
ECOLOGIA

Vinícius Gregório Teixeira

**AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO E
VEGETAÇÃO EM SISTEMA
AGROECOLÓGICO**

Vinícius Gregório Teixeira

AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS DO SOLO E VEGETAÇÃO EM SISTEMA
AGROECOLÓGICO

Orientador: Dr. Marcos Aparecido Pizano

Co-orientador: Dra. Laura Fernanda Simões da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto de Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Câmpus de Rio
Claro, para obtenção do grau de Ecólogo

Rio Claro-SP
2013

551.4a Teixeira, Vinícius Gregório
T266a Avaliação de tributos do solo e vegetação em sistema
agroecológico / Vinícius Gregório Teixeira. - Rio Claro, 2013
78 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Trabalho de conclusão de curso (Ecologia) - Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Marcos Aparecido Pizano
Coorientador: Laura Fernanda Simões da Silva

1. Geomorfologia. 2. Atributos do solo. 3. Agroecologia. 4.
Sistema agroflorestal. 5. Pastagem. 6. SAF. 7. Estudo
comparativo. I. Título.

Dedico ao Gira-

Sol...

Lua..

Terra...

Às formigas...

Às estrelas...

E aos narizes de palhaço soltos no chão...

Dedico à Ecologia...

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

À areia,

À argila,

Ao silte sedoso...

à matéria orgânica,

Que nos agrega, estrutura...

Agradeço à Terra,

Ao Sol, à Lua,

pelo fecundar que sustenta a vida...

Agradeço o Ser Humano,

Por ter o dom de unir tudo isso dentro de si,

Para transcender a si mesmo...

E ir além....

Nem à frente, nem atrás, mas ao lado...

Ecos, Ecos, Ecos...

Que vão e que voltam...

Que são acolhidos...

Gerando espontaneamente,

A Gratidão.

Agradeço por esse espaço cedido onde se pode escrever sem muitas normas.

Agradeço à poesia que às vezes gentil, se manifestou durante a graduação.

Agradeço aos narizes de palhaço que apareceram na minha vida, às vezes com rostos para usá-los, outras não, e àqueles que usam sem mostrá-lo.

Agradeço às reticências que completam tudo quando se faltam palavras.

....

Agradeço meu pai Pitico

E minha mãe Sueli,

Pela vida!

A todo Grupo Gira-Sol, de 2007 até agora, pela amizade

Agradeço meus orientadores, Laura e Pizano, pelo empenho, dedicação e paciência.

Agradeço a Camila Carolina de Carvalho pela colaboração na obtenção das análises realizadas do trabalho.

Ao professor Dr. Miguel Cooper da Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" (ESALQ), pela disponibilidade de equipamentos e oportunidades de uso do Laboratório do Departamento de Solos da ESALQ.

Agradeço às minhocas....

Agradeço você que está lendo nesse momento,

Pela sua caminhada, e por estar dando o melhor de si...

Te amo, peço perdão,

E te liberto de todo o meu ponto de vista....

**Guandú,
feijão que da no pé!
na explosão do sol que esquentá,
se abre,
jorra e se sustenta...**

**Flor que amarela sois,
flor que vermelha luas...
no canto do guandu,
suas folhas embaçam vistas!**

RESUMO

A importância da agroecologia se dá no sentido de fornecer e ser, base e estrutura de conhecimentos mesclados, incorporando saberes tradicionais aos saberes técnicos científicos atuais, sem excluir ou rejeitar, mas usando ambos a favor da transição para uma prática agrícola mais sustentável e coerente com os fluxos e com a complexidade natural de um ecossistema, o que não se percebe nas práticas agrícolas modernas e convencionais. Inúmeros estudos constataram que para uma boa efetividade de sistemas agroecológicos é necessário recuperar e manter o equilíbrio biológico do solo, pois isso influenciará em suas características físicas e químicas. O objetivo desse trabalho foi de caracterizar o solo sob Sistema Agroflorestal (SAF) e uma Pastagem, no município de Rio Claro (SP), para a obtenção de atributos do solo, morfológicos, físicos e químicos e também descrever a diversidade do extrato arbóreo presente na área, incluindo as espécies agrícolas, e levantar o histórico de implantação do sistema, de modo a criar e dar início a formação de um banco de dados científicos para o Grupo de Extensão Gira-Sol. Foram escolhidos dois perfis nas seguintes situações: sistema agroflorestal e uma Pastagem para descrição morfológica do solo. Em cada área foi efetuada a coleta de amostras deformadas e indeformadas e caracterizados os atributos granulometria, análises química, densidade do solo, porosidade do solo e resistência à penetração. Para a descrição morfológica dos perfis foi utilizado os procedimentos descritos por Lemos e Santos (2002), para os atributos químicos e de fertilidade do solo, Camargo et al. (1986) e EMBRAPA (1997), para granulometria, densidade e porosidade do solo e argila dispersa em água. A descrição da vegetação foi feita com auxílio de guias de identificação e por meio de parcelas, onde as espécies foram tabeladas e plotadas em um mapa da área para localização das mesmas, e o banco de dados.

Os resultados obtidos indicam que o sistema SAF apresentou melhores indicadores de qualidade do solo, quando comparado ao mesmo solo da Pastagem, apresentando menor densidade do solo, maior porosidade total do solo, menor resistência do solo à penetração e maiores teores MO, K, Ca, Mg e P. Foram identificadas 37 espécies arbóreas e arbustivas, sendo 28 o número de espécies nativas. Destas, 30% são pioneiras típicas e 29% são pioneiras/secundárias iniciais, atendendo aos valores considerados bons para plantio de recuperação, segundo Kageyama e Gandara (2000).

Palavras chave: Agroecologia. Sistema Agroflorestal. Solo. Vegetação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema que demonstra como as árvores podem melhorar a qualidade dos solos	17
Figura 2- Localização da cidade de Rio Claro-SP e área experimental do Departamento de Ecologia, com detalhe da vista aérea das parcelas experimentais, destacando-se os seguintes sistemas: Sistema Agroflorestal (SAF)- Tratamento 1; e Pastagem- Tratamento 2	27
Figura 3- Precipitações (mm) e temperaturas (°C) em Rio Claro (1961- 1990).	28
Figura 4- Área de estudo com os dois tratamentos: SAF e Pastagem.	29
Figura 5- Horta de Medicinais.	31
Figura 6- Detalhe do Núcleo de consórcios	31
Figura 7- Manejo dos núcleos (a) e cobertura do solo com troncos e partes da bananeira manejada (b)	32
Figura 8- Evolução do crescimento das espécies arbóreas presentes no SAF desde sua implantação até os dias atuais.	33
Figura 9- Descrição Morfológica do Perfil sob SAF com destaque de algumas determinações realizadas: cor, estrutura do solo, textura e atração magnética.	34
Figura 10 - Medida da resistência do solo a penetração com o Penetrômetro de Impacto.	37
Figura 11- Matéria Orgânica nos dois tratamentos	45
Figura 12- Quantificação de P, K, Mg e Ca em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)	46
Figura 13- Capacidade de Troca Catiônica em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)	47
Figura 14- Índice de saturação por bases em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)	47
Figura 15- Saturação por Alumínio em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)	48
Figura 16- Relação do pH com valores de Alumínio em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)	48
Figura 17- Algumas espécies de plantas arbóreas do SAF, de acordo com classe sucessional.	58
Figura 18- Classe sucessional das espécies de plantas arbóreas e arbustivas do SAF	58
Figura 19- Exemplo de espécies de plantas medicinais encontradas no SAF	60
Figura 20- Algumas Espécies de plantas Agrícolas encontradas na área do SAF	61
Figura 21- Algumas Espécies de adubo verde encontradas na área do SAF	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo das descrições morfológicas realizadas nos horizontes sob SAF.....	41
Tabela 2- Resumo das descrições morfológicas realizadas nos horizontes sob Área Test.	41
Tabela 3- Estatística descritiva dos atributos químicos do solo nas três profundidades amostradas (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,40-0,60) em dois tratamentos (SAF e Pastagem)...	44
Tabela 4- Teores médios da análise granulométrica e classificação textural das parcelas experimentais, para as profundidades e sistemas de manejo avaliados.....	49
Tabela 5- Valores médios de densidade de partículas (g/cm ³), em três profundidades e em dois sistemas de manejo.	50
Tabela 6- Estatística descritiva dos atributos físicos do solo: Porosidade total (PT); Macroporosidade (MA) ; Microporosidade (Mi) e Densidade do solo (Ds) sob SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2), nas três profundidades amostradas (0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,40-0,60).....	51
Tabela 7- Valores médios de densidade do solo (kg dm ⁻³), em três profundidades nos sistemas SAF (Trat1) e Pastagem (Trat 2)	52
Tabela 8- Comparação das médias de resistência à penetração do solo (MPa) em quatro profundidades no SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2).	53
Tabela 9- Umidade gravimétrica do solo (kg kg ⁻¹) no SAF (Trat 1) e na Pastagem (Trat 2).	55
Tabela 10- Espécies arbóreas e arbustivas do SAF	56
Tabela 11- Espécies nativas encontradas no SAF	57
Tabela 12- Espécies medicinais.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Sistemas Agroflorestais	15
3.2 Qualidade física do solo	17
3.3 Qualidade química do solo	20
3.4 Propriedades físicas do solo que afetam diretamente e indiretamente o crescimento de plantas	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Localização e descrição da área de estudo	27
4.1.1 Estabelecimento dos locais de amostragem e amostragem dos solos	28
4.1.2 Histórico de uso das parcelas experimentais (2009 – Atual)	30
4.2. Caracterização dos Atributos de Qualidade do Solo	34
4.2.1 Descrição Morfológica dos Perfis	34
4.2.2 Atributos Químicos e de Fertilidade do solo	35
4.2.3 Granulometria, argila dispersa em água e densidade das partículas	35
4.2.4 Densidade do solo e Porosidade total do solo	36
4.2.5 Resistência do solo à penetração	36
4.3 Descrição da Vegetação	37
5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6.1 Descrição morfológica e Classificação dos perfis	40
6.2 Resultados químicos	43
6.4 Granulometria, argila dispersa em água e densidade das partículas	49
6.5 Porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo	51
6.6 Resistência do solo a penetração	53
6.7 Descrição da Vegetação	56
6.7.1 Espécies Arbóreas e arbustivas	56
6.7.2 Espécies Medicinais	59
6.7.3 Espécies Agrícolas	60
7 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS	64
Apêndice A- Vegetação	77

1 INTRODUÇÃO

A Agroecologia traz a idéia e a estrutura de uma nova agricultura, capaz de fazer bem aos homens e ao meio ambiente como um todo, promovendo a inclusão social e proporcionando melhores condições econômicas para os agricultores, afastando-nos da orientação dominante de uma agricultura intensiva em capital, energia e recursos naturais não renováveis e agressiva ao meio ambiente, orientando estratégias para fazer a transição para uma prática agrícola mais sustentável, para atuais e futuras gerações (CAPORAL; COSTABEBER, 2002; CAPORAL, 2009).

O termo agroecologia surgiu no fim dos anos 30, para indicar a aplicação da ecologia na agricultura. Nos anos 70 as bases da agroecologia cresceram rapidamente e nos anos 80 emergiu como uma disciplina distinta e única para o estudo de agroecossistemas. Neste mesmo período, o conhecimento e entendimento da agricultura tradicional em países em desenvolvimento foram reconhecidos por pesquisadores como verdadeiros exemplos de agroecossistemas manejados com bases ecológicas (GLIESSMAN, 2002). Entende-se por ecossistema ou sistema ecológico qualquer unidade que inclui todos os organismos vivos em uma dada área interagindo com o ambiente físico de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas claramente definidas e à ciclagem de materiais entre componentes vivos e não vivos (ODUM; BARRET, 2007). Logo, agroecossistema são sistemas agrícolas dentro de pequenas unidades geográficas que também permitem analisar os fluxos de entrada e saída de energia, bem como as interações do sistema, entre meio biótico e abiótico (ALTIERI, 1989; GLIESSMAN, 2002). Assim, a agroecologia adota o agroecossistema como unidade fundamental de análise e busca integrar os saberes históricos dos agricultores com os conhecimentos de diferentes ciências (CAPORAL; COSTABEBER, 2011).

Esta ciência é básica para os movimentos de agricultura alternativa, que vieram fazer frente ao novo modelo tecnológico de produção agrícola, o qual está implicado na criação e no desenvolvimento de novas atividades de produção de insumos (químicos, mecânicos e biológicos) ligados à agricultura. Esse modelo produtivo, resultante da Revolução Verde, passou, no entanto, a apresentar limites de crescimento a partir da década de 1980, devido ao aumento concomitante dos gastos e a identificação dos impactos ambientais advindos do uso intensivo desses insumos, em especial dos agrotóxicos (ALBERGONI; PELAEZ, 2007). Tais técnicas modernas de plantio agem de modo contrario a natureza, trabalhando mais contra o reino mineral, o vegetal e o animal do que se integrando a ela (CAMPOS, 2004). Além do que, tais pacotes de agricultura advindos da Revolução Verde, não cumpriram o objetivo de

sanar a fome, ao contrario disso, o que se notou foi um crescente nesses índices, bem como a continuada destruição dos biomas, aumento das áreas em processos de desertificação, de erosão do solo, perda de fertilidade, contaminação dos aquíferos, mares, lagos e dos alimentos (CAPORAL, 2009).

Em comparação ao citado anteriormente, a agricultura alternativa inclui sistemas de policulturas, que é a mistura de culturas; cultivo de cobertura e cobertura morta, que é a prática da instalação de plantas herbáceas, anuais ou perenes, para cobertura do solo; sistemas agroflorestais, no qual árvores são associadas ao cultivo agrícola (ALTIERI, 1989); e rotação de cultura e cultivo mínimo, sistema no qual espécies diferentes são cultivadas em sucessões repetidas e numa seqüência definida, sobre a mesma área (PAGE, 1972 apud ALTIERI, 1989). São aquelas que possuem uma visão integrada dos agroecossistemas e possuem baixa dependência de inputs comerciais, fazem uso de recursos renováveis locais, preservam a biodiversidade e a cultura local, e produzem visando suprir demandas internas, antes de exportar (GLIESSMAN, 2002).

Os Sistemas Agroflorestais, pela aproximação aos ecossistemas naturais em estrutura e diversidade, representam um grande potencial para a restauração de áreas e ecossistemas degradados, podendo ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração, como para a constituição de agroecossistemas sustentáveis, com produtos orgânicos e saudáveis. O estabelecimento de agroflorestas ao redor de fragmentos florestais, corredores biológicos e áreas de produção biodiversificadas e permanentes promovem a restauração da paisagem, contribuindo para a conservação dos ecossistemas (AMADOR, 2003).

A importância da agroecologia se dá exatamente nesse sentido, no de fornecer e ser, base e estrutura, de conhecimentos mesclados, incorporando saberes tradicionais aos saberes técnicos científicos atuais, sem excluir ou rejeitar, mas usando ambos a favor da transição para uma prática agrícola mais sustentável e coerente com os fluxos e com a complexidade natural de um ecossistema, o que não se percebe nas práticas agrícolas modernas e convencionais.

Para uma boa efetividade de sistemas agroecológicos, a primeira preocupação está relacionada ao solo, no que se refere à recuperação e manutenção do seu equilíbrio biológico, pois este influenciará em suas características físicas e químicas (ASSIS; ROMEIRO, 2002). A conservação do solo requer o controle da erosão, a manutenção da matéria orgânica, das propriedades físicas do solo e de seus nutrientes, além de prevenir os efeitos tóxicos nocivos ao solo. Sistemas agroflorestais contribuem para tal conservação já que atuam no controle da erosão por meio da atuação das árvores do sistema, que possibilitam incremento de

serapilheira e cobertura do solo; de matéria-orgânica e nutrientes, fornecida pelas podas; estabilização das estruturas do solo e na formação de quebra ventos, controlando a erosão eólica. Isso contribui nos processos biológicos e possibilita um controle da erosão e manutenção da fertilidade física e hídrica do solo (YOUNG, 1989).

O solo é um componente vivo e dinâmico de um agroecossistema, está sujeito a alterações e pode ser degradado ou manejado responsavelmente. O manejo da fertilidade física e hídrica esta baseado no entendimento dos ciclos de nutrientes, no desenvolvimento da matéria orgânica e no balanço entre os componentes vivos e não vivos. Ter a compreensão de que os processos ecológicos mantêm a estrutura e função do ecossistema do solo no tempo é o mais importante a ser considerado (GLIESSMAN, 2002).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

- (i) Caracterizar o solo sob Sistema Agroecológico (SAF) e Pastagem para a obtenção de atributos morfológicos, físicos e químicos que serão utilizados como base para a avaliação do estado de degradação/recuperação do solo em estudo.
- (ii) Descrição e quantificação da diversidade do extrato herbáceo, arbustivo e arbóreo, incluindo as espécies agrícolas da área.
- (iii) Levantamento do processo de implantação da área, de modo a criar e dar início a formação de um banco de dados científicos.

2.2 Objetivos Específicos

- (i) Descrição Morfológica dos Perfis (Cor, espessura de horizontes, textura, estrutura, consistência etc.)
- (ii) Atributos Químicos e de Fertilidade do solo;
- (iv) Granulometria, argila dispersa em água e densidade das partículas;
- (v) Densidade do solo e Porosidade total;
- (vi) Resistência do solo à penetração;
- (vii) Descrição da Vegetação e confecção de um Banco de Dados;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas Agroflorestais

Sistemas Agroflorestais (SAF's) são sistemas de uso de terras onde árvores são associadas com cultivares agrícolas e/ou animais, tendo como objetivos otimizar as interações ecológicas do sistema, de modo a se obter uma produtividade superior a de uma monocultura, tendo como base os mesmos recursos disponíveis, sendo eficaz na ciclagem de nutrientes, na otimização do uso do espaço e recurso, e na diminuição dos riscos de degradação, possuindo um elevado potencial para o controle da erosão através da cobertura do solo pelas copas e matéria orgânica depositada (NAIR, 1982 apud ALTIERI, 2004; ALTIERI, 2004; YOUNG, 1989; SILVA, 2011).

Para tais sistemas há níveis de complexidade, sendo os consórcios entre arbóreas e agrícolas (sem preocupação com sucessão) os sistemas mais simples, até os mais complexos, que são os ecossistemas agroflorestais com dinâmicas de diversidade semelhantes às florestas naturais, possuindo um grande potencial para transformar as atividades de degradantes para regenerantes (AMADOR, 2003). Ainda segundo Amador (2003), para o manejo desses sistemas necessita-se observar e compreender o papel e função das espécies espontâneas que atuam como companheiras e adubadeiras e dos animais, bem como a dinâmica da água, do sol e do vento.

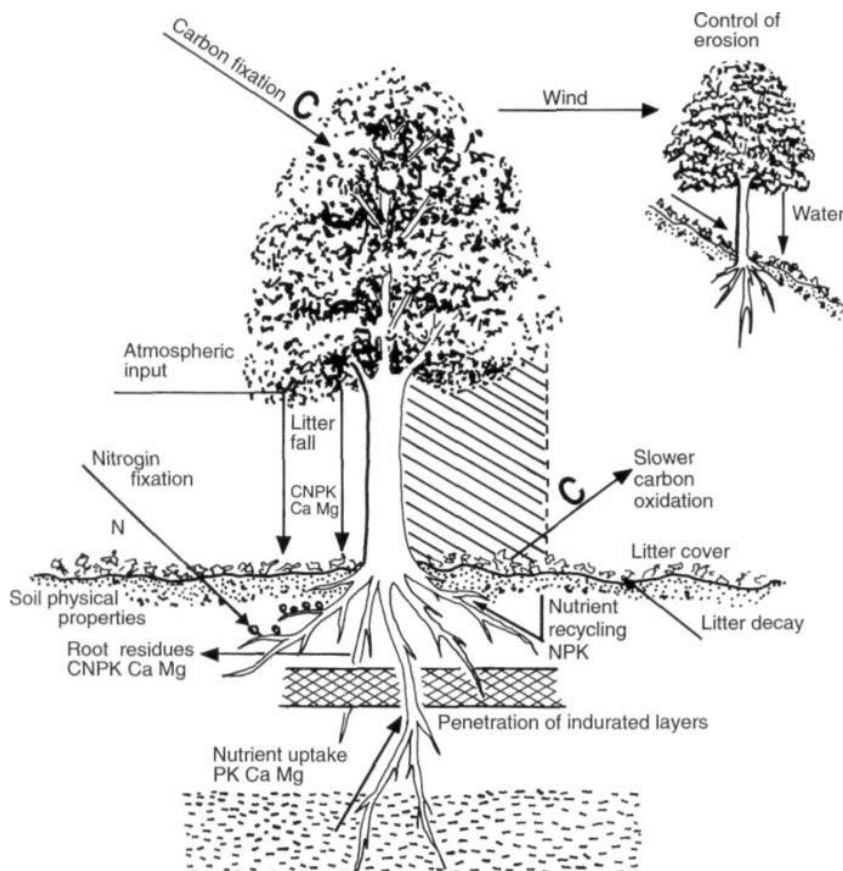
Sistemas Agroflorestais são interessantes para a agricultura familiar por agregar vantagens econômicas e ambientais, uma vez que se utiliza sustentavelmente dos recursos, com menor dependência de insumos externos, gerando uma maior segurança alimentar e econômica, tanto para produtores, quanto para consumidores (ARMANDO, et al. 2003). Na dimensão sociocultural, os SAF's, citado por Michon e De Foresta (1999), promovem empregos sazonais, processamento e comercialização dos produtos agroflorestais e silvícolas como frutos, lenhas e plantas medicinais, contribuindo para autossuficiência econômica e mínima intervenção, evitando o trabalho intensivo e o uso de tecnologias de alto custo permitindo o financiamento pelos próprios agricultores. Podem ser usados como formas alternativas de reflorestamento, possuindo técnicas simples de estabelecimento e manutenção, além de promover conservação da biodiversidade local. Apresentam grande potencial para proteção dos solos contra erosão e lixiviação, manutenção e conservação da fertilidade e produtividade e controle do fluxo das águas por melhorar a drenagem (NAIR, 1993; MICHON; FORESTA, 1999).

Segundo Nair (1993), as árvores propiciam melhoras na qualidade do solo, como demonstrado por Young (1989), na Figura 1. Nair (1993), baseada em diversos estudos científicos, afirma que solos que se desenvolvem em áreas arborizadas são mais bem estruturados, com boa capacidade de retenção de água e elevado conteúdo de matéria orgânica e que a conversão de ecossistemas naturais para sistemas agrícolas aráveis leva a um declínio da fertilidade do solo. Araujo, Tormena e Silva (2004) em estudo comparativo feito em uma área de mata nativa e uma área cultivada sob sistema convencional por 20 anos, em Latossolo Vermelho distrófico, obtiveram maior o valor de densidade ($1,70 \text{ mg m}^{-3}$) na área cultivada, bem como menores valores de porosidade ($0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e macroporosidade ($0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) o que está relacionado com a compactação do solo dessa área de cultivo; para mata nativa os valores obtidos foram $1,47 \text{ mg m}^{-3}$, $0,40 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e $0,17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente. Costa et al (2003), verificou que em relação à área sob mata nativa, o cultivo do solo (Latossolo Bruno) em preparo convencional resultou não só no aumento da densidade do solo, na resistência do solo à penetração e na temperatura do solo, mas também na diminuição do diâmetro dos agregados. Experiências em diversos países demonstram que a melhor maneira de restaurar a fertilidade do solo é através da florestação, conclui Nair (1993).

Já a conversão de ecossistemas naturais para sistemas agroflorestais pode manter ou até mesmo melhorar algumas propriedades químicas do solo, como matéria orgânica e pH, como em estudo realizado por Menezes et al. (2008) em Latossolo Vermelho-Amarelo.

Carvalho, Goedert e Armando (2004), comparando solo de SAF's e de um sistema de plantio convencional, verificaram menor densidade aparente, maior porosidade do solo, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados nos Sistemas Agroflorestais.

Figura 1- Esquema que demonstra como as árvores podem melhorar a qualidade dos solos



Fonte: Young (1989)

3.2 Qualidade física do solo

O entendimento atual do conceito de qualidade do solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN; SEMENOV, 2000; SPOSITO; ZABEL, 2003). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo refere-se à capacidade do solo sustentar a produtividade dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas e animais e do próprio ser humano (DORAN; PARKIN, 1994; DORAN; JONES, 1996).

Embora tenha havido algum debate relativo à definição de conceitos e quantificação de qualidade de solo (DORAN; PARKIN, 1994; DORAN; JONES, 1996; KARLEN et al., 1997; SINGER; SOJKA, 2001) a maioria dos cientistas do solo considera a qualidade de solo como algo crítico para o ser humano e para a sustentabilidade ambiental (WEBB et al., 2000; SOUTHOORN; CATTLE, 2000).

Sabe-se que a qualidade física do solo é manifestada em vários aspectos. Exemplos de empobrecimento da qualidade física do solo são exibidos por um ou mais sintomas: perda da capacidade de infiltração de água, aumento do escoamento superficial, perda da capacidade de aeração, baixa permeabilidade às raízes, erosão, entres outros (KAYOMBO; LAL, 1994; WILLIAMS; KALMBACHER, 1996; HAKANSSON; VOORHEES, 1998; PRIMAVESI, 1987).

Os solos com boas condições físicas exibem sintomas opostos aos descritos acima. Dentro deste contexto, segundo Letey (1985) um solo de textura média, apresentando níveis intermediários de densidade, boa agregação, taxa de infiltração adequada e sem impedimento à drenagem seria um solo com boas condições físicas, a partir do qual altas produtividades podem ser esperadas caso não haja limitações químicas.

Porém, a introdução de sistemas agrícolas em substituição às florestas causa um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, cuja intensidade varia com as condições de clima, uso e manejo adotado e a natureza do solo (GODEFROY e JACQUIN, 1975). Com o uso intensivo dos solos, geralmente ocorre a deterioração das suas propriedades físicas (COOTE e RAMSEY, 1983). Modificações na densidade e na porosidade do solo podem variar consideravelmente, dependendo da textura, dos teores de matéria orgânica do solo (CURTIS; POST, 1964) e da frequência de cultivo (HAJABBASI JALALIAN; KARIMZADEH, 1997).

Segundo Vieira e Muzilli (1995), os efeitos diferenciados sobre os atributos físicos devido ao tipo de preparo de solo adotado em cada sistema de manejo, são dependentes da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, do tipo de equipamento utilizado, do manejo dos resíduos vegetais e das condições de umidade do solo no momento do preparo. O manejo incorreto de máquinas e equipamentos agrícolas, leva à formação de camada subsuperficiais compactadas. Esse manejo tem sido apontado por Campos et al. (1995), como uma das principais causas de degradação da estrutura do solo e da redução da produtividade das culturas.

Os diferentes sistemas de manejo do solo alteram as propriedades físicas e mecânicas do solo, podendo causar compactação (SILVA; CURI; BLANCANEUX, 2000; GENRO JUNIOR, 2002; SECCO, 2003). Assim, os diferentes sistemas de manejo podem gerar diferentes níveis de compactação em função da classe de solo e da época da realização das operações mecanizadas.

A compactação do solo é um processo em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência à penetração é aumentada e muitas mudanças ocorrem na estrutura do solo (SOANE; OUWERKERK, 1994).

A compactação ocasionada pela mobilização intensiva em sistemas convencionais acarreta consequências negativas na qualidade física do solo para o crescimento das plantas (TORMENA; SILVA; LIBARDI; 1998), em virtude das modificações deletérias na disponibilidade de água no solo às plantas, na capacidade de difusão gasosa do solo e na resistência do solo à penetração das raízes (STONE; GUIMARÃES; MOREIRA, 2002; SECCO et al., 2004). Segundo Carpenedo e Mielniczuk (1990), os preparos convencionais rompem os agregados na camada preparada e aceleram a decomposição da matéria orgânica, refletindo-se negativamente na resistência dos agregados do solo. Estes sistemas de preparo aumentam o volume de poros dentro da camada preparada (BERTOL et al., 2000), a permeabilidade e o armazenamento de ar e facilitam o crescimento das raízes das plantas nessa camada (BRAUNACK ; DEXTER, 1989), em relação à semeadura direta e ao campo nativo. No entanto, abaixo da camada preparada, contrariamente ao que ocorre na semeadura direta e no campo nativo, essas propriedades apresentam comportamento oposto ao da superfície (BERTOL et al., 2000; COSTA et al., 2003). Além disso, os aspectos positivos dos preparos convencionais são perdidos, quando o solo, descoberto pelo efeito do preparo, é submetido ao impacto das gotas de chuva que o desagregam superficialmente, diminuindo a taxa de infiltração de água (BERTOL et al., 2001) e aumentando o escoamento superficial e a erosão hídrica (BERTOL et al., 1997), em relação ao sistema conservacionista.

Segundo Negi et al. (1980) e Hakansson e Voorhees (1991), a compactação do solo leva ao aumento da densidade do solo, ao aumento da resistência do solo à penetração radicular, à redução da aeração, à alteração do fluxo de calor, além de afetar diversos atributos do solo como a condutividade hidráulica, a permeabilidade do solo, a infiltração da água e outros atributos ligados à porosidade. Merotto Jr. e Mundstock (1999) relatam que com a compactação, ocorrem reduções significativas, principalmente no volume de macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados. Silva e Kay (1997) salientaram que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo decorrente do tráfego de máquinas e implementos.

Segundo Costa et al. (2003) o sistema de preparo convencional degradou as propriedades relacionadas com a forma e com a estabilidade da estrutura do solo em relação a mata nativa, indicada pelo aumento da densidade do solo e da resistência do solo à penetração

e pela diminuição da estabilidade de agregados. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Islam e Weil (2000), que constataram um valor médio da densidade do solo significativamente maior em área cultivada comparada com solo sob floresta natural. Também Silva e Ribeiro (1992) obtiveram resultados similares, comparando solo cultivado com cana e sob mata nativa. Sanches et al. (1999) constataram que, independentemente da posição da amostragem, seja linha ou entrelinha da cultura da laranja, a densidade do solo foi maior do que no solo sob mata nativa.

Os preparos de solo conservacionistas, tal como a semeadura direta, com menor revolvimento, mantém, parcial ou totalmente, os resíduos vegetais na superfície e aportam continuamente matéria orgânica ao solo, a qual é responsável pela manutenção e melhoria das propriedades físicas do solo (LAL; GREENLAND, 1979; CASTRO FILHO ; MUZILLI; PADANOSCHI, 1998). Na maioria dos sistemas de semeadura direta, a ausência quase que completa de preparo por longo tempo reduz o volume de macroporos e eleva a densidade do solo (BERTOL et al., 2001) e a estabilidade dos agregados na superfície (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; COSTA et al., 2003), refletindo-se em boa qualidade do solo em relação ao preparo convencional e ao campo nativo (D'ANDRÉA et al., 2002).

As propriedades físicas também podem ser melhoradas com a presença de árvores, principalmente a estrutura do solo, como resultado do aumento da matéria orgânica (folhas e raízes) e pela ação descompactante das raízes das árvores e da atividade microbiana, que ajuda no desenvolvimento de agregados do solo mais estáveis. Há também o fator temperatura, que é amenizado pelo sombreamento e cobertura vegetal (ALTIERI, 1989).

Aguiar (2008), em estudo comparativo entre SAF e área de cultivo a pleno sol (bioma Mata Atlântica), em Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa, constatou que o SAF, comparado ao cultivo a pleno sol, proporcionou melhoras nas qualidades físicas do solo, com redução nos valores de Argila dispersa, de densidade do solo e resistência à penetração do solo. Freitas (2011), comparando SAF e pastagem verificou diferenças na densidade e porosidade do solo, obtendo 1,21 g cm⁻³ de densidade, com 54% de porosidade no SAF, e 1,32 g cm⁻³ de densidade e 48% de porosidade na pastagem. Tais estudos são demonstrativos de melhoras na qualidade física do solo pela implantação de Sistemas Agroflorestais.

3.3 Qualidade química do solo

A qualidade química dos solos é uma das propriedades mais rapidamente afetada pelos processos de degradação. Faz-se necessário, portanto, conhecer e quantificar a variação das

propriedades químicas do solo em diversos períodos, por meio de indicadores químicos. Tais indicadores indicam processos do solo (pH, carbono orgânico), capacidade do solo de resistir a trocas catiônicas (Capacidade de Troca Catiônica, óxidos de ferro, óxidos de alumínio), necessidades nutricionais das plantas (N, P, K, Ca, Mg), contaminação ou poluição (metais pesados, nitrato, fosfato, agrotóxico). Isso permite definir os melhores métodos de manejo do ambiente para cada tipo de solo em particular (MENDES, 2007; SILVA, 2011).

A matéria orgânica aumenta a capacidade de troca catiônica, favorecendo a retenção de cátions e a consequente redução da lixiviação, contribui para melhoria de características químicas, físicas e biológicas do solo, como na estrutura, devido ao aumento da agregação do solo, sendo importante para a sustentabilidade do mesmo (BARRETO, 2006; SILVA, 2011). O declínio de fertilidade do solo é proporcionado pela diminuição da matéria orgânica do solo e da deterioração de propriedades físicas (YOUNG, 1989).

No que diz respeito à variação de pH, Maia (2006) constatou que quanto maior a variação, maior será a carga líquida negativa, e portanto, maior será a capacidade de adsorção de cátions, resultando numa boa qualidade de solo. Porém, segundo Theodoro (2003), alto valor de carga líquida negativa pode, em algumas situações, provocar dispersão de argila devido à repulsão eletrostática, acarretando desagregação de partículas do solo, contribuindo para perda de qualidade.

Menezes et al. (2008), verificou valores superiores de pH, Ca e Mg em solos de SAF, quando comparados com solos de florestas remanescentes de sua área de estudo. Esse aumento nos valores de pH, Ca e Mg, segundo o autor, provavelmente provém do aporte de nutrientes advindos da queima da floresta nativa por ocasião da abertura do terreno para uso agrícola. As mudanças no manejo do solo, resultantes da queima e conversão da floresta para SAF, podem manter e até mesmo melhorar algumas propriedades químicas do solo conclui Menezes et al. (2008).

Iwata et al. (2012) em estudo comparativo entre SAF com seis e treze anos de implantação, agricultura de corte e queima e floresta nativa, observou nos solos sob Sistema Agroflorestal redução nos teores de Al^{3+} e aumento do pH, dos teores dos nutrientes e do carbono orgânico total, em relação aos demais sistemas. Nos solos sob agricultura de corte, somente as camadas superficiais apresentaram aumento de nutrientes. Tal estudo indica que os SAF promoveram melhorias na qualidade química do solo, muito provavelmente devido a maior disponibilidade de matéria orgânica do solo que esses sistemas geram.

Em estudo comparativo entre SAF e pastagem degradada, com 22 anos de implantação, Mendes et al. (2011) notou pouca diferença nas análises químicas, sendo que

apenas pH variou significativamente na superfície (0-5cm) e a CTC apresentou valores mais elevados na pastagem degradada do que no sistema agroflorestal em estudo.

Barreto et al. (2006) verificou variação de pH em três sistemas de manejo, sendo 4,5 para mata nativa, 5,01 para SAF de cacau e 5,65 para pastagem. Para SAF e pastagem, verificou valores de saturação por base três vezes superiores ao da mata nativa, indicando que a nutrição da vegetação da mata é sustentada pela ciclagem de nutrientes, sem utilização de usos de corretivos como nos outros sistemas. O SAF apresentou maiores valores de Ca^{+2} e Mg^{+2} , o que contribui para elevar a CTC do solo, segundo o autor. A pastagem apresentou maiores valores para potássio se comparado à mata nativa, sendo mais expressivas nas camadas superficiais, diferindo de Perin et al. (2003), quando afirma que valores de K tendem a decrescer com tempo de uso do solo. Dos três sistemas estudados, o SAF de cacau apresentou maior correlação entre atributos químicos e matéria orgânica. A Mata nativa apresentou teor de alumínio trocável, e acidez potencial mais elevado e menores teores de cálcio, magnésio e potássio, do que os outros dois sistemas.

3.4 Propriedades físicas do solo que afetam diretamente e indiretamente o crescimento de plantas

Segundo Letey (1985), os atributos físicos do solo que influenciam o crescimento de plantas podem ser subdivididos em dois grupos: aqueles diretamente relacionados com o desenvolvimento de plantas, os quais determinam o fornecimento de água, de oxigênio, a temperatura e a resistência do solo à penetração; e aqueles indiretamente relacionados com o desenvolvimento de plantas, tais como: granulometria, densidade, agregação e porosidade do solo. Os atributos de influência direta são determinantes dos processos fisiológicos ligados com o crescimento radicular, com o crescimento foliar e fotossíntese; já os efeitos dos atributos com influência indireta na produtividade das culturas decorrem de suas influências sobre a retenção de água, aeração, temperatura e resistência do solo à penetração das raízes.

Vários trabalhos demonstram que há uma interdependência entre esses atributos. Por exemplo, uma variação na umidade do solo influencia a taxa de difusão de oxigênio no solo, a resistência do solo à penetração, a tensão e a disponibilidade de água no solo às plantas, entre outras propriedades. Neste sentido, a resistência do solo à penetração varia inversamente com a umidade e positivamente com a densidade do solo (SILVA et al., 1994; TORMENA et al., 1998; IMHOFF et al., 2001).

Segundo Letey (1985) e Hamblin (1985), os solos agrícolas funcionam como um sistema complexo que retém e transmite água, ar, nutrientes e calor às sementes e plantas, de maneira que é fundamental um ambiente físico favorável ao crescimento radicular, para maximizar a produção das culturas. Neste contexto, os sistemas de preparo do solo devem oferecer condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das culturas. No entanto, dependendo do solo, do clima, da cultura e de seu manejo, eles podem promover a degradação da qualidade física do solo, com restrições ao crescimento da cultura (KLUTE, 1982).

Os sistemas de preparo do solo promovem modificações nas propriedades físicas como a agregação do solo (CASTRO FILHO et al., 1998), a densidade e a porosidade do solo (DE MARIA et al., 1999). A macroporosidade é drasticamente reduzida com a compactação do solo (DIAS JR. e PIERCE, 1996).

A estrutura do solo é alvo do manejo físico do solo. Embora não seja considerado em si um fator de crescimento para as plantas, exerce influência na disponibilidade de água e ar às raízes das plantas, no suprimento e no desenvolvimento do sistema radicular (PALMEIRA et al., 1999).

Segundo Letey (1985), no que se refere à disponibilidade de O_2 no ambiente radicular, o fator predominante não é a sua quantidade volumétrica e sim a taxa de difusão de oxigênio (TDO), ou seja, a capacidade do solo em permitir uma difusão adequada deste gás da atmosfera até as raízes. O mesmo autor propõe uma TDO de $0,20 \text{ ug cm}^{-2}$ como o valor mínimo requerido para um crescimento radicular adequado. No entanto, a difusão de oxigênio no solo depende da porosidade de aeração (P_A), que por sua vez é dependente do conteúdo de água no solo. Para fins práticos, considera-se o valor de $P_A = 0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ como o mínimo para que a TDO seja adequada para o desenvolvimento satisfatório dos vegetais. Vários trabalhos demonstraram que a macroporosidade é uma medida diretamente relacionada com a difusão de oxigênio no solo para as raízes e que esta determina a capacidade de aeração do solo (GRABLE; SIEMER, 1968).

Valores de porosidade de aeração abaixo de $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ são, geralmente, adotados como restritivos para o crescimento e produtividade da maioria das culturas, apesar da dependência da espécie de planta e da atividade biológica do solo. O valor de $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ de (P_A) foi assinalado nos trabalhos de Meredith e Patrick JR. (1961); Dexter (1988); Xu et al. (1992); Tardieu (1994) como sendo o limite crítico inferior, a partir do qual as raízes começam a reduzir seu crescimento. Valores adequados de capacidade de aeração são dependentes das condições climáticas e sob condições mais úmidas os valores críticos de porosidade de aeração devem ser ampliados (THOMASSON, 1978).

Erickson (1982), em revisão detalhada a respeito do assunto, citou vários autores e concluiu que, para a maioria das culturas, o valor mínimo de espaço poroso livre de água deve ser ao redor de $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. No entanto, esses valores são apenas uma referência, pois a taxa de difusão gasosa no solo depende da profundidade e densidade do sistema radicular, temperatura do solo, tortuosidade do espaço poroso, dentre outros (VAN LIER, 2001).

A temperatura do solo é outro fator importante no crescimento e desenvolvimento vegetal (LETEY, 1985). A temperatura do solo afeta a germinação de sementes, o desenvolvimento das raízes e da planta, a atividade de microorganismos, a difusão de solutos e dos gases, as reações químicas, e uma série de outros processos relevantes que ocorrem no ambiente do solo. Existem diversas publicações que abordam o efeito da temperatura sobre os processos que ocorrem nos solos e plantas, dentre os quais citam-se os de Brady e Weil (1999).

Apesar de existirem evidências dos efeitos da temperatura sobre o crescimento vegetal, principalmente em regiões temperadas com invernos rigorosos, em regiões tropicais a temperatura do solo raramente é um fator limitante ao desenvolvimento das culturas (SANCHEZ, 1976).

Além da aeração e temperatura do solo, o crescimento, morfologia e profundidade atingida pelo sistema radicular num dado perfil são também diretamente afetados pela resistência mecânica do solo à penetração, ou simplesmente, resistência à penetração (RP) (LETEY, 1985).

A resistência do solo à penetração é uma das propriedades físicas do solo diretamente relacionadas com o crescimento das plantas (LETEY, 1985) sendo modificada pelos sistemas de preparo do solo e pelo conteúdo de água no solo. Esta propriedade geralmente aumenta com a compactação do solo (incremento da densidade) e com a redução da umidade do solo, sendo restritiva ao crescimento das plantas, em função da redução do crescimento do sistema radicular (BENGHOUGH; MULLINS, 1990).

Diversos autores relataram que em solos compactados, o desenvolvimento das plantas é menor (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999; GUIMARÃES et al., 2002), atribuindo o fato ao impedimento mecânico condicionado pelo solo e ao menor crescimento radicular, que resulta em menor volume de solo explorado, menor absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente menor produção das culturas. A compactação do solo pode causar redução de até 60% do crescimento radicular de algumas espécies mais sensíveis (BENGHOUGH; MULLINS, 1991; IJIMA et al., 1991).

O crescimento das raízes pode causar a deformação do solo numa zona próxima à ponta das raízes e a pressão exercida contra as partículas e/ou agregados deve ser suficiente para propiciar a penetração e o alongamento das raízes (BENNIE, 1996). Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IIJIMA; KONO, 1991). Além disso, estudos recentes indicam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento da parte aérea das plantas (MASLE; PASSIOURA, 1987) e na partição de carboidratos entre a raiz e parte aérea (MASLE; FARQUHAR, 1988).

Taylor e Gardner (1963) observaram que o aumento da resistência do solo reduziu a penetração de raízes de algodão para valores próximos a zero. Veen e Boone (1990) relataram que as raízes de milho cessaram o crescimento quando a resistência à penetração alcançou 4,7 MPa ou quando o potencial matricial da água foi inferior a -1,7 MPa. Em Latossolo Argiloso, Cintra e Mielniczzuk (1983) e Alvarenga et al. (1996) observaram restrição ao crescimento das raízes quando a resistência à penetração foi de 1,08 e 1,47 MPa, respectivamente.

Para o Latossolo Vermelho Distroférrico típico (70% de argila), localizado no município de Coronel Barros, RS a amplitude relatada dos valores de RP varia 0,305 MPa a 9,48 MPa. Já para a Ds, a amplitude relatada variou entre 1,08 Mg m^{-3} e 1,58 Mg m^{-3} (SILVA, 2003).

Os valores críticos experimentais e citados na literatura de resistência mecânica à penetração nos quais ocorre impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular são divergentes e variam com o tipo de solo, equipamento utilizado na avaliação, com o sistema de manejo do solo (EHLERS et al., 1983) e com a espécie vegetal em estudo (MATERECHERA et al., 1991). Genericamente, são apresentados valores que vão de 1,5 a 4,0 MPa (TOPP et al., 1994; TORMENA; ROLOFF, 1996; TORMENA et al., 1998; IMHOFF et al., 2000; TAVARES FILHO et al., 2001). Muitos pesquisadores, contudo, utilizam o valor de 2 MPa como limite crítico, conforme Silva et al. (1994), Tardieu (1994) e Tormena et al. (1998).

O conteúdo de água no solo, ou mais precisamente o potencial em que a água é retida se encontra no solo, exerce um efeito ainda mais crítico sobre o crescimento vegetal. Segundo Letey (1985), a água atua como uma “variável de equilíbrio”, amenizando ou agravando os efeitos da temperatura, da aeração e da resistência do solo à penetração.

Segundo Jensen et al. (1998), o potencial da água no solo está mais diretamente ligado ao crescimento das plantas que o conteúdo de água disponível. Acevedo et al. (1971) verificaram que o crescimento de folhas de milho foi drasticamente reduzido, em função de pequenas modificações no potencial da água no solo.

No entanto, como o conteúdo de água no solo é dependente da textura e da estrutura do solo, limitações ao crescimento das plantas por reduzida aeração ou elevada resistência à penetração podem ocorrer dentro da faixa de água disponível (AD) (TOPP et al., 1994). Segundo BORGES et al. (1999), o incremento da compactação acarreta o aumento da umidade do solo e a redução da porosidade de aeração (PA), que podem alterar o suprimento de oxigênio para as plantas. Por sua vez, o aumento da compactação do solo aumenta a resistência do solo à penetração (RP), acarretando situações em que, mesmo havendo água disponível às plantas, o sistema radicular cessa o crescimento, afetando o desenvolvimento das plantas e sua produção.

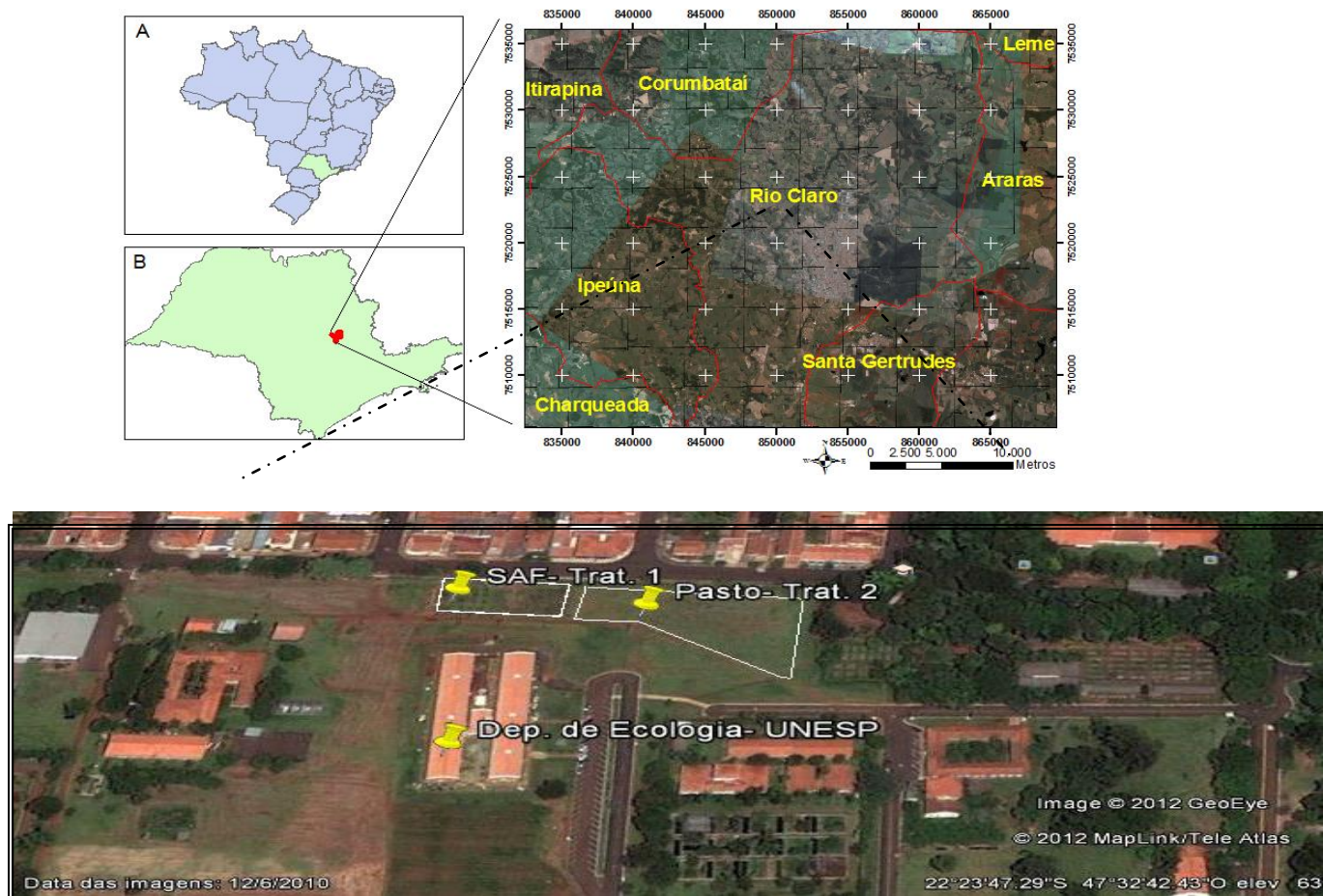
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e descrição da área de estudo

O presente trabalho foi conduzido em uma área do Instituto de Biociências da UNESP Câmpus de Rio Claro/SP, com coordenadas geográficas 22°23'94" de latitude sul e 47°32'90" de longitude oeste, e altitude média local de 626 m (Figura 2).

O município de Rio Claro/SP localiza-se na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, zona do Médio Corumbataí e este na parte média da Bacia do Tietê, nas proximidades das Cuestas Areníticas Basálticas (PONÇANO et al., 1981). A região que abrange a cidade de Rio Claro possuía em sua origem 91% de seu território coberto por Mata Atlântica, atualmente seus remanescentes chegam a 4% (Fundação SOS Mata Atlântica, 2008).

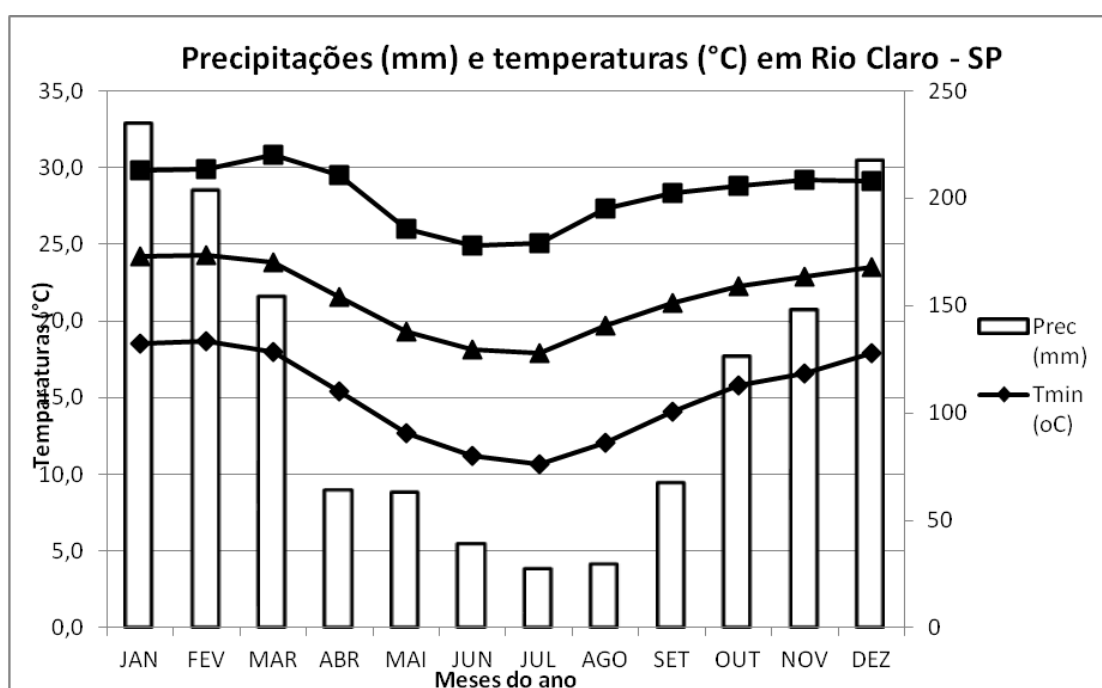
Figura 2- Localização da cidade de Rio Claro-SP e área experimental do Departamento de Ecologia, com detalhe da vista aérea das parcelas experimentais, destacando-se os seguintes sistemas: Sistema Agroflorestal (SAF)- Tratamento 1; e Pastagem-Tratamento 2



Fonte: Google Earth

O tipo climático local pela classificação de Köppen é do tipo Cwa (tropical com duas estações bem definidas), caracterizada por invernos secos e verões chuvosos, com temperatura média do mês mais quente acima de 22 °C (LIMA, 1994). Os dados do Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI) entre 1961- 1990 mostram que a temperatura média anual é de 21,6°C, apresentando a média máxima em torno de 28°C e mínima de 15,1°C. A precipitação média anual é de 1366,8 mm, com o período chuvoso compreendido entre os meses de Novembro a Maio e, o período mais seco de Junho a Outubro (Figura 3).

Figura 3- Precipitações (mm) e temperaturas (°C) em Rio Claro (1961- 1990).



Fonte: CEPAGRI

4.1.1 Estabelecimento dos locais de amostragem e amostragem dos solos

Foram escolhidos dois perfis nas seguintes situações: SAF (Tratamento 1) e Pastagem (Tratamento 2) para descrição morfológica do solo (Figura 4). Em cada área também foi efetuada a coleta em três pontos distribuídos aleatoriamente de amostras indeformadas e deformadas sob cada sistema nas profundidades de 0,00 - 0,10 m; 0,10– 0,20 m e 0,40 -0,60 m para a realização de análises químicas e físicas de rotina.

Figura 4- Área de estudo com os dois tratamentos: SAF e Pastagem.



Fonte: Google Earth, 2012



Detalhe do tratamento 1, SAF



Detalhe do tratamento 2, Pasto

4.1.2 Histórico de uso das parcelas experimentais (2009 – Atual)

O SAF estudado (Tratamento 1) possui 1120 m² e faz parte de uma iniciativa do Grupo de Extensão em Agroecologia Gira- Sol, que se consolidou em 2007, e tem por objetivos aprofundar os conhecimentos em agroecologia e sua difusão. Tal grupo realiza práticas experimentais nesta área, desde o final de 2009, que posteriormente serão compartilhadas com pequenos agricultores, em hortas comunitárias e alunos de escolas, além de propiciar oficinas, cursos, filmes e discussões sobre o conhecimento científico produzido. Dentre as diferentes técnicas de manejo da agricultura alternativa já citada, o Sistema Agroflorestal (SAF) é a técnica utilizada pelo grupo nessa área específica.

Na área escolhida pelo grupo para a implementação do SAF, já havia algumas espécies de arbóreas, como Jequitibá branco (*Cariniana estrellensis*), Jatobá (*Hymenaea courbaril*), Paineira (*Chorisia speciosa*), Dedaleiro (*Lafoensia pacari*), Aroeira Pimenteira (*Schinus terebinthifolius*), Araçá (*Psidium Longipetiolatum*) e Uvaia (*Eugenia pyriformis*). O SAF, como dito, foi implantando no final de 2009, com plantio de adubo verde como o Guandú (*Cajanus cajan*), *Crotalaria spectabilis*, Feijão de Porco (*Canavalia ensiformis*) e algumas espécies agrícolas como milho (*Zea mays*), tomate (*Lycopersicum esculentum*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*). Em 2010 foi feito um forte adensamento com adubo verde (*Cajanus cajan*, *Crotalaria spectabilis*, *Canavalia ensiformis*, *Raphanus sativus*, *Calopogonium mucunoides* (calopogônio), *Mucuna aterrima* (Mucuna Preta)), houve implantação de “muvucas” (consórcio planejados de sementes) com espécies agrícolas (*Abelmoschus esculentus*, *Lycopersicum esculentum*, *Zea mays*) e cobertura do solo com matéria orgânica. Em 2011 foi feita incorporação do adubo verde, plantio plantas frutíferas e arbóreas, no primeiro semestre, sendo o segundo semestre dedicado a implantação de horta de medicinais (Figura 5) e cobertura do solo com matéria orgânica.

Figura 5- Horta de Medicinais

Durante todo o ano, foram elaborados e manejados núcleos de consórcios agrícolas entre as arbóreas (Figura 6), com plantio de banana (*Musa paradisiaca*), milho (*Zea mays*), tomate (*Lycopersicum esculentum*), mandioca (*Manihot esculenta*), abóbora (*Cucurbita pepo*), hortaliças. Em 2012, continuou-se com o manejo dos núcleos, e foi feito cobertura do solo com troncos de árvores, folhas e o pseudocaule das bananeiras manejadas (Figura 7a e 7b), juntamente com plantio entre linhas, com intuito de melhorar a qualidade do solo e como forma de controlar a braquiária. A Figura 8 ilustra a evolução do SAF ao longo dos anos (desde sua implantação até os dias atuais).

Figura 6- Detalhe do Núcleo de consórcios

Figura 7- Manejo dos núcleos (a) e cobertura do solo com troncos e partes da bananeira manejada (b)



Figura 8- Evolução do crescimento das espécies arbóreas presentes no SAF desde sua implantação até os dias atuais.

Outubro de 2011



Fevereiro de 2012



Setembro de 2012



Abril de 2013



A Pastagem (Tratamento 2), é uma área coberta por *Brachiaria decumbens* desde o início da implantação do SAF, onde há manutenção periódica de capina com máquinas. Não há registro de queimadas em nenhum dos tratamentos estudados.

4.2. Caracterização dos Atributos de Qualidade do Solo

4.2.1 Descrição Morfológica dos Perfis

A descrição morfológica do solo em cada área foi realizada de acordo com os procedimentos descritos no trabalho de Lemos e Santos (2002). Foram descritos dois perfis de solo, um perfil representativo de cada sistema (SAF e Pastagem). A Figura 9 ilustra etapas de descrição sob SAF, com destaque nos atributos morfológicos de cor, textura, estrutura e atração magnética.

Figura 9- Descrição Morfológica do Perfil sob SAF com destaque de algumas determinações realizadas: cor, estrutura do solo, textura e atração magnética.



4.2.2 Atributos Químicos e de Fertilidade do solo

Foram medidos os valores de pH em água e em KCl 1M. Os cátions trocáveis (Na, K, Ca e Mg) e P foram obtidos através do método de resina de troca iônica. O alumínio trocável foi determinado utilizando-se como solução extratora KCl 1M. A matéria orgânica foi determinada pelo método Walkley-Black (pela oxidação com dicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal). A acidez potencial (H^+Al) foi obtida por extração com acetato de cálcio a pH 7,0.

Destas determinações foram obtidos os seguintes parâmetros: soma de bases, capacidade de troca de cátions e percentagem de saturação em bases. Os métodos analíticos constam de Camargo et al. (1986) e EMBRAPA (1997).

4.2.3 Granulometria, argila dispersa em água e densidade das partículas

A análise granulométrica foi determinada após dispersão com NaOH 1mol L⁻¹, agitação mecânica por 16 horas e peneiramento úmido em peneira de malha de 0,053 mm, obtendo-se a fração areia. A argila foi obtida computando-se o tempo de sedimentação segundo lei de Stokes, empregando-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1997). O silte foi calculado por diferença. Para determinação da argila dispersa ou natural, foi seguida a mesma metodologia descrita acima, mas sem a utilização do hidróxido de sódio (NaOH) como agente dispersante. A relação silte/argila e o grau de floculação ($[(\text{argila total} - \text{argila natural}) * 100] / \text{argila total}$) foram calculados conforme EMBRAPA (1997).

A determinação da densidade de partículas do solo (Dp) possui grande relevância como indicativa da composição mineralógica, cálculo da velocidade de sedimentação de partículas em líquidos e determinação indireta da porosidade (FORSYTHE, 1975). A medida do volume de partículas foi efetuada, sobre amostras secas em estufa, pelo método do picnômetro descrita em Jacob e Clarke (2002). As vantagens dessa técnica são as facilidades de uso e a alta precisão. A densidade de partículas corresponde a massa de partículas por unidade de volume de partículas:

$$Dp \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{Massa de partículas (g)} / \text{Volume de partículas (cm}^3\text{)}$$

4.2.4 Densidade do solo e Porosidade total do solo

Para determinação da densidade e porosidade do solo foram retiradas três amostras, com estrutura indeformada, por meio de anel volumétrica do tipo Köppeck, com volume de 100 cm³, segundo a metodologia descrita em Kiehl (1979). A densidade do solo foi calculada pela razão entre a massa de solo seco em estufa contido no anel pelo volume do anel, de acordo com procedimentos descritos em Camargo et al. (1986). O solo foi secado na estufa a 105-110°C por 24 horas e pesado. A densidade do solo foi calculada a partir do volume do anel ($V = \pi r^2 h$).

$$D_s = \frac{M_s}{V_t}$$

Em que D_s é a densidade do solo (g.cm⁻³), M_s a massa de solo seco (g) e V_t o volume do anel (cm³).

A porosidade do solo foi calculada usando a relação entre a densidade do solo e a densidade de partículas, utilizando a equação abaixo segundo a metodologia proposta por (CAMARGO et al., 1986)

$$P_t = \left[1 - \frac{D_s}{D_p} \right] \times 100$$

Em que P_t é a porosidade do solo, D_s é a densidade do solo (g.cm⁻³) e D_p é a densidade de partículas (g.cm⁻³).

4.2.5 Resistência do solo à penetração

Foi determinada com penetrômetro de impacto, de acordo com metodologia descrita em (STOLF, 1991), a partir de 5 pontos por parcela (SAF e Pastagem). O penetrômetro de impacto utilizado apresenta as seguintes características: peso da carga móvel: 4 kg; curso da queda livre: 0,40 m; ângulo do cone da extremidade da haste: 30°; área da base da ponta da haste: 1,29 cm²; e peso total do equipamento: 5,6 kg. O número de impactos/dm obtidos no campo foram transformados em unidades de resistência do solo (kgf/cm²) segundo Stolf

(1991). As amostragens foram feitas um ou dois dias após uma chuva suficiente para umedecer toda a camada amostrada, estando esta com umidade próximo à capacidade de campo. Simultaneamente, coletaram-se amostras para a determinação do teor de água no solo pelo método gravimétrico padrão, com trado do tipo holandês em cada ponto amostrado e em três profundidades (0,00 - 0,10 m; 0,10– 0,20 m e 0,40 -0,60 m). A figura 10 ilustra a determinação da resistência do solo a penetração sob SAF.

Figura 10 - Medida da resistência do solo a penetração com o Penetrômetro de Impacto.



4.3 Descrição da Vegetação

A descrição do extrato arbóreo, e das espécies agrícolas de toda área foi feita com auxílio de guias de identificação, segundo Carvalho (2003; 2006), Instituto Brasileiro de Florestas (2011); Lorenzi e Matos (2002), Lorenzi et al. (2003) e Longhi (1995) e com auxílio dos integrantes do grupo. Foi feito um croqui da área (Apêndice 1) para posterior consulta e planejamento das práticas agroflorestais do grupo. As espécies arbóreas e arbustivas nativas foram classificadas em três grupos sucessionais bases:

1. Pioneiras: Espécies que se desenvolvem em clareiras, nas bordas da floresta ou em locais abertos, sendo claramente dependentes de condições de maior luminosidade, não ocorrendo, em geral, no sub-bosque; **2. Secundárias iniciais** – Espécies que se desenvolvem em clareiras pequenas ou mais, raramente, no sub-bosque, em sombreamento, podendo também ocorrer em áreas de antigas

clareiras, próximas às espécies pioneiras; **3. Secundárias tardias** – Espécies que se desenvolvem exclusivamente em sub-bosque permanentemente sombreado e, neste caso, pequenas árvores ou espécies arbóreas de grande porte, que se desenvolvem lentamente em ambientes sombreados, podendo alcançar o dossel ou ser emergentes (LEITÃO, 1993).

As espécies clímax foram agrupadas com as tardias devido às dificuldades em distinguir esses dois grupos com características tão próximas. O levantamento foi feito no período de agosto à outubro de 2012.

5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram analisados utilizando delineamento inteiramente casualizado. Foi efetuada a análise exploratória dos dados por sistema de uso e por profundidade de solo, e verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk (1965).

A variabilidade do conjunto de dados, expressa pelo coeficiente de variação (CV%), foi verificada de acordo com os critérios de Warrick e Nielsen (1980), que indicam como sendo de baixa variabilidade coeficiente de variação inferior a 12%, de média variabilidade coeficiente de variação igual ou superior a 12% e inferior a 60%, e de alta variabilidade coeficiente de variação superior a 60%.

Também foi realizada análise de variância pelo teste F, com comparação de médias pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade.

Para realização das análises, foi utilizando o programa computacional SAS (SAS Institute, 1990).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Descrição morfológica e Classificação dos perfis

As Tabelas 1 e 2 apresentam o resumo das descrições morfológicas realizadas nos diferentes horizontes sob os sistemas SAF e Pastagem.

Os perfis de solo dos dois tratamentos foram descritos e classificados como Latossolo Vermelho férrico típico textura argilosa.

Tabela 1- Resumo das descrições morfológicas realizadas nos horizontes sob SAF

Horiz. (cm)	SAF
A 0-10	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{4}$ seca); textura argilosa; estrutura forte média granular, consistência ligeiramente dura, friável, plástica e pegajosa; com transição clara e plana e abundância de raízes finas.
AB 10-30	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{5}$ seca); textura argilosa; estrutura moderada pequena granular, moderada média blocos subangulares; friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa; transição difusa e plana.
Bw 30-120 +	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{6}$ seca); argilosa; subangular média fraca passando para uma microestrutura granular de grau de desenvolvimento forte; macia, muito friável, plástica e pegajosa; transição difusa e plana.
Observação	As raízes ao longo do perfil apresentam distribuição aleatória, bem ramificada, não tortuosa e não achatadas. Presença de atividade biológica abundante, como cupins e formigas. Carvão ao longo do perfil, mais abundante na segunda e terceira camadas. Não constam indícios de compactação. Alta atração magnética.

Tabela 2- Resumo das descrições morfológicas realizadas nos horizontes sob Pastagem.

Horiz. (cm)	Pastagem
A 0-12	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{6}$ seca); argilosa; moderada pequena granular; moderada pequena laminar, friável; ligeiramente plástica; ligeiramente pegajosa; transição plana e clara
AB 12-30	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{6}$ seca); argilosa; moderada pequena blocos angulares e subangulares/ moderada pequena a média granular; moderada média laminar, friável; ligeiramente plástica; pegajoso; transição difusa e plana.
Bw 30-110 +	Bruno-avermelhado-escuro (2,5YR $\frac{3}{4}$ úmida, 2,5 YR $\frac{3}{6}$ seca); argilosa moderada fraca granular/pequenos a médios blocos subangulares dominantes/moderado a fraco; plástica; pegajosa; transição difusa e plana.
Observação	Raízes finas abundantes na primeira camada, poucas na segunda, raras na terceira e médias abundantes nas três camadas. Diferença de cor entre camadas muito sutil. Carvão ao longo do perfil, mais abundante na segunda e terceira camadas. Presença de agregados com estrutura laminar indicando compactação. Atividade biológica inferior ao SAF. Alta atração magnética.

Os dois perfis apresentaram horizontes de subsuperfície (BW latossólico) equivalentes em espessura e morfologia e diferenciaram-se principalmente no horizonte de superfície (A) e transição (A/B).

As cores dos horizontes sob os diferentes sistemas de manejo foram muito semelhantes entre os perfis e dentro de um mesmo perfil, atingindo matizes em torno de 2,5YR (Bruno-avermelhado-escuro). Essa observação pode ser uma indicação de boa capacidade de drenagem do solo e de presença de óxidos de ferro que tem um forte poder de pigmentação, especialmente hematita (LEPSCH, 2011). As cores mais escuras estão sempre em horizontes mais superficiais devido à maior presença de matéria orgânica, um dos elementos mais importantes na coloração do solo. De fato, Wills et al. (2007) mostraram, em um estudo realizado sobre vários tipos de solos nos Estados Unidos, que a avaliação da cor no campo pode prever o teor de carbono orgânico no solo. A cor preta do ácido húmico presente na matéria orgânica, mascara o ácido fúlvico mais amarelado, dando uma cor escura ao solo com matéria orgânica (SCHULZE et al., 1993).

Em quanto à textura determinada a campo, os horizontes de superfície e subsuperfície sob os diferentes sistemas de manejo, foram descritos como argilosos a franco argilosos. Essa observação pode ser ligada com a alta plasticidade e pegajosidade observado no momento da descrição em campo. De fato, a presença de argila confere uma maior adesão entre materiais (pegajosidade) e uma maior coesão entre as partículas (plasticidade) (LEPSCH, 2011).

A textura também pode ser relacionada com a estrutura observada nos horizontes. A argila confere alto grau de agregação das partículas do solo, o que possibilita a formação de estruturas maiores e com grau moderado a forte de desenvolvimento. Na descrição dos perfis do tratamento 1 e 2, a estrutura que predominou em superfície foi do tipo granular de tamanho variando de pequeno a médio e grau de desenvolvimento moderado a forte e poucas estruturas do tipo blocos subangulares de tamanho pequeno e grau fraco de desenvolvimento. Já à medida que se aprofunda no perfil os horizontes apresentaram estruturas do tipo bloco subangulares e angulares de tamanho média a grande e com grau de desenvolvimento variando às vezes de médio à fraco. Relacionando a estrutura com a dinâmica de água no perfil, podemos concluir que a infiltração da água deve ser mais rápida nos horizontes superficiais e subsuperficiais sob SAF quando comparado à Pastagem, pois ocorre um predomínio de estrutura granular e estruturas em blocos angulares e subangulares e ausência de estruturas compactadas como relatados sob o tratamento 2. O mesmo foi observado por Souza, Leite e Beutler (2004), em estudo comparativo realizado em Latossolo amarelo, sendo os valores de infiltração inicial em pastagem menores que sistema de plantio sem

mecanização (plantio de Guaraná) e solo de floresta, devido as diferenças de densidade e macroporosidade. A infiltração de água no solo indica diferenças no comportamento hidrodinâmico do solo em função da alteração de sua estrutura, conclui os autores. Vale ressaltar também que o sistema SAF apresenta restos de folhas, galhos em estágio de decomposição variado, grande quantidade de raízes não achatadas, bem ramificadas e orientadas em todas as direções e indícios de atividade biológica ao longo de todo perfil.

As observações morfológicas desse solo sob vegetação natural de mata na literatura revelam condições semelhantes em termos de coloração e mineralogia. Este solo é apresentado como solos minerais, não hidromórficos, profundos, bem acentuadamente drenados, de coloração avermelhada, com altos teores de $\text{Fe}^{2+} \text{O}^{3-}$ obtidos pelo ataque sulfúrico ($> 35\%$ -, que se desenvolvem a partir de rochas ricas em ferro) (CAMARGO, 1982; CURI, 1983). Caracterizam-se, ainda, pela elevada atração ao magneto (magnetização) ditada pela presença de magnetita nas frações silte e areia, e magnetita na fração argila (CURI, 1983; RESENDE et al., 1988). Na constituição mineralógica da fração argila predominam hematita, magnetita, gibbsita, além de pequenas proporções de caulinita, goethita, anatásio e rutilo (CURI, 1983; ANTONELLO et al., 1988; KÄMPF et al., 1988).

De maneira geral, os resultados obtidos com as descrições morfológicas dos perfis sob os diferentes sistemas de manejo indicam condições estruturais inferiores sob a Área testemunha, com estruturas compactadas que condicionam porosidade visível praticamente inexistente e restrição ao crescimento radicular, sendo que tal condição quando em presença de déficit hídrico durante a fase de crescimento e desenvolvimento da cultura poderá condicionar crescimento e rendimento reduzido devido às raízes estarem situadas superficialmente. Ressalta-se também que a atividade biológica em todas as estruturas do perfil sob Tratamento 1 é superior ao perfil do Tratamento 2, encontram-se alguns cupins e formigas.

6.2 Resultados químicos

Os dados referentes às análises descritiva dos atributos químico do solo sob SAF e Pastagem são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Estatística descritiva dos atributos químicos do solo nas três profundidades amostradas (0,00-0,10; 0,10-0,20; 0,40-0,60) em dois tratamentos (SAF e Pastagem).

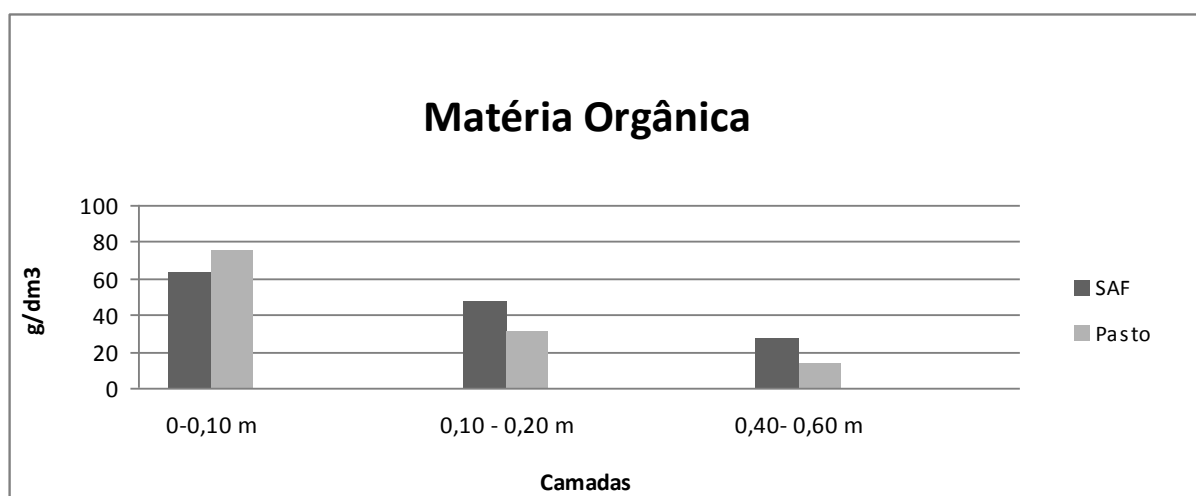
Atributo	Unidade	Média		s		Máximo		Mínimo		CV(%)	
Profundidade 0,00-0,10 m											
		Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1
pH	CaCl2	5	5,7	0	0	5	5,7	5	5,7	0	0
Cálcio	mmolc.dm-3	15,7	53	0,06	3,0	15,8	56	15,7	50	0,36	5,66
Magnésio	mmolc.dm-3	6,36	19	0,06	1,3	6,4	21,1	6,3	18,5	0,90	6,56
Potássio	mmolc.dm-3	2	5,6	0	0,7	2	6,3	2	4,9	0	12,5
Fósforo	mmolc.dm-3	1	10,4	0	0,6	1	11	0	9,8	0	5,76
M.O.	g.dm-3	75,63	62,83	1,25	0,351	76,9	63,2	74,40	62,5	1,65	0,55
V%	%	26,2	0,33	0	0,06	26,2	0,40	26,2	0,30	0	17,32
H+Al		68	37	0	1,0	68	38	68	36	0	2,70
SB	mmolc.dm-3	24,1	78,4	0	5	24,1	83,4	24,1	73,4	0	6,37
CTC	mmolc.dm-3	92,1	115,4	0	4	92,1	119,4	92,1	111,4	0	3,46
m %	%	2,13	0,33	0,11	0,057	2,2	0,40	2	0,30	5,41	17,32
Atributo	Unidade	Média		s		Máximo		Mínimo		CV(%)	
Profundidade 0,10-0,20 m											
		Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1
pH	CaCl2	5,63	5,46	0,05	0,06	5,7	5,5	5,7	5,5	1,02	1,05
Cálcio	mmolc.dm-3	53,8	39	1,5	0,4	55,3	40,2	52,3	39,4	2,78	1
Magnésio	mmolc.dm-3	11,9	11,4	0,3	0,2	12,2	11,60	11,6	11,2	2,52	1,75
Potássio	mmolc.dm-3	0,46	1,13	0,06	0,06	0,5	1,20	0,4	1,10	12,37	5,09
Fósforo	mmolc.dm-3	0,27	1,4	0,25	0,1	0,5	1,5	0	1,3	94,37	7,14
M.O.	g.dm-3	31,4	47,3	2,5	3,6	33,9	50,9	28,9	43,7	7,96	7,61
V	%	64,73	53,8	0,65	0,30	65,4	54,1	64,1	53,5	1	0,55
H+Al		36	45	0	0	36	45	36	45	0	0
SB	mmolc.dm-3	66,16	52,3	1,85	0,65	68	53	64,3	51,7	2,79	1,24
CTC	mmolc.dm-3	102,16	97,33	1,85	0,65	104	98	100,3	96,7	1,81	0,66
m	%	0,30	0,20	0	0	0,30	0,20	0,30	0,20	0	0
Atributo	Unidade	Média		s		Máximo		Mínimo		CV(%)	
Profundidade 0,40-0,60 m											
		Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1	Trat.2	Trat.1
pH	CaCl2	4,6	4,93	0	0,06	4,6	5	4,6	4,9	0	1,17
Cálcio	mmolc.dm-3	11	37,7	0,5	1,60	11,5	39,3	10,5	36,1	4,54	4,24
Magnésio	mmolc.dm-3	3,4	14,56	0,10	0,95	3,5	15,5	3,3	13,6	2,94	6,52
Potássio	mmolc.dm-3	0,63	2,83	0,06	0,15	0,70	3	0,6	2,7	9,11	5,39
Fósforo	mmolc.dm-3	0	9,4	0	0,10	0	9,5	0	9,3	0	1,06
M.O.	g.dm-3	13,53	27,3	0,15	0,9	13,7	28,2	13,4	26,4	1,12	3,29
V%	%	22,7	50	0,40	1,2	23,1	51,2	22,3	48,8	1,76	2,40
H+Al		51	55	1,0	0	52,0	55	50	55	1,96	0
SB	mmolc.dm-3	15,03	55,1	0,65	2,7	15,7	57,8	14,4	52,4	4,33	4,9
CTC	mmolc.dm-3	66,03	110,1	1,65	2,7	67,7	112,8	64,40	107,4	2,49	2,45
m%	%	8,53	2,03	0,35	0,06	8,9	2,1	8,2	2,0	4,11	2,83

s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo; Trat.2 Pastagem; Trat. 1- SAF

Observando-se os coeficientes de variação dos atributos químicos (Tabela 3), constata-se que o pH, cálcio, magnésio, M.O, V%, H+Al, saturação por bases (SB) e CTC apresentam baixa variabilidade ($CV < 12\%$), já o potássio e fósforo apresentaram média variabilidade ($12\% < CV < 60\%$) segundo o critério apresentado por Warrick e Nielsen (1980).

Constatou-se que os valores de MO (Figura 11) decresce com a profundidade, e é relativamente maior para o tratamento sob SAF. A diferença se dá na camada superficial de 0-10 cm, onde o solo da Pastagem apresentou maior valor de matéria orgânica.

Figura 11- Matéria Orgânica nos dois tratamentos

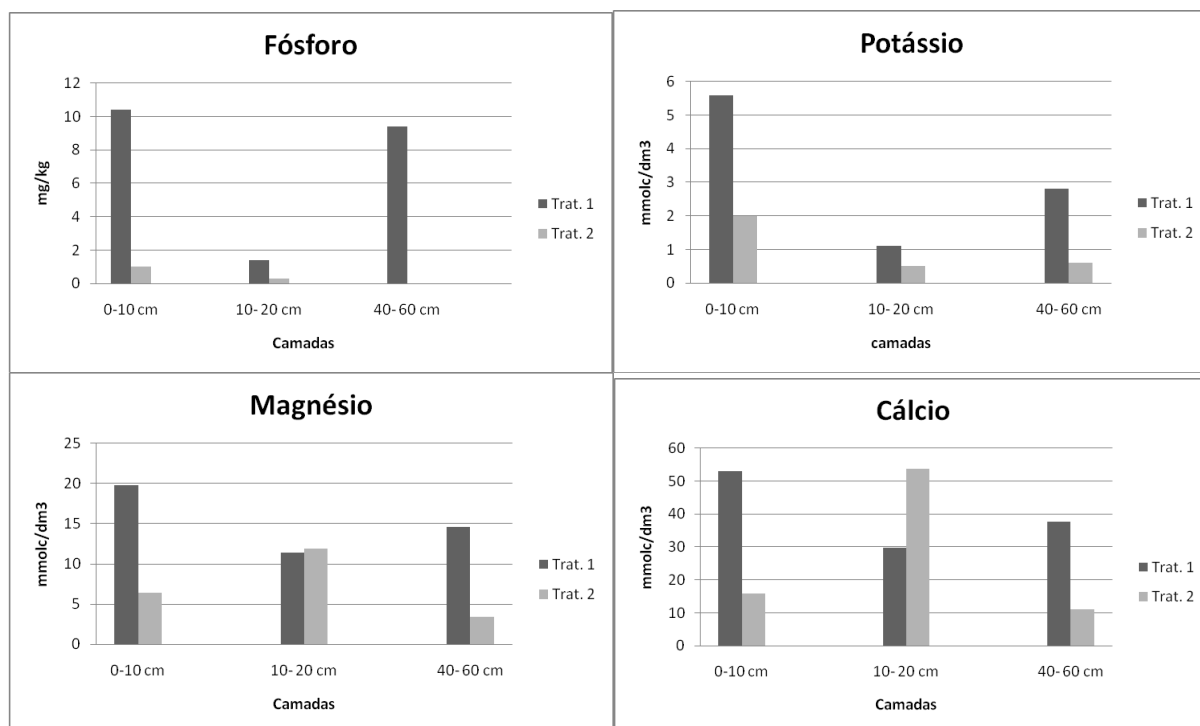


A redução da matéria orgânica na camada superficial pode ser consequência da maior exposição das frações orgânicas aos microorganismos decompositores e à maior quebra dos macroagregados pelo revolvimento do solo (SILVA et al. 1999). Segundo Marin 2002, a mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes, sendo que de 15 a 80% dos valores de fósforo encontrados no solo pode ser proveniente dessa mineralização. Isso pode explicar a diferença de valores de K, Ca, Mg e P nas camadas superficiais de 0-10 cm nas camadas de 40-60 cm, sendo superiores no solo sob Tratamento 1 quando comparados com o solo do Tratamento 2 (Figura 12). Esses resultados diferem dos resultados apresentados por Mendes (2011), cujos valores apresentaram poucas diferenças entre os tratamentos de SAF e pastagem.

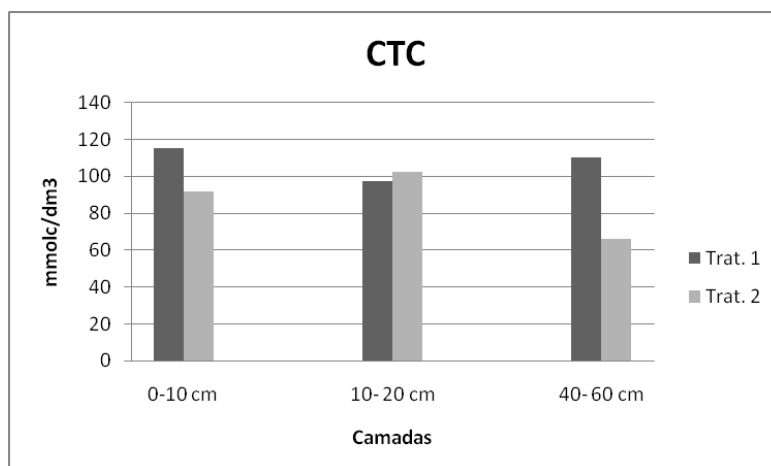
Segundo Barreto et al. (2006), a elevada ciclagem de nutrientes em solo de mata eleva as concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} nas camadas superficiais, onde se encontra a manta orgânica, reduzindo as concentrações em solo, conforme profundidade. Lange et al (2006) relata que a cobertura vegetal (palhada) concentra grande parte do potássio, e devido a sua não incorporação mecânica ao solo, ele concentra-se nas camadas superficiais do solo. Com

esses resultados podemos inferir que o solo de SAF, quando comparado à Pastagem, apresenta uma melhor mineralização e ciclagem dos nutrientes, sendo possivelmente um solo mais rico em microorganismos.

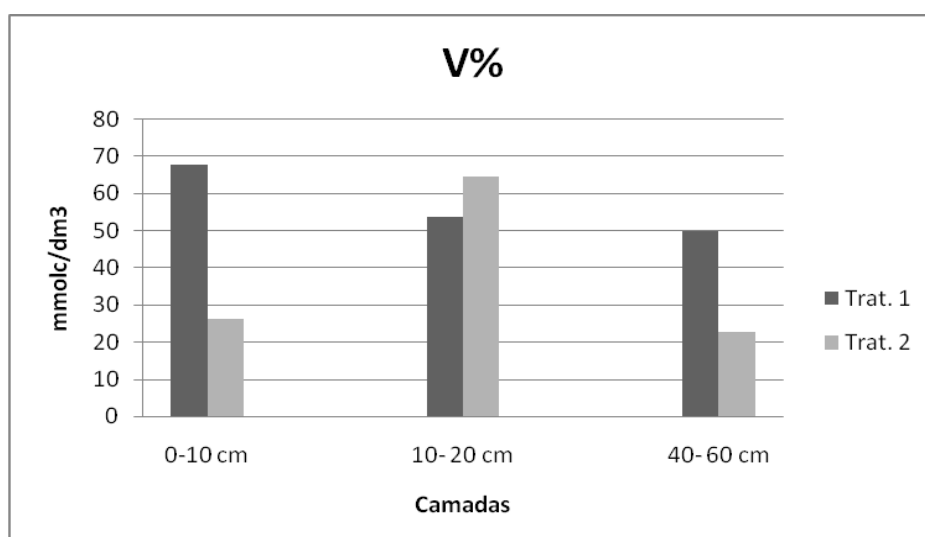
Figura 12- Quantificação de P, K, Mg e Ca em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)



Os valores da CTC apenas refletem os valores já apresentados de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , sendo superiores em solo sob SAF, na primeira e ultima camada analisada (Figura 13). O mesmo foi observado por Barreto et al. (2006). Na camada de 10-20 cm, o mesmo comportamento foi observado por Mendes (2011), cujo valor de CTC também foi superior em solo sob pastagem. Os resultados de CTC diferem dos obtidos por Vidal (2012), que obteve valores diretamente relacionados entre CTC e MO comparando solo de mata e pastagem.

Figura 13- Capacidade de Troca Catiônica em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)

O índice de saturação por bases (V%) (Figura 14), reflexo da CTC e da soma de bases (Ca, Mg e K), são indicativos das condições gerais de fertilidade química do solo, pois definem a condição eutrófica e distrófica do solo. No presente estudo, os valores apresentaram decréscimo no solo sob SAF, com relação à profundidade, sendo inferior na camada de 10-20 cm, e superior na camada superficial e de 40-60 cm. Segundo os valores sugeridos para a classificação de saturação em base pela Seção de Fertilidade do Solo do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, citado por Freire (2006), o solo sob SAF pode ser classificado como médio, e o de pastagem como baixo, médio e muito baixo, respectivamente às profundidades.

Figura 14- Índice de saturação por bases em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)

O índice de saturação por alumínio apresentou-se relativamente estável nas camadas superficiais, tendo uma abrupta elevação na camada mais profunda do sistema de pastagem (Figura 15). Isso pode ter relação com a diminuição do pH com a profundidade. Segundo

Vidal (2012), a diminuição do pH acaba liberando Al no sistema (Figura 16), gerando assim um acréscimo na porcentagem de saturação de alumínio.

Figura 15- Saturação por Alumínio em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)

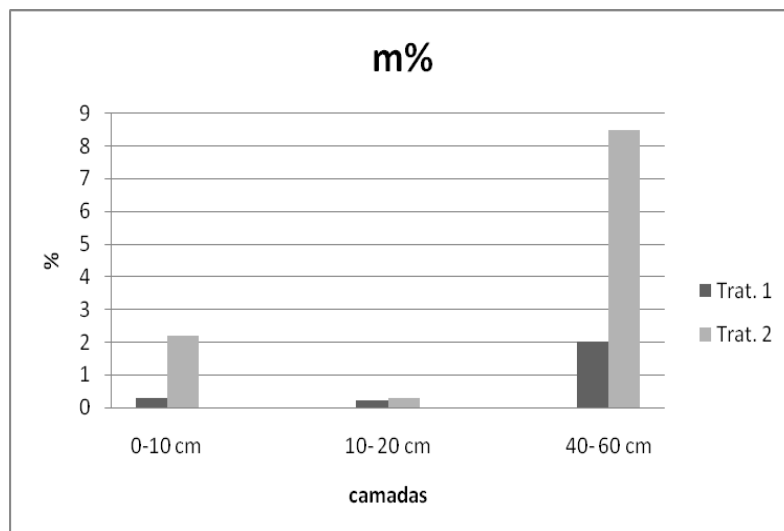
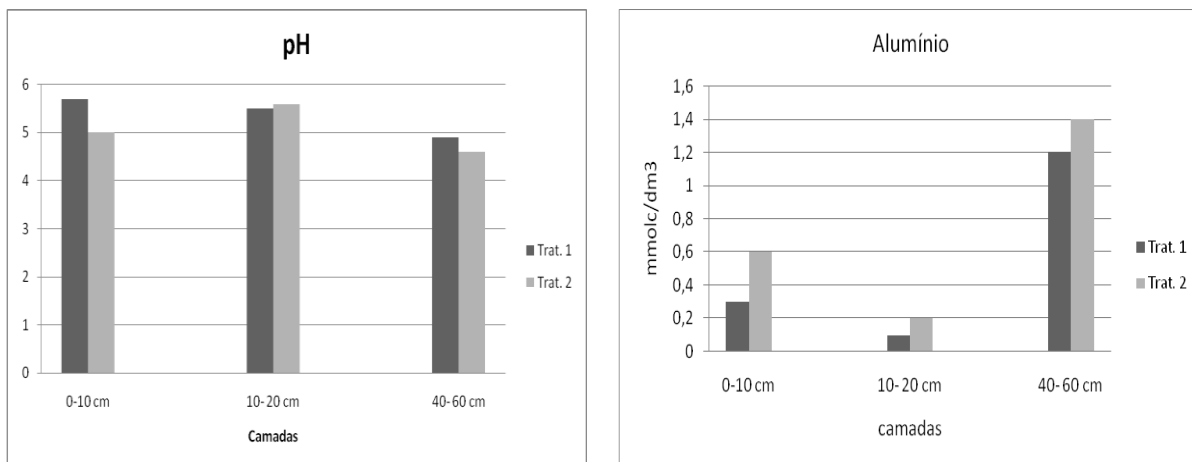


Figura 16- Relação do pH com valores de Alumínio em SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2)



6.4 Granulometria, argila dispersa em água e densidade das partículas

A tabela 4 apresenta os valores médios da análise granulométrica e a classificação textural, obtidos para o solo em estudo sob SAF e Pastagem nas quatro profundidades analisadas. Os resultados da granulometria não mostraram grandes variações dos teores de argila, silte e areia total dos sistemas de manejo e entre as diferentes profundidades. Para todos os sistemas analisados, em geral, constata-se aumento dos valores de argila e diminuição da areia em profundidade (Tabela 4). A variação de argila em profundidade sob os sistemas pode indicar a ação de mecanismos de translocação ou da perda diferencial de argila em superfície, por erosão ou por sua destruição, mesmo que não seja suficiente para definir um horizonte B textural.

Tabela 4- Teores médios da análise granulométrica e classificação textural das parcelas experimentais, para as profundidades e sistemas de manejo avaliados

Parcela	ARGILA	SILTE	AREIA	Classe Textural
----- g/kg -----				
----- 0,00 – 0,10 m -----				
SAF	502	190	308	Argilosa
Pasto	358	180	462	Franco Argilosa
----- 0,10 – 0,20 m -----				
SAF	566	169	265	Argilosa
Pasto	486	134	380	Argilosa
----- 0,20 – 0,30 m -----				
SAF	502	204	293	Argilosa
Pasto	456	131	412	Argilosa
----- 0,40 – 0,60 m -----				
SAF	569	175	256	Argilosa
Pasto	457	101	441	Argilosa

Lançando-se os resultados da análise granulométrica no triângulo textural constatou-se que o solo estudado apresentou classe textural Argilosa para maioria dos sistemas e profundidades analisadas, com exceção do sistema sob Pasto a 0,00-0,10 m de profundidade que apresentou uma classificação de Franco Argilosa.

A textura argilosa e franco argilosa verificada nestes sistemas de manejo é decorrente do tipo de material de origem (rochas basálticas) e tipo de solo (Latossolo Vermelho Férrico). A mineralogia com predomínio de minerais ferromagnesianos e o baixo teor de sílica das rochas básicas favorece a ação dos agentes do intemperismo originando solos com textura argilosa.

Ressalta-se que a textura do solo apresenta relação direta com suas propriedades físico- químicas, sendo que solos mais argilosos tendem a apresentar menor densidade, maior porosidade e maior potencial de suprimento de nutrientes para as plantas do que solos arenosos (KLEIN, 2008), o que foi verificado por estudo comparativo realizado por Freitas et al. (2011). Relacionados à textura, estão as taxas de aumento de agregação do solo, bem como ao manejo e aos sistemas de cultura adotados (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2008).

Em relação aos resultados da densidade de partículas obtidos para os dois sistemas de manejo observa-se que os valores foram relativamente constantes ao longo dos dois perfis descritos, variando de 2,53 a 2,67 g.cm⁻³ e de 2,52 a 2,72 g.cm⁻³ respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5- Valores médios de densidade de partículas (g/cm³), em três profundidades e em dois sistemas de manejo.

		Densidade de partículas (g/cm ³)		
Parcela	Tratamento	Profundidade (m)		
		0,00-0,10	0,10-0,20	0,40-0,60
T1	SAF	2,53 Aa	2,67Aa	2,67 Aa
T2	Testemunha	2,59 Aa	2,66 Aa	2,72 Aa

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

A densidade de partículas pode ser relacionada com a composição mineralógica do solo, ou seja, ela é intrínseca dos componentes do solo e independente do manejo do solo (FORSYTHE, 1975). No solo estudado, a densidade de partícula foi em média, de 2,64 g.cm⁻³ (Desvio– padrão de 0.0023) independente do sistema de manejo e profundidade amostrada o que reflete solos bem desenvolvidos e a presença dominante do quartzo que tem uma massa específica em torno de 2,65 g.cm⁻³ (VAN LIER, 2010). Mesmo se a densidade de partículas é relativamente estável, é possível observar um ligeiro aumento ao longo do perfil. A presença de matéria orgânica no horizonte superficial como relatado posteriormente pode baixar a

densidade de partículas, sabendo que possui uma massa específica de $1,20 \text{ g.cm}^{-3}$ (VAN LIER, 2010).

6.5 Porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo

Todos os atributos analisados apresentaram normalidade, em nível de probabilidade de 1%, sendo que a Tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas dos mesmos. Observando-se os coeficientes de variação, constata-se que a maioria dos atributos apresenta baixa variabilidade ($CV < 12\%$), com exceção do atributo macroporosidade (Mac) nas profundidades 0,00-0,10, 0,10-0,20 m, que apresentam média variabilidade ($12\% < CV < 60\%$).

Os valores de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo nos sistemas (SAF e Pastagem) e profundidades estudadas compõem uma distribuição cuja média é menos que 1% maior ou menor que a mediana, estando bem próximos um do outro, demonstrando distribuição simétrica para esses atributos (Tabela 6).

Tabela 6- Estatística descritiva dos atributos físicos do solo: Porosidade total (PT); Macroporosidade (MA) ; Microporosidade (Mi) e Densidade do solo (Ds) sob SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2), nas três profundidades amostradas (0,00-0,10, 0,10-0,20 e 0,40-0,60).

Profundidade 0,00-0,10 m													
Atributos	Média		Mediana		s		Min.		Máx.		CV (%)		
	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	
PT (m³/m³)	0,48	0,47	0,47	0,46	0,02	0,02	0,45	0,43	0,50	0,48	3,8	3,7	
MA (m³/m³)	0,14	0,15	0,13	0,15	0,02	0,03	0,10	0,10	0,17	0,18	19,9	22,7	
Mi (m³/m³)	0,35	0,33	0,34	0,32	0,01	0,01	0,33	0,30	0,36	0,34	2,9	4,1	
Ds (Kg/dm³)	1,19	1,22	1,19	1,19	0,02	0,05	1,15	1,16	1,21	1,29	2,20	4,2	
Profundidade 0,10-0,20 m													
Atributos	Média		Mediana		s		Min.		Máx.		CV (%)		
	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	
Pt (m³/m³)	0,49	0,46	0,48	0,45	0,01	0,01	0,47	0,43	0,50	0,47	1,5	2,6	
Ma (m³/m³)	0,13	0,09	0,12	0,09	0,02	0,01	0,10	0,08	0,15	0,08	14,4	11,2	
Mic (m³/m³)	0,36	0,36	0,37	0,35	0,01	0,01	0,37	0,37	0,34	0,35	3,9	2,5	
Ds (Kg/dm³)	1,26	1,33	1,23	1,35	0,08	0,06	1,17	1,24	1,39	1,39	6,27	4,9	
Profundidade 0,40-0,60 m													
Atributos	Média		Mediana		s		Min.		Máx.		CV (%)		
	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	Trat 1	Trat 2	
PT (m³/m³)	0,52	0,52	0,50	0,51	0,026	0,026	0,48	0,50	0,55	0,53	5,1	1,97	
MA (m³/m³)	0,12	0,13	0,12	0,12	0,01	0,01	0,14	0,15	0,11	0,12	10,7	10,2	
Mi (m³/m³)	0,39	0,38	0,39	0,39	0,01	0,01	0,36	0,37	0,41	0,39	5,3	2,4	
Ds (Kg/dm³)	1,21	1,24	1,20	1,26	0,07	0,06	1,11	1,12	1,30	1,28	5,8	5,2	

s- desvio padrão; CV- coeficiente de variação; Min.- mínimo; Max.- máximo

Os resultados das análises de variância (valores de F e coeficientes de variação), para os atributos analisados nas respectivas profundidades e tratamentos evidenciaram que ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos e profundidades. A interação tratamento x profundidade também foi significativa, mostrando que o efeito dos tratamentos depende do efeito da profundidade, e vice-versa.

Os resultados da comparação de médias do atributo Ds nas profundidades de 0-0,10 m, 0,10-0,20 m e 0,40-0,60 m sob SAF e Pastagem estão apresentados na Tabela 7. Em todas as profundidades os sistemas proporcionaram modificações estatisticamente significativas na Ds ($p < 0,05$).

Tabela 7- Valores médios de densidade do solo (kg.dm^{-3}), em três profundidades nos sistemas SAF (Trat1) e Pastagem (Trat 2)

Tratamento	Densidade do Solo (kg.dm^{-3})		
	Profundidade (m)		
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,40-0,60
1	1,19Ba	1,26Aa	1,21Aa
2	1,22Bb	1,33Aa	1,24Ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade.

Nas três profundidades analisadas, o maior valor de densidade foi obtido na Pastagem ($1,33 \text{ kg.dm}^{-3}$) na profundidade 0,20-0,40, o que se deve principalmente a ausência de revolvimento do solo e incorporação de resíduos culturais, à acomodação natural de partículas e ao tráfego contínuo de máquinas na superfície do solo. No SAF, ao contrário, os menores valores de Ds principalmente em superfície podem ser atribuídos à incorporação dos resíduos culturais. Os resultados obtidos estão de acordo com as observações relatados por Altieri (1989), segundo tal autor as propriedades físicas podem ser melhoradas com a presença de árvores, principalmente a estrutura do solo, como resultado do aumento da matéria orgânica (folhas e raízes) e pela ação descompactante das raízes das árvores e da atividade microbiana, que ajuda no desenvolvimento de agregados do solo mais estáveis resultando em valores baixos de densidade.

Quanto aos tratamentos, não foi verificada diferença significativa ($p > 0,05$) em uma mesma profundidade (Tabela 7). Apesar da ausência de diferenças significativas entre os tratamentos em uma mesma profundidade, os resultados indicam tendência da Pastagem apresentar maiores valores de Ds em relação ao SAF, corroborando com os resultados obtidos por Nair (1993) e Young (1989).

Já quanto às profundidades, foi verificada diferença significativa ($p>0,05$) entre as profundidades somente para Pastagem (Tabela 7). A profundidade de 0,20-0,40 apresentou o maior valor $1,33 \text{ kg.dm}^{-3}$ e se diferiu estatisticamente da camada de 0,00-0,10 e 0,40-0,60. Estes resultados podem estar associados à compactação subsuperficial em virtude ao tráfego contínuo de máquinas na superfície do solo, ao mesmo tempo em que a carga aplicada apresenta efeito cumulativo em subsuperfície ao longo dos anos.

Segundo Goedert, Schermack e Freitas (2002), quando se deseja o uso sustentável de Latossolos, valores de densidade do solo considerados adequados se situam na faixa entre 0,7 e $1,0 \text{ kg.dm}^{-3}$. Observa-se que, na média, o atributo densidade do solo nos tratamentos apresentam valores muito acima da faixa indicada. Ressalta-se que todos os tratamentos analisados já partiram de valores elevados de densidade, muito acima do valor de referência sob mata tropical subcaducifólia, indicando a degradação do solo no que respeita a esse atributo, após vários anos de uso.

6.6 Resistência do solo a penetração

Os resultados da análise de variância (Tabela 8) para resistência do solo à penetração mostram não haver diferenças significativas entre os sistemas de manejo (SAF e Pastagem), porém as diferenças são significativas em profundidade em um mesmo sistema. Os valores médios de resistência à penetração aumentam em profundidade tanto no SAF como na Pastagem. Na Pastagem o maior valor de 2,97 MPa, ocorreu na camada de 0,30-0,40m, sendo significativamente diferente dos valores de resistência à penetração nas duas primeiras profundidades de 1,42 (0-0,10 m) e 2,15 MPa (0,10-0,20 m). No SAF, o maior valor de 2,90 MPa ocorreu entre 0,20-0,30m e esse valor é significativamente diferente em relação aos valores das duas primeiras camadas, de 1,24 (0-0,10 m) e 2,31 (0,2-0,30 m) MPa mas não em relação à camada entre 0,3-0,4 m.

Tabela 8- Comparação das médias de resistência à penetração do solo (MPa) em quatro profundidades no SAF (Trat 1) e Pastagem (Trat 2).

Tratamento	Resistência do solo à penetração (MPa)			
	0,00-0,10 m	0,10-0,20 m	0,20-0,30 m	0,30-0,40 m
Trat. 1	1,24 Aa	2,31 Ab	2,90 Ac	2,73 Ac
Trat.2	1,42 Aa	2,15 Ab	2,92 Ac	2,97 Ac

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, quanto à profundidade no mesmo sistema de preparo, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, quanto ao tratamento na mesma profundidade

Na Pastagem, foi observado um maior valor médio da resistência à penetração na camada de 0-0,10 m de profundidade (1,42 MPa) em relação ao SAF (Tabela 8). A explicação para esse comportamento baseia-se no não revolvimento do solo, na acomodação natural das partículas e no tráfego de máquinas na superfície, refletindo no aumento da resistência do solo à penetração e também no aumento da densidade do solo como relatado posteriormente. Destaca-se também que na Pastagem foi observado estruturas laminares no momento da descrição morfológica, indicativo de compactação. Os dados desse trabalho são concordantes com os resultados obtidos por Carvalho et al. (2004) que também encontraram menor resistência à penetração sob SAF em todas as profundidades, quando comparado ao solo sob Sistema Plantio Direto.

Os valores dos índices de resistência do solo à penetração mecânica se encontram acima do limite considerado crítico pela literatura (2 MPa). Há indicações de plantas que se desenvolvem com valores superiores à 3 MPa, assim como plantas que são limitas com valores de 1,4 MPa. (FOLONI; CALONEGO; LIMA, 2003; BEUTHER; CENTURION, 2003). Segundo Ehlers et al. (1983) sistemas que acumulam mais matéria orgânica, existe uma tendência em haver maior eficiência de raízes e microrganismos em sua ação estruturadora do solo, permitindo maior amplitude dos limites de resistência à penetração, podendo ser considerado nessas condições o limite restritivo de 5 MPa.

Valores excessivos de resistência do solo à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IIJIMA; KONO, 1991). Além disso, estudos recentes indicam que a resistência do solo à penetração das raízes tem efeitos diretos no crescimento da parte aérea das plantas (MASLE; PASSIOURA, 1987) e na partição de carboidratos entre a raiz e parte aérea (MASLE; FARQUHAR, 1988).

Concomitantemente às leituras de resistência à penetração, foram tomados dados de umidade do solo, sendo observado que a umidade em profundidade (0-0,40 m) estava homogênea nos dois sistemas. Os resultados médios da umidade do solo para o SAF e para a Pastagem foram de $0,28 \text{ kg.kg}^{-1}$ e $0,27 \text{ kg.kg}^{-1}$, respectivamente (Tabela 9). Apesar da semelhança dos valores de umidade entre os tratamentos, a maior resistência na Pastagem na profundidade superficial é resultado da maior compactação do solo neste sistema como relatado acima.

Tabela 9- Umidade gravimétrica do solo (kg kg^{-1}) no SAF (Trat 1) e na Pastagem (Trat 2)

Tratamento	Umidade gravimétrica do solo (kg kg ⁻¹)				Média
	Profundidade (m)				
	0,00-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	
1	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28
2	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27

Estes resultados ressaltam o impacto positivo do SAF sobre a estruturação do solo e, por conseguinte, pressupõe melhor aeração e desenvolvimento do sistema radicular, garantindo a qualidade física do solo.

6.7 Descrição da Vegetação

6.7.1 Espécies Arbóreas e arbustivas

Das 37 espécies arbóreas e arbustivas levantadas, 72% são nativas e 28% são exóticas (Tabela 10).

Tabela 10- Espécies de plantas arbóreas e arbustivas do SAF

Espécie	Nome Popular	Origem
<i>Ananas comosus</i>	Abacaxi	Nativa
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba- Rosa	Nativa
<i>Bactris gasipaes</i>	Palmeira Pupunha	Nativa
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	Nativa
<i>Caesalpinia férrea</i>	Pau- Ferro	Nativa
<i>Caricas papaya</i>	Mamão	Exótica
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá Branco	Nativa
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá Rosa	Nativa
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	Nativa
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira	Nativa
<i>Citrus limon</i>	Limoeiro	Exótica
<i>Coffea arábica</i>	Café	Exótica
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	Nativa
<i>Erythrina speciosa</i>	Mulungu-do-Litoral	Nativa
<i>Eugenia pyriformis</i>	Uvaia	Nativa
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	Nativa
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Nativa
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	Nativa
<i>Inga laurina</i>	Ingá- Branco	Nativa
<i>Inga vera</i>	Ingá- do- Brejo	Nativa
<i>Lafoensia pacari</i>	Dedaleiro	Nativa
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i>	Falso- Timbó	Nativa
<i>Magnolia ovata</i>	Pinha- do- Brejo	Nativa
<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Exótica
<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Exótica
<i>Maytenus ilicifolia</i>	Espinheira- Santa	Nativa
<i>Morus nigra</i>	Amora	Exótica
<i>Musa paradisiaca</i>	Banana	Exótica
<i>Passiflora edulis</i>	Maracujá	Exótica
<i>Persea americana</i>	Abacateiro	Exótica
<i>Platymiscium pubences</i>	Tamboril	Nativa
<i>Psidium Guajava</i>	Goiabeira	Nativa
<i>Psidium Longipetiolatum</i>	Araçá	Nativa
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira Pimenteira	Nativa
<i>Schizolobium paraybae</i>	Guapuruvu	Nativa
<i>Solanum paniculatum</i>	Jurubeba	Nativa
<i>Syagrus romanzoffianum</i>	Palmeira Jerivá	Nativa
<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Exótica

Das 28 espécies nativas (Tabela 11; Figura 17), 30% são pioneiras, 18% são pioneiras e secundárias iniciais, 11% secundárias iniciais, 26% são secundárias tardias, 15% secundárias tardias/clímax e 4% é clímax (Figura 18).

Tabela 11- Espécies de plantas nativas encontradas no SAF

Espécie	Nome Popular	N. de indivíduos	Grupo Sucessional
<i>Ananas comosus</i>	Abacaxi	6	Pioneira
<i>Aspidosperma polyneuron</i>	Peroba- Rosa	1	secundaria tardia/clímax
<i>Bactris gasipaes</i>	Palmeira Pupunha	3	Pioneira
<i>Bixa orellana</i>	Urucum	4	Pioneira
<i>Caesalpinia ferrea</i>	Pau- Ferro	1	Secundaria tardia
<i>Cariniana estrellensis</i>	Jequitibá Branco	4	secundar tardia/clímax
<i>Cariniana legalis</i>	Jequitibá Rosa	7	Secundaria tardia
<i>Cecropia pachystachya</i>	Embaúba	2	Pioneira
<i>Chorisia speciosa</i>	Paineira	6	Secundária tardia
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Copaíba	1	secundaria tardia/clímax
	Mulungu-do-		
<i>Erythrina speciosa</i>	Litoral	2	Pioneira
<i>Eugenia pyriformis</i>	Uvaia	4	Secundaria tardia/Clímax
<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	4	secundaria inicial
			Pioneira/ secundária
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	2	inicial
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	3	Secundaria tardia
<i>Inga laurina</i>	Ingá- Branco	1	Secundária inicial
<i>Inga vera</i>	Ingá- do- Brejo	1	Pioneira
<i>Lafoensia pacari</i>	Dedaleiro	4	Secundaria inicial
			Pioneira/secundaria
<i>Lonchocarpus guilleminianus</i>	Falso- Timbó	1	inicial
			Pioneira/secundaria
<i>Magnolia ovata</i>	Pinha- do- Brejo	2	inicial
<i>Maytenus ilicifolia</i>	Espinheira- Santa	1	secundária tardia
<i>Platymiscium pubences</i>	Tamboril	1	N.C.
<i>Psidium Guajava</i>	Goiabeira	2	secundaria tardia
<i>Psidium Longipetiolatum</i>	Araça	6	secundaria tardia
	Aroeira		
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Pimenteira	1	Pioneira
			Pioneira/ secundaria
<i>Schizolobium paraybae</i>	Guapuruvu	1	inicial
<i>Solanum paniculatum</i>	Jurubeba	6	Pioneira
			Pioneira/secundaria
<i>Syagrus romanzoffianum</i>	Palmeira Jerivá	3	inicial

N.C - Não classificada

Figura 17- Algumas espécies de plantas arbóreas do SAF, de acordo com classe sucessional.

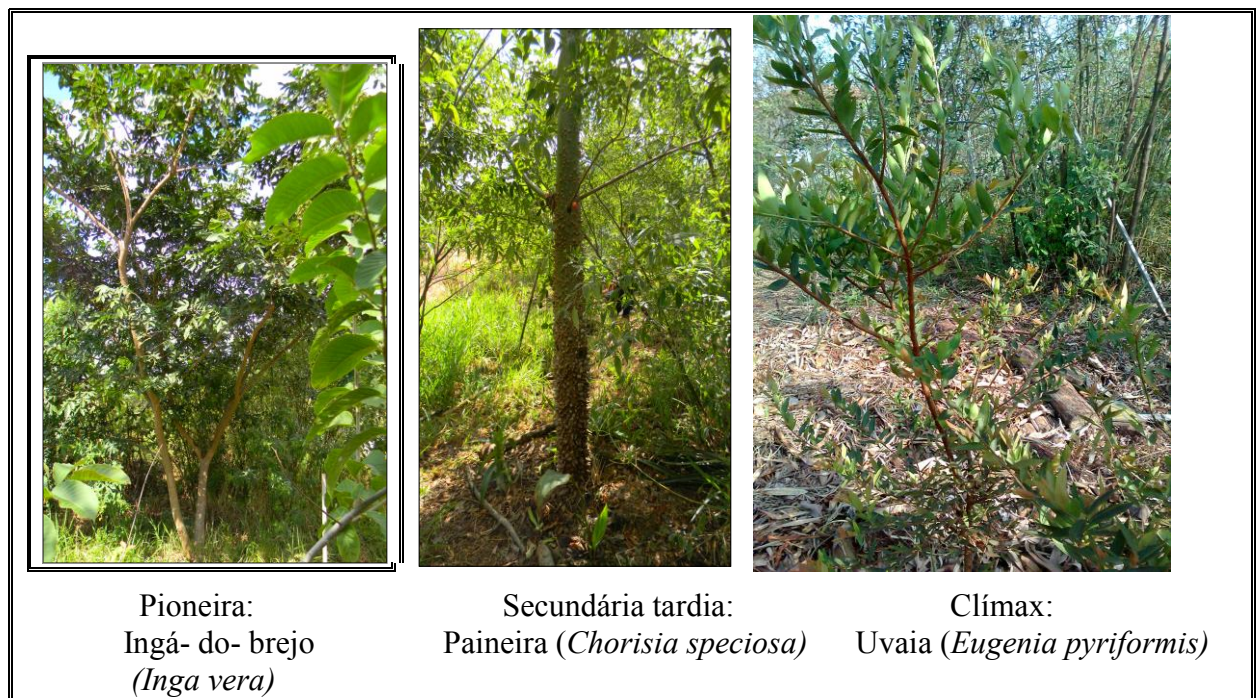
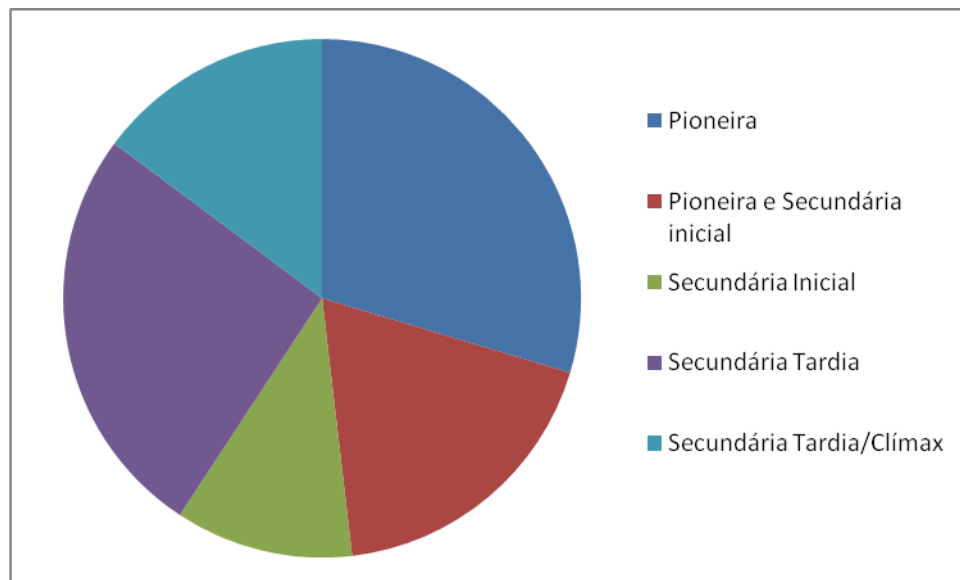


Figura 18- Classe sucessional das espécies de plantas arbóreas e arbustivas do SAF



Segundo Kageyama & Gandara (2000), para plantio de recuperação é aconselhável utilizar 60% das mudas de espécies pioneiras, sendo 30% de pioneiras típicas e 30% de secundárias iniciais, uma vez que as espécies arbóreas pioneiras criam condições de sombreamento para as espécies dos estágios posteriores da sucessão, além de atrair um grande

número de polinizadores e dispersores mais generalistas, sendo assim de grande importância quando utilizadas em plantios mistos.

A utilização de uma diversidade de espécies vegetais, com diferentes classes sucessionais, para reflorestar uma área, pode elevar as taxas de absorção e de ciclagem de nutrientes do solo, melhorar sua estrutura, capacidade de retenção de água e elevar o conteúdo de matéria orgânica (KAGEYAMA et al., 2003; NAIR, 1993).

Não foi possível determinar a variedade das espécies devido ao fato de que muitas mudas doadas sem especificação, não tendo um controle por parte do grupo no início da implantação da área.

6.7.2 Espécies Medicinais

Foram identificadas 12 espécies de plantas medicinais (Tabela 12) plantadas em um canteiro em forma de mandala (Figura 19).

Tabela 12- Espécies de plantas medicinais

<i>Espécie</i>	<i>Nome Popular</i>
<i>Cymbopogon citratus</i>	capim-cidreira
<i>Foeniculum vulgare</i>	erva- doce
<i>Gossypium hirsutum</i>	algodão
<i>Lantana camara</i>	lantana-cambará
<i>Lavandula angustifolia</i>	lavanda
<i>Lippia alba</i>	melissa
<i>Mentha pulegium</i>	poejo
<i>Mentha spicata</i>	hortelã
<i>Mikania glomerata</i>	guaco
<i>Ocimum basilicum</i>	manjerição
<i>Plectranthus barbatus</i>	boldo
<i>Portulaca oleracea</i>	beldroega

Figura 19- Exemplo de espécies de plantas medicinais encontradas no SAF



Erva – doce (*Foeniculum vulgare*)

Lavanda (*Lavandula angustifolia*)

6.7.3 Espécies Agrícolas

Como parte característica do Sistema Agroflorestal, foram plantadas em consórcio com as plantas arbóreas espécies agrícolas: abacaxi (*Ananas comosus*), abóbora (*Cucurbita pepo*), batata-doce (*Ipomoea batatas*), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), capuchinha (*Tropaeolum majus*), mamão (*Carica papaya*), mandioca (*Manihot esculenta*), maracujá (*Passiflora edulis*), milho (*Zea mays*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), tomate (*Lycopersicon esculentum*). A Figura 20 ilustra algumas dessas espécies. Além destas foram implantadas espécies de adubo verde: aveia-preta (*Avena strigosa*), guandu (*Cajanus cajan*), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), girassol (*Helianthus annuus*), mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). A Figura 21 ilustra algumas dessas espécies. Segundo Wutke et al.(2007), a adubação verde auxilia na recuperação e melhoria da fertilidade física, química e hídrica do solo.

A espécie de adubo verde mais utilizada na área é o guandu, considerado o “zebu” das leguminosas, segundo Wutke et al (2007), devido sua rusticidade, tolerância às secas e sistema radicular profundo que funciona como “subsolador biológico”, rompendo camadas de determinados níveis de compactação.

Figura 20- Algumas Espécies de plantas Agrícolas encontradas na área do SAF



Núcleo de agrícolas em consorcio:

banana (*Musa paradisiaca*),
Abacaxi (*Ananas comosus*),
abóbora (*Cucurbita pepo*),
guandu *Cajanus cajan*)



Mamoeiro (*Caricas papaya*)



Mandioca (*Manihot esculenta*)



Milho (*Zea mays*)

Figura 21- Algumas Espécies de adubo verde encontradas na área do SAF



Guandu (*Cajanus cajan*)



Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)



Aveia preta (*Avena strigosa*)



Feijão-de-porco
(*Canavalia ensiformis*)

7 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciam que o sistema agroflorestal (SAF) da área de estudo pode ser, quando devidamente manejado, alternativa viável para amenizar os danos causados pelo inadequado manejo do solo, recuperando a qualidade física e estrutural do solo. Tal sistema proporcionou incrementos positivos em alguns atributos químicos do solo, no volume total de poros, macroporosidade, menor densidade do solo, além de menor resistência do solo à penetração das raízes. O SAF apresentou ainda uma boa distribuição sucessional da vegetação, atendendo aos valores considerados bons para plantio de recuperação. Os resultados obtidos podem servir de base para estudos posteriores permitindo um acompanhamento da evolução dos sistemas.

REFERÊNCIAS

ACEVEDO, E; HSIAO, T.C; HENDERSON, D.W. Immediate and subsequent growth response of maize leaves to changes in water status. Plant Physiology, Rockville, v. 48, p. 631-636, 1971.

AGUIAR, M.I. Qualidade Física do solo em Sistemas Agroflorestais. Dissertação (mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2008.

ALBERGONI, L; PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas? Revista de Economia, Paraná, v. 33, n. 1 (ano 31), p. 31-53, jan./jun. 2007. Editora UFPR

ALLEONI, L. R. F; CAMARGO, O. A. Atributos físicos de Latossolos ácricos do

ALOVISI, A.M.T. et al. Atributos Físicos do Solo em Sistemas Agroflorestais no Bioma Cerrado, em Dourados, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 7., 2009, Luziânia – GO. Anais... Disponível em: <http://www.sct.embrapa.br/cdagro/tema03/03tema03.pdf>. Acesso em: 19 set. 2012.

ALTIERI, M. A. Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa.

ALTIERI, M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4 ed. Porto Alegre : Editora da UFRGS, 2004.

ALVARENGA, R.C. et al. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, p.319-326, 1996.

AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. In: KAGEYAMA, P.Y. et al. Restauração ecológica de ecossistemas naturais, Botucatu: FEPAF, 2003. p.333-340.

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

ARMANDO, M.S. et al. Agrofloresta para agricultura familiar. In: _____. Recursos genéticos e biotecnologia, Brasília: EMBRAPA, 2003. 11p. (Circular técnica, 16).

ASSIS, R.L. Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. Economia Aplicada, São Paulo, v.10, n.1, p 75-89, Jan./Mar, 2006

ASSIS, R.L; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 6, p. 67-80, jul./dez. 2002.
nortes paulista. Acientia Agrícola, Piracicaba, v. 51, p.321-326, 1994.
Rio de Janeiro: PTA-FASE, 1989.

BARRETO, A. C et al. Características Químicas e Físicas de um solo sob floresta, Sistemas Agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. Caatinga, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, out./dez. 2006

BAVER, L.D; GARDNER, W.H; GARDNER, W.R. Soil physics. 4.ed. New York: John Wiley C. Sons, 1972. 529p.

BENGHOUGH, A.G; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. Journal of Soil Science, Philadelphia, v.41, p.341-358, 1990.

BENNIE, A.T.P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) Plant roots: the hidden half. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p.453-470.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. Science Agriculture, Piracicaba, v.58, p.555-560, 2001.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico álico afetadas pelo manejo do solo. Ciência Rural, Santa Maria, v.30, p.91-95, 2000.

BERTOL, I; COGO, N.P; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após a colheita de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, p.409-418, 1997.

BEUTLER, A.N; CENTURION, J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 7, p. 849-856, jul. 2003.

BICALHO, I.M. Um da Densidade do Solo em diferentes Sistemas de Uso e Manejo. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.12, 2011 páginas...

BLAINSKI, E. et al. Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.32, p. 975-983, 2008.

BORGES, E. N. et al. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Campinas, v.21, p.125-130, 1997.

BORGES, E.N. et al. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, n.34, p.1663-1667, 1999.

BRADY,N.C; WEIL,R.R. The nature and properties of soils. 12 ed. New Jersey: Prentice Hall,1999. 881p.

BRAUNACK, W.A; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. II. Effect of aggregate sizes on plant growth. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v.14, n.3, p.281-98, 1989.

BRUGGEN, A.H.C; SEMENOV, A.M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. Applied Soil Ecology, Amsterdam, v.15, n.1, p.13-24, 2000.

BUSSCHER, W.J. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Michigan, v.33, p.519-524, 1990.

CAMARGO, M.N. Proposição preliminar de conceituação de latossolos ferríferos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço nacional de Levantamento e Conservação do Solo - EMBRAPA - SNLCS. Conceituação sumária de algumas classes de solos recém reconhecidas nos levantamentos e estudos de correlação do SNLCS. Rio de Janeiro, 1982. p. 29-31 (Circular Técnica 1)

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 94p. (IAC. Boletim Técnico, 106).

CAMPANHARO, W. A. et al. Qualidade Física do Solo nas Entrelinhas de Três Diferentes Plantios. Revista Brasileira de Agroecologia, Cruz Alta, v.4, n.2, 2009.

CAMPOS, J.M. A regeneração do solo: aos que cuidam do solo e zelam pela sua evolução. São Paulo: Pensamento, 2004.

CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, jan/abr.1995.

CAPORAL, F.R. Agroecologia: uma nova ciência para apoiar a transição a agriculturas mais sustentáveis. Brasília: [s.n.], 2009.

CAPORAL, F.R; COSTABEBER, J.A. Agroecologia. Enfoque científico e estratégico. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.2, p. 13-16, 2002.

CAPORAL, F.R; COSTABEBER, J.A. Princípios e perspectivas da agroecologia. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011.

CARPENEDO, V; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Campinas, v.14, p.99-105, 1990.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2006. v. 2.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 39, p. 1153-1155, 2004.

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.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLOGICAS E CLIMATICAS APLICADAS A AGRICULTURA (Campinas). Disponível em:< <http://www.cpa.unicamp.br/>>. Acesso em: ago. 2012.

CINTRA,F.L.D; MIELNICZUK,J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.7, p.197-201, 1983.

COOTE, D.R; RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, v.63. p.1-14, 1983.

CORRÊA, M.M. et al. Caracterização física química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente tabuleiros costeiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 32, p. 297-313, 2008

COSTA, F.S; ALBUQUERQUE, J.A; BAYER, C; FONTOURA, S.M.V; WOBETO, C. Propriedades Físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos Sistemas Plantio Direto e Preparo Convencional. Revista Brasileira de Ciência do Solo,Campinas, v. 27, p. 527-535, 2003.

CURI, N. Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1983. 158p. (Tese Ph.D.)

CURTIS, R.O; POST, B.W. Estimating bulk density from organic matter content in some Vermont forest soils. Soil Science Society American Proceeding, Madison, v.28, p. 285-286, 1964.

D'ANDRÉA, A.F; SILVA, M.L.N; CURI, N; FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.26, p. 1047-1054, 2002.

DE MARIA, I, CASTRO, O.M; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 23, p. 703-709, 1999.

DEXTER, A.R. Advances in characterization of soil structure. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.11, n.1, p.199-238, 1988.

DIAS JUNIOR, M. S; PIERCE, F. J. Revisão de Literatura. O processo de compactação do solo e sua modelagem. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 20, n. 2, p.175-182, maio/ago. 1996.

DORAN,J.W; JONES,A.J. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of america Special Publication, Soil Science Society of America, Madison,v.49,1996.

DORAN, J.W; PARKIN, T.B. Defining and assessing quality. In: DORAN, J.W. et al. (Ed.), Defining soil quality for a sustainable environment. Baltimore: SSSA, 1994. p. 3-21. (Spec. Publ. 35).

EHLERS, W. et al. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 3, n. 2, p. 261-275, jul. 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - CNPS. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do abastecimento, 1997. 212p.

ERICKSON, A.E. Tillage effects on soil aeration. In: _____. Predicting Tillage effects on soil physical. Madison: American Society of Agronomy Proceedings, 1982. p.91-104.

FARIA, P.A.S. et al. Efeito do manejo na Curva de Retenção de Água no Solo, em duas profundidades distintas. In: ENCONTRO LATINO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6., 2006, Urbanova.

Anais... Disponível em:

<http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2006/epg/01/EPG00000139_ok.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2012

FENDEL, L.K. Recuperação de mata ciliar com sistema agroflorestal. 2007. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade do Vale do Itajaí. Disponível em:

http://www.institutocarakura.org.br/arquivosSGC/DOWN_201215TCC_agora_tmp497b62ca.pdf. Acesso em : 2 out. 2012.

FERNANDES, S.S.L et al. Estrutura da vegetação arbórea em um sistema agroflorestal no Município de Itaquiraí, MS, Brasil. Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v. 5, n.1, 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica, no período 2000-2005: Relatório Nacional. São Paulo: INPE, 2008.

FOLONI, J.S.S.; CALONEGO, J.C.; LIMA, S.L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, p. 947-953, 2003

FORSYTHE, W. Física de suelos. Costa Rica: IICA, 1975.

FREIRE, O. Solos das regiões Tropicais. Botucatu: FEPAF, 2006.

FREITAS, I.C. et al. Caracterização Física de Argissolo Vermelho Amarelo sob diferentes usos do solo em Araguatins, TO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOLO, 33., 2011, Uberlândia, MG. Anais... Disponível em: <http://www.files.scire.coppe.ufrj.br/atricio/ufg-ppga_upl/PRODUCTION/560/caracterizao_fsica_de_argissolo_vermelho_amarelo_sob_diferentes_usos_do_solo_em_araguatins_to.pdf> Acesso em: 15 de ago. 2012.

GANDARA, F.B. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2008.

GENRO JUNIOR, S.A. Alteração da compactação do solo com o uso de rotação de culturas no sistema plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2002. 90p. (Tese de Mestrado)

GODEFROY, J; JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et le apports organiques en conditions tropicales;comparasion avec les sols forestiers. Fruits, Paris, v.30, p.595-612, 1975.

GOMES, I.S.L. et al. Analises do solo em Sistema Agroflorestal. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FISICA E APLICADA, 13., 2008, Nova Friburgo– RJ. Anais... Disponível em:<http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo7/013.pdf>. Acessado em: 30 jun. 2012.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R : CATIE, 2002.

GOEDERT, W.J; SCHERMACK, M.J; FREITAS, F.C. de. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v.37, p.223-227, 2002.

GONÇALVES, J. L. M; MELLO, S. L. M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. M; BENEDETTI, V. (Ed.) Nutrição e Fertilização Florestal. Piracicaba: IPEF/FAPESP, 2000, p. 219-267.

GRABLE, A.R; SIEMER, E.G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. Soil Science Society of America Journal, Madison, v.32, p.180-186, 1968.

GUIMARÃES,C,M; STONE,L.F; MOREIRA,J.A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. II. Efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.2, p.213-218, 2002.

HAJABBASI, M.A; JALALIAN, A; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. Plant and Soil, Crawley, v.190,p.301-308, 1997.

HAKANSSON,I; VOORHESS, WB. Soil compaction. In: LAL, R; BLUM,W.H; VALENTINE,C; STEWART, B.A (Ed.). Methods for assessment of soil degradation. Boca Raton: CRC, 1998. p.167-179.

HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. Advances in Agronomy, San Diego, v.38, p.95-158, 1985

IJIMA, M; KONO, Y. Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction. Japanese Journal of Crop Science, Tokyo, v.60, p.130-138, 1991.

IMHOFF, S. et al. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 25, p. 11-18, 2001.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da Curva de Resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem, Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, jul. 2000

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), Manual Técnico de Pedologia. 2ª edição. Rio de Janeiro. 2007. 316 pag. Manuais Técnicos em Geociências número 4.

ISLAM, K.R., WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. Agriculture, Ecosystems and Environment, 79, 9–16, 2000.

IWATA, B.F. et al. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v.16, n.7, p.730–738, 2012.

JENSEN, C.R.; MOGENSEN, V.O.; POULSEN, H.H.; HENSON, I.E.; AAGOT, S.; HANSEN, E.; ALI, M.; WOLLENWEBER, B. Soil water matric potential rather than water content determines drought responses in fieldgrown lupin (*Lupinus angustifolius*). Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, v. 25, p. 353-363, 1998.

JONG VAN LIER, Q. de. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

KAGEYAMA, P. Y. et al. Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, Botucatu - SP, 1ª ed., 2003.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000, p. 249-269.

KARLEN, D.L. et al. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. Soil Science Society American Journal, Madison, v.61, p.4-10, 1997.

KAYOMBO, B.; LAL, R. Response of tropical crops to soil compaction. In: Soil Compaction in Crop Production, ed B.D. Sloane and C. Van Ouwerkerk, 287–315. Elsevier, Amsterdam, 1994.

KLEIN, V. A. et al. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. Ciência Rural, Santa Maria, v. 38, n.2, p. 365-371, 2008.

KLEIN, V.A. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um Latossolo vermelho, Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.5, n.1, p. 26-32, 2006

KLUTE, A. Tillage effects on the hydraulic properties of soil: a review. In: VAN DOREN, D.M.; ALLMARAS, R.R.; LINDEN, D.R.; WHISLER, F.D. (Ed.) Predicting tillage effects on soil physical properties and processes. Madison: ASA, 1982. cap.3, p.29-43.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS (Londrina) [© 2011]. Disponível em:<
<http://ibflorestas.org.br/loja/mudas.html>>. Acesso em: 2 out. 2012.

LAL, R.; GREENLAND, B.J. Soil physical properties and crop production in tropics. Chischester, John Willey, 1979. p.7-85.

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.

LEFF, H. Agroecologia e Saber Ambiental. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.1, jan./mar.2002

LEITÃO FILHO, H.F. Ecologia da mata atlântica em Cubatão. São Paulo: UNESP/UNICAMP, 1993

LEMO, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.

LEPSCH, I.F. Formação e conservação dos solos- São Paulo: Oficina de textos, 2002

LEPSCH I.F. 2011. 19 lições de pedologia. São Paulo: Oficina de Textos

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. Advances Soil Sciences, New Jersey, v. 1, p. 227-294, 1985.

LIMA, M. A. Avaliação da qualidade ambiental de uma microbacia no município de Rio Claro, SP. Tese (Doutorado apresentada junto ao curso de Pós-Graduação em Geociências – Área de concentração em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 1994.

LONGHI, R.A. Livro das árvores e arvoretas do sul. Porto Alegre: L & PM, 1995.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas. São Paulo: Nova Odessa, 2003.

LORENZZI, H; MATOS, F.J.A. 2002. Plantas medicinais no Brasil. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum., 2002.

MACHADO, J.L et al. Inter-relações entre as propriedades físicas e os coeficientes da Curva de Retenção de água de um Latossolo sob diferentes sistemas de uso, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.32, p.495-502, 2008.

MAIA, S.M.F et al. Impactos de Sistemas Agroflorestais e Convencional sobre a Qualidade do Solo no Semi- Árido Cearense. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.837-848, 2006

MARCOLIN, C.D. Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolo argilosos sob plantio direto. Universidade de Passo Fundo, 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Passo Fundo. UPF, 2006. 98p.

MARIN, A.M.P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2002. 83p. (Tese de Mestrado)

MASLE, J; FARQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation of water-use-efficiency and growth to carbon isotope discrimination in wheat seedlings. Plant Physiology, Waterbury, VT v.86, p.32-38, 1988.

MASLE, J; PASSIOURA, J.B. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. Australian Journal of Plant Physiology, Melbourne, v.14, p.643-656, 1987.

MATERECHERA, S.A; DEXTER, A.R; ALSON, A.M. Penetration of very strong soils by seedling of different plant species. Plant Soil, Crawley, v.135, p.31-41, 1991.

MENDES, A. M. S. et al. Variabilidade espacial de características químicas de um Cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do Rio Grande do Norte. Revista de Biologia e Ciências da Terra, Universidade Estadual do Paraíba, v.7, n.1, p. 169-174. 2007. Disponível em:
<<http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/cambissolo.pdf>>. Acesso em: 23 de set. 2012

MENDES, L.B. et al. Avaliação de Indicadores de Qualidade do Solo em Sistema Agroflorestal e em Pastagem Degradada, Trabalho publicado na CONPEEX, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, GO, Brasil. 2011.

MENEZES, J.M.T et al. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. Revista Brasileira de Ciência de Solo. Campinas, v.32, pag.893-898, 2008.

MEREDITH,H.L; PATRICK Jr, W.H. Effects of soil compaction on subsoil root penetration and physical properties of three soils in Louisiana. Agronomy Journal, Madison, v.53, p.163-167, 1961.

MEROTTO, A; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.23, p.197-202, 1999.

MICHON, G; DE FORESTA, H. Agro-Forests: Incorporating a Forest Vision in Agroforestry. In: BUCK L.; LASSOIE, J. P.; E. FERNANDES, C. M. Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems, Boca Raton, EUA: Lewis Publishers, 1999. p.381-406.

MULLER,M.M.L; CECCON,G; ROSOLEM C.A. Influencia da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 25, p.531-538, 2001

NAIR, P.K.R, Soil productivity aspects of agroforestry. Nairobi: ICRAF, 1982.

NAIR, P. K. R, An introduction to agroforestry, Nairobi, ICRAF, 1993

NEGI, S.C et al. Crop performance as affected by traffic and tillage in a clay soil. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.23, p.1364-1368, 1980.

OADES, J. M. The retentions of organic matter in soils. Biogeochemistry, Dordrecht, v. 5, p. 35-70, 1988.

ODUM, E.P.; BARRET, G.W. Fundamentos de Ecologia, São Paulo: Thomson Learning, 2007

OLIVEIRA, C.G et al. Caracterização Química e Físico-Hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo, Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 28:327-336, 2004

PALMEIRA, P.R.T. et al. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.23, p.189-195, 1999.

PERIN, E; CERETA, C. A; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto médio do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, Viçosa, v. 27, p. 665-674, 2003.

PONÇANO, W. T. et al. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Série Monografias 5. São Paulo.

PRIMAVESI, A. Manejo Ecológico do Solo. São Paulo, 549 p, 1987

RALISCH, R. et al. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo, Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, Campina Grande, v.12, n.4, p.381-384, 2008

REICHERT, J.M; REINERT, D.J; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência e Ambiente, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

REINERT, D.J. et al. Qualidade física dos solos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16., 2006. Anais. Aracaju, SBCS, 2006. CD-ROM. Disponível em: <
http://w3.ufsm.br/fisica_e_genese/Graduacao/Fisica/Qualidade_fisica_do_%20solo_I_semestr_e_2006.pdf> . Acesso em: 3 out. 2012.

RESENDE, M.; SANTANA, D.P.; REZENDE, S.B. Susceptibilidade magnética em Latossolos do sudeste e sul do Brasil. In: Reunião de classificação, correlação de solos e interpretação de aptidão agrícola, 3, Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, EMBRAPA - SNLCS/SBCS, 1988. p. 233-258.

SANCHES, A.C. et al. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.23, p.91-99, 1999.

SANTOS, R.D; LEMOS, R.C; SANTOS, H.G. Manual de descrição e coleta de solo no campo- Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005

SAS Institute. 1990. SAS/STAT user's guide, Version 6. Fourth edition. Volume 2. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.

SECCO, D. Estados de compactação de dois latossolos e suas implicações no comportamento mecânico e na produtividade de culturas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 110p. (Tese de Doutorado)

SECCO, D. et al. Produtividade de soja e propriedades físicas de um Latossolo submetido a sistemas de manejo e compactação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.28, n.797-804, 2004.

SHAPIRO, S.S. and WILK, M.B (1965), An analysis of variance test for normality (complete samples), Biometrika, v.52, 591-611.

SILVA, A. P; KAY, B. D. Effect of soil water content variation on the least limiting water range. Soil Science Society American Journal, Madison, v.61, p.884-888, 1997

SILVA, A. P; KAY, B. D; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. Soil Science Society American Journal, Madison, v.58, p.1775-1781, 1994.

SILVA, A. R. Sistema agroflorestal sobre cultivo de leguminosas: fertilidade do solo, resistência a penetração e produtividade de milho e feijão-caupi. 91f. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, TO, 2011.

SILVA, D.C et al. Atributos do solo em Sistemas Agroflorestais, cultivo convencional e Floresta Nativa. Revista de Estudos Ambientais, Blumenau, v.13, n.1, p.77-86, jan./jun. 2011

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C.; CARLOS, J.A.D. Adubação verde em citros. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 37p. (Boletim Citrícola, 9).

SILVA, M. A. S et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 30, p. 329-337, 2006.

SILVA, M.L.N; CURI, N; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.12, p. 2485-92, 2000.

SILVA, M.S.L; RIBEIRO, M.R. Influência do cultivo contínuo da cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiro no estado de Alagoas. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, p.397-402, 1992.

SILVA, V.R. Propriedades físicas e hídricas em solos sob diferentes estados de compactação. 192p.Tese (Doutorado em agronomia, Área de concentração em Biodinâmica do solo) – Faculdade de Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS) Santa Maria, 2003.

SINGER,M.J; SOJKA,R.E. Soil quality. In: McGraw-Hill. Yearbook of science and technology. New York, 2001. p. 312-314. McGraw-Hill.

SOANE, B.D; van OUWERKERK, C. Soil compaction in crop production. Elsevier, Amsterdam , 660p, 1994.

SOUTHORN,N; CATTLE. Monitoring soil quality for Central Tablelands grazing systems. Commun. Soil Science Plant Nutrition, Temuco, v..31, p. 2211-2229, 2000.

SOUZA, Z.M; LEITE, J.A; BEUTLER, A.N. Comportamento de atributos físicos de um latossolo amarelo sob agroecossistemas do amazonas. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.24, n.3, p.654-662, set./dez. 2004.

SPOSITO,G; ZABEL,A. The assessment of soil quality. Geoderma, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p.143-144, 2003.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

STONE, L. F; GUIMARÃES, C. M; MOREIRA, A. A. J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.2, p.207-212, 2002.

TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction: Towards a system with multiple signaling. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.30, n.2/4, p.217-243, 1994.

TAVARES FILHO, J. et al. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um latossolo roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.25, p.725-730, 2001.

TAYLOR, H.M; GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling taproots as influenced, by Bulk Density, Moisture Content, and Strength of Soil, Soil Science, Philadelphia, v. 96, n. 3, p. 153-156, 1963.

THEODORO, V.C.A. et al. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 27, p. 1039-1047, 2003.

THOMASSON, A.J. Towards an objective classification of soil structure, Journal Soil Science, Philadelphia, v. 29, p. 38-46, 1978.

TOPP, G.C. et al. Non limiting water range (NLWR): An approach for assessing soil structure. Soil Quality Evaluation Program/Agriculture and Agr-Food, Ottawa, p.36p.1994.

TORMENA, C. A. et al. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono organico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p. 1028-1031, 2004.

TORMENA, C. A; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo roxo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.22, n.4, p. 573-581, 1998.

TORMENA,C.A; ROLOFF,G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.

VAN LIER, J. Q. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.25, p.233-238, 2001.

VEEN, B.W; BOONE, F.R. The influence of mechanical resistance and soil water on the growth of seminal roots of maize. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v.16, p.219-226, 1990.

VIDAL, A. Caracterização morfológica e micromorfológica do solo em sistemas agroextrativistas da Amazônia Oriental. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

VIEIRA, M.J; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.19, n.7, p.873-882, jul.1995.

XU, X., NIEBER, J.L., GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. Soil Science Society American Journal. v. 56, 1992, p. 1743-1750.

ZUCOLOTO, M. et al. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes coberturas vegetais, Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, v. 61, n. 2, 2008, p. 4600- 4604.

WARRICK, A. W., NIELSEN, D.R. Spatial variability of soil physical properties in the field, Applications of Soil Physics B. Hillel, 319–344, Academic, New York, 1980.

WEBB, K.T et al. Spatial and temporal trends in soil properties at a soil quality benchmark site in Central Nova-Scotia. Canadian Journal Soil Science, Ottawa, v.80, p.567-575, 2000.

WILLIAMS, M.J; KALMBACHER, R.S. Renovation effects on bahiagrass productivity. Agronomy Journal, Madison, v. 88, p.191-198, 1996.

WUTKE, E.B. et al. Bancos Comunitários de Sementes de Adubos Verdes: Informações técnicas. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007.

YOUNG, A.- Agroforestry for soil conservation. Nairobi, CAB International, 1989.

Apêndice A- Vegetação

