrito de Barra Alegre, na propriedade particular Sítio Cachoeira, (Campello *et al*, 2004), que está na região da cabeceira do Córrego do Pito Aceso, inserido na bacia do Rio Paraíba do Sul, nas coordenadas 22°09'62"S e 42°17'14"W. Nesta propriedade, o sistema de produção é a agricultura migratória com divisão em glebas com culturas anuais em rotação por 3 anos e seguidamente deixadas em descanso, com posterior reincorporarão das glebas a produção após 3 a 7 anos de pousio. A área de estudo (Figura 9) inclui, ainda, fragmentos florestais em estágios sucessionais distintos. O manejo é realizado manualmente com a utilização de enxadas.

Foram descritos quatro perfis de solo nas áreas das parcelas de erosão, cujas maiores informações podem ser encontradas no Anexo 1. Os solos foram classificados por Lumbreras, Lemos, Reis e Mendes, no qual predominaram CAMBISSOLOS e ARGISSOLOS, onde

podem ser observados na Figura 10 junto com as coberturas das parcelas. A encosta na qual encontram-se as parcelas e as coberturas avaliadas apresenta ângulo de encosta entre 21 e 33º (Tabela 1) .



Fonte: Coutinho, H. L. C.

PERFIS DE SOLO:

1. **ARGISSOLO AMARELO Distrófico câmbico**
2. **CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico argissólico**
3. **CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico saprolítico**
4. **CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico saprolítico**

Figura 10: Perfis de solo realizados na encosta com as coberturas avaliadas.

Tabela 3: Ângulo da encosta em graus por parcela nos setores inferior e superior.

Parcelas	Ângulo da Encosta (°) Inferior	Superior
Café	21	26-29
Banana	25-26	27-29
Pousio 2 anos	30	31-33
Pousio/Cultivo	31	32
Mata	33	29

Nesta mesma área de estudo, além da atuação dos projetos acima citados, destacou-se a publicação realizada por Campello (2004), reunindo diversos trabalhos abarcando temáticas diferentes. Dentre esses trabalhos tem-se o de Correia *et al.* (2004) que avaliaram a estrutura da macrofauna em diferentes fases de cultivo e pousio, verificando que o pousio com 5 anos apresentou atributos químicos e da macrofauna (riqueza e densidade) superiores aos pousios de 1 a 3 anos. Segundo os autores, o sistema do pousio conservou a matéria orgânica do solo, contribuindo para a sustentabilidade do sistema.

Coutinho *et al.* (2004) avaliaram indicadores biológicos, químicos e físicos e a qualidade do solo em áreas de cultivo, pousio e floresta. Os autores fizeram determinações de textura, densidade do solo e de partículas, porosidade, macroporosidade, microporosidade, estabilidade de agregados, pH, cálcio, magnésio, alumínio, potássio, fósforo, soma de bases, capacidade de troca catiônica, soma de bases e saturação por alumínio, diversidade microbiana e de fungos microrrízicos. Observaram que os solos mais férteis foram os de cultivo, ao contrário dos solos da mata, resultado que esteve relacionado à adubação. Os autores também verificaram índices de agregação mais desfavoráveis nos cultivos temporários do que nas lavouras permanentes e no pousio. A diversidade microbiana esteve elevada entre todos os tratamentos, porém, houve uma nítida ocorrência de um processo de sucessão das comunidades das bactérias do solo à medida que os pousios ficam mais longos. Segundo os autores, é necessário um tempo mínimo de 5 anos de pousio para que o sistema recupere a qualidade do solo.

Resende *et al* (2004) avaliaram os efeitos da queima sobre o estoque de nutrientes e acúmulo de massa seca na serrapilheira e nas cinzas. Os autores verificaram que houve redução na quantidade de nutrientes pela queima, com maiores perdas para nitrogênio e potássio, causando um prejuízo aos agricultores. Todavia, para os mesmos, a queima é indispensável para o manejo da derrubada da capoeira, ou seja, os resultados encontrados não foram suficientes para que houvesse uma mudança de manejo por parte dos produtores. Os autores também afirmaram que o tempo de pousio deve ser no mínimo de 5 a 7 anos ao invés de 3, como têm sido feito na região.

Andrade *et al* (2004) avaliaram perdas de solo em parcelas de erosão com os manejos de banana (perene), cultivo rotacionado e pousio. Os autores observaram maior escoamento superficial e perdas de solo na parcela do cultivo rotacionado, seguido da banana e do pousio. Essas perdas estão relacionadas aos períodos de saturação do solo, via de regra os mais

chuvosos. A parcela do cultivo rotacionado apresentou, ainda, menores graus de agregação e maiores perdas de nutrientes do que a da banana perene.

Aboim e Coutinho (2007) estudaram indicadores microbiológicos para recuperação da qualidade do solo a partir de análises estatísticas de multivariada. Os autores concluíram que o sistema de agricultura de pousio causou altos impactos sobre a diversidade bacteriana e sobre os índices de agregação nos solos sob cultivo, sendo necessários no mínimo 5 anos de pousio para que tenha início o processo de recuperação da qualidade do solo.

Baliero *et al* (2007) compararam a qualidade do solo em áreas de cultivo agrícola em diferentes anos de cultivo com áreas de capoeira (pousios de 1, 3 e 5 anos), de pastagem e de remanescentes de Mata Atlântica (15, 30 ou 150 anos). Os autores utilizaram o método de multivariadas a partir de dados de densidade, diversidade, riqueza e equidade da fauna do solo. Os mesmos autores concluíram que o estado qualitativo do solo evoluiu com o passar do tempo, embora não mudasse rapidamente durante os 15 primeiros anos, sendo necessário cerca de 30 anos para atingir um status próximo ao observado para a área de referência.

Correia *et al* (1997) analisaram a diversidade de macrofauna em pousios com tempos distintos. Os autores concluíram que já no primeiro ano de pousio foi observada uma recuperação da riqueza e da densidade da macrofauna. As áreas que se encontravam com 5 ou mais anos de pousio apresentaram um padrão bastante semelhante ao das florestas de 15 e 30 anos, evidenciando que o manejo adotado permitiu uma rápida recuperação da diversidade da macrofauna do solo.

Macedo *et al* (2007) analisaram a densidade do solo, os estoques de carbono, nitrogênio e a matéria orgânica em área cultivada após pousio, em rotação de cultura, em cultivo perene, e em diferentes tempos de pousio (5, 18 e 33 anos). Os autores também verificaram que cinco anos de pousio foi o período mais indicado para ser utilizado no modelo de agricultura migratória da região já que apresentou melhores valores de carbono e nitrogênio em relação às áreas cultivadas e obteve valores similares aos pousios mais longos.

Outro trabalho importante nessa área foi o desenvolvido por Mendes (2006), que estudou as propriedades físicas, perdas de solo e a hidrologia em coberturas e manejos diferentes (cultivo perene de banana, rotacionado e pousio) através de mensurações de campo e aplicação dos modelos matemáticos de erosão USLE e WEPP.

O autor observou que não foram verificadas variações significativas da densidade do solo entre os manejos, sendo encontrado maior teor de umidade na parcela do cultivo anual,

cujo resultado pode estar relacionado com a estrutura radicular dos cultivos, que atua principalmente nas camadas superiores do solo. Nessa mesma parcela, também foram verificadas as maiores perdas de solo e água. Nas análises dos sedimentos erodidos foram encontrados elevados valores de nutrientes em função da adubação promovida pelos produtores. Houve uma correlação bem definida entre os eventos pluviométricos e a estabilidade de agregados com as perdas de solo nas parcelas experimentais. Embora os resultados da condutividade hidráulica saturada pelo permeâmetro de guelph tenham se diferenciado estatisticamente do permêametro de laboratório, o ensaio *in situ* foi considerado eficaz devido à facilidade de operação e a pouca perturbação do solo. A parcela da banana apresentou maiores valores de condutividade em detrimento do cultivo rotacionado e do pousio curto. Para o autor, o sistema de pousio pode ser uma boa alternativa na manutenção dos recursos naturais da Mata Atlântica.

4- METODOLOGIA

4.1- Coberturas avaliadas

O trabalho foi desenvolvido em parcelas de erosão do tipo Wishmeier (22 x 4m), que tiveram os seguintes cultivos/manejo; 1- café (perene, Figura 11); 2- banana (perene, 17 anos, Figuras 12, 13 e 14); 3- pousio recente de 2 anos (anteriormente cultivo anual de milho, Figura 15 e 16); 4- pousio de cinco anos (Figura 17); 5- floresta secundária com 40 anos como unidade de referência (Figuras 18, 19 e 20).

Figura 11: Vista lateral do setor inferior da parcela do café. Observa-se a delimitação da mesma e a sua calha coletora.

Figura 12: Parcela da banana, onde observa-se a ponte construída com o objetivo de se evitar o pisoteio diário na área da parcela

Figura 13: Parcela da banana, sendo possível observar os dois tanques de armazenamento do escoamento e sedimentos e o tubo coletor. Fonte: Heitor Coutinho.

Figura 14: Detalhe da formação da serrapilheira da banana, com uma cobertura eficiente.

Figura 15: parcela do cultivo do pousio mais curto (2 anos) no ano seguinte (terceiro ano). Nota-se que mesmo com somente dois anos já observa-se uma densidade considerável da cobertura.

Figura 16: Detalhe da formação da serrapilheira do pousio com 3 anos, já com uma cobertura do solo eficiente.

Figura 17: Detalhe do pousio de 5 anos. Nota-se elevada densidade e cobertura dos indivíduos.

Figura 18: Parcela da mata 40 anos, com elevada densidade de indivíduos e grande porte das árvores.

Figura 19: Vista da mata, onde observa-se um porte elevado dos indivíduos que proporciona eficiente interceptação.

Figura 20: Detalhe da formação da serrapilheira da mata, bastante adensada.

4.2- Coleta de amostras

Foram coletadas 12 amostras em setembro de 2005 nas 5 coberturas e manejos em 4 profundidades, sendo escolhidas as de 0-5, 5-10 (efeito do manejo, matéria orgânica e organismos), 10-20 e 20-30 cm (zona de raízes), todas situadas no horizonte A do solo, e com três repetições para efeito de comparação, estatística e variabilidade espacial, divididas nos setores (blocos) superior, intermediário e inferior de cada parcela, totalizando-se 60 amostras. Também foram coletadas 10 amostras indeformadas na profundidade de 60 cm (zona de recarga) para o ensaio de porosimetria de mercúrio, com uma repetição (foram escolhidos 2 blocos).

4.3- Propriedades físicas e hidráulicas

4.3.1- Porosidade, Macroporosidade, Microporosidade, e Densidade do Solo

Para a determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e aeração, foram coletadas 60 amostras indeformadas por meio do anel de Kopecky nas 4 profundidades relatadas com duas repetições (setores). O método escolhido foi

o da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997) (Figuras 21 e 22), cujo ensaio foi realizado no Laboratório de Pedologia da UFRJ.

Figura 21: Mesa de tensão e seus detalhes na parte inferior, aparelho usado no ensaio de macro e microporosidade do solo.

Figura 22: Ensaio da mesa de tensão com as amostras indeformadas postadas no instrumento.

A porosidade total também foi calculada através da relação da densidade do solo com a densidade de partículas (Fórmula 1).

$$PTD = 1 - \frac{DSM}{DPB} \qquad \textbf{(1)}$$

Onde:

PTD = Porosidade total (densidades)

DSM = Densidade do solo (mesa de tensão)

DPB = Densidade de partículas (balão volumétrico)

4.3.2- Coeficiente de aeração

O coeficiente de aeração foi obtido a partir do resultado da divisão da microporosidade pela porosidade total, conforme proposto por Oliveira e Melo (1978) (Fórmula 2).

$$AE = \frac{MI}{PTM} \quad \textbf{(2)}$$

Onde:

Ae = aeração (m^3/m)

MI = microporosidade

PTM = porosidade total (mesa de tensão)

4.3.3- Densidade de partículas

Para o ensaio de densidade de partículas foram utilizadas amostras deformadas triadas pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997), sendo o ensaio efetuado no Laboratório de Geografia Física da UFRJ.

4.3.4- Textura

No caso da determinação da textura, foram utilizadas amostras deformadas para o método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O ensaio foi realizado no Laboratório de Geografia Física da UFRJ.

4.3.5- Estabilidade de agregados

Para o ensaio de estabilidade de agregados, o método escolhido foi o da via úmida, adaptado de EMBRAPA (1997) sendo realizado no laboratório de mineralogia da EMBRAPA. Foram utilizadas 60 amostras indeformadas das profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm nos setores superior, intermediário e inferior (2 repetições), onde cada uma teve uma réplica. As amostras indeformadas foram postas para secarem ao ar por 48 horas. Em seguida, os grandes torrões foram quebrados manualmente, passados numa peneira de malha 4 mm e retidos em peneira de 2 mm. Foram selecionados 25g de agregados em que em seguida foram umedecidos por um borrifador e colocados em repouso por duas horas.

Os agregados úmidos foram colocados em conjuntos de peneiras (2 mm-1 mm-0,5 mm-0,25 mm-0,125 mm) situados em baldes preenchidos por água no agitador Yoder (Figura 23), por 15 minutos com 27 vibrações por minuto. Os agregados coletados em cada peneira foram transferidos pra estufa e posteriormente, quando secos a 105°C/24h, foram pesados. Os agregados com tamanho inferior a 0,125 mm foram mensurados subtraindo-se o somatório do peso das outras classes de agregados do peso total da amostra seca.

Os índices de estabilidade de agregados escolhidos para o presente trabalho foram o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade e agregados (IEA) e percentagem de agregados por peneira, que são calculados de acordo com as fórmulas 3, 4 e 5 (Kemper e Rosenau, 1986; Carpenedo e Mielniczuk, 1990; Castro Filho *et al* 1998; Bastos *et al*. 2005).

$$DMP = \sum_{i=1}^{n} x_i w_i \qquad \textbf{(3)}$$

$$DMG = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}\right] \qquad \textbf{(4)}$$

$$IEA = \frac{\text{Peso da amostra seca - wp25 - areia}}{\text{Peso da amostra seca - areia}} 100 \quad \textbf{(5)}$$

Onde:

wi - proporção de cada classe de agregados

xi - diâmetro médio de cada classe

wp25- peso das frações com menos de 0,125mm

Figura 23: Conjunto de peneiras no agitador de Yoder

4.3.6- Condutividade hidráulica saturada

A condutividade hidráulica saturada foi realizada em campo pelo Permeâmetro de Guelph (Figura 24) nas profundidades de 12, 22 e 32 cm (em perfil para evidenciar as diferenças em profundidade), nos setores superior, intermediário e inferior (2 repetições), utilizando-se as cargas de 5 e 10 cm de coluna d'água (total de 90 ensaios).

Figura 24: Permeâmetro de Guelph desmontado com todas as suas peças (esquerda) e montado em campo pronto para o ensaio (direita).

O ensaio pelo Permeâmetro de Guelph apresenta uma série de detalhes. Deve-se abrir um furo com um trado pertencente ao conjunto do permeâmetro na profundidade desejada. Em seguida, com auxílio de outro trado e com uma escova, minimiza-se o espelhamento provocado pelas partículas soltas no furo. Logo após, o permeâmetro deve ser montado com o tripé (Figura 24), preenchendo o mesmo com água limpa. O ensaio é realizado utilizando-se duas cargas de pressão pré-determinadas, observando-se qual/quais reservatórios são utilizados. A fórmula pode ser encontradas em Erick *et al*. (1986), sendo apresentada abaixo:

$$K= [(0{,}0041 \times RC \times SS_{10})] - [(0{,}0054 \times RC \times SS_5)] \quad \textbf{(6)}$$

K= condutividade hidráulica saturada

RC = constante do reservatório

SS_{10} = steady state (capacidade de infiltração em centímetros por segundo com carga de 5 cm de água)

SS_5 = steady state (capacidade de infiltração em centímetros por segundo com carga de 5 cm de água)

4.4- Carbono orgânico

Para a determinação do carbono orgânico, foram utilizadas amostras deformadas no método da EMBRAPA (1997), que se baseia na oxidação via úmida com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal. A fonte de energia foi por aquecimento.

4.5- Porosimetria de mercúrio

Para o ensaio de porosimetria de mercúrio, foram coletadas 10 amostras indeformadas nas profundidades de 10-20, 20-30 e 60-70 cm em todas as parcelas, com uma repetição. As amostras sob a forma de um torrão com dimensões mínimas de 15 mm de diâmetro por 25 mm de comprimento foram embaladas por papel filme e papel alumínio e envolvidas por plástico bolha para que se evitasse os desmanche das mesmas.

As amostras foram levadas para o laboratório do Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos do Instituto de Física da Universidade de São Carlos-USP, secas em estufa a 105°C por 24 horas e colocadas num recipiente dotado de um capilar preenchido por mercúrio, para em seguida ser aplicada uma pressão nesse fluido que, em conseqüência, penetra no solo. A técnica baseia-se no fato em que o mercúrio é um fluido não molhante em relação ao solo, ao menos que se aplique uma pressão. Registrando-se o decaimento do mercúrio junto com a pressão aplicada, é possível verificar qual volume dos poros foi preenchido pelo mercúrio a uma determinada pressão. Os resultados fornecem a porosidade total, densidade do solo e densidade de partículas (Hillel, 1980; Danielson *et al*, 1986).

4.6- Tratamento estatístico

Para maior representatividade das análises dos resultados, as propriedades físicas e hidráulicas foram submetidas a um tratamento de médias (entre os setores ou terços superior, médio e inferior), desvio padrão e coeficiente de variação. As propriedades também foram submetidas a uma análise multivariada a partir das seguintes variáveis: teor de silte, aeração, carbono orgânico, densidade de partículas, teor de areia grossa, teor de areia fina, teor de argila, densidade do solo, macroporosidade, porcentagem de agregados na faixa de 2 mm, índice de estabilidade de agregados e microporosidade (Anexo 2). Em função da limitação do programa R2.6.0, não foi possível utilizar todas as variáveis utilizadas nesse trabalho, sendo

eliminadas algumas variáveis que apresentavam correlação altamente positiva com no mínimo uma propriedade presente na multivariada.

Foi realizado teste de média para avaliar o efeito dos tratamentos, das profundidades e dos blocos (setores ou terços) estudados pelo uso do teste F a significância $P < 0,05$ (Anexo 2). Também foram confeccionadas correlações entre as diversas propriedades (Anexo 3) que podem ser visualizadas a partir de gráficos de regressões lineares (r^2) em equações do tipo $y = a + bx$.

5- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão analisados e discutidos os principais resultados das propriedades físicas e hidráulicas avaliadas.

5.1- Textura

A definição da classe textural é de fundamental importância, pois como as propriedades físicas estão interligadas, diversas características do solo se relacionam com a textura, já que esta é uma propriedade estável ao longo do tempo. Por esse motivo, a textura é entendida como uma propriedade de caracterização do solo, pois dificilmente é modificada pelo manejo.

Observou-se que em todas as parcelas e profundidades a textura apresentou a classificação franco-arenosa, como pode ser visto no triângulo textural (Figura 25), com maior predomínio da fração areia, cujo teor está sempre acima de 584 g/kg. A classificação do presente trabalho não coincide com a de Mendes (2006), que trabalhando na mesma área de estudo e a identificou como franco-argilo-arenoso. A classificação do presente trabalho não coincide também com os perfis 1,2 e 4, descritos pelo projeto como franco-argilo-arenoso. Todavia, é semelhante ao perfil 3 que se localiza no pousio (Anexo 1).

A ausência de significativa variabilidade da textura entre as parcelas já era esperada já que essa propriedade não costuma ser afetada pelos cultivos e manejos. O resultado é semelhante ao de Nunes *et al* (2006), que pesquisaram diferentes tempos de pousio num LUVISSOLO sob caatinga. Os autores verificaram que não houve variação da textura com os diferentes manejos. A limitação da análise aos 30 cm superficiais pode explicar a reduzida variabilidade da textura em profundidade, mesmo no perfil do ARGISSOLO Câmbico (parcela da banana), que em tese, poderia apresentar alguma variação. Entretanto, algumas variações específicas da textura podem ocorrer, conforme comprovou Bertolino (2004), que pesquisou a textura num LATOSSOLO Vermelho-amarelo com manejos distintos (cultivo mínimo, plantio convencional, plantio em nível e ausência de cobertura) verificando uma classe textural diferenciada em função da presença de um veio de quartzo numa parcela em uma das profundidades. Barros e Lima (2006) também verificaram classificações texturais distintas entre os diferentes manejos, provavelmente em função da variabilidade espacial do

solo ao invés da influência do manejo. Todavia, foram verificados baixos teores de argila, na medida em que em nenhuma das parcelas o valor médio esteve acima de 160 g/kg.

Com relação ao teor de argila (Figura 26), notou-se que esta foi uma fração granulométrica que pouco variou entre as parcelas, cujos valores médios estiveram entre 94,78 g/kg (banana 0-5 cm) e 150,80 g/kg (mata 20-30 cm). As médias ficaram abaixo das mensurados por Mendes (2006), que encontrou maior teor de argila em todos os cultivos quando comparados com os do presente trabalho. O autor verificou proporção de argila sempre acima de 200 g/kg nas parcelas de banana, cultivo rotacionado (anterior ao pousio 2 anos) e pousio. Os valores do teor de argila do presente trabalho também ficaram aquém dos encontrados nos perfis de solo estudados na mesma área de estudo (Anexo 1), que não foram inferiores a 180 g/kg.

Observa-se que no geral as parcelas do pousio 5 anos, especialmente nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm (evidenciada pela análise de multivariada, Anexo 2) e da mata, principalmente em 20-30 cm possuem os maiores teores médios de argila enquanto que a banana (0-5 cm) e o pousio 2 anos (5-10 cm) apresentam comportamento contrário. De acordo com Silva *et al* (2007), a maior permanência de argila não agregada na profundidade superficial pode estar ligada a maior proteção do solo em relação a erosão, sendo um indicativo que o pousio 5 anos e a mata possam ser mais eficazes contra a perda de solo. Angelotti Netto *et al* (2007) também verificaram maiores teores de argila superficialmente no pousio do que em cultivo perene.

A maior diferença da argila ocorreu na profundidade de 0-5 cm, onde o destaque foi o pousio 5 anos, que apresentou 25 % superior ao pousio 2 anos e 20 % superior a mata. A análise estatística de variância comprova a baixa diversidade da argila, uma vez que o fator F foi de 2,06 com valor de significância > do que 0,1 (Anexo 2). A variabilidade interna das amostras também não foi grande, uma vez que os coeficientes de variação em geral foram pequenos ou médios (até 20).

Em geral observa-se uma leve tendência ao incremento da argila com o aumento da profundidade, sendo mais evidente na parcela da banana, com acréscimo de 47,67 % ao longo do perfil, que está localizada num perfil de ARGISSOLO. O baixo teor de argila nessa parcela e profundidade pode ser explicado por um possível processo de eluviação, que tende a translocar a argila para as profundidades inferiores. Enquanto que algumas coberturas apresentaram tendência contrária, como os pousios, a mata obteve aumento de 25 %,

semelhante ao café. Os resultados encontrados na análise de variância, porém, mostram que não ocorreram diferenças estatísticas da argila entre as profundidades (Anexo 2), já que o valor de F foi 1,81 com significância acima de 0,1.

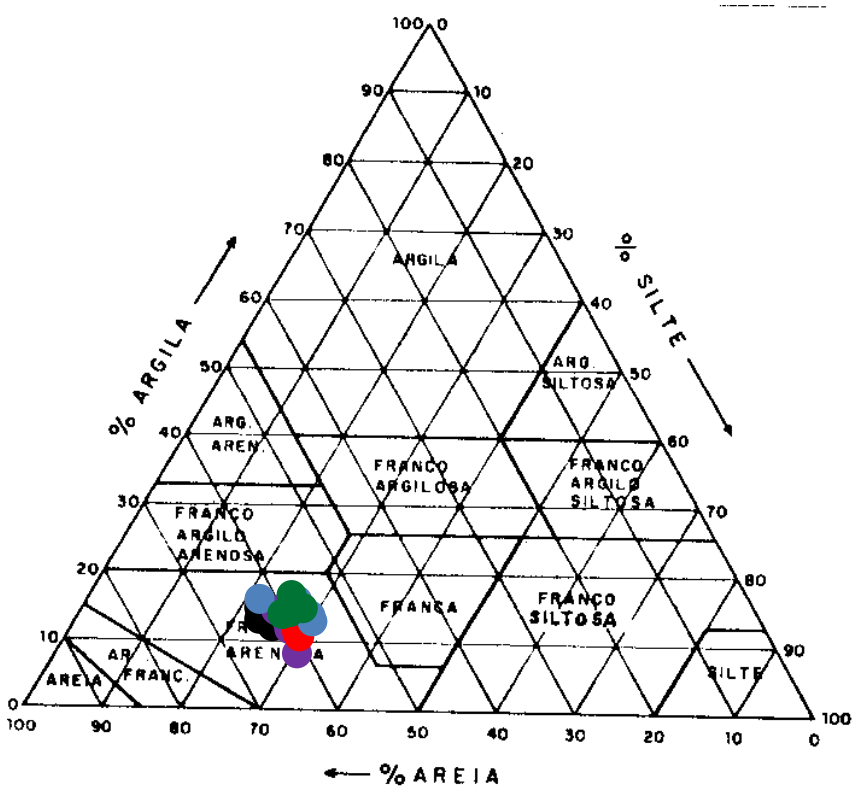


Figura 25: Triângulo textural com a classificação granulométrica das parcelas com coberturas diferentes; Café (preto), banana (roxo), pousio 2 anos (vermelho), pousio 5 anos (azul) e mata (verde).

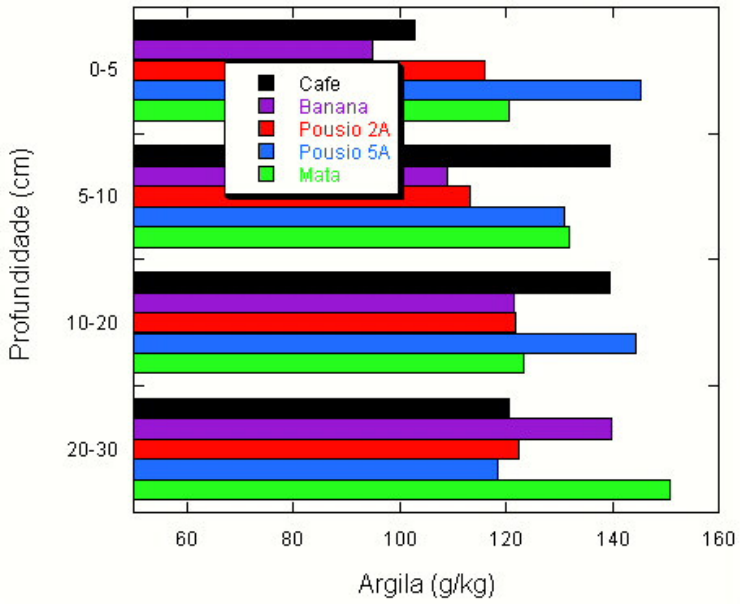


Figura 26: Teor médio de argila entre os diferentes manejos e profundidades.

Com relação ao teor médio de areia total, que corresponde à soma da areia grossa mais a areia fina (Figura 27), observou-se que no geral, foram encontrados altos valores, já que em todas as parcelas e profundidades esteve acima de 570 g/kg, sendo a fração mais dominante da classificação textural do solo (franco arenoso), assemelhando-se aos valores encontrados nos perfis da área de estudo (Anexo 1). Observa-se que houve razoável variação da areia total entre os manejos, já que o valor médio esteve entre 579,80 g/kg (mata 5-10 cm) e 653,93 g/kg (pousio 5 anos 10-20 cm). O baixo coeficiente de variação da areia total, contudo indicou uma pequena variabilidade das amostras, na medida em que quase todos os valores não ultrapassaram de 10 %. No trabalho de Mendes (2006), porém, a variação de areia foi significativamente maior.

Os manejos perenes do café e da banana apresentaram os maiores valores médios de areia total em todas as profundidades avaliadas, ao contrário das parcelas da mata e do pousio 5 anos, fato que pode ser explicado por esses cultivos serem perenes e menos conservacionistas, cujas partículas finas tendem a serem erodidas mais facilmente caso estejam mal agregadas, restando mais partículas grossas. Segundo Silva *et al* (2007), maiores teores de areia significariam menor tendência de proteção ao solo da erosão. A maior variação em profundidade no pousio 5 anos de apenas 12 % evidencia que não existiram variações significativas de areia total ao longo do perfil, semelhante ao que ocorreu na argila, sendo

possível concluir que o solo é bastante homogêneo com relação a textura nas profundidades avaliadas.

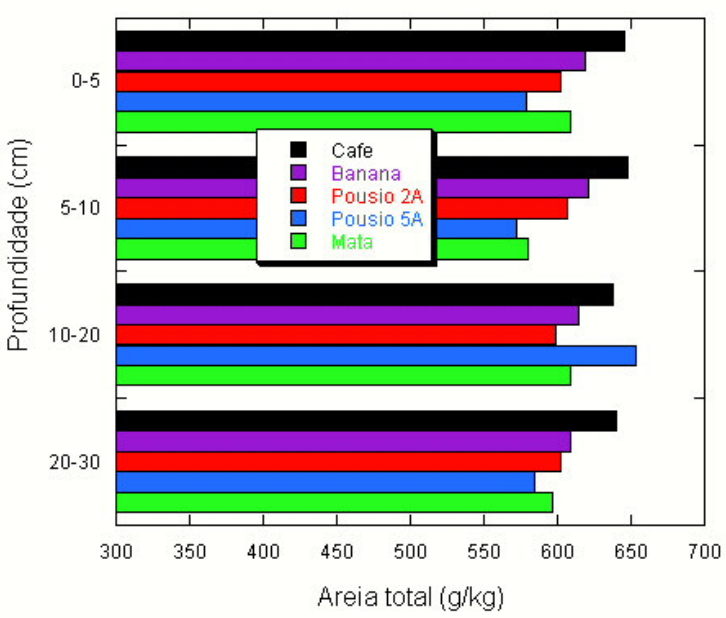


Figura 27: Teor médio de areia total entre os diferentes manejos e profundidades.

Os resultados de areia grossa indicam que esta foi preponderante à areia fina, já que a maior parte da areia total corresponde à primeira. O comportamento da areia grossa condicionou o da areia total, já que os comparativamente as frações apresentaram relações semelhantes em todos os manejos. Os valores médios variaram entre 443 e 490 g/kg (Figura 28), com destaque para o café e o pousio 2 anos, em detrimento do pousio 5 anos e da mata. A análise de multivariada (Anexo 2) evidencia justamente o predomínio no café na profundidade 0-5 cm (P1). Esse resultado pode indicar novamente que o pousio 5 anos e a mata são mais eficazes ao combate a erosão devido a menor proporção de areia grossa no perfil, embora as diferenças também possam ser explicadas pela variabilidade espacial do solo.

As frações de argila e areia grossa apresentaram um comportamento contrário, ou seja, as parcelas que obtém os maiores teores de argila tendem a apresentarem os menos valores de areia total. A correlação entre as duas variáveis, porém, apesar de negativa, não foi elevada, já que o valor foi apenas de 0,3 (Anexo 3).

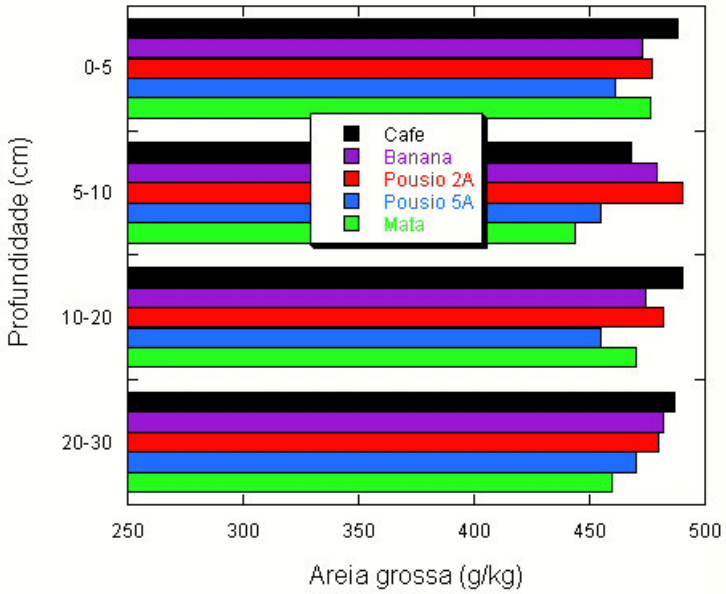


Figura 28: Teor médio de areia grossa entre os diferentes manejos e profundidades.

Observou-se que entre as frações granulométricas avaliadas, a areia grossa foi a que apresentou a maior variação entre os manejos. Na análise de variância (Anexo 2), ficou evidente uma pequena, mas significativa variação da areia grossa entre as parcelas e entre os setores (blocos), cujos de F foram de 3,16 e 5,12 com significância entre 0,01 e 0,05 respectivamente. No trabalho de Mendes, (2006), o autor encontrou maior variação e maiores valores da areia grossa (440 e 520 g/kg) com destaque para a banana, cujos valores foram em geral de 10 % superior ao presente trabalho. Todavia, não foi verificada variação significativa dessa fração em profundidade, já que o valor F foi de 0,53 e a significância de 0,65 (Anexo 2).

Com relação ao teor de areia fina, notou-se que os valores médios estiveram entre 115 e 198 g/kg (Figura 29), com as parcelas do café e da banana no geral apresentando os maiores teores médios, ao contrário do pousio 2 anos e a mata que obtiveram os menores valores (comportamento semelhante a da areia grossa e total). O elevado teor no pousio 5 anos na profundidade de 10-20 cm pode estar ligado a algum erro de determinação, pois em geral, a areia fina apresentou baixos coeficientes de variação. Nesse caso, o valor foi de 74 %, evidenciando essa discrepância.

Observou-se também que não houve variações significativas da areia fina entre os manejos, fato comprovado pela análise de variância, já que o valor F foi de 1,86 com

significância de 0,37 (Anexo 2). Tampouco houve variação da areia fina entre as profundidades, pois o valor F foi de 0,65 com significância de 0,58. O resultado foi semelhante ao encontrado por Mendes (2006), que verificou valores entre 90 e 186 g/kg.

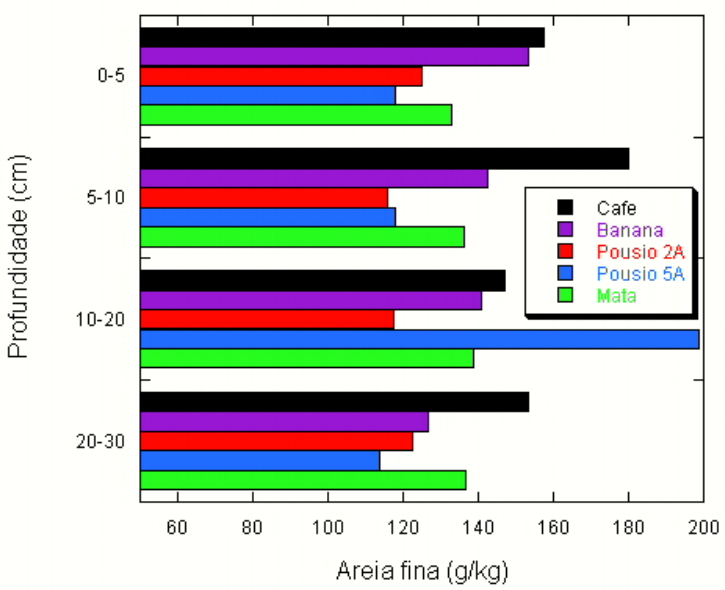


Figura 29: Teor médio de areia fina entre os diferentes manejos e profundidades.

Com relação ao teor de silte, notou-se que os valores médios variaram entre 201 e 297 g/kg. No geral, as parcelas da mata e dos pousios apresentaram os maiores teores, ao contrário do café. Como a fração silte é a mais facilmente erodida, e tende a não permanecer no perfil com grande facilidade (Guerra, 2001), o menor teor na parcela do café pode indicar uma possível elevada perda de solo em relação aos demais usos.

A análise de variância do teste F (Anexo 2) mostra que há uma pequena variabilidade estatística do silte entre os tratamentos, já que o valor F foi de 2,59 com significância maior que 0,05. Embora haja uma tendência a redução do silte com a profundidade (Figura 30), não há variação estatística, já que o valor F foi de 1,29 a significância de 0,28.

Em geral, observa-se que o teor de silte é a fração granulométrica com maior coeficiente de variação, como foi comprovado por Simões *et al* (2006), que avaliaram a variabilidade espacial de propriedades físicas num LATOSSOLO Vermelho submetido a cultivo de café e a pousio. Os autores verificaram que o silte foi a propriedade com maior variação, apontando o manejo do solo e a posição da área na toposeqüência do terreno como os fatores influenciadores, além do seu processo de determinação, que pode incorporar parte da variabilidade existente nos atributos areia e argila, e contribuir para a maior variação.

No caso da textura, as leves variações entre os manejos também podem ser explicadas pela variabilidade espacial e pelo uso pretérito do solo, contribuindo em menor ou maior grau pela permanência das frações mais finas no perfil.

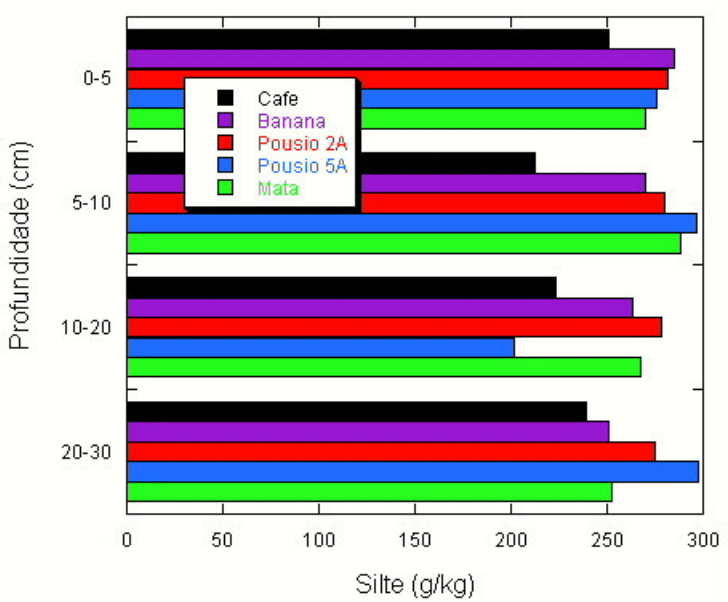


Figura 30: Teor médio de silte entre os diferentes manejos e profundidades.

5.2- Porosidade

5.2.1- Porosidade Total

A análise da porosidade total será feita separadamente pelos três métodos utilizados (mesa de tensão, densidade e porosimetria de mercúrio), enfatizando-se que a comparação dos métodos não é o objetivo deste trabalho. Com relação ao método da mesa de tensão (Figura 31), observa-se que os valores médios variaram entre 0,7185 e 0,3550 m³/m³, com as parcelas da mata, do pousio 5 anos e da banana apresentando os maiores valores médios, ao contrário do pousio 2 anos e do café. De acordo com Freire (2006), solos de textura franca apresentam porosidade em torno de 0,5 m³/m³, enquanto que solos arenosos possuem porosidade de 0,4 a 0,6 m³/m³. Como o solo em estudo apresenta uma textura franco-arenosa, era de se esperar que os valores se encontrassem nesse intervalo, mas as parcelas da mata e do café tenderam a se afastarem da média, com valores acima e abaixo respectivamente. Já que a porosidade é considerada um bom indicador da qualidade do solo (Schaeffer *et al*, 2001; Wairu *et al*,

2006), fica evidenciado que a parcela do café, com menores valores apresenta maior degradação física do solo.

Nota-se também que em todas as profundidades a porosidade total foi maior no pousio 5 anos do que no pousio 2 anos, cuja diferença variou de 8 a 20 %, sendo provado que o tempo de pousio foi importante para a recuperação da porosidade total. Além disso, observou-se que o pousio 5 anos, sempre apresentou valores equivalentes ao tratamento controle (mata), sendo mais uma evidência da recuperação da porosidade. A exceção ocorreu na profundidade inicial, cujos valores só atingiram 72 % em relação à mata. No pousio 2 anos, a recuperação foi sempre menor, de 66 a 81 % até a profundidade de 20-30 cm.

Semelhante ao presente trabalho, Nunes *et al* (2006) também verificaram recuperação acima de 5% da porosidade num pousio de 5 anos após cultivo de milho e feijão (LUVISSOLO) em relação aos pousios mais curtos, apresentando também valores próximos ao da mata com 50 anos. Cunha *et al* (2001) encontraram resultado semelhante, verificando recuperação perto de 100 % da porosidade total num LATOSSOLO Vermelho-amarelo com apenas 3 anos de pousio após cultivo de soja e milho. Falcão Sobrinho e Ross (2007) também notaram valores similares num ARGISSOLO com pousio em relação ao solo com vegetação, mostrando inteira recuperação da porosidade total. Os mesmos autores verificaram valores de porosidade total até 10 % inferiores no solo cultivado com milho e feijão. Ao contrário do presente trabalho, Angelotti Netto *et al* (2007) encontraram valores até 10% superiores da porosidade total em solo cultivado em relação ao em pousio.

Na profundidade superficial (0-5 cm), onde há maior influência do manejo, as parcelas da mata e da banana se destacam, com 0,7185 e 0,5680 m^3/m^3 respectivamente. É justamente nessa seção que ocorreram as maiores variações entre as parcelas, com uma diferença significativa entre as parcelas da mata (maior valor) e do café (menor valor). No caso do café que possui elevado teor de areia fina, pode estar ocorrendo ajuste dessa fração provocando um possível entupimento dos poros que pode repercutir na condutividade hidráulica. Ao contrário do presente trabalho, Alves e Suzuki (2004) não verificaram variações significativas da porosidade entre o pousio e as espécies cultivadas (Guandu, Crotalária, Mucuna preta e Milheto) num LATOSSOLO Vermelho.

Barros *et al* (2006) verificaram as modificações das propriedades físicas em solo com capim gordura em pousio de 4 a 7 anos, capoeira com pousio de 4 a 7 anos, plantio convencional com couve flor e floresta de 60-70 anos em São Pedro da Serra-RJ, em bioma

de Mata Atlântica. Os autores verificaram que na profundidade de 0-5 cm a floresta apresentou a maior média de porosidade (0,6056 m³/m³), semelhante ao presente trabalho, enquanto que os tratamentos de plantio convencional e os dois pousios tiveram médias aproximadas, com 0,5635, 0,5726 e 0,5749 m³/m³ respectivamente. O resultado aponta que não houve variação significativa da porosidade nesse trecho e que a porosidade total pode não ter sido um bom indicador para demonstrar a recuperação da qualidade do solo. Na profundidade de 5-10 cm, os autores encontraram maiores variações, com o pousio de capoeira registrando a menor quantidade total de poros. O resultado indica que a média da porosidade dos pousios foi semelhantes ao pousio de 5 anos do presente trabalho.

Freitas (2003) trabalhou no maciço da Pedra Branca (Rio de Janeiro) e verificou que a porosidade da banana foi maior do que na floresta ombrófila densa em todas as profundidades avaliadas, com exceção da inicial, embora a diferença dos valores não tenha sido significativa. A maior variação ocorreu na camada de 40 cm, provavelmente em função de concentração e largura das raízes. O seu estudo é mais uma prova que a banana é um tipo de cultivo que proporciona uma alta porosidade aos solos. Segundo a lógica de Castro Jr (1991), a elevada porosidade no topo florestal pode ser em função de uma possível densidade elevada da fauna endopedônica e atividade biológica que exercem um papel fundamental na abertura de poros.

A parcela do café apresentou em todas as profundidades o menor valor médio de porosidade total, sempre com valor reduzido em relação a da banana (ambos são cultivos perenes). Tal fato pode ser explicado por uma possível redução da presença de organismos que colaborem para a formação de poros nessa parcela, ou pela estrutura, diâmetro e densidade das raízes, que no café tendem a ser mais profundas do que na banana (60 contra 20-40 cm) (Borges *et al*, 1997; Barreto, 2007).

Observa-se também que no geral há uma tendência de decréscimo da porosidade total com o aumento da profundidade, sendo este um comportamento natural, mas que foi mais intenso e evidente na mata. O fato pode ser explicado pela redução da presença de raízes e organismos que colaboram para o aumento da porosidade total no solo, assim como atesta Albuquerque *et al* (2005). Entretanto, o cultivo do café e os pousios apresentaram pequeno aumento no valor médio nas profundidades de 0-5 para 5-10 cm, resultado semelhante ao de Barros e Lima (2006), que pode ser explicado por um possível início do processo de recuperação do solo a partir dessa profundidade.

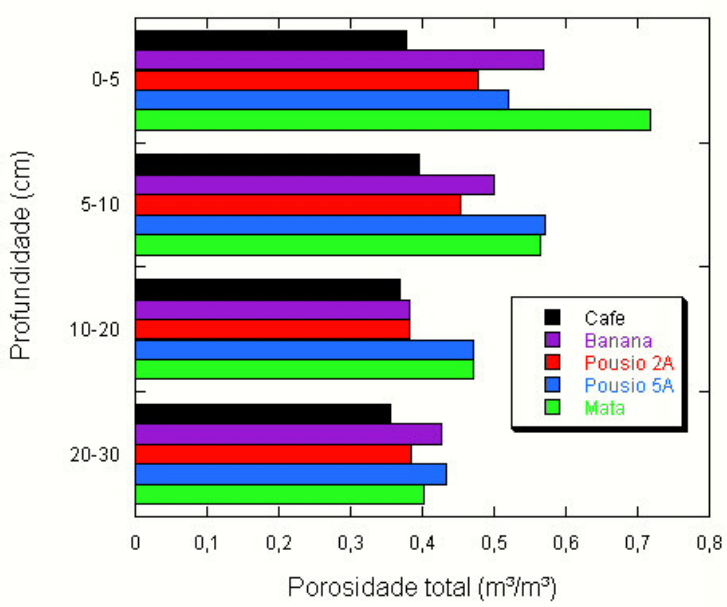


Figura 31: Porosidade total pelo método da mesa de tensão influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

A análise da porosidade total pelo método das densidades mostra que o comportamento das parcelas foi bastante semelhante à porosidade da mesa de tensão, cujas médias tendem a serem similares (Figura 32). Observa-se uma correlação muito positiva (0,89) entre os dois métodos (Anexo 3), o que indica a falta de necessidade de se investigar a porosidade de forma mais trabalhosa, já que um método pode substituir o outro.

A maior diferença nos resultados entre os dois métodos se baseia no fato que não há variação entre os dois pousios nas profundidades superficiais, (as com maior influência do manejo), ou seja, o método da porosidade utilizando as duas densidades não foi capaz de evidenciar a recuperação do sistema do pousio mais prolongado nas profundidades superficiais. O mesmo não ocorre nas profundidades mais inferiores, onde a diferença entre ambos situa-se na faixa de 12%.

Mendes (2006) não encontrou variações significativas da banana ao longo das profundidades, ao contrário do presente trabalho. O autor observou que a parcela do cultivo rotacionado (posteriormente entrou no pousio 2 anos) foi a que apresentou o maior valor na profundidade superficial, superior a 0,5 m³/m³, ao contrário da parcela atual do pousio 2 anos, que obteve redução da porosidade nas profundidades inferiores (abaixo de 0,5 m³/m³,). Conclui-se que a mudança de cultivo rotacionado para pousio, a redução do revolvimento do solo ou a variabilidade espacial podem ter contribuído para a diferença desses valores. No trabalho de Mendes (2006), a parcela do pousio também apresentou valores superiores a

parcela correspondente (pousio 5 anos), atingindo valores de 13 % superior ao presente trabalho, sempre acima de 0,5 m³/m³.

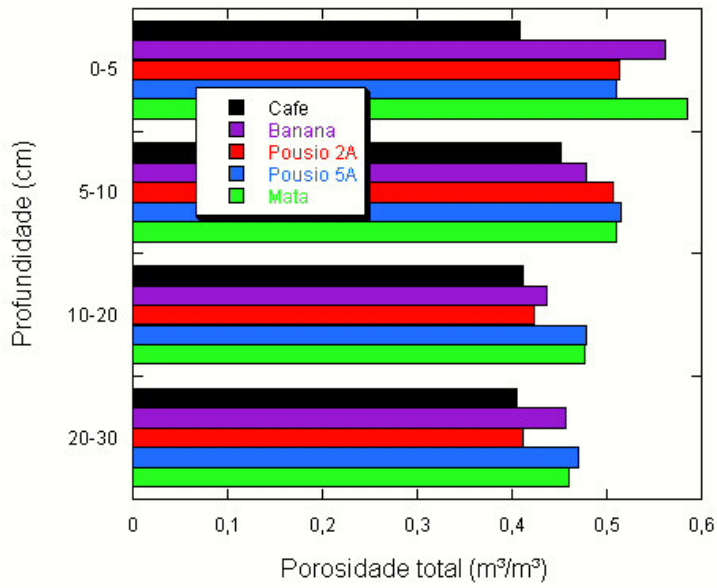


Figura 32: Porosidade total pelo método das densidades influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

Nunes *et al* (2006) analisaram a porosidade total de um LUVISSOLO sob sistema de agricultura itinerante em vegetação de caatinga, verificando que os pousios de 2, 3 e 4 anos apresentaram maiores valores do que o pousio mais curto (1 ano) e o mais longo (5 anos), que foram superiores a mata secundária com 50 anos. Os altos valores nos pousios intermediários, segundo os autores podem ser explicados devido ao terreno ter ficado descoberto e, assim, exposto ao impacto direto das gotas de chuva favorecendo o processo de adensamento. Por outro lado, o sistema com pousio de 5 anos devido à presença de um extrato arbóreo responsável pelo aporte de matéria orgânica em maior quantidade na superfície do solo parece ter influenciado o retorno das propriedades físicas as condições próximas ao controle (mata). Para os autores, embora o pousio mais longo tenha apresentado um bom resultado, talvez seja difícil afirmar categoricamente que 5 anos possa ser o tempo ideal para a recuperação da qualidade, já que o pousio mais curto obteve valor semelhante. Semelhante a Nunes *et al* (2006), no presente trabalho não pode-se dizer que o pousio de 5 anos recuperou a qualidade da porosidade do solo analisando-se somente a porosidade total.

A análise da porosidade total realizada pelo método da porosimetria de mercúrio (Figura 33) é importante por permitir o entendimento da porosidade em profundidades não

avaliadas (60 cm), por ser uma técnica pouco trabalhada no Brasil e por ser mais capaz de quantificar os microporos. A análise demonstra um comportamento semelhante em relação aos demais métodos, porém com os valores subestimados, cujas médias variaram entre 0,43 e 0,31 m³/m³. Novamente os pousios e a mata apresentaram maiores médias enquanto que o café e a banana obtiveram os piores resultados. Ao contrário dos demais métodos, não foram encontrados grandes variações da porosidade entre os pousios, com exceção da profundidade 20-30 cm.

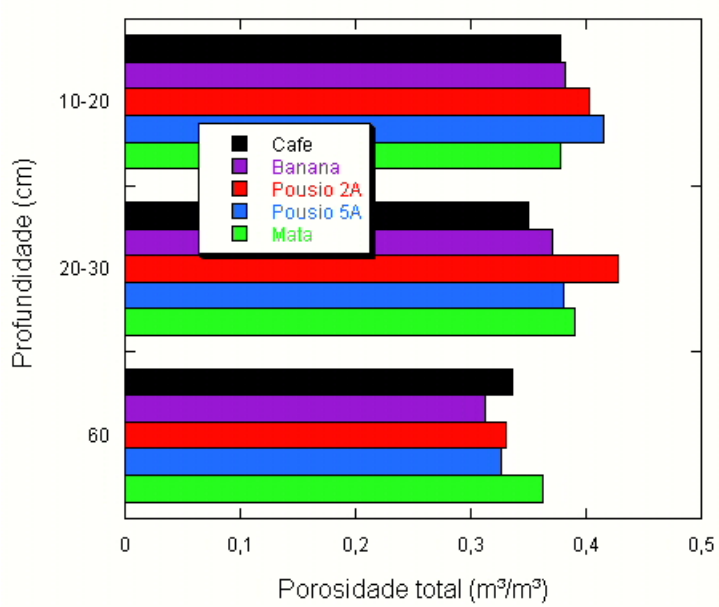


Figura 33: Porosidade total pelo método da porosimetria de mercúrio influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

Na profundidade mais superficial (10-20 cm), onde ainda há uma grande influência do manejo, observa-se que a parcela com maior destaque nos demais métodos (mata) não apresentou os maiores valores, provavelmente em função de ser uma análise muito restrita aos microporos. O pousio 5 anos apresentou o maior valor, com 0,42 m³/m³, seguido do pousio 2 anos com 0,4 m³/m³, e das demais parcelas com 0,38 m³/m³. Nota-se que o pousio 5 anos apresentou maior porosidade do que o pousio mais curto, porém não significante.

Na profundidade de 20-30 cm, observa-se maior variação dos valores médios da porosidade total entre as parcelas, atingindo 18%. O pousio 2 anos foi o tratamento que apresentou maior média, com 0,43 m³/m³, superior até mesmo do que na profundidade mais superficial, podendo indicar que a recuperação da porosidade possa iniciar nos trechos mais

inferiores do perfil do solo. Outro fato que pode explicar é a elevada microporosidade desse manejo, base para a porosimetria de mercúrio. Destaca-se também que a diferença significativa entre os pousios, já que o mais curto apresentou uma média superior em 11% em relação ao de 5 anos, fato que não foi evidenciado pelos demais métodos em nenhuma profundidade. O cultivo da banana, cujas raízes se concentram entre 20 e 30 cm, apresentou valor relativamente reduzido (0,37 m³/m³), ao contrário dos demais métodos, em função provavelmente da sua baixa microporosidade.

A profundidade mais inferior foi a única em que a parcela da mata, que no geral apresenta os maiores valores médios nos demais métodos, obteve o melhor comportamento da porosidade total pela porosimetria de mercúrio, com 0,36 m³/m³ de valor médio. Observa-se também que o café apresentou a segunda maior porosidade média na faixa dos 60 cm com 0,34 m³/m³, resultado que não se repete em nenhuma outra profundidade e método (Mantovani, 2001; Barreto, 2004). Tal fato pode ser explicado pela maior concentração de raízes desse cultivo em 60 cm. Os pousios nessa profundidade não apresentaram diferença significativa, indicando que em camadas mais inferiores talvez não seja possível verificar a influência do manejo na porosidade do solo por esse método.

5.2.2- Macroporosidade

A macroporosidade é vista como um importante indicador de qualidade do solo (Curmi, 1988) devido à sua grande contribuição à dinâmica de água, aeração e porosidade. Observa-se que a mata (como mostra a multivariada, Anexo 2), o pousio 5 anos e a banana apresentaram os maiores valores médios (Figura 34), que obtiveram uma grande variação, comprovada pela análise estatística (Anexo 2), já que o valor F foi de 6,38 a significância < 0,001. Os maiores valores do pousio 5 anos e na mata evidenciam que essas parcelas possam ter maior rapidez na movimentação de água e conseqüentemente, menor erosão. Ao contrário do presente trabalho, Mendes (2006) não verificou variações significativas da macroporosidade entre os usos na maior parte das profundidades avaliadas.

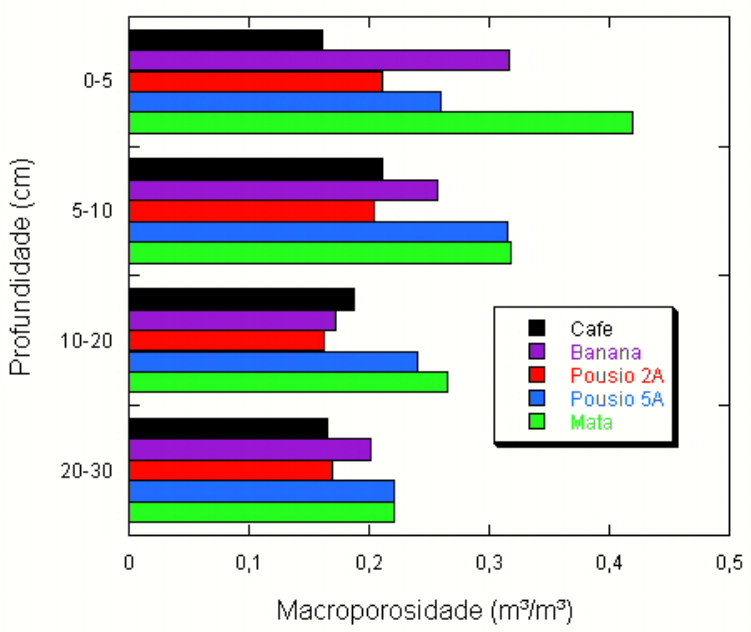


Figura 34: Macroporosidade influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

É importante destacar que a partir da profundidade de 0-5 cm, foi verificada uma recuperação quase completa da macroporosidade no pousio 5 anos em relação ao tratamento controle (mata). Somente na profundidade inicial os valores do pousio se distanciaram da mata, sendo 38 % inferior. A recuperação da macroporosidade no pousio 2 anos foi menor, variando de 50 a 76 % em relação a mata nas mesmas profundidades, evidenciando a importância do tempo de pousio para a recuperação dessa propriedade.

Cunha *et al* (2001) também observaram que 3 anos de pousio parece ser insuficientes para a recuperação da macroporosidade, embora houvesse um incremento dos valores em relação a soja e milho com 3 anos. Ao contrário do presente trabalho, Alves e Suzuki (2004) não verificaram variações da macroporosidade entre o pousio e os cultivos perenes.

Barros *et al* (2006) também verificaram maior macroporosidade na mata na profundidade de 0-5 cm, apresentando média de 0,2480 m³/m³ (abaixo do valor da mata no presente trabalho). O plantio convencional e o pousio com capim apresentaram médias levemente inferiores à mata, enquanto que o pousio de capoeira apresentou valor (0,2085 m³/m³) significativamente reduzido em relação a mata, semelhante ao presente trabalho.

Na profundidade superficial (0-5 cm), a variação de 160 % entre as parcelas é muito significativa, com os teores situando-se entre 0,16 m³/m³ no café e 0,42 m³/m³ na mata. A parcela da banana com 0,3161 m³/m³ repete o comportamento da porosidade total na profundidade inicial apresentando altos valores. O comportamento da mata e da banana pode

ser explicado por uma possível maior presença de organismos na banana e de raízes na mata, favorecendo o aparecimento de macroporos. Nota-se também uma significativa diferença entre os pousios, já que o mais prolongado apresenta um valor médio (0,26 m³/m³) superior em 23 % com relação ao pousio de 2 anos, cujo comportamento pode ser explicado por um maior eficácia do pousio 5 anos para a recuperação da macroporosidade, seja pela ação de organismos ou aporte de matéria orgânica.

Segundo Shiptalo *et al* (2000), quanto maior macroporosidade, menor é a tendência de ocorrer escoamento superficial, pois a maior parte da água que penetra no subsolo durante o período chuvoso se desloca por meio dos macroporos. Sendo assim, a mata e a banana podem ter a tendência de apresentar menor escoamento, assim como o período de 5 anos de descanso parece ser mais benéfico para o solo, na medida em que as diferenças foram significativas com relação ao pousio mais curto. A menor macroporosidade e o aumento dos microporos também tendem a elevar a tensão com que a água é retida e dificulta a captação da água pelas plantas.

A parcela da mata permanece com a maior macroporosidade na profundidade seguinte (5-10 cm), porém com uma significativa redução de 26% em relação à camada anterior. No pousio 5 anos houve comportamento contrário, com aumento de 21% em profundidade. Nota-se também que há um aumento da diferença entre os pousios, já que o de 5 anos apresentou valor médio de 54 % a mais do que o pousio mais curto, que apresentou a menor média da macroporosidade nessa profundidade (0,2041 m³/m³). Barros *et al* (2006) também verificaram nessa mesma camada (5-10 cm) uma diferença significativa do pousio de capoeira em relação aos demais manejos, já que este demonstrou menor valor (0,0941 m³/m³), significativamente abaixo do pousio do presente trabalho. Essa discrepância pode ser explicada por diferenças texturais, estruturais ou pelo uso anterior aos pousios das parcelas.

O comportamento da macroporosidade entre 10-20 cm repete as camadas anteriores, na medida em que a mata e o pousio 5 anos permanecem com os maiores valores, com 0,2649 e 0,2397 m³/m/³ respectivamente. O pousio 2 anos continua apresentando valor médio inferior ao pousio 5 anos, (32 %). Somente nessa profundidade o café apresenta maior valor médio da macroporosidade do que a banana, com 0,1874 e 0,1720 m³/m³ respectivamente, o que pode ser explicado por uma possível redução de organismos na banana.

Na profundidade inferior (20-30 cm), ocorreram as menores variações entre os manejos, destacando-se a diferença de 23 % entre os dois pousios. Novamente observa-se que

as parcelas da mata e do pousio 5 anos apresentam os maiores valores, com 0,2214 e 0,2210 m³/m³ respectivamente. O aumento da macroporosidade na banana pode ser em função do elevado diâmetro e concentração de raízes bastantes presentes nessa camada, conforme atesta Borges *et al* (1997). Freitas (2003) também encontrou altos valores da macroporosidade na banana em camadas mais profundas (40 e 60 cm), sendo inclusive superior a floresta ombrófila densa.

Observou-se tendência de redução da macroporosidade com a profundidade, comprovada pela variância do teste F, com valor de 4,75 e significância < 0,01 (Anexo 2). Essa diminuição é mais presente na mata e na banana, e pode ser explicada pela redução atividades biológicas, raízes e animais escavadores (Albuquerque *et al*, 1995).

A porosidade total apresentou uma correlação extremamente positiva (0,96) com a macroporosidade, indicando que os macroporos, além de serem mais volumosos no solo, foram preponderantes para o comportamento da porosidade total (Anexo 3). Segundo Plaster (1992), há também, em geral, uma ampla correlação positiva entre o teor de areia e a macroporosidade, na medida em que os mais altos teores de areia favorecem elevada concentração de macroporos. Todavia, essa relação não foi comprovada no presente trabalho, já que a correlação foi baixa e negativa (-0,16487), como pode ser visto no Anexo 3. O resultado evidencia que as variações da macroporosidade não podem ser explicadas pela textura.

5.2.3- Microporosidade

Observa-se que os valores médios da microporosidade apresentaram uma grande variação, ficando de 0,2985 a 0,1801 m³/m³, com as parcelas dos pousios em geral, apresentando os maiores valores (Figura 35). A análise estatística feita por variância (Anexo 2) evidencia a variação da microporosidade entre as parcelas, já que o fator F é de 5,36 com significância menor que 0,01.

Verifica-se na literatura que em geral há menor variação da microporosidade em relação à macroporosidade (há métodos mais capazes para demonstrar as diferenças nos poros) porque os manejos são menos capazes de interferir nos microporos (Schaeffer *et al*, 2001). Essa relação foi constatada no presente trabalho que comprovou a variação ser mais significativa nos macroporos, resultado semelhante ao de Araújo *et al* (2004), que verificaram alterações de propriedades físicas num LATOSSOLO Vermelho cultivado e sobre mata

nativa. Os autores concluíram que não houve diferenças estatísticas da microporosidade, semelhante ao trabalho de Alves e Suzuki (2004). Bertol *et al* (2004) também encontraram pequena variação no volume de microporos em relação à ocorrida no volume de macroporos entre todos os sistemas de manejos e cultivos avaliados (rotação de cultura e sucessão de cultura), constatando que esta variável foi modificada mais lentamente e com menor intensidade pelo manejo, sendo necessário maior tempo de pousio para perceber alteração dessa propriedade. Angelotti Netto *et al* (2007), ao contrário do presente trabalho verificaram maior microporosidade no solo cultivado.

Observa-se que os valores da microporosidade foram mais reduzidos em relação aos da macroporosidade, concluindo-se que os microporos foram menos capazes de reger o comportamento da porosidade total, já que a análise foi feita a partir do método da mesa de tensão. A correlação da porosidade total com a microporosidade foi elevada (0,79), porém inferior a com a macroporosidade, evidenciando o papel dos macroporos no volume total de poros. Em compensação, o comportamento da microporosidade se assemelha a porosidade total pelo método da porosimetria. Tal fato ocorre em função desse método ser uma ferramenta que não é capaz de mensurar os macroporos.

Nota-se que também que não foram encontradas variações significativas da microporosidade entre os pousios. A maior diferença ocorreu na profundidade de 20-30 cm, onde o pousio de 5 anos apresentou valor 10% superior ao pousio de 2 anos.

Na profundidade superficial (0-5 cm), nota-se que a mata apresentou o maior valor médio, com 0,2985 m^3/m^3, representando cerca de 12% acima dos pousios e da banana, que não se diferenciaram substancialmente. Araújo *et al* (2004) também verificaram maior microporosidade em mata nativa do que em solo cultivado, resultado semelhante ao de Barros *et al* (2006), que verificaram a menor microporosidade no plantio convencional (0,3422 m^3/m^3), porém sem variações significativas entre os tratamentos. A maior microporosidade da mata pode estar relacionada a uma possível elevada taxa de matéria orgânica e concentração de raízes (Freitas, 2003).

O café foi a parcela que apresentou o menor valor médio em 0-5 cm, com 0,2158 m^3/m^3, estando 28 % abaixo da parcela da mata, talvez em função de menor aporte de matéria orgânica. Observa-se também que nesta profundidade, onde há a tendência de maiores variações entre as parcelas, não houve variação significativa da microporosidade entre os pousios.

Na profundidade de 5-10 cm, não houve variação significativa da microporosidade entre as parcelas, cujos valores estão entre 0,2441 e 0,2557 m³/m³. No trabalho de Barros *et al* (2006), no entanto, o pousio de capoeira obteve a maior microporosidade (0,4110 m³/m³), porém não distante do cultivo convencional. Ambos se diferenciaram dos pousios, que apresentaram os menores valores.

Nas demais profundidades, observa-se da redução da microporosidade na mata, que na camada mais profunda apresenta o menor valor entre todos os usos (0,1801 m³/m³), estando 24 % abaixo do pousio 5 anos, que apresenta o maior valor. Freitas (2003) verificaram ao contrário do presente trabalho maior microporosidade na mata do que na banana em profundidades mais elevadas, porque segundo o autor, ainda é freqüente a presença de raízes na mata em camadas mais profundas. Há também uma ampla variação da microprosidade em profundidade (tende a reduzir), com valor F de 8,03 e significância < 0,001, e entre os blocos (valor F de 6,47 a significância menor que 0,01), evidenciando uma grande variação espacial dessa propriedade dentro das mesmas parcelas.

Segundo Plaster (1992), a microporosidade é positivamente correlacionada com o teor de argila, que tende a influenciar o comportamento da distribuição dos microporos. No presente trabalho essas duas variáveis não estão correlacionáveis (-0,20), cujo valor foi reduzido e negativo (Anexo 3). Desta forma, entende-se que o teor de argila não influenciou o comportamento da microporosidade.

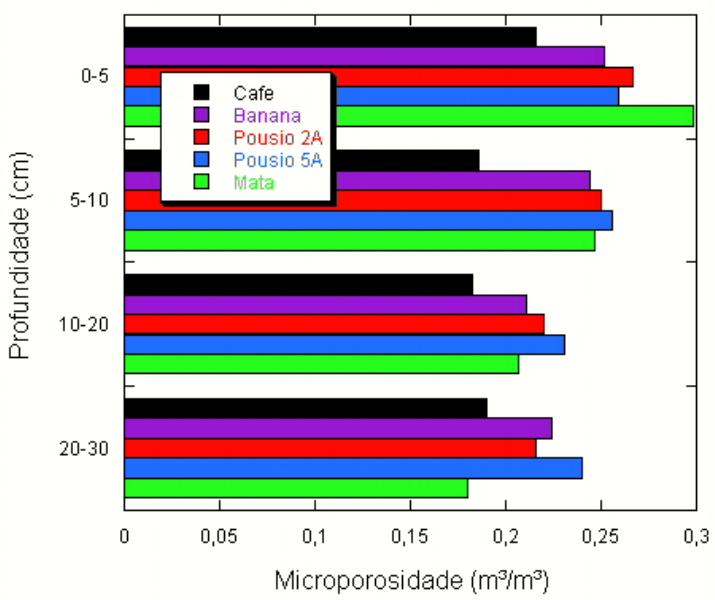


Figura 35: Microporosidade influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

5.2.4- Coeficiente de Aeração

A aeração é um índice que se relaciona com a microporosidade e a porosidade total, mas secundariamente também com a macroporosidade. Quanto maior a aeração, menor a capacidade que o solo tem de trocar gases rapidamente, ou seja, quanto maior valor, maior a degradação do solo. Os resultados da aeração (Figura 36) mostram que as médias variaram entre 0,43 e 0,58 m³/m³, com as parcelas da mata, do pousio 5 anos e da banana apresentando os melhores resultados, ao contrário do pousio 2 anos, que obteve os piores índices, em geral. A analise estatística de variância (Anexo 2) mostra que houve uma diferenciação da aeração entre os tratamentos, já que o fator F foi de 5,39 a significância pouco acima de 0,001. Contudo, não foram verificadas variações da aeração entre as profundidades.

Nota-se que o pousio de 5 anos teve uma capacidade de recuperação da aeração maior do que no pousio de 2 anos, já que apresentou valores entre 91 a 100% enquanto que no último, os valores máximos só atingiram 90%.

Na profundidade inicial (0-5 cm), onde a mata sempre apresentou os melhores valores, foi verificado índice intermediário em relação às demais parcelas, com 10 % inferior ao café, que se destacou (como mostra a multivariada, Anexo 2), porém 11 % acima da banana. Semelhante a porosidade total, a parcela do café e do pousio 2 anos apresentaram os piores índices, evidenciando que o tempo de pousio também influencia na aeração. A banana obteve o melhor índice com 0,4645 m³/m³ de aeração, talvez em função da sua elevada taxa de macroporosidade, também verificado por Freitas (2003).

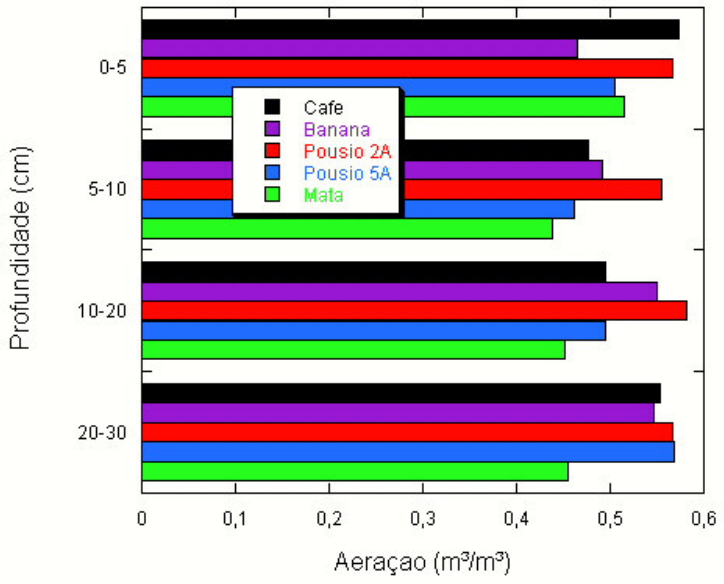


Figura 36: Aeração influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

Nas demais profundidades, observa-se a tendência da mata apresentar o melhor índice, enquanto que o pousio 2 anos sempre apresenta a pior aeração, com valores significativamente acima do pousio 5 anos. Esse comportamento pode ser explicado ou pela atividade de organismos que se consolida a partir de um pousio mais prolongado, sendo responsáveis por elevada macroporosidade e baixa microporosidade, ou por aporte de matéria orgânica mais consistente com 5 anos de descanso. O café e o pouiso 2 anos apresentaram os piores índices de aeração devido às maiores taxas de microporos, que tendem a aumentar o coeficiente de aeração, e conseqüentemente o escoamento superficial, erosão e a degradação do solo.

5.3- Densidade do solo

A Figura 37 mostra os resultados da densidade do solo, que variou de baixos valores (0,9210 g/cm³) até médios valores (1,4063 g/cm³), considerando-se 1,5 g/cm³ como referência de solo adensado, e conseqüentemente, com menor capacidade de infiltração (Grohman, 1975b). Observa-se que a parcela do café apresenta em geral as maiores médias, seguida do pousio 2 anos, banana, pousio 5 anos e da mata. A maior densidade do solo no café pode ser explicada pela menor porosidade em função de menor concentração e diâmetro de raízes e atividade biológica. Todavia, não foram encontradas significativas variações entre os pousios.

Na profundidade superficial, onde há a maior influência do manejo, os maiores valores foram encontrados no café, que apresentou valor médio de 37 % superior a banana (outro cultivo perene), e 52 % superior a mata, se diferenciando estatisticamente das demais parcelas (apresenta baixo desvio padrão), porém não atingindo o valor considerado restritivo para as raízes. Fernandes *et al* (2001) analisaram a densidade do solo em cultivo de café com diferentes padrões de tecnologia e verificaram valores semelhantes (1,37 e 1,39 g/cm³) nas profundidades iniciais, mas a partir da profundidade de 20-30 cm há um considerável aumento, onde atinge-se valores superiores a 1,65 g/cm³, acima do limite considerado restritivo para as plantas. Notou-se uma tendência de maior recuperação da densidade do solo no pousio de 5 anos, embora essa diferença só seja mais significativa na profundidade de 10-20 cm.

Observa-se também que o pousio 5 anos apresentou densidade do solo ligeiramente acima do pousio 2 anos nessa profundidade, embora não se diferenciem estatisticamente, evidenciando que entre 0-5 cm o manejo não foi eficiente para alterar a densidade. A parcela da mata apresentou o menor valor médio, se diferenciando estatisticamente das demais parcelas e também apresentando um baixo desvio padrão (0,059).

Prado *et al* (2002) analisaram a resistência a penetração e a densidade num solo cultivado intensamente (milho e feijão) e posteriormente deixado em pousio. Os autores verificaram que ao contrário do presente trabalho, a densidade foi maior após 5 anos de pousio. Wutke *et al* (2000) também observaram aumento de densidade do solo sob pousio e argumentaram que esse comportamento provoca a redução dos fluxos de ar, água e dos espaços vazios, aumenta a resistência a penetração com prejuízos ao crescimento do sistema radicular. Comportamento semelhante foi verificado por Angelotti Netto *et al* (2007), que observaram maior densidade do solo em pousio de 6 anos do que em solo cultivado. A maior densidade em solos cultivados pode ser explicada por um maior revolvimento que pode tender a reduzir o adensamento nas profundidades mais intensamente remexidas.

Semelhante ao presente trabalho, Barros *et al* (2006) verificaram a densidade do solo na profundidade de 0-5 cm e observaram que a floresta de 60-70 anos apresentou o menor valor (média de 0,92 g/cm³), enquanto que os sistemas de plantio convencional e pousio de capoeira apresentaram médias semelhantes. O tratamento de pousio com capim gordura obteve

valores intermediários aos demais com média de 0,97 g/cm³. Falcão Sobrinho e Ross (2007) também verificaram maior densidade em solo com cultivo em relação ao solo com pousio.

A mata, com elevada porosidade total e macroporosidade em função de maior adensamento de raízes, teor de matéria orgânica e atividade biológica tende a apresentar menor densidade do solo nas demais profundidades ao contrário do café, que tende a possuir uma estrutura mais degradada. Nota-se também pequena distinção entre os pousios, com os valores no pousio 5 anos inferiores (2,5 a 10 %) em relação ao pousio 2 anos. No trabalho de Nunes *et al* (2006), o pousio mais longo (5 anos) apresentou valor semelhante ao pousio mais curto (1 ano), ambos superiores a mata nativa e inferiores aos descansos intermediários, evidenciando que o ao contrário do presente trabalho, o tempo de pousio não foi eficaz para modificar a densidade do solo.

A análise estatística mostra que há uma variação da densidade do solo entre as parcelas, já que o fator F foi de 12,34 com significância < 0,001, fato não verificado por Mendes (2006), que não encontrou variabilidade significativa da densidade. Alguns manejos tiveram significativos coeficientes de variação (acima de 10), com destaque para o café, indicando que houve variabilidade espacial para a densidade do solo ou as amostras não foram representativas. Bertol *et al* (2004) também verificaram que o sistema de cultivo não influenciou a densidade do solo em relação ao campo nativo, resultado semelhante ao de Alves e Suzuki (2004) que não observaram distinções da densidade entre o pousio e as espécies plantadas. Para os autores é provável que seja necessário realizar o experimento por um período de tempo mais longo para verificar modificações da densidade do solo.

Observa-se também uma leve tendência ao aumento da densidade do solo com o acréscimo da profundidade, evidenciada estatisticamente pela análise de variância cujo fator F foi de 3,38 e a significância < 0,05. Tal fato pode ser explicado pela redução da atividade biológica que promove maior porosidade e macroporos, e elevação do peso e da compactação das camadas superiores do solo que favorecem o aumento da densidade do solo com o perfil. Em conseqüência, outra tendência também encontrada é a relação inversa entre a porosidade total e a densidade do solo, que pode ser observada no Anexo 3, com -0,61 de correlação entre as duas propriedades, comportamento também verificado por Silva *et al* (1986).

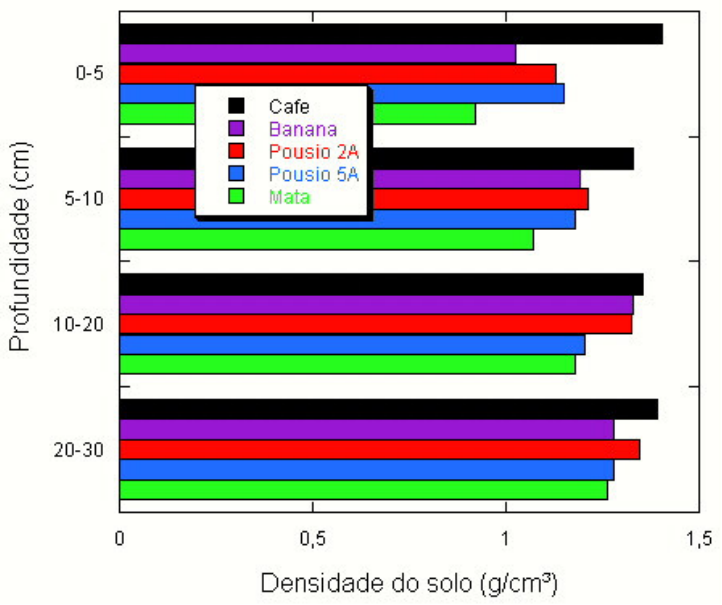


Figura 37: Densidade do solo pelo método da mesa de tensão influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

A densidade do solo realizada pelo método da porosimetria de mercúrio (Figura 38) demonstra resultados diferentes com relação ao método da mesa de tensão, apresentando na maioria das amostras coeficiente de variação e desvio padrão inferior. Desta forma, no método da porosimetria de mercúrio os valores médios da densidade do solo estão superestimados, além de ocorrer menor variação entre as parcelas. O resultado pode ser explicado em função dos tipos e tamanhos de poros que são afetados diretamente pelos dois métodos.

O comportamento, quando os métodos são comparados também é distinto. Nota-se que a parcela da mata, que sempre obteve a menor densidade no método da mesa de tensão nem sempre teve o mesmo desempenho na densidade realizada pela porosimetria de mercúrio. O mesmo fato ocorre com o café, que nem sempre apresentou a maior densidade e pelo método da porosimetria ocorreu o contrário. A modificação do comportamento pode estar ligada ao desempenho da microporosidade, base da análise de porosimetria. O fato do café possuir valores médios abaixo do pousio 5 anos na profundidade de 60 cm pode ser explicado por maior concentração de raízes nessa camada (Mantovani *et al,* 2001) que tende a reduzir a densidade do solo.

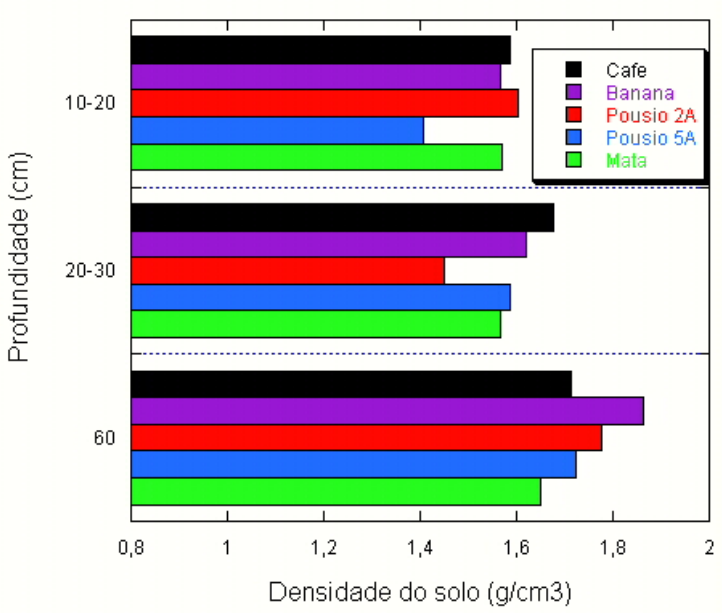


Figura 38: Densidade do solo pela porosimetria de mercúrio influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

5.4- Densidade de partículas

A densidade de partículas é uma propriedade que segundo a literatura, pouco se altera em função dos diferentes manejos (Anjos *et al.*, 1994). No método do balão volumétrico, observa-se que os valores variaram de 2,19 a 2,45 g/cm³ (Figura 39), abaixo da média geral dos solos (de 2,4 a 2,8 g/cm³), indicando que o quartzo pode não ser um mineral tão presente (densidade de 2,65 g/cm³). Não houve um comportamento definido entre as parcelas, mas estatisticamente ocorreu uma variação entre os manejos (Anexo 2), já que a o fator F foi de 4,52 e a significância da variância foi menor que 0,01. O resultado pode ser explicado por uma possível variabilidade espacial das amostras com relação à propriedade A variabilidade da densidade de partículas é pouco verificada, conforme comprovou Simões *et al* (2006), cujo resultado indica que dentre as propriedades avaliadas a densidade de partículas foi a que apresentou menor divergência entre os usos de café e pousio. Entretanto, não foram encontradas variações da densidade de partículas entre as profundidades, já que o valor do fator F foi de 0,80 com significância de 0,49.

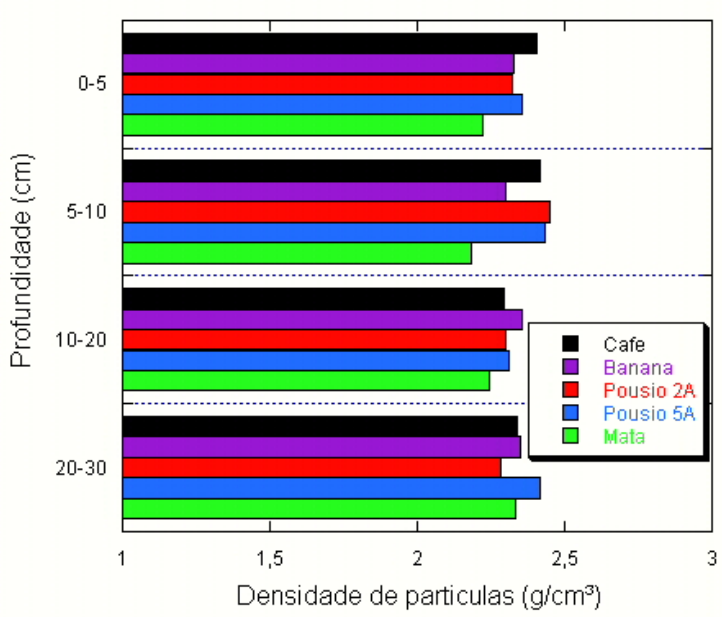


Figura 39: Densidade de partículas pelo método do balão volumétrico nos diferentes manejos e profundidades.

A partir da análise da densidade de partículas pelo método da porosimetria de mercúrio (Figura 40), notou-se que os valores ficaram entre 2,4 e 2,72 g/cm³, ou seja, dentro da faixa normal da propriedade, assumindo valores superiores ao método do balão volumétrico, e ao contrário deste, não demonstrou variações significativas entre as parcelas, e tampouco entre as profundidades.

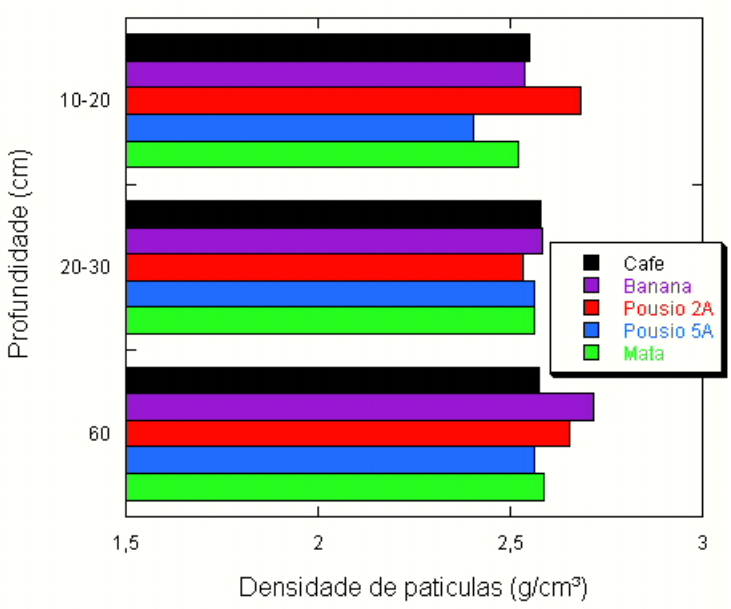


Figura 40: Densidade de partículas pelo método da porosimetria de mercúrio nas diferentes parcelas e profundidades.

5.5- Estabilidade de agregados

A estabilidade de agregados vai ser analisada de acordo com a distribuição das frações de agregados, concentrando-se na classe de maior estabilidade (acima de 2 mm), que por si só pode ser utilizada como um índice de agregação (Pinheiro, 2002), além dos índices diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) e IEA (índice de estabilidade de agregados). Observou-se que a maior parte dos agregados ocorreu na fração entre 2 e 4 mm de diâmetro, já que em todas as coberturas essa fração representou de 50 a 95 % do total de agregados. Segundo Kemper & Rosenau (1986), quanto maior a porcentagem de frações mais grossas, maior a estabilidade e menor a degradação física do solo. Desta forma, é fundamental que os manejos possam proporcionar maior porcentagem de agregados superiores a 2 mm.

Houve uma grande variação dos agregados maiores do que 2 mm (Figura 41) entre as parcelas, já que o fator F foi de 6,94 a significância menor do que 0,001, evidenciando que a porcentagem de agregados > 2 mm foi um bom indicador de qualidade do solo. De forma geral, destaca-se a parcela da mata, que obteve as maiores porcentagens de agregados estáveis em todas as profundidades, se diferindo estatisticamente das parcelas de cultivo perene. A elevada estabilidade da mata em todas as profundidades pode ser em função de grande

biomassa de raízes que permanece em perfil, pois segundo Silva e Mielniczuk (1997), Silva (1998) e Pinheiro *et al* (2004), as raízes tem grande influência na formação e na estabilização dos agregados. Os pousios apresentaram em geral, maior média do que os cultivos perenes e não se diferenciaram entre si, evidenciando que 2 anos de pousio já podem ser suficientes para a recuperação da agregação.

No geral, o café apresentou menor porcentagem média de agregados estáveis, com valores sempre abaixo dos 90 %. O resultado concorda com o de Borges *et al* (2008), que encontrou entre 75 e 85 % de agregados estáveis, médias semelhantes as profundidades superficiais do presente trabalho. A baixa agregação do café pode ser em função de uma reduzida atividade biológica e cobertura do solo provocada por esse plantio. Para Roth *et al* (1991) e Wohlenberg *et al* (2004), existe uma ação direta das culturas na formação e estabilização dos agregados, sendo a estabilidade e a distribuição do tamanho de agregados maiores em sistemas de cultivo que aportam mais material orgânico e cobrem o solo durante todo o ano.

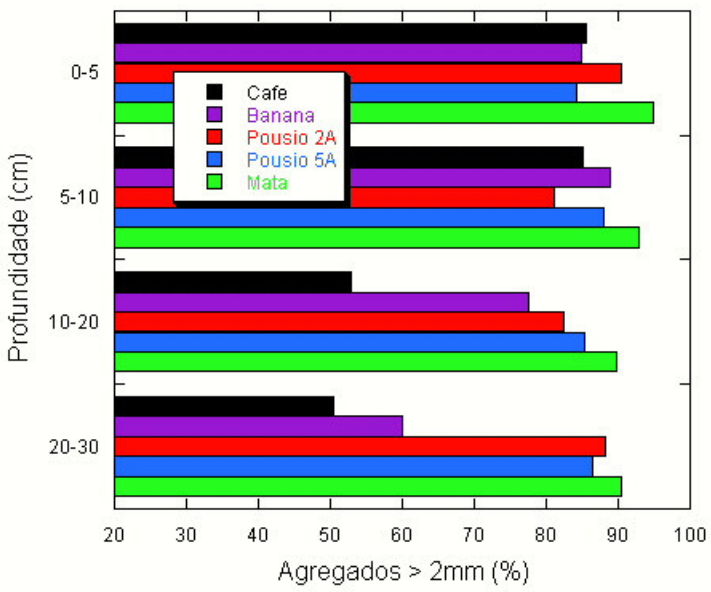


Figura 41: Porcentagem de agregados > 2 mm influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

Em todos os índices e profundidades, não foram encontradas variações significativas entre os pousios, prova de que o maior tempo de pousio não influenciou na agregação.

Na profundidade mais superficial, nota-se que não houve distinções significativas entre as parcelas, resultado contrário ao encontrado por Madari *et al* (2005). Em geral, espera-

se maior variabilidade da estabilidade nas profundidades superficiais, mas no presente trabalho ocorreu o oposto. Nessa mesma profundidade destaca-se os altos valores do café e do pousio 2 anos (superior ao pousio 5 anos). Esse comportamento não era esperado, mas pode ser explicado por uma possível recuperação das propriedades químicas que favorecem a agregação mais evidente no pousio mais curto seguida de uma estabilizada no pousio mais prolongado. Na profundidade de 5-10 cm, o pousio 5 anos passa a apresentar um valor médio cerca de 8 % maior do que o pousio 2 anos, que obteve média abaixo dos cultivos perenes (café e banana). Todavia, todos os manejos permanecem com alto porcentual de agregados estáveis.

Nas demais profundidades observa-se que os cultivos perenes apresentaram grande redução do porcentual de agregados estáveis com destaque para a banana, que reduziu de 88,88 para 77,6 % entre as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, atingindo abaixo dos 60 % na camada mais inferior. No café a redução é ainda menor, cuja percentagem alcança pouco acima dos 50 % já na profundidade de 10-20 cm. Essa redução não foi encontrada por Borges *et al* (2008), que avaliaram a agregação até 40 cm de profundidade. O resultado pode ser explicado por um elevado coeficiente de variação de 40 a 70 % das amostras, que poderia alterar as médias verídicas, em função de uma possível redução da atividade biológica que promove maior agregação ao solo, conforme foi verificado por Ceddia (1998) e atestado por Castro Jr. (1991) ou pela maior mobilidade nesse cultivo, pois segundo Abrão *et al* (1979), os sistemas com maiores mobilizações promovem menor agregação, resultado semelhante ao de Rodrigues *et al* (2007) que verificaram maior agregação em pousio do que em plantio de milho e feijão. A análise estatística (Anexo 2) mostra que também houve variação da percentagem de agregados acima de 2 mm em profundidade, cujo fator F foi de 4,59 com significância < 0,01.

O comportamento do diâmetro médio ponderado (DMP – Figura 42) foi muito semelhante à distribuição da percentagem de agregados maiores do que 2 mm, resultado esperado já que o DMP é ligado as frações mais comuns (Castro Filho, 1998), que no presente trabalho nitidamente foi a mais grosseira (superior a 2 mm). A correlação estatística entre as variáveis foi muito positiva, (valor de 0,99) (Anexo 3), fato também observado por Pinheiro *et al* (2004), que observaram grande dependência do DMP em relação a percentagem de agregados estáveis. Observou-se que no geral, os valores do DMP sempre ultrapassaram 2,5

mm, evidenciando que o solo apresentou elevada estabilidade de agregados. O maior destaque é para a parcela da mata, que obteve o maior valor de DMP em todas as profundidades.

Abu-Hamdeh *et al* (2006) avaliaram a relação entre o tamanho dos agregados e as taxas de infiltração e erosão em solos argilosos. Os autores verificaram que quanto maior o tamanho dos agregados, mais elevada é a taxa de infiltração e menor a taxa de erosão. Embora a correlação entre os índices de agregação com a porosidade e a densidade não tenham sido significativas (Anexo 3), observa-se no geral que os manejos com maiores agregação obtiveram as maiores porosidades, macroporosidades e menores densidades, tal como também foi verificado por Ceddia (1998) e Zhang *et al* (2007). Assim é possível concluir que sistemas com menores DMPs podem ser menos eficazes para a redução do escoamento superficial e para o controle de perda de solo (Reichert, 1993), sendo o caso do café e da banana.

Observa-se também que especialmente a partir da profundidade de 10-20 cm, os dois pousios apresentam valores superiores e distintos estatisticamente dos cultivos perenes (café e banana). De acordo com os resultados do DMP e da distribuição da porcentagem dos agregados, não foram verificadas variações significativas entre os pousios. Nota-se também que houve menor variação do DMP entre os manejos do que na percentagem de agregados superior a 2 mm.

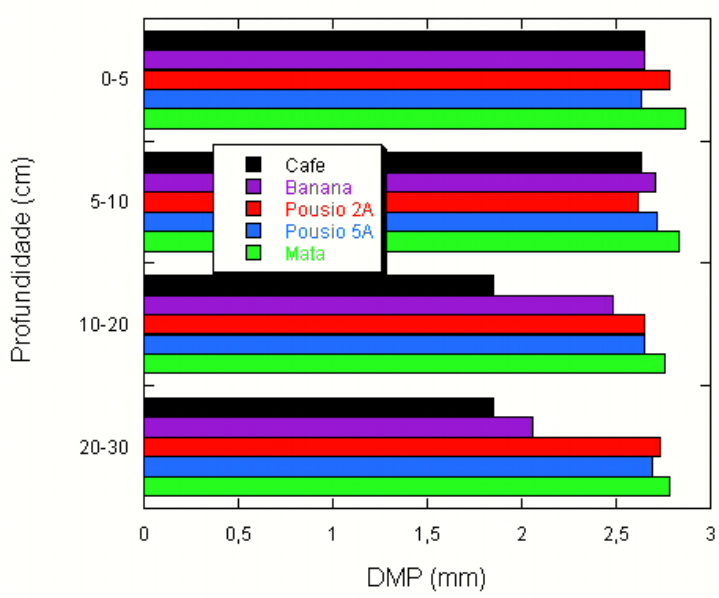


Figura 42: Diâmetro médio ponderado (DMP) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades.

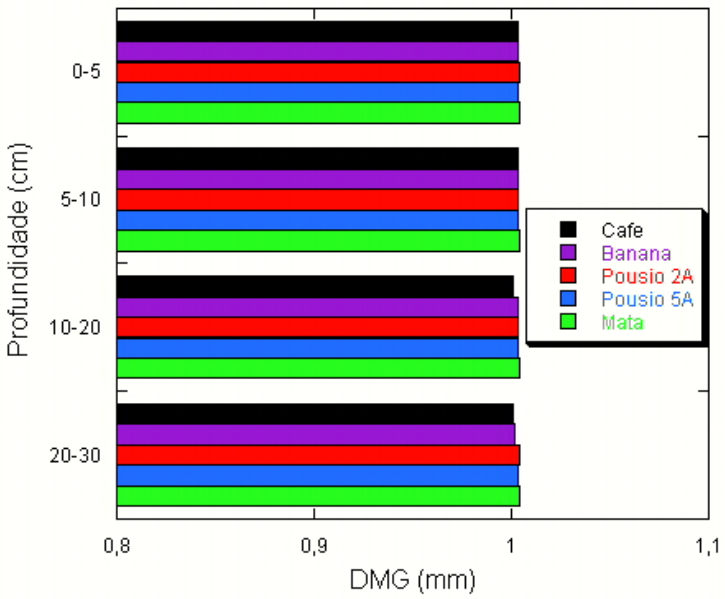


Figura 43: Diâmetro médio geométrico (DMG) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades.

Com relação ao DMG (Figura 43) não foram verificadas alterações significativas, pois os valores só variaram a partir da terceira casa decimal, ficando claro que este índice não foi sensível as diferentes formas de manejo. Todas as parcelas apresentaram DMG em torno de 1 mm. O resultado foi semelhante ao encontrado por Pinheiro *et al* (2004), que concluíram que o DMG foi o índice que pouco sensível para apresentar a variação entre os manejos avaliados.

Observa-se também uma elevada correlação entre o DMP e o DMG (0,99), resultado bastante reportado na literatura. Tal resultado indica que ambos os índices foram capazes de representar a agregação, embora o DMG não tenha eficaz para demonstrar com mais clareza as variações estatísticas entre as parcelas. Madari *et al* (2005) também encontraram correlação positiva entre os dois índices. Semelhante ao presente trabalho, Castro Filho *et al* (1998) também verificaram correlação do DMP e do DMG com a classe de agregados superior a 2 mm, sendo esta a classe que de forma geral poderia predizer a agregação.

Nota-se que dentre os índices utilizados, o IEA (Índice de estabilidade de agregados) foi o mais eficaz para demonstrar as variações entre os manejos (Figura 44), já que é o único a não considerar a distribuição das frações de agregados e a utilizar o teor de areia. O resultado contrasta com o de Wendling *et al* (2005), que afirmou ser o IEA o índice menos sensível. Os valores médios estiveram entre 56 e 94 %, demonstrando que houve uma grande variabilidade

entre as parcelas, evidenciado pela análise estatística, já que o fator F de variância foi de 9,00 com significância < 0,001 (Anexo 2).

A parcela da mata com valores médios acima de 90 %, sempre apresentou IEA superior aos demais manejos, enquanto que o café em geral obteve os menores índices de agregação, concluindo-se que esta parcela possa ter maiores perdas de solo e degradação da estrutura (Reichert, 1993; Guerra e Guerra, 2003; Abu-Hamdeh, 2006). De forma geral, nota-se que as parcelas do pousio apresentaram maiores valores de IEA do que os cultivos perenes, notadamente o café, cujo valor máximo ficou abaixo de 82 %, embora os pousios não tenham se diferenciado entre si.

Na profundidade inicial (0-5 cm), o IEA foi o único índice sensível para demonstrar a diferença significativa entre os cultivos perenes (cujos valores variaram de 78 % a 81 %) e os pousios (cujos valores foram de 88 a 89 %). Na profundidade mais inferior nota-se que o comportamento se repetiu, ao contrário das profundidades intermediárias, onde a banana apresenta boa agregação.

Notam-se altas correlações positivas entre os índices de agregação, uma vez que os valores ultrapassaram 0,9 (Anexo 3), resultado contrário ao de Castro Filho *et al* (1998), já que para os autores o IEA não foi possível de correlacionar com os demais índices de agregação. Um comportamento típico entre os índices foi a relação entre os pousios que não se diferenciaram entre si, provando que possivelmente 2 anos já podem ser suficientes para a recuperação da agregação.

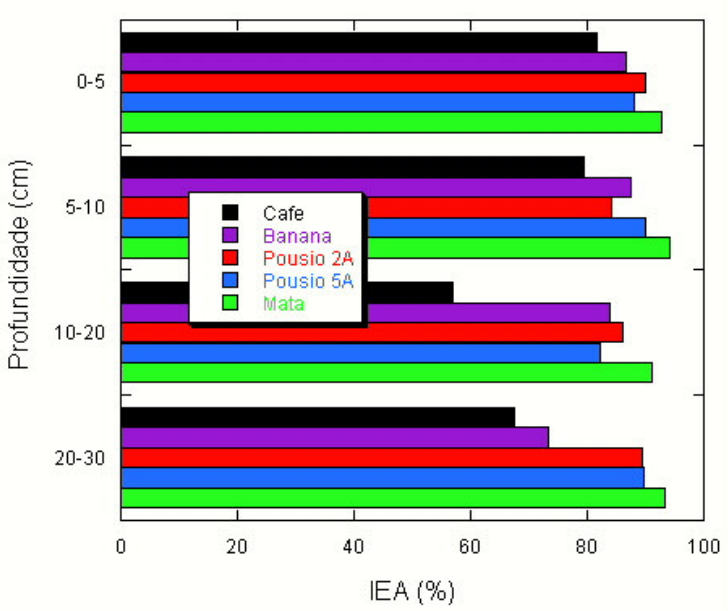


Figura 44: Índice de estabilidade de agregados (IEA) influenciado pelos diferentes manejos e profundidades.

Observou-se que semelhante ao trabalho de Wohlenberg *et al* (2004), as diferenças na agregação não ocorreram em função da granulometria, pois também não ocorreram variações significativas da textura entre as parcelas, além das correlação entre os índices de agregação e as frações granulométricas (especialmente a argila) terem sido baixas e em alguns casos, negativas (Anexo 3).

De acordo com a literatura, o comportamento da distribuição do tamanho dos agregados, o DMP e DMG estão diretamente ligados a matéria orgânica, muitas vezes representada pelo carbono orgânico, que é um importante fator de formação e estabilização dos agregados, sendo comum encontrar correlação positiva entre o carbono e os índices de agregação embora cada vez mais tenham sido realizados trabalhos que verificam a correlação com os tipos de matéria orgânica. No presente trabalho, porém, não houve correlação positiva (Anexo 3)e tal fato pode ser explicado devido à baixa variação do carbono orgânico entre os manejos (Figura 45), comprovado estatisticamente, já que o valor F foi de 1,49 com significância de 0,22. Conclui-se que o carbono orgânico não deve ter sido o principal fator de diferenciação da agregação, sendo possivelmente outros fatores responsáveis em conjunto pela diferenciação da agregação, tais como os diversos tipos de matéria orgânica como ácido fúlvico e humina (Pinheiro 2002), a atividade microbiológica e tipos de organismos, comportamento do alumínio (Castro Filho, 1998), e a configuração de raízes.

Silva e Mielniczuk (1998) avaliaram diversas características do solo para investigar os seus efeitos na agregação. Os autores concluíram que os teores de carbono orgânico, ferro, alumínio oxalato, argila e grau de dispersão tiveram efeitos na agregação, porém foram insuficientes para explicar as variações dos índices estudados. No presente trabalho, o resultado parece ser semelhante, já que o carbono orgânico também foi insuficiente para explicar as variações entre os índices.

Castro Filho *et al* (1998) mostraram que houve correlação positiva do carbono nos índices de agregação, sendo mais direta na profundidade inicial, ao contrário do presente trabalho. Lima *et al* (2006) observaram maior teor de carbono total em sistema de pousio em relação à floresta e ao plantio convencional. Bertol *et al* (2004) também encontraram correlação positiva, aludindo ao carbono orgânico a principal causa do aumento da agregação em sistemas de rotação de culturas (pousio) nas profundidades iniciais. Para os autores a ausência de preparo e os ciclos de umedecimento e secagem do solo possivelmente podem consolidar a agregação, e explicar as variabilidades da estabilidade nessas condições.

Zhang *et al* (2007) compararam o efeito do plantio direto e do cultivo convencional em diversas propriedades de um LATOSSOLO na Austrália. Os autores também observaram que o maior teor de carbono orgânico condicionou os elevados DMP e DMG em relação ao manejo convencional. Os autores ainda relacionaram as maiores estabilidades de agregados às menores densidades do solo e as maiores macroporosidades, afirmando que o plantio direto, por apresentar tais comportamentos tem maior potencial para capturar a água da chuva e para evitar perdas de solo.

Wohlenberg *et al* (2004) também afirmaram que a variação na estabilidade de agregados em diferentes sistemas de cultivo foi atribuída às diferenças no teor de carbono orgânico do solo, evidenciando que o mecanismo dominante de estabilização dos agregados deve estar relacionado com o teor de matéria orgânica. Os mesmos autores observaram que a relação entre o carbono orgânico e a proporção de agregados instáveis (menores) foi inversa e apresentou alto grau de significância. Paladini e Mielniczuk (1991) encontraram correlação significativa entre agregados maiores que 2,0 mm e o carbono orgânico do solo na profundidade de 0 a 2,5 cm, indicando que compostos orgânicos podem ter atuado na formação e estabilização desses agregados.

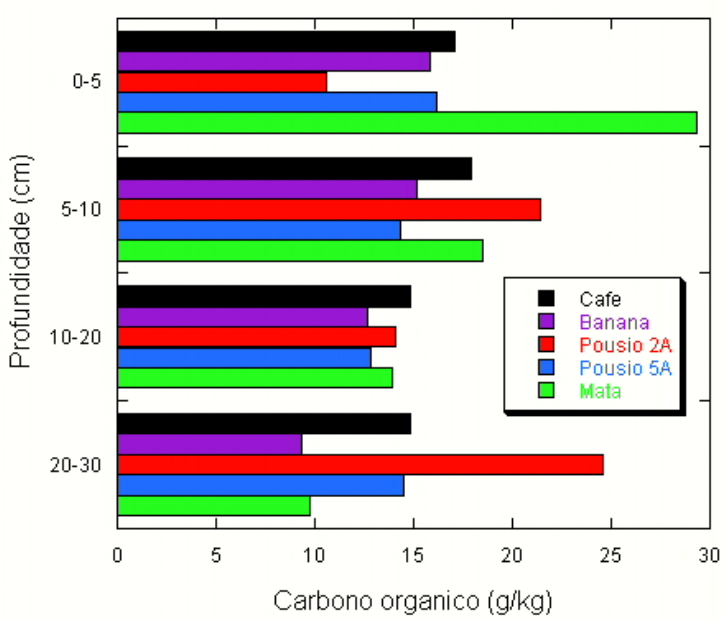


Figura 45: Carbono orgânico influenciados pelos diferentes manejos e profundidades.

Roth *et al* (1991) também encontraram correlação significativa entre o conteúdo de matéria orgânica e os índices de estabilidade de agregados. Para os autores o fato é decorrente das moléculas orgânicas atuarem nas etapas de formação e estabilização dos agregados, além de servirem de fonte de energia para os microrganismos, que são importantes agentes de agregação. Madari *et al* (2005) realizaram o fracionamento da agregação correlacionando com os teores de carbono orgânico. Os autores observaram que o carbono foi positivamente bem correlacionado com os macroagregados e negativamente bem correlacionado com os microagregados, provando a relação estreita entre o carbono e agregação.

5.6- Condutividade hidráulica saturada

A condutividade hidráulica saturada é apontada como um bom indicador da qualidade física do solo. Sendo assim, observa-se nitidamente uma grande variabilidade dessa propriedade entre os manejos, resultado esperado conforme indica Libardi (1995). Segundo a classificação de Kutílek e Nielsen (1994), a condutividade variou (Figura 46) de excessiva na mata e na banana na profundidade de 12 cm (com valores superiores a 10^{-4} ms^{-1}), até média no café, pousio 2 anos e pousio 5 anos nas profundidades de 22 e 32 cm (valores entre 10^{-6} e 10^{-5} ms^{-1}). Os elevados valores podem ser explicados em função dos altos teores de areia, além de elevadas taxas de porosidade total e de macroporosidade.

Observou-se que a condutividade hidráulica saturada foi a propriedade que apresentou a menor recuperação entre as propriedades estudadas, pois no pousio 5 anos variou de 13 a 58%, enquanto que no pousio de 2 anos ficou entre 6 e 33%, mostrando que o tempo de pousio mas prolongado aumentou substancialmente a condutividade.

Zimmermann *et al* (2006) encontraram resultado semelhante de condutividade hidráulica saturada em relação ao presente trabalho. Os autores verificaram maiores valores no sistema de sistema de floresta (Amazônia), seguido pelo plantio de banana e pela capoeira (pousio), comprovando o bom comportamento da banana. Os autores também salientaram que o tempo de recuperação do pousio e o uso pretérito são fundamentais para a análise das propriedades hidráulicas. Angelotti Netto e Fernandes (2005) também verificaram condutividade hidráulica superior no solo em pousio do que em solo cultivado. É possível relacionar que os baixos valores da condutividade no café e no pousio 2 anos podem favorecer maior escoamento superficial conforme relatado por Zimmermann *et al* (2006) e conseqüentemente, erosão.

Observou-se também uma grande variação da condutividade com relação à profundidade, que tendeu para o decréscimo, resultado semelhante ao de Silva e Ribeiro (1997), que analisaram o efeito contínuo do cultivo da cana-de-açúcar nas propriedades físicas de um LATOSSOLO Amarelo argiloso e contrário ao de Angelotti Netto e Fernandes (2006) e de Costa e Libardi (1999), que avaliaram a influência das características morfológicas nas propriedades físicas e hídricas de uma TERRA ROXA.

Na seção superior (12 cm), pode ser percebido que a parcela da mata e da banana se destacam das demais, apresentando valores elevados, em torno de 150 cm/h, taxas duas vezes superior ao pousio 5 anos, 4 vezes em relação ao pousio 2 anos e até 7 vezes acima do café. Nota-se também uma grande diferença entre os dois pousios, já que o mais longo teve o dobro da condutividade do pousio 2 anos (73 contra 36 cm/h), evidenciando que com 5 anos de descanso pode-se esperar uma significativa melhoria da condutividade hidráulica saturada.

Na profundidade de 22 cm, nota-se que houve uma grande redução dos valores médios em todas as profundidades, de 154 para 36 cm/h na mata (redução superior a 4 vezes), de 151 para 11 cm/ h na banana (redução de 13 vezes) e 73 para 5 cm/h (redução de 14 vezes) no pousio 5 anos, indicando que os fatores modificados pelos manejos tais como a presença de raízes, e atividade biológica, causadores da porosidade total e da macroporosidade devem ter contribuído para a redução dessa propriedade. Para Zimmermann *et al* (2006), a partir da

profundidade de 20 cm há uma redução da influência do manejo e uso do solo nas propriedades hidráulicas, favorecendo a diminuição das diferenças entre os manejos, semelhante ao que ocorre no presente trabalho. Nota-se que a parcela da mata também apresenta os maiores valores, cerca de 3 vezes superior a banana, permanecendo ainda a diferença significativa entre os pousios, já que o mais longo obteve o dobro do valor médio do pousio de 2 anos (5 contra 2 cm/h). A diferença no comportamento com relação as demais profundidades ocorreu com o café, que apresentou valor médio comparável ao pousio 5 anos, talvez em função de variabilidade de organismos.

Na profundidade de 32 cm ocorreram as menores variações gerais entre os manejos, provavelmente em função da redução dos fatores causadores da porosidade que condicionam a condutividade ou de um possível ajuste de areia fina nos poros. A mata obteve o maior valor médio (13 cm/h), seguida do pousio 5 anos, que apresentou novamente o dobro do pousio mais curto. Os cultivos perenes obtiveram o pior desempenho nessa profundidade. Segundo Freitas (2003), abaixo das zonas de raízes das bananas há uma redução da percolação de água, fato que pode explicar a baixa condutividade da banana nessa profundidade. O autor também verificou menor condutividade hidráulica saturada na banana do que na mata.

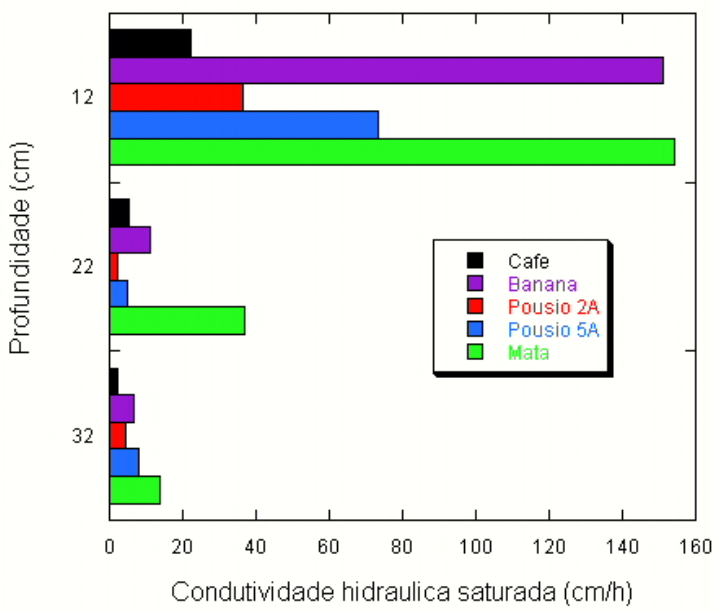


Figura 46: Condutividade hidráulica saturada influenciada pelos diferentes manejos e profundidades.

A macroporosidade apresentou uma correlação estreita com a condutividade hidráulica, já que os manejos com maiores macroporosidades também se destacaram nos valores de condutividade. Essa relação também observado por Anderson e Bouma (1973), Martins e Coelho (1980), Ahuja *et al* (1984), Kriba *et al* (2001) e Mesquita e Moraes (2004). As diferenças entre os manejos também podem ser explicadas por uma possível diferenciação dos tipos de poros.

6- CONCLUSÕES

Observou-se que de uma forma geral, as propriedades físicas foram influenciadas pelo manejo. A macroporosidade, a porcentagem de agregados acima de 2 mmm, o IEA e a condutividade hidráulica saturada foram os indicadores mais sensíveis para mostrar os efeitos dos diferentes manejos na qualidade do solo, enquanto que a porosidade total, a macroporosidade, a aeração e a condutividade hidráulica saturada foram as propriedades mais sensíveis para demonstrarem as variações entre os pousios.

Não houve variações significativas da densidade de partículas e da textura entre os manejos e profundidades, já que a classificação textural sempre foi franco-arenosa.

Foi constatada uma grande variação da porosidade total em função dos manejos, notadamente na camada de 0,5 cm, com os manejos da mata, do pousio 5 anos e da banana apresentando os maiores valores médios, ao contrário do pousio 2 anos e principalmente do café, que em conseqüência podem ter a estrutura degradada, favorecendo o escoamento superficial e possivelmente a erosão. Nota-se significativa diferença da porosidade entre as profundidades, (com tendência ao decréscimo) e uma maior recuperação no pousio de 5ª anos em relação ao de 2 anos (72 a 100% contra 66 a 88%), evidenciando que o descanso do solo foi importante para a recuperação da porosidade. A densidade e as tipologias de organismos, a estrutura do solo, a configuração de raízes, o revolvimento e a cobertura do solo podem ter sido os fatores que contribuíram para as diferenciações da porosidade entre os manejos. Os métodos de determinação da porosidade (mesa de tensão e densidades) apresentaram comportamentos semelhantes, com elevada correlação entre ambos. No método da porosimetria de mercúrio a porosidade total também foi similar aos demais métodos, embora os valores tenham sido subestimados e as variações entre os manejos menos significativas. Notou-se também que houve uma relação positiva entre a porosidade pela porosimetria de mercúrio e a microporosidade.

Com relação à macroporosidade, observou-se que também houve uma grande variação entre as profundidades (tendência ao decréscimo) e entre os manejos, sobretudo na profundidade 0-5 cm, com a mata o pousio 5 anos e a banana apresentando os maiores valores médios, sendo o pousio 2 anos de 23 a 46 % inferior ao pousio mais longo, ou seja, a recuperação no pousio de 2 anos foi de 50 a 76 % contra 60 a 90% do pousio de 5 anos. Provavelmente os fatores que causaram as variações foram os mesmos da porosidade total, e

por esse motivo foi verificada grande correlação entre esses parâmetros e baixa correlação negativa da macroporosidade com o teor de areia, concluindo-se que a granulometria não foi capaz de explicar as variações da macroporosidade.

A microporosidade apresentou variação entre os manejos, porém menos significativa do que a macroporosidade, destacando-se os pousios, que possuíram os maiores valores, porém sem variação entre si. Os valores médios também foram inferiores à macroporosidade, evidenciando que os microporos foram menos capazes de controlar a porosidade total. Também foi constatada variação entre as profundidades (tendência ao decréscimo), entre os setores, evidenciando grande variabilidade espacial da microporosidade entre os manejos e baixa correlação com o teor de argila, que não influenciou no comportamento dos microporos.

Houve diferença significativa da aeração entre os manejos, com destaque para a diferença entre os pousios, cuja recuperação foi maior no pousio de 5 anos, com valores de 91 a 100% em relação ao pousio de 2 anos, que ficou entre 77 e 90%. As elevadas taxas de macroporosidade e baixas taxas de microporosidade explicaram as aerações mais positivas.

No geral, ocorreram diferenças da densidade do solo entre os manejos, com os valores variando de 1,4063 (café) a 0,9210 (mata) g/cm³, porém sem variação estatística entre os pousios. O pousio 2 anos e a banana também apresentaram significativas densidades do solo, porém com valores abaixo do considerado restritivo para as raízes. Houve também aumento da densidade do solo com a profundidade, que pode ser explicada pela redução da atividade biológica e elevação do peso e da compactação das camadas superiores do solo. No método da porosimetria de mercúrio a densidade foi superestimada, ultrapassando o limite restritivo para as plantas.

A maior parte dos agregados ocorreu na fração entre 2 e 4 mm de diâmetro, evidenciando elevada agregação geral, especialmente na mata, em função de grande biomassa de raízes em todas as profundidades e nos pousios, que se diferenciaram dos cultivos perenes, com o café apresentando os menores valores. Como os pousios não se distinguiram entre si, conclui-se que 2 anos de pousio já podem ser suficientes para a recuperação da agregação. Os cultivos perenes, além de apresentaram os menores valores, obtiveram grande redução do porcentual de agregados estáveis em profundidade, principalmente o café. Observou-se também que as maiores variações da agregação ocorreram nas camadas mais profundas, talvez em função de uma possível variabilidade da presença de atividade de organismos e de raízes em perfil.

A correlação entre a porcentagem de agregados maiores do que 2 mm com os índices DMP e DMG foi altamente significativa, e estes também foram positivamente correlacionáveis. Dentre os índices de agregação, o IEA foi o mais eficaz para demonstrar as variações entre os manejos porque é o único a não considerar a distribuição das frações de agregados, enquanto que o DMG foi o menos sensível as alterações do manejo. Os índices também não foram capazes de mostrar diferenças significativas entre os pousios.

As variações na agregação não ocorreram em função da granulometria e do carbono, já que não houve correlação notória entre os índices e essas variáveis devido às baixas variações da textura e do carbono orgânico entre os manejos. Possivelmente outros fatores em conjunto tais como os tipos de matéria orgânica, atividade microbiológica e tipos de organismos, comportamento do alumínio, ciclos de umedecimento e secagem do solo, configuração de raízes, revolvimento e cobertura do solo foram responsáveis pela diferenciação da agregação.

Houve uma grande variabilidade da condutividade hidráulica saturada entre as parcelas, variando de excessiva a média, em função dos altos teores de areia, além de elevadas taxas de porosidade total e de macroporosidade. Os manejos da mata, da banana e do pousio 5 anos apresentaram os maiores valores. Notou-se que esta foi a propriedade que apresentou a menor recuperação entre as propriedades estudadas, variando de 13 a 58% no pousio 5 anos e de 6 a 33% no pousio de 2 anos, mostrando que o tempo de regeneração foi fundamental para o aumento da condutividade. Observou-se também uma grande variação da condutividade com relação à profundidade, que tendeu para o decréscimo, onde o comportamento da macroporosidade foi fundamental.

A partir do conjunto das propriedades avaliadas, tais como a porosidade total, macroporosidade, agregação, condutividade hidráulica saturada e densidade do solo, observou-se a seguinte ordem de degradação do solo entre os manejos e coberturas; café > pousio 2 anos > banana > pousio 5 anos > mata. Conseqüentemente, o café pode ter a tendência a menor infiltração e maior escoamento superficial. Na mesma linha de raciocínio, ficou claro que 5 anos de pousio parece ser um tempo muito mais apropriado para a recuperação da qualidade do solo, sendo evidente que esta prática pode ser recomendada para ser utilizada em áreas de relevo acidentado. É importante também a integração com trabalhos que avaliem propriedades químicas e biológicas para que se possa adequar o sistema de agricultura migratória em Bom Jardim a legislação ambiental mais pautada em decisões técnicas, evitando novos problemas para os agricultores.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOIM, M.; COUTINHO, H.L.C.; Indicador de qualidade microbiológica dos tratamentos agrícolas presentes em uma propriedade rural, Bom Jardim, RJ. In.Workshop sobre ações de pesquisa no campo experimental de Bom Jardim. Embrapa-CNPS. **Anais…** 2007. (CD-room)

ABOIM, M.; COUTINHO, H.L.C.; PEIXOTO, R.S. BARBOSA, J. C.; ROSADO, A. S. Soil bacterial community structure and soil quality in a slash-and-burn cultivation system in Southeastern Brazil. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.38, p.100-108. 2008.

ABRÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 169-172, 1979.

ABU-HAMDEH, N. H.; ABSO-QDAIS, S. A.; OTHMAN, A. M. Effect of soil aggregate size on infiltration and erosion characteristics. **European Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 57, p. 609–616. 2006.

AHUJA, L.R.; NANEY, J.W.; GREEN, R.E..; NIELSEN, D. R.Macroporosity to characterize spatial variability of hydraulic conductivity and effects of land management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48. n.4. 699-702p. 1984.

ALBUQUERQUE, J.A. REINERT, D.J; FIORIN, J.E. ; RUEDELL, J. ; PETRRE, C. ; FONTINELLI, F.Rotação de culturas e sistemas de manejo: efeito do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 115-119. 1995.

ALBUQUERQUE, A. W; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissolo em Sumé (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.121-128, 2001.

ALTIERI, M. **Agricultura tradicional**. In: ALTIERI, M. Agroecologia bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: AS-PTA. 2002. 179-235p.

ALVARENGA, R. C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A.; RESENDE, M.Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p.273-277, 1986.

ALVES, E.J.A. C**ultura da banana: aspectos técnicos, socieconômicos e sociais**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1997. 585p.

ALVES, M. C. & SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum Agrononomy**, Maringá, v. 26, n. 1, p. 27-34, 2004.

ANDERSON, J.L.; BOUMA, J. Relationships between satured hydraulic conductivity and morphopetric data na argilic horizon. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.37. p.408-413. 1973.

ANDRADE, A.G. MENDES, C.A.; MAHLER, C.F. ; LUMBRERAS, J.F.; SANTOS, F.A; PORTOCARRERO, H.; CARVALHO, G.F. Aspectos da perda de solos: a agricultura migratória e a convencional In: CAMPELLO, E.F.C. **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA - Agrobiologia, 2004. p. 36-48.

ANGELOTTI NETTO, A.; FERNANDES, E.J. Condutividade hidráulica saturada de um latossolo vermelho em pousio e cultivo intensivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n.8, p. 797-802, 2005.

ANGELOTTI NETTO, A.; FERNANDES, E.J.; CENTURION, J.F. Propriedades físicas e indicador de qualidade de um latossolo vermelho submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Irriga**, Botucatu, v.12, n.1, p.27-37. 2007.

ANGULO, R. J., ROLOFF, G.; SOUZA, M. L. P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p.7-12, 1984.

ANJOS, J.T.; UBERT; A.A.A.; VIZZOTTO, V.J.; LEITE, G.B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p.139-145, 1994.

ARAÚJO, M. A., TORMENA, C. A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n**.** 2, p. 337-345, 2004.

BALIERO, F.C.; CHAER, G.M.; REIS, L.L.; FRANCO, A.A. Qualidade do solo em áreas de agricultura migratória da região serrana do Estado do Rio de Janeiro. In Workshop sobre ações de pesquisa no campo experimental de Bom Jardim. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPS. **Anais…** (CD-room). 2007.

BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A.; DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.35-43, 1999.

BARRETO, C.V.G.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B. SILVA, E.A.; PIRES, R.C.M. Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas. **Bragantia,** Campinas, v. 65, n. 4, p. 641-647, 2006.

BARROS, A.L.; LIMA, L.G.; COSTA, A.R. BERTOLINO, A.V.F.A.; BERTOLINO, L.C. Propriedades físicas e químicas em diferentes manejos na região serrana/RJ sob bioma de Mata Atlântica. In: XVI REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16, Aracaju, **Anais....** Aracaju: SBCS/UFAL, 2006, (Cd-Room).

BARROS, A.L.R.; LIMA, L.G. Propriedades físicas em diferentes manejos na Região Serrana/RJ sob bioma de Mata Atlântica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, Goiânia, 2006, **Anais...** Goiânia: IAG: UGB, p. 11, 2006.

BASTOS, R.S.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; CORREA, M.M. Formação e estabilização de agregados do solo decorrentes da adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p.11-20, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas e métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p.105-112, 1997.

BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos de solo e rotação de cultura. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p.267-271, 1994.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J.A.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JUNIOR, W.A. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Viçosa, v. 28, n. 1, p 155-163, 2004.

BERTOLINO, A.V.F.A. **Influência do manejo na hidrologia de solos agrícolas em ambiente serrano: Paty do Alferes- RJ**. 2004. 178 p. Tese de Doutorado- Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 2ª edição. São Paulo: Ícone, 1999. 355 p.

BORGES, A.L. ALVES, E.J.; SILVA, S.O. SOUSA, L.S.; MATOS, A.P.; FANCELLI, M.; OLIVEIRA, A.M.G.; CORDEIRO, Z.R.S.; COSTA, D.C.; MEDINA, V.M.; OLIVEIRA, S.L.; SOUZA, J.S.; OLIVEIRA, R.P.; CARDOSO, S.L.; MATSURA, F.C.A.U.; ALMEIDA, C.O. O cultivo da banana. Cruz das Almas, EMBRAPA-CNPMF**. Circular técnica**. 1997. 109 p.

BORGES, E.N.; PASSOS, R.R. Influência do manejo sobre agregados em solo de cerrado. Disponível em: **http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=325.** Acessado em: 25/01/2008.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKY, F.F. SILA, D.D. **Infiltração de água no solo**. Viçosa: UFV, 2006. 118 p.

BREWER, R. **Fabric and mineral analysis of soils**. New York: Jonh Wiley & Sons, 1964. 482 p.

CAMARGO, O. Aeração. In: MONIZ, A.C. (Eds.) **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. p. 85-91.

CAMPOS, B.C.D.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um latossolo vermlho-escuro distrófico após sete anos de rotação de

culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p.121-126, 1995.

CAMPOS, B. C. D.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C.. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.386-391. 1999.

CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A.; RESENDE, A.S. Características da área de estudo e aspectos gerais. In: CAMPELLO, E.F.C. (Eds.) **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA- Agrobiologia. 2004. p. 16-18.

CARNEIRO, M.J. **Agricultores e território: sustentabilidade das práticas e saberes.** CNPq, Projeto de pesquisa, UFRRJ. 2005.

CARPENEDO, V.; MIELNICKUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PADANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.527-538, 1998.

CASTRO JR., E. **O papel da fauna endopedônica na estruturação física do solo e seus significados para a hidrologia de superfície**. 1991. 150 p. Dissertação de mestrado, Instituto de geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.

CEDDIA, M. B. **Efeitos do sistema de corte na produção de cana-de-açucar e em**. **propriedades físicas de solo de tabuleiro no Espírito Santo**. 1998. 79p. Dissertação de mestrado, Instituto de agronomia, UFRRJ, Seropédica.

CIDE. Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro. 2000.

CINTRA, F.L.D. Manejo e conservação do solo em bananais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.10. p 65-73. 1988.

COELHO NETTO, A.L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (Eds.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001. p. 93-148.

CORREIA, M.E.F.; REIS, L.L.; CAMPELLO, E.F.C. População da macrofauna do solo em agricultura itinerante na Região da Mata Atlântica, RJ. In: CAMPELLO. E.F.C. **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA-Agrobiologia, 2004. p. 62-75.

CORREIA, M.E.F.; REIS, L. L.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A.A. Variações na diversidade e densidade da macrofauna do solo em um mosaico de fragmentos florestais e

agricultura itinerante em Bom Jardim, RJ. In.Workshop sobre ações de pesquisa no campo experimental de Bom Jardim. Embrapa-CNPS. **Anais…** 2007. (CD-room)

COSTA, A.C.S.; LIBARDI, P.L. Caracterização físico-hídrica de um perfil de terra roxa estruturada latossólica pelo método do perfil instantâneo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.663-677, 1999.

COSTA, J. B. **Características e constituição do solo**. 7ª ed. Lisboa: Calouste Gulbenkian. 1999. 527 p.

COUTINHO, H.L.C.; ABOIM, M.C.R.; BENITES, V.M.; ROSADO, A.S.; BARBOSA, J.C.; RIBEIRO, E.; PORTOCARRERO, H.; SANTOS, F.A; ANDRADE, A.G. Dinâmica da diversidade microbiana e da qualidade do solo em um sistema de agricultura migratória na Região Serrana Fluminense. In: CAMPELLO, E.F.C. **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA - Agrobiologia, 2004. p. 49-61.

COUTINHO, H.L.C.; PRADO, R. B.; ORTEGA, A.; Qualidade de solo e água como indicadores de recuperação de áreas degradadas submetidas a manejo agroflorestal. **Relatório Técnico**. EMBRAPA, Rio de Janeiro, 2005.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L.; AGUIAR, A.C.. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rura**l, Santa Maria, v. 31, n.1, p.27-36, 2001.

CURI, N.; LARACH, J.O.I., KAMPF, N.; MONIZ, A.C.; FONTES, L.E.F.et al. **Vocabulário de ciência do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 88 p.

CURMI, P. Relação entre o espaço poral do solo e seu funcionamento hídrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21, Campinas, 1988. **Anais…** Campinas, SBCS, 1988, p.447-452.

DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L Porosity. In: KLUTE A. (ed.). **Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2ª.ed. Madison: ASA/ SSSA, 1986, p. 443-460. (Agronomy, nº 9)

DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Mercury intrusion method. In: KLUTE A. (ed.). **Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2ª.ed. Madison: ASA/ SSSA, 1986, p. 457-461. (Agronomy, nº 9)

ELTZ, F.L.F.; COGO, N.O.; MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno avermelhado distrófico (São Jerônimo). Resultados do primeiro ano. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, p. 123-127, 1977.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas e químicas de um latossolo bruno álico. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p.259-267. 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análises do solo.** 2ª ed. rev. e atu. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212p. (Série Documentos, nº1)

ERICK, D.E.; REYNOLDS, W.D.; BAUMGHARTNER, N. **Operating instructions guelph permeameter**. Santa Bárbara: Soil moisture equipament corporation, 1986. 28 pp.

FALCÃO SOBRINHO, J.; ROSS, J.L.S. O processo de erosão em ambiente de superficie sertaneja - varjota (CE)**. GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, n.21, p. 53 - 66, 2007.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H.M.; BRONSON, R.D.; MANNERING, J.V. Efeitos de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 329-333, 1983.

FERNANDES, A. L. T.; SILVA, R.P.; DRUMOND, L.D.; SILVA, R. P.; OLIVEIRA, C. B. Estudo da compactação do solo em diferentes níveis de tecnologia de produção de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**,** Foz do Iguaçu, 2001, **Anais...**, 2001.

FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B.; CURI, N. Influência da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.515-524, 1999.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: FEPAF, 2006. 271p.

FREITAS, M.M., **Comportamento hidrológico e erosivo de bacia montanhosa sob uso agricola: estação experimental do rio Boa Vista, Nova Friburgo - RJ**. 1998. 104 p. Dissertação de Mestrado Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.

FREITAS, M.M. **Funcionalidade hidrológica dos cultivos de banana e territorialidades a paisagem do parque municipal de Grumari - Maciço da Pedra branca- RJ**. 2003. 247 p. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, UFRJ, Rio de Janeiro.

GAVANDE, S.A. **Fisica de suelos, principles e aplicaciones.** Cidade do México: Editorial Limusa, 1982. 351 p.

GREENLAND, D.J. Soil management and soil degradation. **The Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 32, p.301-322, 1981.

GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. (Ed.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975A. p. 77-82.

GROHMANN, F. Compacidade. In: MONIZ, A.C. (Ed.). **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975B. p. 93-99.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (eds.). **Gemorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2001. p.149-209.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 648p.

HECHT, S.B. **A evolução do pensamento agroecológico**. In : ALTIERI, M. Agroecologia bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: AS-PTA, 2002. 21-51 p.

HILLEL, D. **Fundamentals of Soil Physics**. San Diego: Academic Press, 1980. 413 p.

HORN, R. Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. **Soil Tillage Reseach**, Amsterdan, v. 17, p. 265-289, 1990.

HORNER, R.; DEXTER, R.A. Dynamics of soil aggregation in an irrigated desert loess. **Soil Tillage Research**, Amsterdan, v.13, p.253-266, 1988.

JOHNSON, W.M.; McCELLAND, J.E.; McCALEB, S.B. ULRICH, R.; HARPER, W. G.; HUTCHINGS, T. B.Classification and description of soil pores. **Soil Science**, Baltimore, v. 89, p. 319-321, 1960.

JORGE, J.A. **Física e manejo de solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328 p.

KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis - physical and mineralogical methods**. Madison: ASA/SSSA, 1986. p.425-442.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Editora Ceres, 1979. 264 p.

KRIBA, M.; HALLAIRE, V.; CURMI, P.; LAHMAR, R. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi arid climate. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 60 p. 43-53. 2001.

KUTÍLEK, M.; NIELSEN, D.R. **Soil hydrology**. Cremlingen: Catena, 1994.

LACERDA, N.B.; ZERO, V.M.; BARILLI, J.; MORAES, M. H.; BICUDO, S. J. Efeito de sistemas de manejo na estabilidade de agregados de um Nitossolo Vermelho**. Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 686-695, 2005.

LAGOS, A.R.; MULLER, B.L.A. Hotspot brasileiro, Mata Atlântica. **Saúde e ambiente**, Duque de Caxias, v.2 n.2, p. 25-35, 2007.

LAL, R. Physical management of the soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science,** Baltimore, v. 165, n. 3, p.191-207, 2000.

LAMANDE, M.; HALLAIRE, V.; CURMI, P. ; PÉRES. G. CLUZEAU, D. Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soli under different agricultural managements. **Catena**, Amsterdam, v. 54, p. 637-649. 2003.

LAWRENCE, G.P. Measurement of pore size in fine-textured soils: a review of existing techiniques.**The Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 28, n.4, p. 527-540. 1977.

LEAMER, R.W.; SHAW, B. A simple apparatus for measuring non capillary porosity on an extensive scale. **Journal of American Society of Agronomy**, Madison, v.33, p.1003-1008, 1941.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos**. 2ª. Ed. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 178 p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, Edusp. 1995. 497 p.

LIMA, H.V.; LIMA, C.L.R.; LEÃO, T.P.; COOPER, M.; SILVA, R.E.R. Tráfego de máquinas agrícolas e alterações de biporos em área sob pomar de laranja. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v, 29, p. 677-684, 2005.

LIMA, L.G.; BARROS, A.L.R.; BERTOLINO, A.V.F.A. BERTOLINO, L.C. Degradação ambiental dos solos: manejos diferentes em bioma de Mata Atlântica na Região Serrana/RJ. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, Goiânia, 2006, **Anais**... Goiânia: IAG: UGB, 2006. p. 11.

LIMA, M.B.; SILVA, S.O.; FERREIRA, C.F. **Banana: 500 perguntas 500 respostas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. 182p.

LOBÃO, M.S.; EL KHOURI, C.M.; LOBÃO, D.E. Leis que disciplinam, nos domínios da Mata Atlântica, a ação antrópica no Saf-cacaucabruca. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2002. **Anais...**

LOBATO, E.J.; LIBARDI, P.L. Condutividade hidráulica das amostras remoldadas de um latossolo roxo distrófico tratado com água/vinhaça. **Revista Brasileira da Ciência do Solo,** Viçosa,v. 22 p, 181-188, 1998.

LUCARELLI, J.R.F. **Alterações em características de um latossolo roxo submetido a diferentes sistemas de manejo**. 1997. 87p. Dissertação – Mestrado em Agronomia. Instituto de agronomia, Unicamp, Campinas.

LUNA-FILHO, E.P. Cafés do Brasil e indicações geográficas. Disponível em: **http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=99.** Acessado em: 25/01/2008.

LUXMOORE, R.J. Micro, meso and macroporosity of soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, p.671-672, 1981.

LUXMOORE, R.J.; JARDINE, P.M.; WILSON, G.V.; JONES, J.R.; ZELAZNY, L.W. Physical and chemical controls of preferred path flow through a forested hillslope. **Geoderna**, Amsterdam, v. 46, p.139-154, 1990.

MACEDO, M.O.; RESENDE, A.R.; FRANCO, A.A.; CAMPELLO, E.F.C. JANTALIA, C.P. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono em um cambissolo de Bom Jardim em resposta a diferentes sistemas de manejo. In: Workshop sobre ações de pesquisa no campo experimental de Bom Jardim-RJ, Rio de Janeiro, 2007, **Resumos....** Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2007, Cd-room.

MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; ANDRANDE, A.G.; VALENCIA, L.I.O. No tilage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a rhodic ferrasol from southern Brazil. **Soil and Tillage Research,** Amsterdam, v. 80, p.185-200, 2005.

MAGALHÃES, L.M.S.; FREITAS, W.K. Fragmentos florestais em pequenas propriedades rurais: bases para o seu manejo e conservação. In: CAMPELLO, E.F.C. (Eds.) **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 2004, p. 28-35.

MANTOVANI, E.C.; SOUSA, M. B. A. ; SILVA, J. G. F. SOARES, A.A. Estudo do Consumo de Água do Cafeeiro em Fase de Produção, Irrigado por Pivô Central na Região Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia. In: XXVII Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2001, Uberaba-MG. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras.** Uberaba-MG: 2001. p. 331-333.

MARTINS, P.F.S.; COELHO, M.A. Efeito do manejo da vegetação sobre retenção e movimento da água no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, p. 67-71, 1980.

MAZURAK, A. P. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.69, p.135-148, 1950.

MENDES, C.A. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim - RJ.** 2006. 227 p. Tese – Doutorado em Geotecnia, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro.

MESQUITA, M.G.B.F.; MORAES, S.O. The dependence of the saturated hydraulic conductivity on physical soil properties. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34 n.3, p.963-969, 2004.

MIRANDA, R.A.C.; PEREIRA, F.R.; MONAT, A.S. Interceptação de chuva em cafezais adensados da Região Serrana Centro-Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n.2, p. 283-288, 2004.

MONIZ, A. C. **Elementos de pedologia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e científicos, 1975. 459p.

NEWMAN, A.C.D.; THOMASSON, A.J. Rothamsted studies of soil structure III pore size distributions and shrinkage processes. **The Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 30 p. 415-439, 1979.

NUNES, L.A.P.L.; FILHO, J.A.A; MENEZES, R.I.Q. Impacto da queimada e do pousio sobre a qualidade de um solo sob caatinga no semi-árido nordestino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 200-208, 2006.

OLIVEIRA, C.A.P.; SOUZA, C.M. Influência da cobertura morta na umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.)**. Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal**,** v. 25, n. 2, 2003.

OLIVEIRA, L. B. Determinação da macro e microporosidade pela mesa de tensão em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 197-200. 1968.

OLIVEIRA, L.B.; MELO, V. Caracterização físico-hídrica do solo II unidade Utinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.3, p.67-81. 1978.

OLIVEIRA, T.S. COSTA, L.M. REGAZZI, A.J. FIGUEIREDO, M.S. Efeitos de ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.509-515, 1996.

OLIVEIRA, R.R. **O rastro do homem na floresta; sustentabilidade e funcionalidade da Mata Atlântica sob manejo caiçara**. 1999. 148 p. Tese – Doutorado em Geografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, C.V.; KER, J.C.; DUARTE, M.N.; CURI, N.; FONTES, L.E.F. Atributos micromorfológicos de solos do projeto Jaíba, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p.117-128, 2000.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S; RESCK, D. V. S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p.327-336. 2004.

PAGLIAI, M. Micromorphology and soil management. **Development in Soil Science**, Amsterdam , v. 10, p. 623-64, 1994.

PAGLIARI, M.; LAMARCA, M.; LUCAMENTE, G.; GENOVESE, L. Effects of zero and conventional tillage on the lenght and irregularity of elongated pores in a clay loam soil under viticulture. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.4, p.433-444, 1984.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição de tamanho de agregados de um solo podzóilico vermelho-escuro afetado por sistema de culturas**. Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p.135-140, 1991.

PALMEIRA, P.R.T.; PAULETTO, E.A.; TEIXEIRA, C.F.A.; GOMES, A.S.; SILV, J.B. Agregação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 23. p. 189-195, 1999.

PAULA NETTO, J. V.; BORGES, E.N.; PASSOS, R. R.; GONTIJO, I.; SILVA, C.A. Influência do Manejo Sobre a Estabilidade de Agregados em Solo de Cerrado Sob Cafeicultura. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2001, Vitória-ES. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**,** 2, Brasília, 2001. **Anais....** Brasília : Embrapa/Café, 2001.

PINHEIRO, E.F.M. **Frações orgânicas e agregação do solo sob cultivo de oleráceas em Paty do Alferes (RJ)**. 2002. 83p. Dissertação - Mestrado em Agronomia, Instituto de Agronomia, UFRRJ, Seropédica.

PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Aggregate distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brazil. **Soil e Tillage Research**, Amsterdan, v. 77, p. 79-84. 2004.

PLASTER, E.J. **Soil science and management**. Washington: Delmar, 1992. 402 p.

PRADO, R.M., ROQUE, C.G.; SOUZA, Z.M. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p.1795-1801, 2002.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Disponível em**:** **http://www.planalto.gov.br/ccivil/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm.** Acessado em: 16/02/2008.

PREVEDELLO, C.L. **Física do solo**. Curitiba: Saeafs, 1996. 446 p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecologico del suelo**. Buenos Aires: El Atene: 1984, 499 p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987, 188 p.

REICHERT J. M.; DA VEIGA M.; CABEDA M. S. V. Índices de estabilidade de agregados e suas relações com características e parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17. nº 22, p.283-290. 1993.

RESENDE, A.S.; CAMPELLO, E.F.C.; SILVA, G.T.A.; FRANCO, A.A. Avaliação do estoque de nutrientes nas cinzas e na serrapilheira em um sistema de agricultura migratória. In: CAMPELLO. E.F.C. **Seminário sobre agricultura migratória na região serrana do Rio de Janeiro**. Seropédica: EMBRAPA-Agrobiologia, 2004. p. 76.

RICHARD, G.; COUSIN, I.; SILLON, J.F. BRUAND, A. ; GUÉRIF, J. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: influence on unsatureted hydraulic properties. **European Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 52, p.49-58, 2001.

RINGORASE-VOASE, A.J.; BULLOCK, P. The automatic recognition and measurement of soil pore types by image analysis and computer programs. **The Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 35, p. 673-684, 1984.

RODRIGUES, M.F.; CORCINI, A.L.M.C.; GUBIANI, P.I.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; FONTINELLI, F. Estabilidade de agregados em solos vérticos cultivado com cebola no Uruguai. Propriedades físicas e químicas em diferentes manejos na região serrana/RJ sob bioma de Mata Atlântica. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Gramado, **Anais....** SBCS, 2007, (Cd-Room).

ROTH, C. H., CASTRO FILHO, C. & MEDEIROS, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p.241-248, 1991.

SÁ, M. A.C., LIMA, J. M. & MELLO, C. R. Nível de energia ultra-sônica para estudo da estabilidade de agregados de um Latossolo sob diferentes usos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.11, p.1649-1655. 2002.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um podzólico vermelho-escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p. 313-319, 1995.

SANTOS, E.E.F.; RIBEIRO, M.R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades de um latossolo e um argilossolo da região do submédio São Francisco: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.875-884, 2000.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta no campo**. Viçosa, SBCS, 5ªed. 2005.

SCHAEFER, C.E.G.R. ; SOUZA, C.M.; VALLEJOS M.F.J. ; VIANA, J.H.M.; GALVÃO, J.C.C.; RIBEIRO, L.M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 765-769, 2001.

SHIPTALO, M.J.; DICK, W.A.; EDWARDS, W.P. Conservation tillage and macropores factors that affect water movement and the fate of chemicals. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.53, p. 167-183, 2000.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. MONDARGO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em latossolo roxo distrófico (oxisol). **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.103-106, 1983.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.91-95, 1986.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.113-117, 1997A.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 313-319, 1997B.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J.; Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Campinas, v.22, p.311-317. 1998.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R. Caracterização de Latossolo amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no estado de Alagoas: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.677-684, 1997.

SILVA, A.J.N.; RIBEIRO, M.R.; CARVALHO, F.G.; SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F. Impact of sugarcane cultivation on soil carbon fractions, consistence limits and aggregate stability of a yellow latosol in Northeast Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, 420-424, 2006.

SILVA, R.F. **Roça caiçara: dinâmica de nutrientes, propriedades físicas e fauna do solo em um ciclo de cultura**. 1998. 165 p. Dissertação – Mestrado em Agronomia. Instituto de Agronomia, UFRRJ, Seropédica.

SILVA, R.C.; PEREIRA, J.M.; ARAÚJO, Q.R.; PIRES, A.J.V.; DEL REI, A.J. Alterações nas propriedades químicas e físicas de um chernossolo com diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.101-107. 2007.

SILVEIRA, A. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. Ciclo **Hidrologia, ciência e aplicação**. 3ª Ed. Porto Alegre: UFRGS**,** 2004A. p. 35-51.

SILVEIRA, A.L., LOUZADA, J.A.; BELTRAME, L. Infiltração e armazenamento de água no solo. In: TUCCI, C.E.M**.** (Ed.). **Hidrologia - Ciência e aplicação**, Porto Alegre: UFRGS, 2004B, p. 335-372.

SIMÕES, W.L.; SILVA, E.L.; LIMA' D.M. OLIVEIRA, M.S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférrico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.6. 2006.

SIX, J.; ELLIOT, E. T. PAUSTIIAN, K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture. **Soil Biology e Byochemistry**, Amsterdam, v. 32, n.12, p. 2099-2103, 2000.

SOUSA, H.U.; NETO, F.R.C.; SILVA, C.R.R.; CARVALHO, J.G. Crescimento do sistema radicular de mudas de bananeira sob influência do substrato e superfosfato simples. **Revista da Unifenas**, Alfenas, v.5, p.15-19, 1999.

SOUZA, Z.M.; JÚNIOR, J.M.; COOPER, M.; PEREIRA, G.T. Micromorfologia do solo e sua relação com atributos físicos e hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 487-492, 2006.

SUERTEGARAY, D.M.A. Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: A.J.T. GUERRA e S.B. CUNHA (Eds.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996, p. 249-289.

THOMAZIELLO, R.A.; FAZUOLI,, L.C.; PEZZOPANE, J.R.M.; FAHL, J.L.; CARELLI, M.L.C. **Café arábica: cultura e técnicas de produção**, Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 82 p. (Boletim técnico, IAC n.º 187).

TSIDALL, J.M.; OADES, J.N. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **The Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 33. p.141-164, 1982.

VAN BAVEL, C. H. M. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.14, p.14-20, 1949.

VIEIRA, B.C. **Caracterização in situ da condutividade hidráulica dos solos e sua influência no condicionamento dos deslizamentos da bacia do Rio Papagaio, Maciço da Tijuca (RJ)**. 2001. 130 p. Dissertação – Mestrado em Geografia, Instituto de Geociênicas, UFRJ, Rio de Janeiro.

WAIRU, M; LAL, R. Tillage and use effects on soil microporosity in Ohio, USA and Kolombangara, Solomon Islands. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 88, p.80-84, 2006.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.487-494, 2005.

WOHLENBERG, E.V.; REICHERT, J.M. REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira do Solo**, Viçosa, v. 28. p. 891-900. 2004.

WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G.M.B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 621-633, 2000.

YODER, R.E. A direct methodo of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.28, p.337-351, 1936.

ZHANG, G.S; CHAN, K.Y.; OATES, A.; HEENAN, D.P.; HUANG, G.B. Relationship between soil structure and runoff/soil loss after 24 years of conservation tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdan, v. 92, p.122–128. 2007.

ZIMMERMANN, B.; ELSENBEER, H.; MORAES, J.M. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdan**,** v. 222, 29–38p. 2006.

8- ANEXOS

8.1- Perfis de solos de Bom Jardim

Perfil 1

Descrição Geral

Perfil nº 1

Número de campo: Ban

Data: 19.04.01

Classificação: ARGISSOLO AMARELO Distrófico cambico, textura média, A proeminente, hipodistrófico, caulinítico, hipoférrico, muito profundo, ácido, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso

Unidade de mapeamento:

Localização: parcela banana, sítio da Cachoeira (sr Izaltino), 4º distrito (Barra Alegre) de Bom Jardim-RJ. Coordenadas 22º15'30"S. e 42º17´30"W.Gr. Folha Quartéis.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: terço inferior, declive de 60 a 70%, sob cultivo de banana.

Altitude: 850 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: migmatito, Unidade Rio Negro, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: montanhoso.

Relevo regional: montanhoso.

Erosão: não aparente.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subperenifólia.

Uso atual: cultivo de banana, há cerca de 15 anos.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e L. L. Reis.

Descrição Morfológica

Ap 0-23cm; cinzento muito escuro (10YR 3/1, úmido); franco-argiloarenosa; forte/moderad pequena e média granular e blocos angulares e subangulares; muitos poros pequenos, médic e grandes; muito friável, plástica e pegajosa; transição plana e gradual.

A 23-63cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido); franco-argiloarenosa; moderada média e pequena blocos subangulares; muitos poros pequenos, médios e grandes; friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara (17-40cm).

BA 63-74cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido); franco-argiloarenosa; moderada média blocos angulares; cerosidade comum e moderada; muitos poros pequenos e médios; firme, muito plástica e muito pegajosa ; transição plana e gradual.

Bt1 74-122cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido); franco-argiloarenosa; moderada média blocos angulares; cerosidade comum e moderada; muitos poros pequenos e médios; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição plana e gradual.

Bt2 122-185cm; bruno (10YR 5/3, úmido); franco-argiloarenosa; fraca/moderada média blocos angulares; cerosidade pouca e fraca; muitos poros pequenos e médios; firme, muito plástica e muito pegajosa.

Tradagm

185-200cm; idem ao anterior.

C 200-300cm^{+}; bruno-amarelado-claro (2,5Y 6/4, úmido); franco-arenosa/areia-franca; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Raízes: muitas médias e finas no horizonte Ap; comuns médias e finas no A; poucas finas e médias no BA e raras finas no Bi1.

Observações:

- perfil úmido;
- muitos filmes de material iluvial (matéria orgânica) no BA e Bt1 e comuns no Bt2;
- muita atividade biológica no horizonte A (cupins, formigas, minhocas);
- muitas pontuações de feldspato ao longo do perfil;
- ocorrência de corrida de massa (pequena barreira) a montante do local do perfil;
- a área vem sendo adubada há cerca de 25 anos.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº
Amostra de laboratório: 01.0426/0430
Número de campo: Ban

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-23	0	260	974	508	106	162	224	163	27	0,72	1,43	2,70	47
A	-60	0	320	968	412	130	193	265	204	23	0,73	1,27	2,60	51
BA	-74	0	460	954	397	108	188	307	20	93	0,61	1,44	2,63	45
Bt1	-122	0	250	975	389	100	184	327	0	100	0,56	1,36	2,56	47
Bt2	-185	0	210	979	386	116	191	307	0	100	0,62	1,39	2,60	46

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol$_c$/kg								Valor V (sat. por bases) %	Saturação por alumínio %	P assimlável mg/kg
	Água	KCl 1N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Valor S (soma)	Al^{3+}	H^{+}	Valor T (soma)			
Ap	4,7	4,1	2,9	0,6	0,21	0,01	3,7	0,4	5,0	9,1	41	10	3
A	4,6	4,0	0,8	0,4	0,09	0,01	1,3	1,3	3,7	6,3	21	50	1
BA	5,0	4,1	1,4	0,4	0,10	0,01	1,9	0,9	3,2	6,0	32	32	1
Bt1	5,1	4,1	0,9	0,4	0,09	0,01	1,4	0,8	3,3	5,5	25	36	1
Bt2	5,3	4,1	0,9	0,5	0,10	0,01	1,5	0,9	2,7	5,1	29	37	2

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Fe_2O_3 livre g/kg	Equivalente de $CaCO_3$ g/kg
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ (Ki)	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ (Kr)	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
Ap	14,6	1,4	10	91	79	40	6,3			1,96	1,48	3,10		
A	7,4	0,7	11	112	105	44	7,3			1,81	1,43	3,75		
BA	4,3	0,6	7	132	128	55	8,2			1,75	1,37	3,65		
Bt1	3,0	0,4	7	135	132	58	8,6			1,74	1,35	3,57		
Bt2	2,5	0,4	6	142	132	60	8,2			1,83	1,42	3,45		

Horizonte	Saturação por sódio %	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5) cmol$_c$/kg								Constantes hídricas g/100g			
		C. E. do extrato mS/cm 25ºC	Água %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Umidade 1/30MPa	Umidade 1,5MPa	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
Ap	<1														
A	<1														
BA	<1														
Bt1	<1														
Bt2	<1														

Relação textural: 1,3

Perfil 2

Descrição Geral

Perfil nº 2

Número de campo: Pousio recente

Data: 08.08.01

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico argissólico, textura média, A proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso.

Unidade de mapeamento:

Localização: parcela de pousio recente próximo ao cultivo de banana, sítio da Cachoeira (sr Izaltino), 4º distrito (Barra Alegre) de Bom Jardim-RJ. Coordenadas 22º15'30"S. e 42º17´30"W.Gr. Folha Quartéis.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: terço inferior de encosta, declive de 55 a 60%, sob cultivo de inhame (em início de pousio).

Altitude: 850 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: migmatito, Unidade Rio Negro, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: montanhoso.

Relevo regional: montanhoso.

Erosão: não aparente.

Drenagem: moderadamente drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subperenifólia.

Uso atual: inhame em fase de colheita, área em início de pousio.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e C. André.

Observações:

- mini-trincheira de 40cm, tradada até 150cm, observando-se similaridade com o perfil Ban;
- horizonte Ap de 0-18cm e AB de 18-36cm, portanto, horizonte A menos espesso;
- poucos a comuns fragmentos de rocha clara ao longo do perfil;
- saprolito a partir de 120cm de profundidade.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº
Amostra de laboratório: 01.0718/0719
Número de campo: Pousio recente

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20 Mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 Mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-18	0	45	955	454	109	201	236	128	46	0,85			
AB	-36	0	25	975	479	97	201	223	122	45	0,90			

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo $cmol_c/kg$							Valor V (sat. por bases) %	Saturação por alumínio %	P assimlável mg/kg
	Água	KCl 1N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Valor S (soma)	Al^{3+}	H^{+}	Valor T (soma)			
Ap	5,5	4,5	6,3	1,1	0,43	0,03	7,9	0,1	6,2	14,2	56	1	38
AB	4,6	3,8	1,9	0,7	0,14	0,02	2,8	1,1	5,6	9,5	29	28	1

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Fe_2O_3 livre g/kg	Equivalente de $CaCO_3$ g/kg
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ (Ki)	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ (Kr)	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
Ap	16,6	1,6	10											
AB	7,7	0,8	10											

Horizonte	Saturação por sódio %	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5) $cmol_c/kg$								Constantes hídricas g/100g			
		C. E. do extrato mS/cm 25ºC	Água %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Umidade 1/30MPa	Umidade 1,5MPa	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
Ap	<1														
AB	<1														

Relação textural:

Perfil 3

Descrição Geral

Perfil nº 3

Número de campo: Pousio ano/Pousio recente

Data: 19.04.01

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico saprolítico*, textura média, A proeminente, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso, substrato migmatitos.

Unidade de mapeamento:

Localização: parcela pousio ano/pousio recente, a jusante do perfil Past, sítio da Cachoeira (sr Izaltino), 4º distrito (Barra Alegre) de Bom Jardim-RJ. Coordenadas 22º15'30"S. e 42º17´30"W.Gr. Folha Quartéis.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: terço inferior de encosta, declive de 55 a 60%, sob pousio.

Altitude: 900 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: migmatito, Unidade Rio Negro, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: montanhoso.

Relevo regional: montanhoso.

Erosão: não aparente.

Drenagem: bem/acentuadamente drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subperenifólia.

Uso atual: pousio de 1 ano e, também, inhame em fase de colheita (em início de pousio).

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e C. André.

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº
Amostra de laboratório: 01.0716/0717
Número de campo: Pousio ano/recente

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra Fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 Mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
Ap	0-16	0	36	964	440	138	240	182	121	33	1,32			
A2	-36	0	38	962	509	121	188	182	121	33	1,03			

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo cmol$_c$/kg							Valor V (sat. por bases) %	Saturação por alumínio %	P assimlável mg/kg
	Água	KCl 1N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Valor S (soma)	Al^{3+}	H^{+}	Valor T (soma)			
Ap	5,2	4,1	3,3	0,7	0,24	0,03	4,3	0,2	5,3	9,8	44	4	33
A2	5,3	4,1	2,4	0,6	0,10	0,05	3,1	0,1	3,2	6,4	48	3	1

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Fe_2O_3 livre g/kg	Equivalente de $CaCO_3$ g/kg
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ (Ki)	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ (Kr)	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
Ap	12,8	1,1	12											
A2	6,3	0,7	9											

Horizonte	Saturação por sódio %	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5) cmol$_c$/kg								Constantes hídricas g/100g			
		C. E. do extrato mS/cm 25ºC	Água %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	HCO_3^{-}	CO_3^{2-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	Umidade 1/30MPa	Umidade 1,5MPa	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
Ap	<1														
A2	<1														

Relação textural:

Observações:

- mini-trincheira de 40cm, tradada até 140cm, onde ocorrem pedras, observando-se similaridade com o perfil Past;
- horizonte Ap de 0-16cm e A2 de 16-36cm^{+};
- cores avermelhadas no horizonte Bi, observando-se presença de comuns fragmentos de saprolito;
- saprolito a partir de 90cm de profundidade.

Perfil 4

Descrição Geral

Perfil nº 4

Número de campo: Past

Data: 19.04.01

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico saprolítico*, textura média, A proeminente, álico, caulinítico, hipoférrico, muito profundo, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso, substrato migmatitos.

Unidade de mapeamento:

Localização: parcela pastagem, sítio da Cachoeira (sr Izaltino), 4º distrito (Barra Alegre) de Bom Jardim-RJ. Coordenadas 22º15'30"S. e 42º17´30"W.Gr. Folha Quartéis.

Situação, declive e cobertura vegetal sobre o perfil: terço superior/médio de encosta, declive de 65 a 70%, sob pastagem.

Altitude: 900 metros.

Litologia, formação geológica e cronologia: migmatito, Unidade Rio Negro, Pré-Cambriano.

Material originário: produto de alteração das litologias supracitadas.

Pedregosidade: não pedregosa.

Rochosidade: não rochosa.

Relevo local: montanhoso.

Relevo regional: montanhoso.

Erosão: laminar ligeira (presença de muitos trilhos de gado, em nível).

Drenagem: bem/acentuadamente drenado.

Vegetação primária: floresta tropical subperenifólia.

Uso atual: pastagem de capim gordura.

Descrito e coletado por: J. F. Lumbreras, A. L. Lemos e L. L. Reis.

Descrição Morfológica

A 0-32cm; bruno-escuro (7,5YR 3/2, úmido); franco-argiloarenosa; moderada pequena e média granular e blocos subangulares; muitos poros pequenos e médios; muito friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara (20-48cm).

Bi 32-54cm; vermelho (2,5YR 5/6, úmido); franco-argiloarenosa; moderada/fraca pequena e média blocos subangulares; muitos poros pequenos e médios; friável, plástica e pegajosa; transição ondulada e clara (22-42cm).

BC 54-67cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido); franco-arenosa; fraca pequena blocos subangulares; muitos poros pequenos e médios; muito friável, plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara (13-35cm).

C1 67-150cm; bruno-oliváceo-claro (2,5Y 5/3, úmido) e vermelho (2,5YR 4/8, úmido); franco-arenosa pouco cascalhenta; sem estrutura; muitos poros pequenos; muito friável, ligeiramente plástica e não pegajosa.

Tradagem 150-185cm; idem ao anterior.

C2 185-300cm; bruno-avermelhado (5YR 4/4, úmido) e bruno-acinzentado-escuro (2,5Y 4/2, úmido); areia; não plástica e não pegajosa.

Raízes: muitas finas e raras médias no horizonte A; comuns/poucas finas e raras médias no B.

Observações:

- ligeiramente compactado na superfície;
- muita atividade biológica até o topo do C (cupins, formigas, minhocas);
- fragmentos de saprolito ao longo do perfil, em comum quantidade, e poucos calhaus;
- alternância de cores avermelhadas e oliváceas, com presença de feldspato, a partir de 185cm.

* Sugestão de criação desta classe no 4º nível taxonômico (saprolítico) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999).

Análises Físicas e Químicas

Perfil nº
Amostra de laboratório: 01.0431/0434
Número de campo: Past

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de floculação %	Relação silte/ argila	Densidade g/cm³		Porosidade cm³/100cm³
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus >20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina <2 mm	Areia grossa 2-0,2 Mm	Areia fina 0,2-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 Mm	Argila <0,002 mm				Solo	Partículas	
A	0-32	0	26	974	373	189	172	266	41	85	0,65	1,29	2,53	49
Bi	-54	0	37	963	426	175	195	204	20	90	0,96	1,36	2,60	48
BC	-67	0	66	934	504	116	217	163	20	88	1,33	1,34	2,60	48
C1	-150	0	82	918	497	134	308	61	20	67	5,05	1,42	2,60	45

Horizonte	pH (1:2,5)		Complexo sortivo $cmol_c/kg$								Valor V (sat. por bases) %	Saturação por alumínio %	P assimlável mg/kg
	Água	KCl 1N	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Valor S (soma)	Al^{3+}	H^+	Valor T (soma)			
A	5,2	4,4	0,8	1,0	0,29	0,01	2,1	0,5	5,5	8,1	26	19	1
Bi	5,0	4,3	0,4		0,04	0,01	0,4	1,1	2,8	4,3	9	73	1
BC	5,2	4,2	0,5		0,05	0,01	0,6	1,4	1,7	3,7	16	70	1
C1	5,4	4,1	0,6		0,07	0,01	0,7	1,0	0,6	2,3	30	59	1

Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	Relação C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações moleculares			Fe_2O_3 livre g/kg	Equivalente de $CaCO_3$ g/kg
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$ (Ki)	$\frac{SiO_2}{R_2O_3}$ (Kr)	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$		
A	13,4	1,2	11	117	120	49	6,3			1,66	1,32	3,84		
Bi	3,6	0,4	9	122	127	57	5,9			1,63	1,27	3,50		
BC	2,8	0,3	9	127	129	55	5,7			1,67	1,32	3,68		
C1	1,6	0,2	8	133	118	53	7,7			1,92	1,49	3,50		

Horizonte	Saturação por sódio %	Pasta saturada		Sais solúveis (extrato 1:5) $cmol_c/kg$								Constantes hídricas g/100g			
		C. E. do extrato mS/cm 25ºC	Água %	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	HCO_3^-	CO_3^{2-}	Cl^-	SO_4^{2-}	Umidade 1/30MPa	Umidade 1,5MPa	Água disponível máxima	Equivalente de umidade
A	<1														
Bi	<1														
BC	<1														
C1	<1														

Relação textural: 0,8

9.2- Análise estatística das propriedades físicas

```
Trat: tratamento
Prof: profundidade
Bloco: setor

Significância da variação: 0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Análise geral
           Df Pillai approx F num Df den Df    Pr(>F)
trat        4 2.2041   3.0683     48    120 3.966e-07 ***
Prof        3 1.4723   2.3291     36     87  0.000727 ***
Bloco       2 0.7784   1.4868     24     56  0.112088
trat:Prof  12 3.5800   1.3464    144    456  0.011408 *
Residuals  38

Indice de estabilidade de agregados (IEA):

           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat        4 3164.2   791.0  9.0045 3.228e-05 ***
Prof        3  587.6   195.9  2.2295    0.1005
Bloco       2  233.5   116.8  1.3291    0.2768
trat:Prof  12 1175.2    97.9  1.1148    0.3770
Residuals  38 3338.3    87.8

Percentagem de agregados acima de 2 mm (PA2):

           Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat        4 3939.2   984.8  6.9420 0.0002685 ***
Prof        3 1956.7   652.2  4.5978 0.0076734 **
Bloco       2   90.7    45.4  0.3197 0.7282746
trat:Prof  12 3199.8   266.6  1.8796 0.0693251 .
Residuals  38 5390.7   141.9

Macroporosidade (MA):
           Df   Sum Sq  Mean Sq F value   Pr(>F)
trat        4 0.125697 0.031424  6.3882 0.000493 ***
Prof        3 0.070139 0.023380  4.7528 0.006541 **
Bloco       2 0.012756 0.006378  1.2965 0.285298
trat:Prof  12 0.059715 0.004976  1.0116 0.457738
Residuals  38 0.186926 0.004919

 Microporosidade (MI):
           Df   Sum Sq  Mean Sq F value    Pr(>F)
trat        4 0.020598 0.005149  5.3658 0.0015866 **
```

```
Prof         3 0.023135 0.007712  8.0357 0.0002866 ***
Bloco        2 0.012427 0.006213  6.4744 0.0038050 **
trat:Prof   12 0.011276 0.000940  0.9792 0.4850850
Residuals   38 0.036467 0.000960
```

Aeração (AE):

```
           Df   Sum Sq  Mean Sq F value   Pr(>F)
trat        4 0.108981 0.027245  5.3904 0.001542 **
Prof        3 0.022769 0.007590  1.5016 0.229689
Bloco       2 0.010604 0.005302  1.0490 0.360213
trat:Prof  12 0.040130 0.003344  0.6616 0.775843
Residuals  38 0.192068 0.005054
```

Densidade do solo (DSM):

```
           Df  Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
trat        4 0.94966 0.23741 12.3467 1.578e-06 ***
Prof        3 0.19548 0.06516  3.3886   0.02770 *
Bloco       2 0.14908 0.07454  3.8765   0.02937 *
trat:Prof  12 1.39211 0.11601  6.0331 9.351e-06 ***
Residuals  38 0.73070 0.01923
```

Carbono orgânico (C):

```
           Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trat        4 1109.8   277.5  1.4977 0.2222
Prof        3  213.2    71.1  0.3836 0.7654
Bloco       2  555.9   277.9  1.5004 0.2360
trat:Prof  12 2429.4   202.4  1.0928 0.3934
Residuals  38 7039.5   185.3
```

Argila (ARG):

```
           Df  Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
trat        4  3155.6   788.9  2.0682 0.1042
Prof        3  2072.8   690.9  1.8114 0.1615
Bloco       2   322.1   161.1  0.4222 0.6586
trat:Prof  12  7300.2   608.3  1.5949 0.1347
Residuals  38 14494.9   381.4
```

Areia Grossa (AREG):

```
           Df  Sum Sq Mean Sq F value  Pr(>F)
trat        4  5753.3  1438.3  3.1616 0.02447 *
Prof        3   736.5   245.5  0.5396 0.65807
Bloco       2  4658.7  2329.4  5.1202 0.01074 *
trat:Prof  12  3053.5   254.5  0.5593 0.86018
Residuals  38 17287.5   454.9
```

Areia Fina (AREF):

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trat	4	9430	2357	1.8601	0.1375
Prof	3	2482	827	0.6529	0.5861
Bloco	2	2539	1270	1.0017	0.3767
trat:Prof	12	15940	1328	1.0481	0.4281
Residuals	38	48160	1267		

Silte (SIL):

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trat	4	16017	4004	2.5991	0.05134 .
Prof	3	5990	1997	1.2959	0.28984
Bloco	2	571	286	0.1855	0.83146
trat:Prof	12	18920	1577	1.0234	0.44803
Residuals	38	58544	1541		

Densidade de partículas (DPB):

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
trat	4	0.123433	0.030858	4.5274	0.004339 **
Prof	3	0.016487	0.005496	0.8063	0.498218
Bloco	2	0.005294	0.002647	0.3884	0.680824
trat:Prof	12	0.125840	0.010487	1.5386	0.153064
Residuals	38	0.259002	0.006816		

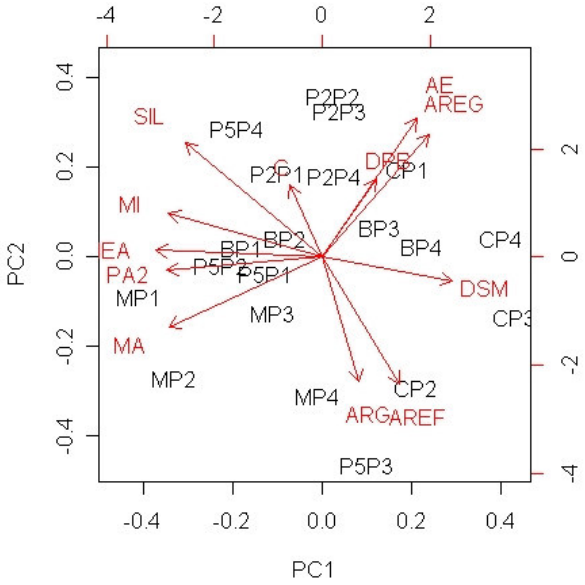


Figura 47: Análise multivariada entre as propriedades físicas. Os índices físicos estão em vermelho e os manejos estão em preto (C- Café; B- Banana; P2- Pousio 2 anos; P5- pousio 5 anos; M- mata; P1- profundidade 0-5 cm; P2- profundidade 5-10 cm; P3- profundidade 10-20 cm; P4- profundidade 20-30 cm.

9.3- Correlações das propriedades

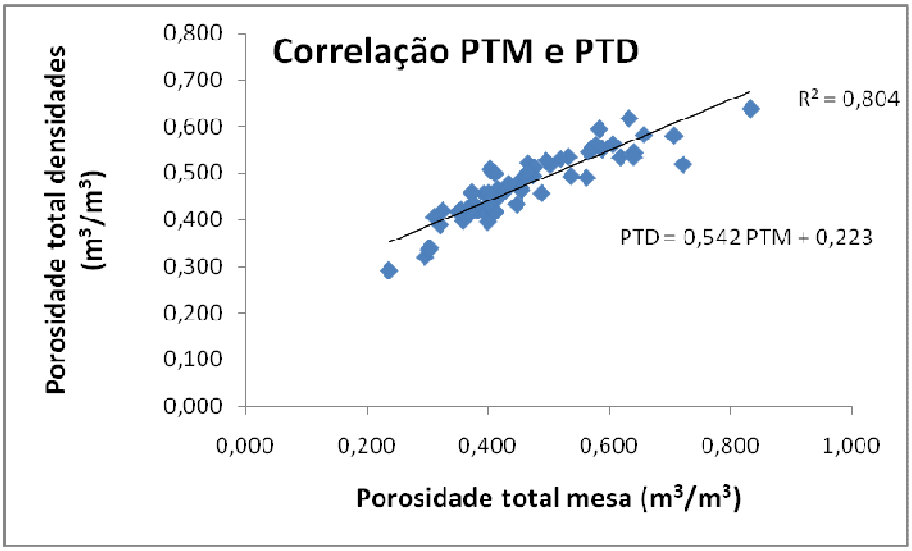


Figura 48: Gráfico de correlação entre a porosidade total pelo método da mesa de tensão e porosidade total pelo método da densidade.

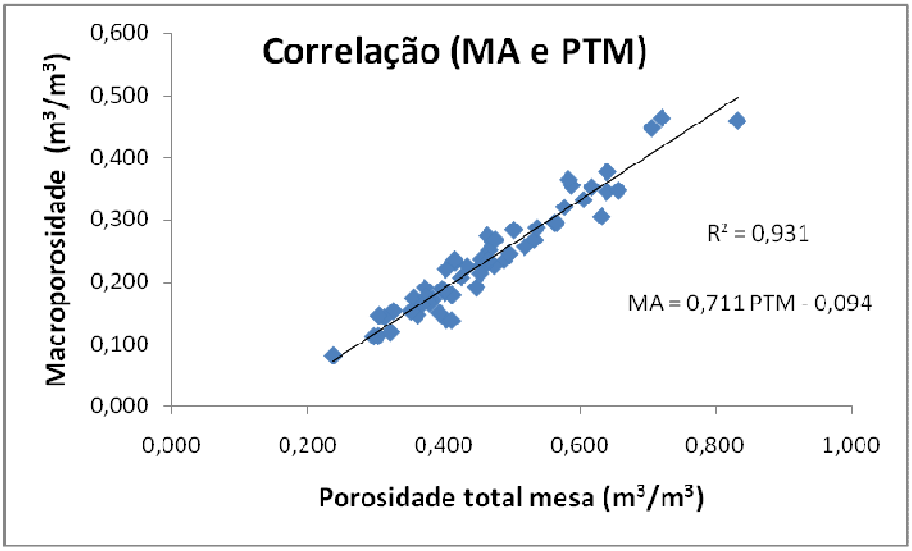


Figura 49: Gráfico de correlação entre a porosidade total pelo método da mesa de tensão e macroporosidade.

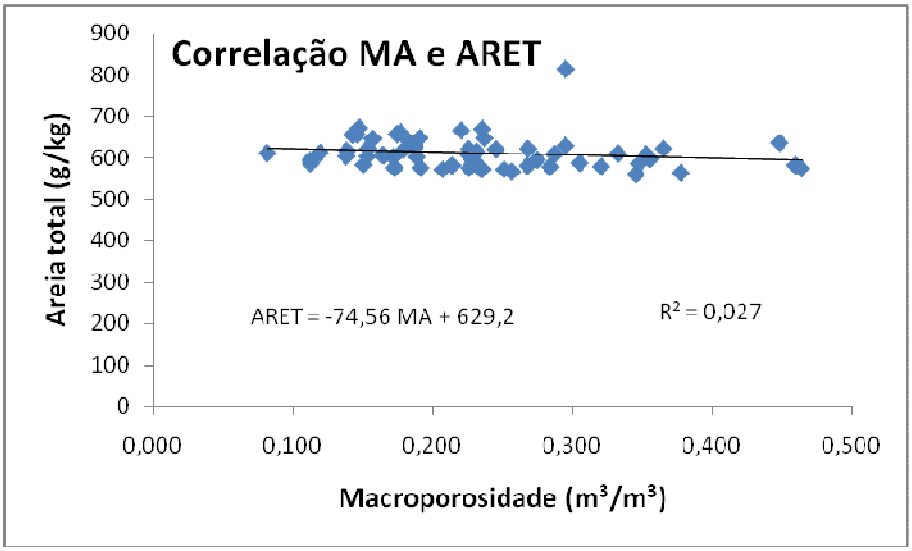


Figura 50: Gráfico de correlação entre a macroporosidade e o teor de areia.

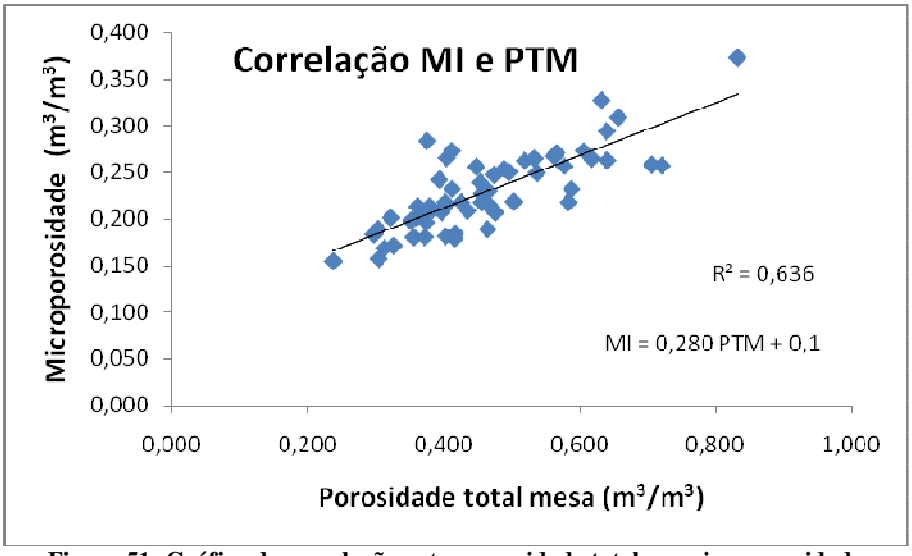


Figura 51: Gráfico de correlação entre porosidade total e a microporosidade

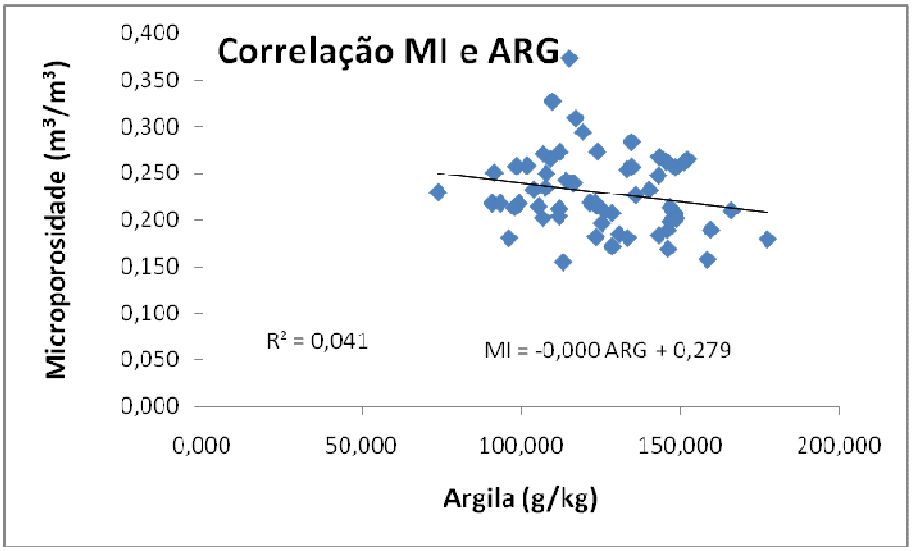


Figura 52: Gráfico de correlação entre a microporosidade e o teor de argila

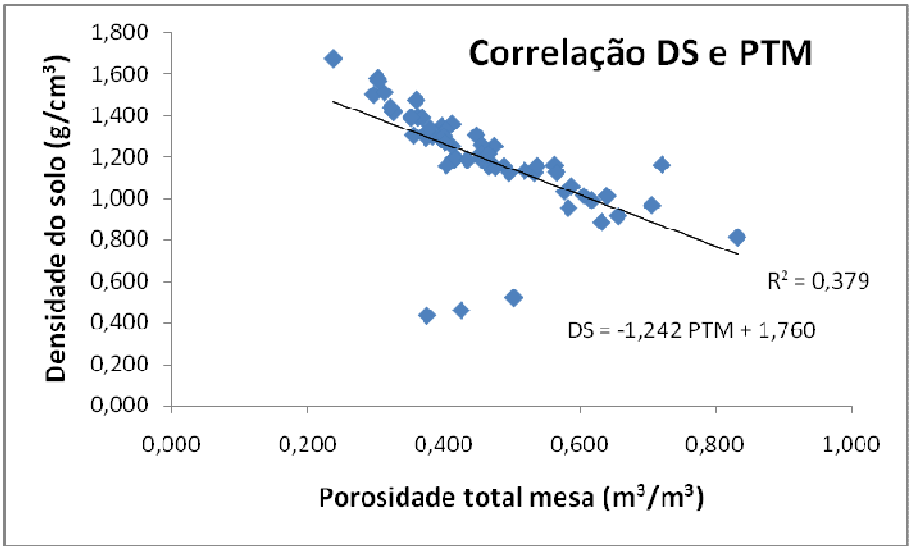


Figura 53: Gráfico de correlação entre a porosidade total (mesa de tensão) e densidade do solo.

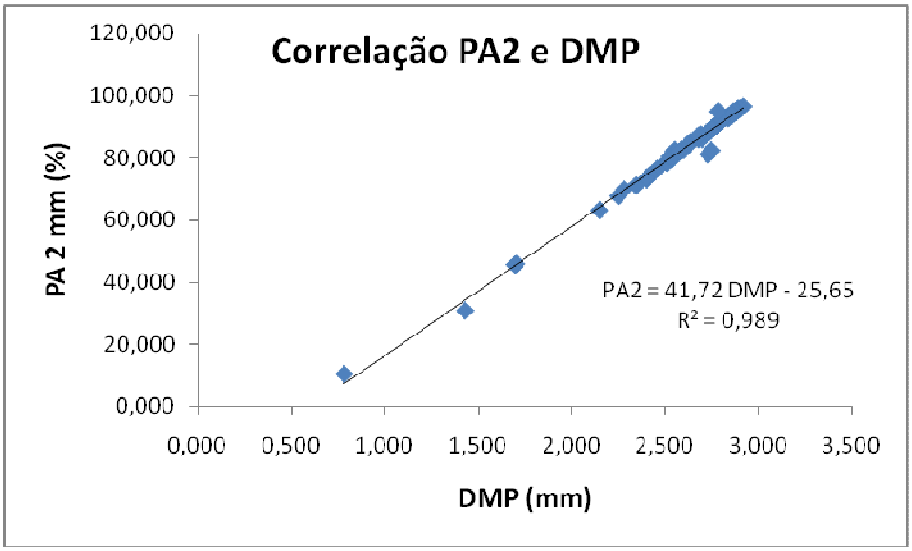


Figura 54: Gráfico de correlação entre a porcentagem de agregados acima de 2 mm e diâmetro médio ponderado (DMP)

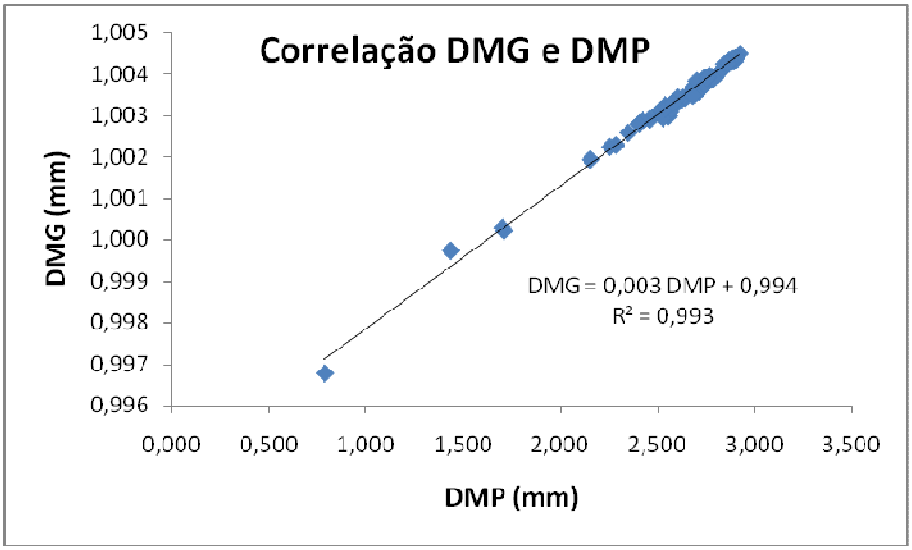


Figura 55: Gráfico de correlação entre o diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP).

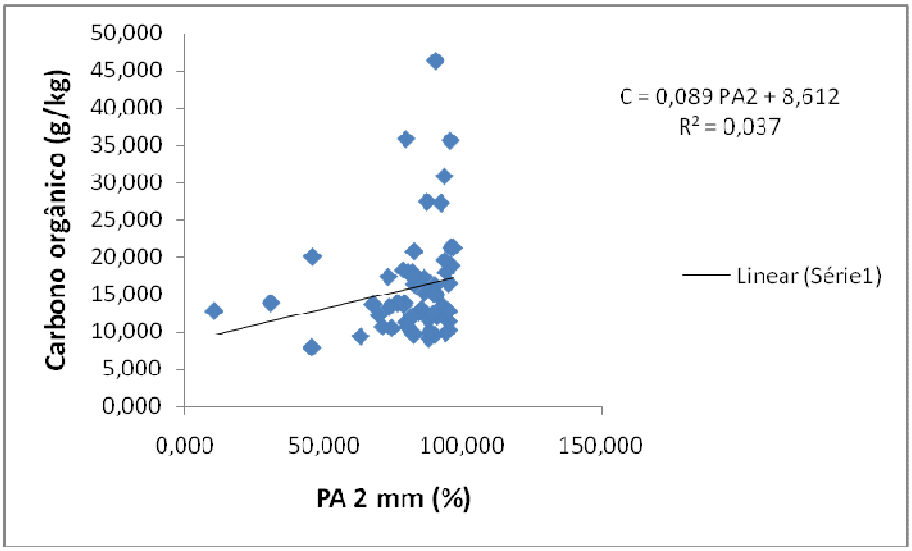


Figura 56: Gráfico de correlação entre o teor de carbono orgânico e a porcentagem de agregados maiores do que 2 mm (PA 2mm).