

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO SOB CITRUS EM
COMPARAÇÃO COM OUTROS ECOSSISTEMAS E SOB
ADUBAÇÃO VERDE**

Thais Nucci Buzinaro

Orientador: Prof. Dr. Ely Nahas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Concentração em Microbiologia Agropecuária)

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Dezembro de 2006

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THAIS NUCCI BUZINARO, nascida em 8 de dezembro de 1978, em Jaboticabal, SP, é Engenheira Agrônoma formada pela FCAV/UNESP- Jaboticabal, em dezembro de 2001.

*Aos meus pais, ao meu marido, minhas
irmãs e em especial ao meu filho que está chegando.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ely Nahas pela oportunidade, confiança, apoio, dedicação, profissionalismo, pelos ensinamentos e sobretudo por contribuir para meu crescimento e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

À Prof. Dr. Eliana Gertrudes Macedo Lemos pela participação na banca examinadora e pelas valiosas considerações feitas ao trabalho.

À Prof. Dr. Eleonora Cano Carmona pelo aceite em participar da banca examinadora e pelas relevantes sugestões feitas.

Ao técnico do laboratório, Luiz Carlos de Assis pelo aprendizado, paciência, amizade e agradável convivência.

À todos os companheiros de laboratório, em especial, Martha e Cynthia pelo companherismo, compreensão, amizade, ajuda e carinho.

À secretária do departamento, Édna pela simpatia e disposição nas inúmeras vezes que me ajudou.

À Rosângela pelos cafezinhos e amizade.

A todos os docentes e funcionários da FCAV que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

À Deus que meu deu saúde e tranquilidade iluminando os meus passos para vencer mais esta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

Página

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Conversão dos sistemas florestal e de pastagem em áreas agrícolas.....	2
1.2 Influência da adubação verde no solo.....	3
1.3 Indicadores das transformações microbianas no solo decorrentes da conversão dos ecossistemas agrícolas e da adubação verde.....	6
1.4 Objetivos.....	8
 2. MATERIAL E MÉTODOS.....	 10
2.1 Descrição das áreas em estudo.....	10
2.2 Tratos culturais e amostragem na área de floresta, pastagem e laranjal	10
2.3 Tratos culturais e amostragem no laranjal em que foi utilizada adubação verde.....	12
2.4 Análises microbianas, químicas e físicas do solo.....	15
2.4.1 Contagem do número total de microrganismos.....	15
2.4.2 Atividade respiratória –determinação de CO ₂	16
2.4.3 Atividade nitrificante.....	17
2.4.4 Atividade solubilizadora.....	17
2.4.5 Atividades enzimáticas microbianas.....	18
a) Urease.....	18
b) Fosfatase.....	19
c) Desidrogenase.....	19
2.4.6 Carbono orgânico.....	20
2.4.7 Umidade do solo.....	20
2.4.8 Matéria orgânica do solo.....	20

2.4.9 pH.....	21
2.4.10 Capacidade de retenção de água do solo.....	21
2.5 Delineamento experimental.....	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.1 Efeito da conversão nas características do solo sob citrus, floresta e pastagem.....	23
3.2 Efeito da adubação verde no solo de laranjal.....	34
4. CONCLUSÕES.....	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

LISTA DE TABELAS

Página

1. Análise química e granulométrica do solo das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	26
2. Correlação entre as variáveis das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	32
3. Bactérias totais do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes.....	36
4. Efeito da adubação verde nas bactérias totais do solo em pomar de laranja.....	37
5. Fungos totais do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes... ..	38
6. Efeito da adubação verde nos fungos totais do solo em pomar de laranja.....	39
7. Atividade nitrificante do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes	41
8. Efeito da adubação verde na atividade nitrificante do solo em pomar de laranja.....	42
9. Atividade solubilizadora do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes.....	44
10. Efeito da adubação verde na atividade solubilizadora do solo em pomar de laranja.....	45
11. Atividade da urease do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes	46
12. Atividade da desidrogenase do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes	47
13. Efeito da adubação verde na atividade da desidrogenase do solo em pomar de laranja.....	48
14. Carbono orgânico, matéria orgânica e umidade do solo em pomar de laranja com aplicação de adubação verde de feijão guandú, crotalária e braquiária.....	49
15. Correlação entre as variáveis das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	50

LISTA DE FIGURAS

Página

1. Conversão de fragmento de floresta tropical (A) em área de pastagem (B) e em citrus.....	11
2. Área do laranjal da variedade Valência com plantio de feijão-guandú (A), crotalária (B) e braquiária (C).....	14
3. Bactérias (A) e fungos totais (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	24
4. Atividade respiratória (A) e nitrificante (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	29
5. Atividade da urease (A) e fosfatase (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	30
6. Umidade (A) e matéria orgânica (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem.....	31

RESUMO

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO SOLO SOB CITRUS EM COMPARAÇÃO COM OUTROS ECOSSISTEMAS E SOB ADUBAÇÃO VERDE

A expansão da citricultura tem sido feita em áreas de florestas e de pastagens. O efeito desta conversão de uma área de floresta tropical e de pastagem em laranjal (*Citrus sinensis* L. Osbeck) constitui uma oportunidade para avaliar mudanças nas variáveis microbiológicas e químicas do solo. As amostras de solo foram coletadas nas áreas de floresta, de pastagem e da parte alta (LA, laranjal do alto) e da baixada (LB, laranjal da baixada) de laranjal. As menores contagens de bactérias foram encontradas no solo sob pastagem e as maiores no solo sob floresta. O número de fungos foi significativamente ($P < 0,05$) maior no solo de laranjal do que nos demais solos. A atividade respiratória encontrada nos solos sob floresta e LB decresceu ($P < 0,05$) nos demais solos. Nenhuma variação foi observada na atividade nitrificante entre os solos estudados. As enzimas fosfatase e urease decresceram na seguinte ordem: floresta > pasto > LB > LA e diferença significativa apenas foi observada na atividade do solo sob floresta e LB. Diferenças ($P < 0,05$) foram constatadas no conteúdo da matéria orgânica entre o solo sob LA e o sob floresta e no da umidade do solo entre o solo sob LA e o sob LB. Em geral, os resultados encontrados sugerem que não houve mudança nas características microbiológicas e químicas entre o solo da floresta e do laranjal, porém estas variáveis foram diminuídas no solo sob pastagem em relação ao sob floresta. A adubação verde é a prática de cultivo e incorporação de plantas, produzidas no local ou adicionadas, com a finalidade de preservar e ou restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, indo ao encontro da tendência mundial da busca de alimentos mais saudáveis, provenientes da agricultura orgânica ou produzidos com a mínima utilização de insumos químicos e degradação do meio ambiente. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito da utilização de cobertura morta de três espécies de plantas, *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Cajanus cajan* (feijão guandu anão-IAPAR 43), e

Brachiaria decumbens (capim braquiária) em pomar de laranja da variedade Valência com idade de três anos. O plantio das leguminosas foi realizado em março de 2005 na entrelinha de plantio dos citrus e após aproximadamente 3 meses foi feito o corte e toda a massa vegetal lançada fora da projeção da copa da planta (entrelinha de plantio). A gramínea já estabelecida na área foi roçada jogando-se toda massa verde também fora da projeção da copa das plantas. Após 5 meses da aplicação dos adubos verdes, a coleta do solo realizou-se na entrelinha e na linha, na profundidade de 0-20 cm. Todas as espécies utilizadas propiciaram efeitos significativos nas contagens de microrganismos, na atividade solubilizadora e nitrificante e da desidrogenase, não acarretando aumento ou diminuição das demais variáveis estudadas. Os conteúdos de matéria orgânica, umidade e carbono orgânico não foram influenciados pela aplicação dos adubos verdes.

Palavras-chave: atividade respiratória, urease, fosfatase, agricultura sustentável, adubo verde.

SUMMARY

SOIL QUALITY MICROBIOLOGICAL IN COMPARISON WITH OTHERS ECOSYSTEM AND GREEN MANURE

The expansion of the citriculture has been made in forests and pasture areas. The effect of this conversion constitutes an opportunity to evaluate changes of tropical forest and pasture areas in orange grove (*Citrus sinensis* L.Osbeck) on the study of the soil microbiological and chemical variables. The samples had been collected in the areas of tropical forest, pasture and in the top (TOG) and bottom (BOG) of the orange grove. The lowest bacteria count was found in the pasture soil and the highest in the forest soil. The fungi number was significantly ($P < 0.05$) higher in the orange grove soil than in the other soils. Respiratory activity found in the forest and LB soils decreased ($P < 0.05$) in the other soils. No change was observed in the nitrification activity among the studied soils. Phosphatase and urease activities decreased in the following order: forest > pasture > BOG > TOG and significant difference was only found in the activity of the forest and TOG soils. Differences ($P < 0.05$) were found in the organic matter content among the TOG and the forest soils and in the moisture among of TOG and BOG soils. In general, the results found suggest that there was not change in the microbiological and chemical characteristic among forest and orange grove soils however these variables were decreased in the pasture soil in relation to the forest soil. The green fertilization is practical culture and the incorporation of plants that was produced in the place or added with the purpose to preserve and or to restore texts of organic matter and nutrients, going into worldwide trend of the food cultivation with more healthful, resulted from organic agricultura with the minimum use of chemical insumos and degradation of the environment. The objective of this study was to check the effect of to use three species plants cover, *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Cajanus cajan* (beans guandu dwarf IAPAR 43), and *Brachiaria decumbens* (capim braquiária) in orange grove orchard of Valence variety with three years old. The plantation of the leguminosas was

become in march 2005, in the space between lines of plantation of citrus and after approximately 3 months this species were made cut and all the launched vegetal mass was throw out the projection of the cup plant (plantation between line). The grassy one already established in the area was rubbed and all material was throw out the pantry of the plant. After 5 months of the cut of this species, the collection of the soil was become in the between line and in line, in the depth of 0-20 cm. All the used species had propitiated significant effect in the microorganism counting, the solubilization and nitrification activity and desidrogenase, were not promote increase or reduction in the others variables. The organic matter, moisture and organic carbon contents were not influenced of green manure aplication.

Key words: respiratory activity, urease, fosfatase, sustainable agriculture, green manure

1. INTRODUÇÃO

Os citrus compreendem um grande grupo de plantas dos gêneros *Citrus*, *Poncirus* e *Fortunella* ou híbridos da família Rutaceae em que estão inseridas laranjas, tangerinas, limões, limas ácidas e doces. São frutos ricos em vitamina C, possuem ainda vitamina A e do complexo B além de sais minerais, principalmente cálcio, potássio, sódio, fósforo e ferro. São originários principalmente das regiões subtropicais e tropicais do sul e sudeste da Ásia.

De todas as árvores frutíferas, uma das mais conhecidas, cultivadas e estudadas em todo o mundo é a laranjeira. A trajetória da laranja pelo mundo é conhecida apenas de uma forma aproximada. Foi levada da Ásia para o norte da África e de lá para o sul da Europa, onde teria chegado na Idade Média. Da Europa, foi trazida para as Américas na época do descobrimento, por volta de 1500. Posteriormente, a laranjeira se espalhou para outros países sofrendo mutações e dando origem a novas variedades. Durante a maior parte deste período, o cultivo de sementes modificava aleatoriamente o sabor, o aroma, a cor e o tamanho dos frutos. As pesquisas e experimentos para aprimorar variedades de laranja começaram a ser desenvolvidas no século XIX, na Europa, depois da disseminação das teorias de Mendel e Darwin. Já antes do século XX, os Estados Unidos passaram a liderar os esforços técnicos nessa área. Todos os estudos sempre estiveram voltados não apenas para o melhoramento

do aspecto, tamanho e sabor dos frutos, como também visavam ao aprimoramento genético para obtenção de árvores mais resistentes às doenças e variações climáticas. Atualmente, os pomares mais produtivos, resultantes de uma citricultura estruturada, estão nas regiões de clima tropical e subtropical, destacando-se o Brasil, Estados Unidos, México, China e África do Sul (Mattos Junior et al., 2005).

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, tendo produzido 18,2 milhões de toneladas na safra 2005/2006 e exportado 1,3 milhão de toneladas de suco de laranja concentrado e congelado, sendo o Estado de São Paulo responsável por 70% deste total (Sidra-Ibge, 2006).

O sistema agroindustrial da laranja é sem dúvida um caso de sucesso no Brasil. Afinal, é um produto que atende cerca de 50% da demanda e 75% das transações internacionais, trazendo anualmente mais de US\$1 bilhão em divisas para o Brasil, no centro de uma cadeia produtiva que gera PIB equivalente a US\$5 bilhões de dólares (Abecitrus, 2006).

1.1 Conversão dos sistemas florestal e de pastagem em áreas agrícolas

A expansão da citricultura tem sido feita em áreas de florestas e pastagens e esta conversão tem causado um desequilíbrio no ecossistema, acarretando modificações nas propriedades do solo (Borges et al., 1999). A conversão de florestas e pastagens em áreas de cultivo, além de afetar a composição química e a estrutura do solo, diminui a atividade biológica, devido à redução dos macroagregados que fornecem importantes micro-habitats para a atividade microbiana (Dick, 1992). Tem sido assinalado que a conversão de floresta tropical em área agrícola traz implicações no armazenamento de carbono nos solos e alteração no clima global (Cerri et al., 2003). Fatores como as práticas de cultivo (Drury et al., 1991), a adição de pesticidas (Wardle, 1992) e a adição de fertilizantes (Fauci e Dick, 1994) têm sido responsabilizados pelas alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Além disso, como os agrotóxicos são compostos biologicamente ativos, sua persistência no solo pode afetar a viabilidade da microbiota, estimulando ou inibindo seu crescimento. Essas alterações podem comprometer processos de ciclagem de materiais no ambiente edáfico e o

crescimento de vegetais. O efeito da ação de agrotóxicos sobre a bioatividade do solo pode ser avaliado a partir de estimativas de atividade de determinadas enzimas microbianas: menores atividades enzimáticas após aplicação de agrotóxicos indicam inibição da bioatividade e representam o impacto causado por esses compostos (Nielsen & Winding, 2002).

Porém, muito pouco tem sido estudado em relação à conversão de floresta ou pastagem em solo sob cultivo de citrus. A conversão de floresta em área agrícola acarretou significativas alterações nas comunidades microbianas (Nüsslein e Tiedje, 1999; Hajabbasi et al., 1997) e tem sido reportado também um aumento da concentração NH_4^+ e diminuição da concentração de NO_3^- e dos processos de mineralização do N e nitrificação no solo (Reiners et al., 1994).

Os sistemas mata nativa e pastagem em monocultura e consorciada com eucalipto apresentaram maior atividade respiratória que monocultivos de soja e milho e área desmatada (Assis Junior et al., 2003).

1.2 Influência da adubação verde no solo

A citricultura paulista está localizada em regiões de solos de textura média a arenosa, conforme um estudo de Demattê e Vitti (1992), onde 65% das áreas estudadas apresentaram solos de textura média com teor de argila na superfície de 15% a 35%; 30% dos solos com textura arenosa com teor de argila de até 15% e, praticamente, 5% encontravam-se em solos argilosos, o que obrigou o produtor a lançar mão de insumos externos para viabilizar a atividade, elevando os custos de produção da fruta cítrica. Dentro deste contexto, a utilização da adubação verde tem mostrado efeitos benéficos (Silva et al., 1999), determinando menos agressões ao meio ambiente (Ambrosano et al., 2000).

Segundo estudos científicos e evidências práticas, os adubos verdes desempenham ações em diferentes aspectos da fertilidade do solo, tais como: proteção do solo contra os impactos das chuvas e também da incidência direta dos raios solares; rompimento de camadas adensadas e compactadas ao longo do tempo; aumento do teor de matéria orgânica do solo; incremento da capacidade de infiltração e

retenção de água no solo; diminuição da toxicidade do Al e Mn devido ao aumento de complexação e elevação do pH; promoção do resgate e da reciclagem de nutrientes de fácil lixiviação; extração e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo e subsolo, tais como Ca, Mg, K, P e micronutrientes; extração do fósforo fixado; fixação do N atmosférico de maneira simbiótica pelas leguminosas; inibição da germinação e do crescimento de plantas invasoras, seja por efeitos alelopáticos, seja pela simples competição por luz (Von Osterroht, 2002).

A adubação verde é a prática de cultivo de incorporação de plantas, produzidas no local ou adicionadas, com a finalidade de preservar e ou restaurar os teores de matéria orgânica e nutrientes dos solos, seguindo a tendência mundial da busca de alimentos mais saudáveis, provenientes da agricultura orgânica ou produzidos com a mínima utilização de insumos químicos e degradação do meio ambiente. Os adubos verdes comportam-se como plantas daninhas no pomar cítrico, pois podem competir por água, nutrientes, sol e pelo espaço aéreo e do solo. Quando bem usados, entretanto, esses inconvenientes pesam relativamente pouco, sendo compensados pelas vantagens que o seu cultivo apresenta. Para os citrus, devem ser escolhidas espécies que possuam sementes uniformes e de bom poder germinativo, com exigência relativamente baixa quanto ao preparo e fertilidade do solo, de rápido crescimento, precoce, fácil manejo, sistema radicular profundo, que dispensem tratos culturais, apresentem resistência a pragas e doenças e produzam grande quantidade de matéria seca (Silva et al., 1999).

Os adubos verdes devem ser incorporados ao solo, de preferência, após o florescimento e antes da frutificação, para garantir a adição de uma grande quantidade de material vegetal. A incorporação das plantas, após o desenvolvimento dos frutos, vai resultar no uso de um material mais pobre e possível infestação dos solos com as sementes do adubo verde (Costa, 1989).

De acordo com Hasegawa et al. (2000), a dinâmica do N durante e após a incorporação do adubo verde é afetada pelos processos biológicos do solo e pela planta, principalmente a mineralização, a imobilização e a absorção vegetal.

O manejo do solo influencia os microrganismos do solo e os processos microbianos através de mudanças da quantidade e qualidade dos resíduos das plantas introduzidas no solo e sua distribuição espacial. A cobertura morta (palhada) geralmente aumenta a atividade enzimática no solo. Com o aumento da cobertura morta há um aumento na oferta (suprimento) de substrato prontamente disponível para os microrganismos assim como para as enzimas do solo. Através desta utilização de plantas de cobertura em sistemas agrícolas, torna-se possível adicionar ao solo quantidades de resíduos vegetais capazes de afetar a população microbiana do solo e conseqüentemente, alterando o processo de mineralização do nitrogênio e outros elementos. Contudo, efeitos diferenciados sobre a população microbiana têm sido observados em função do tipo de resíduo adicionado ao solo (Balota et al., 1998).

Arf et al. (1999) destacaram que o uso combinado de adubos minerais e de adubação verde constitui uma prática importante de manejo, por meio da qual se procura preservar os agroecossistemas, além de aumentar a produtividade agrícola. Durante muito tempo a adubação verde foi empregada como sinônimo de incorporação de nitrogênio ao sistema e de uso exclusivo de leguminosas. Atualmente também recomenda-se o uso de gramíneas, principalmente quando se almeja melhorias na estruturação do solo. O material orgânico produzido, geralmente rico em macro e micronutrientes, aumenta a capacidade de troca catiônica do solo, a infiltração e a retenção de água no solo, tornando mais favoráveis as condições para o desenvolvimento microbiano, tendo ainda algumas espécies efeitos alelopáticos sobre nematóides e plantas invasoras (Miyasaka et al., 1984). Outras vantagens que o uso de cobertura morta pode propiciar são o aumento da CTC, a reciclagem de nutrientes, incrementos na aeração do solo, aumento da capacidade de armazenamento de água no solo, e aumento da diversidade e atividade microbiana (Almeida, 1991) recuperando a fertilidade do solo, aumentando o conteúdo de matéria orgânica (Muraoka et al., 2002).

1.3 Indicadores das transformações microbianas no solo decorrentes da conversão dos ecossistemas agrícolas e da adubação verde

O solo é um sistema que concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos; contudo, a principal contribuição é proveniente das plantas tanto pelo decaimento da parte aérea como pela secreção de exsudatos pelas raízes. Além do mais, o tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo, influenciando a taxa de decomposição e a disponibilidade de nutrientes (Moreira e Siqueira, 2002).

A decomposição dos materiais orgânicos depende dos microrganismos do solo sendo que a determinação do conteúdo do carbono da biomassa microbiana pode dar inferências sobre a qualidade do solo (Sparling, 1992). Os microrganismos são reconhecidos por sua habilidade em promover transformações bioquímicas dos nutrientes e por sua importância em prover os elementos nutritivos de interesse às plantas, principalmente N, P e S (Paul e Clark, 1989), permitindo a sustentabilidade do sistema vegetal.

Considerando-se os diferentes ecossistemas, a população microbiana de um solo tem papel fundamental na dinâmica de nutrientes, afetando as transformações de C, N e P (Ladd, et al, 1994). Pode-se avaliar essas transformações pela quantificação do número de microrganismos ou por sua atividade (Vieira e Nahas, 1998). Os microrganismos respondem rapidamente às variações ambientais e têm sido apontados como indicadores biológicos importantes das transformações que ocorrem no solo. Portanto, os parâmetros microbiológicos têm sido considerados indicadores sensíveis na identificação de alterações no solo de acordo com os diferentes sistemas de uso (Rezende et al., 2004). Catalisam inúmeras reações necessárias para os processos vitais dos microrganismos nos solos, decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e formação de matéria orgânica e estrutura do solo (Dick et al., 1994). O aumento do carbono da biomassa microbiana (CBM), da respiração basal, a relação CBM com o carbono orgânico tem sido relatado como decorrente da adição de materiais orgânicos no solo ([Pascual et al., 1997](#)).

As propriedades do solo como atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade e a biomassa microbiana foram utilizadas no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola (Doran e Parkin, 1994; Saviozzi et al., 2001; Assis Júnior et al., 2003).

A atividade enzimática tem potencial de indicar a integração biológica estimada do solo pela sua relação com a sua biologia, facilidade de medição e resposta rápida a mudanças no manejo (Bandick e Dick, 1999). Dentre as diversas enzimas presentes no solo, a medida da atividade da desidrogenase (DHA) é bastante utilizada, pois reflete a atividade oxidativa total da microbiota do solo (Dick e Tabatabai, 1993). As desidrogenases são enzimas intracelulares, encontradas nas membranas das células vivas. Essas enzimas fazem parte da cadeia respiratória que possui o O_2 como aceptor final de elétrons. Elas oxidam compostos orgânicos pela transferência de um par de elétrons para um aceptor, NAD ou NADP, formando o NADH ou NADPH (Rogers e Tate, 2001). A atividade da fosfatase ácida variou amplamente conforme o manejo do solo (Gupta et al., 1988), fertilização (Dick, 1997) e cultivo (Kandeler et al., 1999). O tipo de vegetação e a quantidade do material orgânico incorporado no solo influenciaram a atividade da urease (Arunachalam e Melkania, 1999).

Estudos recentes revelaram que a substituição da vegetação nativa por sistemas agrícolas cultivados resulta no decréscimo do aporte de C nos diferentes compartimentos da matéria orgânica do solo (Leite et al., 2003). Tais perdas decorrem, em grande parte, do tipo de sistema de manejo adotado nas mais diversas condições de ambiente. Nesse contexto, os sistemas agrícolas convencionais, caracterizados pelo intenso revolvimento do solo e pelo uso de elevadas quantidades de adubos químicos e pesticidas, contribuem, mais intensamente, para as perdas de C orgânico do solo (Rasmussen et al., 1998; Mieleniczuk et al., 2003).

Dessa forma, desenvolve-se o processo de degradação química, física e biológica do solo, tendo como produto a redução de produtividade das culturas exploradas, cada vez mais acentuada com o manejo inadequado e o seu uso contínuo. Por outro lado, tem-se aumentado o interesse em avaliar os efeitos das opções de

manejo com práticas conservacionistas que priorizem o aporte de matéria orgânica do solo (Bayer et al., 2000; Marin, 2002; Leite et al., 2003).

1.4 Objetivos

Objetivos gerais

Considerando que a conversão de sistemas permanentes como florestas e pastagens em áreas de cultivo agrícola tem sido apontada por causar desequilíbrio ecológico e que a área de cultivo de citrus tem recebido desde sua instalação braquiária como cobertura vegetal; este trabalho objetivou estudar a influência da conversão de fragmento de floresta tropical e de pastagem de capim braquiária em laranjal da variedade Pêra Rio e verificar o efeito da utilização da adubação verde de *Cajanus cajan* L. Millps., *Crotalaria spectabilis* e *Brachiaria decumbens* Stapf. em pomar de laranja da variedade Valência com idade de três anos.

Objetivos específicos

Nos solos sob citrus, pastagem e floresta foram estabelecidas as seguintes determinações:

- a) contagem de bactérias e fungos;
- b) atividade respiratória microbiana;
- c) atividade nitrificante
- d) atividade solubilizadora
- e) atividades enzimáticas
- f) conteúdo de matéria orgânica
- g) conteúdo de umidade
- h) conteúdo de carbono orgânico
- i) capacidade de retenção de água

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição das áreas em estudo

Os experimentos foram realizados na Fazenda Primavera, no município de Balbinos (460 m de altitude), São Paulo, com uma área de 367,8 ha, composta de floresta nativa tropical subcaducifolia, pastagem e laranjal. Parte da floresta foi convertida para pastagem (*Brachiaria decumbens* Stapf.), sendo que algumas áreas foram destinadas à criação extensiva de bovinos com uma taxa de lotação de 5-10 animais por ha com rotação de pastagem e outras foram utilizadas para plantio de laranja a partir do ano de 1999. O clima da região é tropical úmido, com uma estação de seca de maio a setembro e precipitação anual de 1700 mm. O solo foi classificado em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Embrapa, 1999).

2.2 Tratos culturais e amostragem na área de floresta, pastagem e laranjal

As áreas sob floresta, pastagem de 20 anos e sob laranjal variedade Pêra Rio com 6 anos de idade enxertada sob limão cravo foram utilizadas no estudo. (Figura 1 A, B e C).

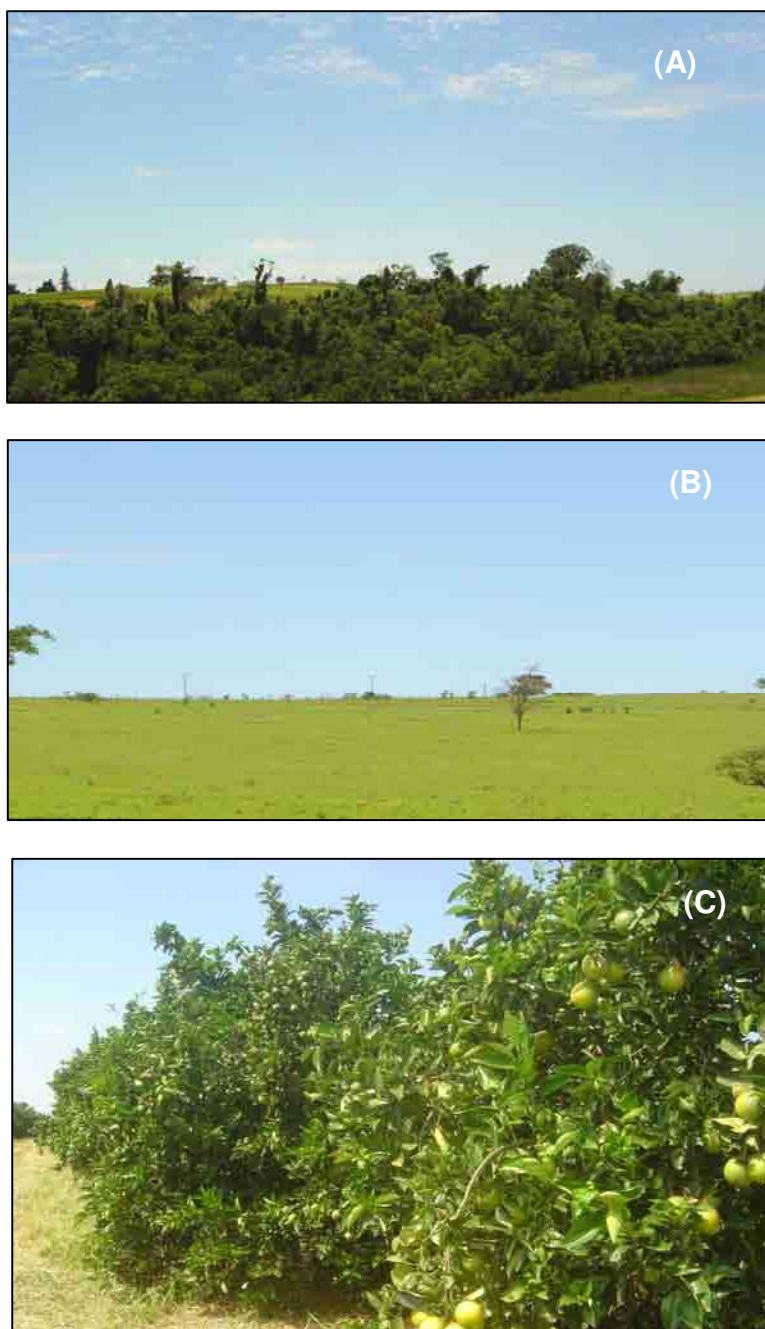


Figura 1. Conversão de fragmento de floresta tropical (A) em área de pastagem (B) e em citrus (C).

Aplicou-se 7 t/ha de calcário dolomítico PRNT=80 em julho de 2003, 1,0 kg por planta de superfosfato simples com 18% de P_2O_5 em agosto de 2003 e 2,8 kg por planta da fórmula 20-5-20 (fonte de N: nitrato de amônio, fonte de P: superfosfato simples, fonte de K: cloreto de potássio) parcelados em 3 aplicações, sendo a última em março de 2004. No decorrer do ano de 2004, foram realizadas a calagem e adubações de maneira semelhante ao ano anterior. Na área sob pastagem não foram realizadas adubações.

Em março de 2005 foram coletadas as amostras de solo para análises microbiológicas das áreas sob floresta, pastagem e sob laranjal. Na área sob laranjal, as amostras de solo foram coletadas na parte alta (LA, laranjal do alto) e na parte baixa (LB, laranjal da baixada). A diferença de altura entre as áreas é de 17 metros e distantes uma da outra de 600 metros.

Na área de pastagem e de floresta, foram selecionadas ao acaso 7 parcelas de 100 m² cada parcela. Em cada parcela, retiraram-se 3 amostras simples com auxílio de trado na profundidade de 0-15 cm que foram reunidas em uma amostra composta. O espaçamento do plantio do laranjal foi de 7m (entrelinhas) por 4 m (entre pés). Na área sob laranjal, cada linha foi considerada uma repetição (parcela). As amostras compostas foram retiradas a cada 4 linhas de plantio. Dentro de cada linha e a cada 10 plantas, foram retiradas as amostras simples em número de três que foram reunidas em uma amostra composta. Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, armazenados em caixas térmicas, peneiradas (2 mm) e divididas em duas partes, sendo parte mantida em geladeira a 4° C até o seu uso e outra parte seca ao ar livre e mantida em temperatura ambiente.

2.3 Tratos culturais e amostragem no laranjal em que foi utilizada a adubação verde

Foram utilizadas três espécies de plantas como adubo verde, isto é, crotalária, feijão guandú e capim braquiária em uma área de plantio de laranjal da variedade Valência com idade de 3 anos (Figura 2 A, B e C).

No decorrer de 2004, foram realizadas a calagem com 10 t/ha de calcário dolomítico (PRNT=80) e a adubação utilizando-se 2,8 kg por planta do fertilizante com a fórmula 19-10-19 (fonte de N: nitrato de amônio, fonte de P: superfosfato simples, fonte de K: cloreto de potássio) parcelados em 2 aplicações, sendo a última em fevereiro de 2005.

O plantio das leguminosas realizou-se em março de 2005 na entrelinha de plantio dos citrus, utilizando-se plantio à lanço de 80 sementes/m² para a espécie crotalária e 40 sementes/m². Após aproximadamente 3 meses, foi feito o corte das plantas antes de sua frutificação e toda a massa vegetal foi lançada fora da projeção da copa do citrus numa extensão de até 1 metro. A gramínea, já estabelecida na área, foi roçada jogando-se, de modo semelhante às leguminosas, toda palha fora da projeção da copa da planta. Após 5 meses do corte das espécies, a coleta das amostras de solo realizou-se na profundidade de 0-20 cm, com o uso de enxadão, na faixa onde foram lançados os restos vegetais (denominada, neste trabalho, de “entrelinha”) e na linha de plantio dos citrus correspondente a uma faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde (denominada de “linha”). Desta forma, as amostras retiradas ao redor do tronco dos citrus foram consideradas controle, isto é, sem aplicação do adubo verde. Em cada parcela, retiraram-se 3 amostras simples que foram reunidas em uma amostra composta, este procedimento foi repetido 5 vezes ao acaso no laranjal nos locais de plantio dos adubos verdes na região da entrelinha e na região da linha resultando em 10 parcelas por tratamento principal (adubo verde). Todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, armazenados em caixas térmicas, peneiradas (2 mm) e divididas em duas partes, sendo parte mantida em geladeira a 4° C até o seu uso e outra parte seca ao ar livre e mantida em temperatura ambiente.

2.4 Análises microbianas, químicas e físicas do solo

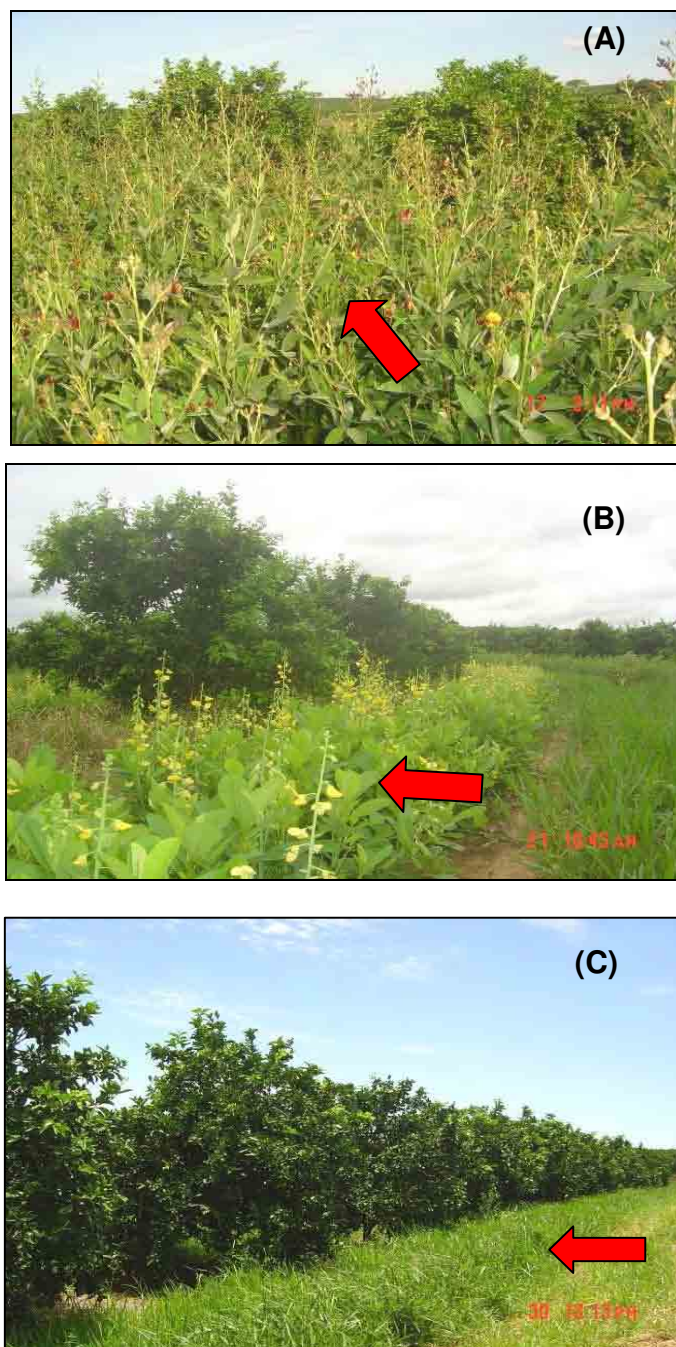


Figura 2. Área do laranjal da variedade Valência com plantio de (setas) feijão - guandú (A) , crotalária (B) e braquiária (C).

2.4.1 Contagem do número total de microrganismos

Para contagem de bactérias e fungos totais do solo aplicou-se a metodologia de diluição em série conforme Wollum (1982), utilizando-se:

a) meio de Bunt e Rovira (1955) para contagem de bactérias:

Glicose	5,0 g
K ₂ HPO ₄	0,4g
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0,5g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,05g
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,1g
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,01g
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,1g
Peptona	1,0g
Extrato de levedura	1,0g
Extrato de solo	250 mL
H ₂ O	750mL
Àgar	15,0g

pH=7,4

b) meio de Martin (1950), acrescido de 60 µg/mL de penicilina, 70 µg/mL de corante rosa de bengala, para contagem de fungos:

Glicose	10,0 g
KH ₂ PO ₄	0,5 g
K ₂ HPO ₄	0,5 g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,5 g
Peptona	5,0 g
Extrato de levedura	0,5 g
Rosa Bengala	0,03g
H ₂ O	1000mL
Agar	15,0 g

pH=5,6

O tempo de incubação foi de 96 h (fungos) e 72 h (bactérias), a temperatura de 30 °C e as contagens foram feitas conforme Vieira e Nahas (2005).

Quando se determinou as contagens dos solos sob citrus, floresta tropical e pastagem foram inoculadas 5 placas para cada repetição que foram 7 com 4 tratamentos, totalizando 140 placas para fungos e 140 placas para bactérias.

Para o experimento que se determinou as contagens dos solos sob adubação verde foram utilizadas 5 placas por repetição que foram 5 com 3 tratamentos principais e 2 tratamentos secundários resultando em 150 placas para fungos e 150 placas para bactérias.

2.4.2 Atividade respiratória-determinação de CO₂

A atividade respiratória foi determinada em 100 g de solo colocado em um frasco com tampa com capacidade de 2500 mL, conforme Rezende et al., (2004), com o teor de umidade corrigido para 60 % da capacidade de retenção de água (CRA). Neste frasco também foram colocados 2 béqueres com capacidade de 50 mL cada, um contendo 20 mL de H₂O destilada e o outro contendo 20 mL de NaOH 0,025M. Os frascos de 2500 mL foram vedados com filme de PVC seguidos da tampa e incubados a 30°C por 12 dias. A cada 2 dias retirou-se o béquer contendo NaOH 0,025 M e titulou-se o mesmo com HCl 0,025 M de modo que a determinação da quantidade de CO₂ produzida foi cumulativa. Dois frascos com os respectivos béqueres sem o solo foram incluídos como controle.

2.4.3 Atividade nitrificante

A atividade nitrificante foi determinada após incubação do solo por 30 dias, com ou sem adição de solução de (NH₄)₂SO₄ a 0,1%, contendo 160 µg de (NH₄)₂SO₄ por grama de solo úmido com o teor de umidade de 60 % CRA. O nitrato produzido foi extraído e determinado através do método de Keeney e Nelson (1982). Após incubação foram retirados aproximadamente 8,0 g de terra fina seca em estufa (TFSE), anotando-se o peso, que foram agitados por 60 minutos em erlenmeyer com 60 ml de solução de KCL 2 M. Posteriormente, filtrou-se em papel filtro Whatman n° 42 e procedeu-se a

determinação. Com a caldeira do destilador aquecida colocou-se em um erlenmeyer graduado, 5 mL de solução indicadora de ácido bórico para nitrogênio, tomou-se 10 mL do filtrado em tubo de destilação com saída lateral, iniciou-se a destilação e pela saída lateral com auxílio de funil acrescentou-se 0,2 g de óxido de magnésio (aquecido em mufla anteriormente a 550°C por 2 horas, deixando-se esfriar em dessecador com lentilhas de KOH e guardado em frasco vedado), recolhendo o destilado até a marca de 40mL. Titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,0025M utilizando-se microbureta graduada em intervalos de 0,01mL até a mudança permanente da cor verde claro para rosa claro. Com a caldeira aquecida reiniciou-se a destilação acrescentando-se 1 mL de ácido sulfâmico à frio. Pela saída lateral, com auxílio de funil, acrescentou-se 0,2 g de liga Devarda. Procedeu-se a destilação recolhendo até a marca de 40 mL em erlenmeyer acrescido de 5 ml de solução indicadora de ácido bórico para Nitrogênio. Titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,0025M, determinando-se o NO_3^- .

2.4.4 Atividade solubilizadora

A atividade solubilizadora foi determinada após incubação do solo com o teor de umidade de 60 % CRA por 30 dias, com ou sem adição de 3840 µg fluorapatita (32,8% de P) por grama de solo. O fosfato produzido foi extraído e determinado através do método de Watanabe e Olsen (1965). Após incubação foi retirado 0,6 g de TFSE, anotando-se o peso, que foram agitados por 30 minutos em erlenmeyer com 12 ml de solução de bicarbonato de sódio 0,5 M pH 8,5. Filtrou-se em papel filtro Whatman n° 42 e procedeu-se a determinação. Foram colocados 2 mL do extrato em tubo de ensaio de 13x15 mm, acrescentou-se 0,2 mL de ácido sulfúrico 5 N e 0,8 mL de reagente B; dissolveu-se 1,056g de ácido ascórbico em 200 ml do reagente A, que foi preparado utilizando-se 12 g de molibdato de amônio dissolvido em 250 mL de água destilada e 0,208 g de tartarato de antimônio e potássio dissolvido em 100 mL de água destilada. Estas duas soluções foram misturadas em 1000mL de ácido sulfúrico 5 N e o volume foi completado para 2000 mL e guardado em frasco escuro e a frio. Agitou-se os tubos vigorosamente e incubou-se em banho-maria a 45°C por 20 minutos e realizou-se a

leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 820 nm. A atividade solubilizadora foi expressa em μg de fósforo g^{-1} solo seco. Através do estabelecimento da curva padrão com concentrações crescentes de solução padrão de $2 \mu\text{g}$ de P mL^{-1} .

2.4.5 Atividades enzimáticas microbianas

a) Urease

A atividade da urease foi determinada segundo a metodologia de McGarity e Myers (1967). Pesaram-se 2,0 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em tubo de 18 x 180 mm, acrescentando-se 0,2 mL de tolueno, 2,0 mL de tampão fosfato 0,1M - pH 6,7 e como substrato 1,0 mL de solução de uréia a 10% e incubou-se a 37 °C em banho-maria por 3 horas. Após incubação acrescentaram-se 3,0 mL de água destilada. Após a centrifugação (10.000 rpm por 10 minutos), colocaram-se 0,1 mL do centrifugado, 2,1 mL de água destilada, 0,5 mL de fenolato (fenol: 62,5g fenol, volume mínimo de álcool etílico para dissolver o fenol, 18,6 mL de acetona, álcool etílico q.s.p. 100 mL; NaOH 27 % (p/v) e H_2O na proporção 1:1:3) e 0,3 mL de hipoclorito 0,9 % (v/v). Incubou-se por 60 minutos a temperatura ambiente e realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 630 nm. Através da realização da curva padrão com concentrações crescentes de solução padrão de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ calculou-se a quantidade de amônia produzida com a reação enzimática. Uma unidade de atividade enzimática correspondeu à quantidade de enzima que hidrolisa $1 \mu\text{g}$ de uréia 3 h^{-1} 37 °C. A atividade da urease foi expressa em μg de $\text{NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ solo seco por 3 horas.

b) Fosfatase

A atividade da fosfatase foi determinada segundo a metodologia de Tabatabai e Bremner (1972) modificado. Pesou-se 0,2 g de solo úmido em tubo de ensaio de 18 x 180mm, adicionou-se 4 ml de tampão acetato 0,1 M pH 5,4. Acomodou-se os tubos em banho-maria a 37 °C e após o equilíbrio da temperatura, adicionou-se, exceto nos tubos controle, 1 mL de solução de p-nitrofenilfosfato 30 mM. Agitou-se levemente os tubos e

incubou-se por 60 minutos em banho-maria a 37 °C. Após o tempo de incubação acrescentou-se 1 mL de solução de cloreto de cálcio 0,5 M e 4 mL de solução de hidróxido de sódio 0,5 M, agitou-se vigorosamente em agitador de tubos, filtrou-se em papel de filtro Whatman n° 12. Na sequência realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 405 nm. Através da realização da curva padrão com concentrações crescentes de solução de p-nitrofenol, calculou-se a quantidade de fosfato produzido com a reação enzimática. A atividade da fosfatase foi expressa em μg de paranitrofenol (PNF) liberado g^{-1} solo por hora.

c) Desidrogenase

A atividade da desidrogenase foi obtida através do método de Casida et al (1977). Pesou-se 6,0 g de terra fina seca ao ar (TFSA), misturou-se 0,06 g de CaCO_3 . Adicionou-se 0,5 mL de TCC 3% (tetrazolium cloreto de sódio), acrescentou-se 1,0 mL de água destilada para formação de um filme de líquido na superfície do solo. Agitação leve do tubo com as mãos, incubando-se a 37 °C por 24 horas. Após incubação, lavou-se o solo com 5 mL de metanol, filtrando em papel chupão. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 485 nm. Através da realização da curva padrão com concentrações crescentes de solução de TFF (trifenilformazan), calculou-se a quantidade de TFF produzido com a reação enzimática.

2.4.6 Carbono orgânico

O carbono orgânico foi obtido pelo método de Sims e Haby (1971), utilizando-se 1,0 g de TFSA acrescida de 10 mL de solução de bicromato de potássio 0,5 M. e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Incubou-se a mistura em temperatura ambiente por 30 minutos. Após acertou-se o volume em proveta para 100mL e filtrou-se em papel de filtro. Em seguida, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 600 nm. Através da realização da curva padrão com concentrações crescentes de solução de sacarose, calculou-se a quantidade de C produzido com a reação enzimática.

2.4.7 Umidade do solo

A porcentagem de umidade foi determinada após secagem do solo à 105°C por 24 horas em cadinho de porcelana previamente pesado vazio e contendo o solo úmido. Após retirados da estufa, os mesmos foram colocados imediatamente em dessecador com sílica indicadora de umidade e foram novamente pesados com o solo seco. A porcentagem de umidade foi dada pelo cálculo da subtração da amostra úmida menos a amostra seca multiplicado por 100 e dividido pelo valor da amostra úmida.

2.4.8 Matéria orgânica do solo

O solo utilizado na determinação do percentual de umidade foi incinerado em mufla a 550°C por 24 horas. Após a retirada dos cadinhos da mufla, estes foram colocados imediatamente em dessecador com sílica indicadora de umidade. Em seguida foram pesados com a amostra queimada. Obteve-se o teor de matéria orgânica (g/100g) pelo cálculo da subtração da amostra seca menos a amostra queimada multiplicado por 100 e dividido pela amostra seca.

2.4.9 pH

O pH foi determinado através do método de Van Raij (1987). Foram adicionados 10 mL de solo em 25 mL de CaCl_2 0,01 M em erlenmeyer de 125 mL aguardando 15 minutos para molhamento da amostra. Em seguida, as amostras foram agitadas por 5 minutos em mesa agitadora e após permaneceram por 30 minutos em repouso a leitura foi realizada com uso de eletrodo que foi introduzido no sobrenadante.

2.4.10 Capacidade de retenção de água do solo

A capacidade de retenção de umidade do solo foi realizada de acordo com Smith (1768). Pesou-se o recipiente para determinação da capacidade de retenção (Peso1), colocou-se TFSA peneirada (2,0mm) neste recipiente, pesou-se novamente o mesmo (Peso 2). O recipiente foi imerso em um frasco contendo água de modo a alcançar metade da sua altura. Deixou-se umedecer a superfície do solo no recipiente,

aguardou-se alguns minutos após ter-se observado a umidade na superfície, após retirou-se o recipiente do frasco com água e colocou-se sobre papel higiênico para escorrer a água por 24 horas tampando-se o recipiente com papel alumínio para evitar a evaporação da água. Após as 24 horas pesou-se o recipiente sem o papel alumínio (Peso 3). O quanto de água que o solo reteve foi determinado através da subtração do Peso 3 menos o Peso 2.

2.5 Delineamento Experimental

Para o efeito da conversão de uma área de floresta em pastagem e pastagem em citrus foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 7 repetições.

Para o efeito do uso da adubação verde em pomar de citrus foi utilizado um experimento em parcelas subdivididas com 3 adubos como tratamentos principais (guandú, crotalária e braquiária) e 2 posições de coleta do solo, na região da entrelinha (em que foram jogados os resíduos da adubação verde) e na região da linha (em que não foram jogados os resíduos) com 5 repetições.

Os resultados foram transformados em $\log (x + 10)$ em que x são as variáveis estudadas e submetidos à análise de variância e ao coeficiente de correlação linear de Pearson. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito da conversão dos ecossistemas de floresta e pastagem em citrus

Os resultados obtidos mostraram que as variáveis microbiológicas são medidas sensíveis para determinar mudanças nos ecossistemas estudados. As variações nas contagens de microrganismos e nas atividades enzimáticas observadas devem ter resultado da influência da cobertura vegetal, da altitude de amostragem do laranjal e dos parâmetros físico-químicos estudados.

Os números de bactérias e de fungos variaram, respectivamente, de 3,94 a 9,32 x 10⁶ UFC g⁻¹ solo seco e de 1,37 a 6,41 x 10⁴ UFC g⁻¹ solo seco (Figura 3), observando-se que as culturas influenciaram de modo diferente as contagens destes grupos de microrganismos. A contagem das bactérias diminuiu nesta seqüência floresta > laranjal > pastagem, porém apenas as contagens no solo sob pastagem diferiram significativamente (Tukey, P < 0,05) da observada no solo sob floresta (Figura 3 A). As contagens dos fungos decresceram na seguinte ordem laranjal > floresta > pastagem e diferenças significativas foram observadas entre as contagens no solo do laranjal com as dos demais solos (Figura 3 B).

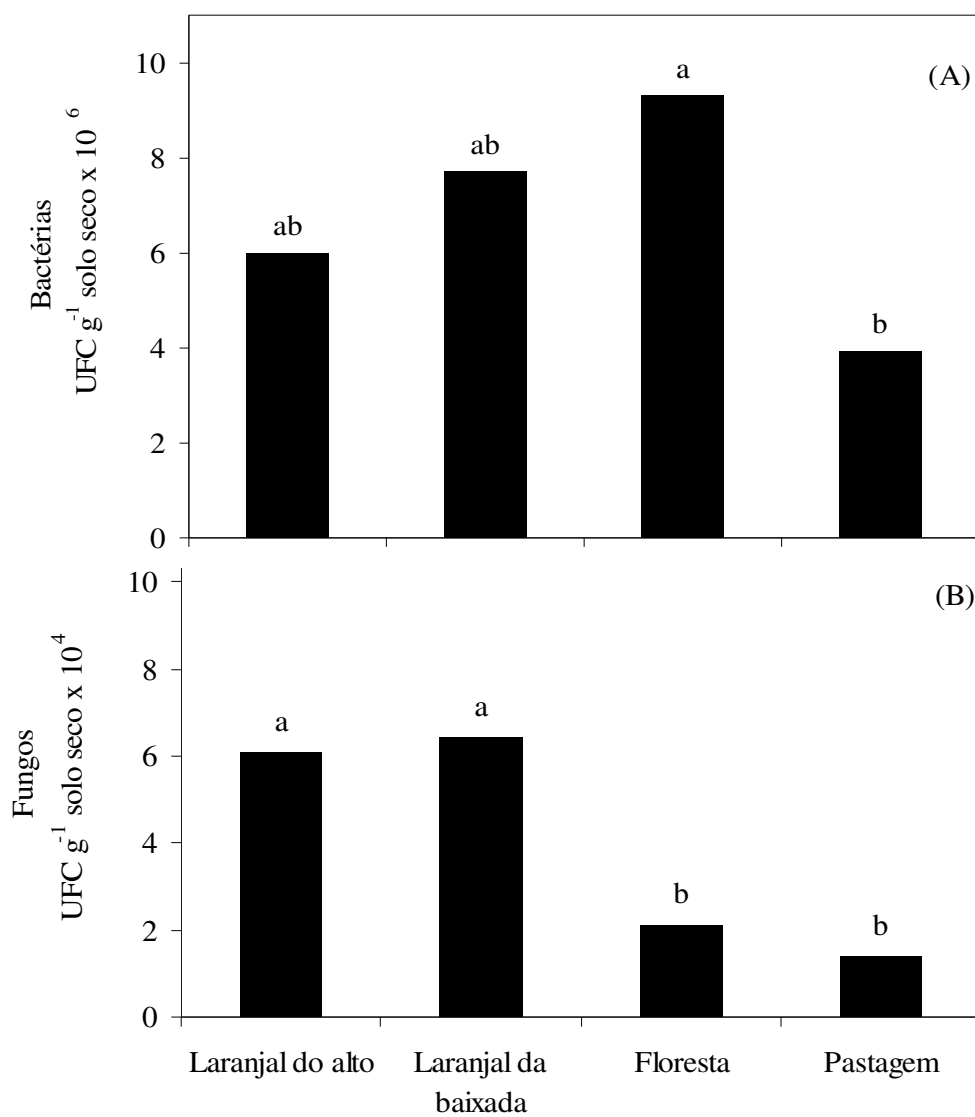


Figura 3. Bactérias (A) e fungos totais (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Efeito diferenciado da cobertura vegetal nas contagens de microrganismos foi encontrado entre os autores. As contagens de bactérias totais aumentaram no solo de cultura de milho em relação ao de pastagem e de floresta (Pinto e Nahas, 2002). No entanto, Sicardi et al. (2004) não verificaram diferenças significativas no número total de microrganismos na conversão de pastagem em eucalipto.

Waldrop et al. (2000) relataram um aumento do número de bactérias, fungos e actinomicetos na conversão de floresta para solo cultivado com pomar de abacaxi. Confirmando os resultados obtidos neste estudo, Hai et al. (2004) encontraram contagens decrescentes de bactérias no solo sob citrus para uma área de floresta nativa e desta para um solo sob pasto.

O crescimento dos microrganismos tem sido relacionado ao conteúdo de carbono orgânico disponível, com maior população de fungos e menor de bactérias em solos adubados com fertilizantes fosfatados (Kanazawa et al., 1988).

Os resultados obtidos neste estudo sugerem que o número de fungos cresceu em função do aumento do fósforo do solo (Tabela 1) e o de bactérias com o aumento do conteúdo de matéria orgânica e de umidade e esta afirmação pode ser comprovada pelos coeficientes de correlação significativa respectivamente de 0,463* e 0,400* (Tabela 2).

Houve um decréscimo significativo na quantidade de CO₂ evoluído na seguinte ordem: floresta > LB > LA > pastagem. O solo sob floresta apresentou a maior atividade respiratória seguido do solo sob LB e ambos diferiram significativamente das atividades observadas no solo sob LA e sob pastagem (Figura 4 A). Este último apresentou a menor atividade respiratória, com a produção de aproximadamente metade do CO₂ em comparação ao solo sob floresta.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo das áreas de laranjal, floresta e pastagem.

		Laranjal do Alto	Laranjal da baixada	Floresta	Pastagem
pH	em CaCl_2	5,0	5,0	4,7	4,8
P (resina)	(mg/dm^3)	19	49	10	3,0
K^+	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	1,6	3,8	2,3	1,4
Ca^{2+}	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	15	16	12	6
Mg^{2+}	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	7	10	8	4
H+AL	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	18	28,0	16,0	18
SB	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	23,6	29,8	15,1	11,4
T	($\text{mmol}_\text{c}/\text{dm}^3$)	41,6	57,8	31,1	29,4
V	(%)	57	52	49	39
CRA	%	28,8	30,8	33,1	27,6
Argila	(g/kg)	70	120	80	70
Silte	(g/kg)	60	60	70	30
Areia Fina	(g/kg)	540	560	610	690
Areia Grossa	(g/kg)	330	260	240	210
Classe Textural		Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa

CRA, capacidade de retenção de água do solo;

%, g/100g;

SB, soma de bases do solo;

T, capacidade de troca catiônica do solo;

V, saturação por bases do solo.

H+AL, acidez potencial do solo

Respostas divergentes também têm sido encontradas com relação ao efeito da vegetação sobre a atividade respiratória. Em área de pastagem, a produção de CO_2 foi o dobro do que foi obtido no solos de floresta natural (Arunachalam et al., 1999).

Riffaldi et al. (2003) relataram que no solo sob pastagem maior atividade respiratória foi acumulada em 32 dias de incubação em relação ao solo sob citrus e Schipper e Sparling (2000) encontraram maior atividade respiratória em áreas de pastagem e de floresta comparadas com solos cultivados.

Segundo, D' Andréa et al. (2002), a produção de C-CO_2 na pastagem foi superior à obtida nos sistemas de cultivo orgânico e na mata nativa. Tal resultado está relacionado com a intensa ciclagem de raízes no sistema sob pastagem que liberou maior quantidade de C-CO_2 em relação aos demais sistemas, confirmando a maior atividade microbiana nesta área. Comportamento semelhante foi observado por Balota et al. (1998). É possível admitir que a produção de CO_2 tenha sido mais influenciada pelo crescimento bacteriano, uma vez que o efeito da cobertura vegetal foi o mesmo para estas variáveis, observando-se correlação significativa com a contagem de bactérias ($r = 0,526^{**}$), mas não com os fungos ($r = 0,095^{\text{NS}}$). Atividade respiratória decrescente nos solos sob floresta, pastagem e eucalipto foi atribuída à variação nos teores de alumínio trocável, P e aos maiores teores de nutrientes (Fialho et al., 1991).

Neste estudo, é provável que a atividade respiratória decrescente nos solos sob floresta, laranjal e pastagem seja decorrente da diminuição dos teores de nutrientes nestes solos (Tabela 1), respectivamente, que inclusive devem ter influído no crescimento bacteriano.

A atividade nitrificante diminuiu do solo sob floresta que apresentou maior valor 25,60 mg de N g^{-1} solo seco, seguido do solo sob LA com 22,99 mg N g^{-1} solo seco, solo sob LB com 21,38 mg de g^{-1} solo seco e por último solo sob pastagem com 18,45 mg N g^{-1} solo seco, porém não apresentando diferença significativas entre si (Figura 5 B). Divergindo dos resultados apresentados, Morris et al. (1998) constataram atividade nitrificante superior em solos sob silvicultura artificial comparados com solos de floresta natural. Fatores como NH_4^+ , pH e umidade do solo tem sido relacionados por afetar a atividade de bactérias nitrificantes (Krave et al., 2002). Destes fatores, apenas a

umidade do solo (Figura 6 A) e o conteúdo de NH_4^+ variaram neste estudo. A umidade do solo aumentou significativamente nos solos sob LB e sob floresta e maior atividade nitrificante ($P > 0,05$) foi observada nestes solos que os demais.

O solo sob laranjal foi adubado com nitrato de amônio, porém se houve alguma influência na atividade nitrificante, esta não pode ser detectada pelos resultados obtidos. A nitrificação é catalisada por bactérias quimio-autotróficas e, portanto, prescindiriam de uma fonte de carbono orgânico. Contudo, tem sido relatado que a nitrificação pode ser estimulada pela adição de fonte de C (Falih e Wainwright, 1996; Garcia e Nahas, 2006) e, por conseguinte, o aumento da nitrificação no solo sob laranjal e floresta em relação ao solo sob pastagem pode ser atribuído ao aumento da matéria orgânica no solo (Figura 6 B).

As atividades da urease e fosfatase ácida foram significativamente maiores nos solos sob floresta, pastagem e LB do que no solo sob LA (Figura 5 A, B). O maior valor de atividade foi encontrado no solo sob floresta que diferiu estatisticamente do solo sob LA. Tanto a atividade da urease como a da fosfatase decresceram na seguinte ordem: floresta > pastagem > LB > LA.

A preponderância da atividade enzimática no solo sob floresta em relação aos demais e no LB em relação ao LA pode estar relacionada às maiores contagens de bactérias, à atividade respiratória, ao conteúdo de matéria orgânica encontrados respectivamente nestes solos. Contudo, apenas foi encontrada correlação significativa entre a matéria orgânica e atividade da urease ($r = 0,426^*$) e a da fosfatase ($r = 0,378^*$).

Amador et al. (1997) encontraram correlação significativa entre a matéria orgânica e a atividade da fosfatase em solos com diferentes fertilidades. Em acordo com estes resultados, foi relatado que a atividade de várias enzimas do solo foi relacionada com o conteúdo de carbono orgânico (Saviozzi et al., 2001). Singh et al., (1991) estudando vários tipos de solo relataram a influência da capacidade de troca

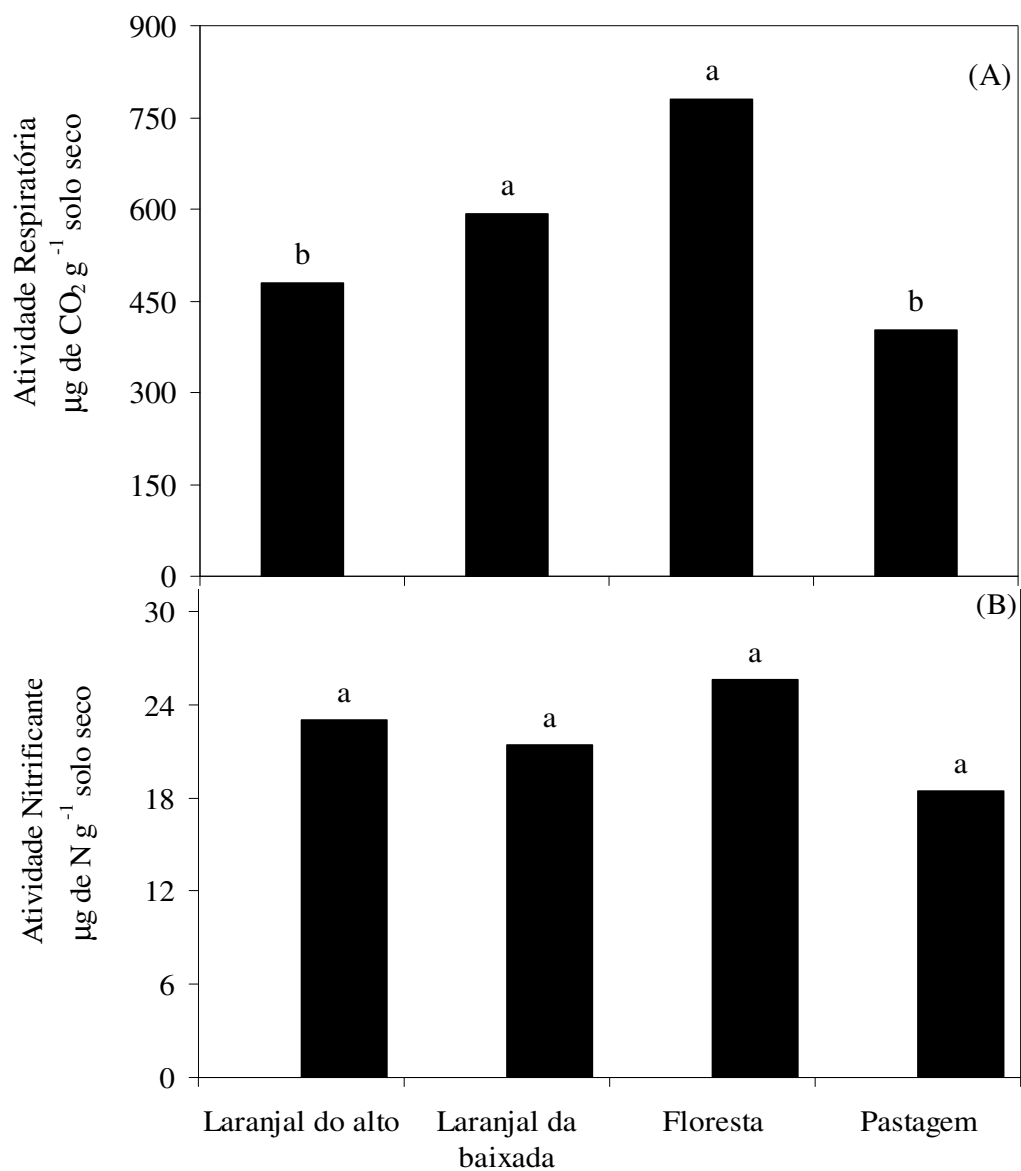


Figura 4. Atividade respiratória (A) e nitrificante (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

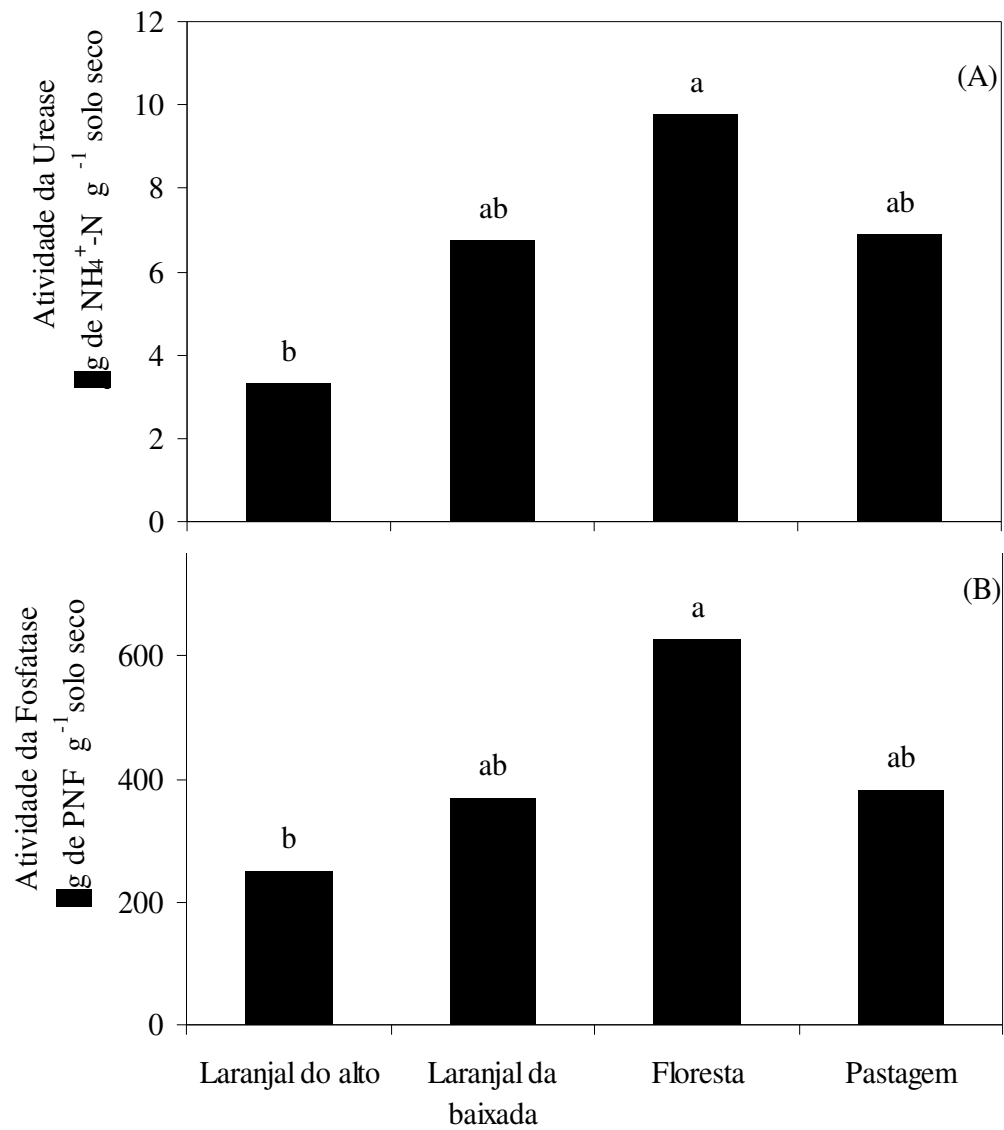


Figura 5. Atividade da urease (A) e fosfatase (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

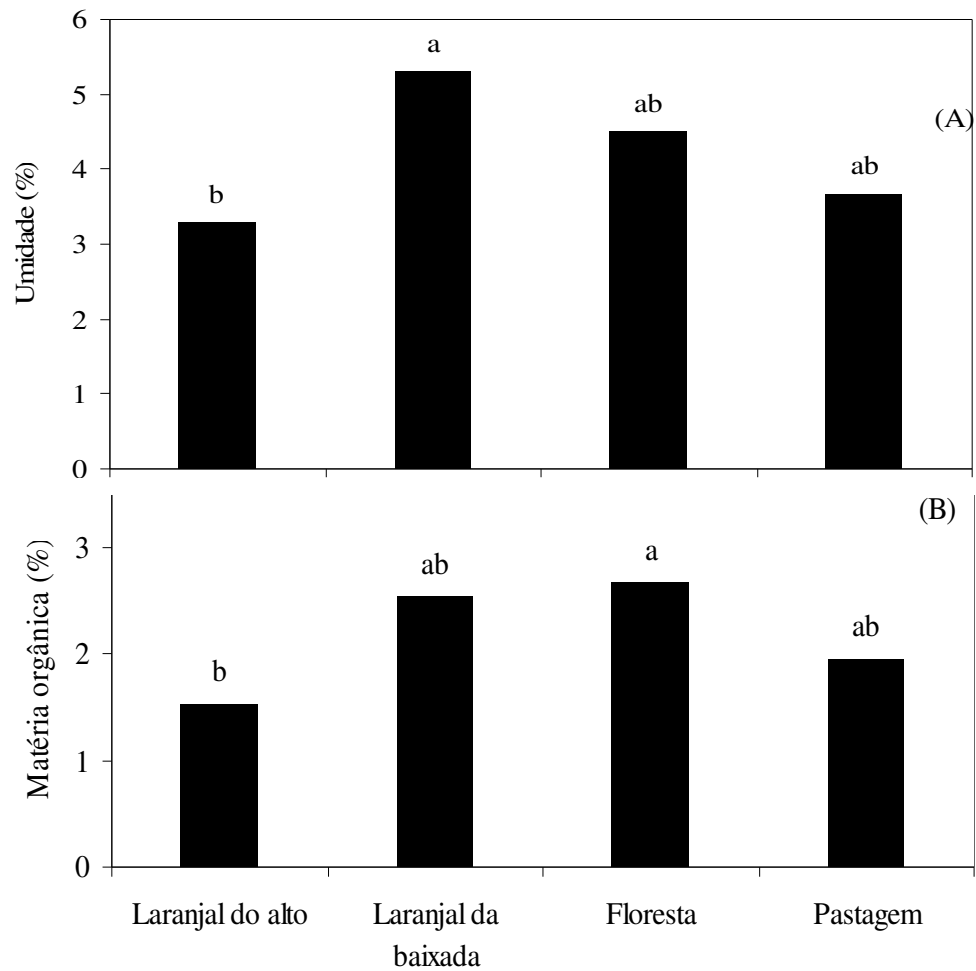


Figura 6. Umidade (A) e matéria orgânica (B) das áreas de laranjal, floresta e pastagem. Para cada variável, médias seguidas da mesma letra não difere significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Tabela 2 - Correlação entre as variáveis das áreas de laranjal, floresta e pastagem.

	Matéria orgânica	Atividade				Bactérias	Fungos
		Urease	Nitrificante	Fosfatase	Respiratória		
Umidade	0,583**	0,196 ^{NS}	0,106 ^{NS}	0,297 ^{NS}	0,239 ^{NS}	0,400*	0,084 ^{NS}
Matéria orgânica	-	0,426*	0,216 ^{NS}	0,378*	0,298 ^{NS}	0,463*	- 0,049 ^{NS}
Uréase		-	-0,159 ^{NS}	0,376*	0,324 ^{NS}	0,179 ^{NS}	-0,307 ^{NS}
Nitrificante			-	-0,002 ^{NS}	0,444*	0,244 ^{NS}	0,083 ^{NS}
Fosfatase				-	0,512**	0,340 ^{NS}	-0,146 ^{NS}
Respiratória					-	0,526**	0,095 ^{NS}
Bactérias						-	0,198 ^{NS}

* P < 0,05; ** P < 0,01; *** P < 0,001; NS= não significativo; N=28

catiônica (CTC) e do carbono orgânico destes solos na atividade da urease. O efeito da vegetação na atividade destas enzimas foi reportado por vários autores.

Santos et al. (1991) verificaram que a velocidade de hidrólise da uréia foi influenciada pelo tipo de vegetação, sendo maior no solo sob floresta e menor no sob pínus. Marriel et al. (2005) encontraram maior atividade da urease no solo sob floresta em relação ao cultivado com milho, crotalária e mucuna. Contudo, Hai et al. (2004) encontraram valores semelhantes de atividade da urease em solo sob floresta, citrus e pastagem de 0,72, 0,74 e 0,71 mg.g⁻¹ solo seco 24 h, respectivamente.

O aumento na atividade da urease neste estudo pode ser também atribuído ao considerável aumento do teor de argila encontrado no solo sob LB, de 71 %, devido a sua mobilização no declive, em relação ao sob LA. Este resultado corrobora o encontrado por Singh et al. (1991) que relataram que a atividade da urease foi altamente correlacionada com o conteúdo de argila.

Carpenter-Boggs et al. (2003) obtiveram aproximadamente o triplo da atividade da fosfatase ácida em solo sob pastagem em comparação ao solo de plantio direto e convencional que não diferiram significativamente entre si.

Em relação ao presente estudo, a área de floresta apresentou aproximadamente o dobro de atividade da fosfatase ácida à observada nos solos sob pastagem e laranjal.

Comparando-se dois solos, Gupta e Germida (1988) verificaram que a atividade da fosfatase ácida no solo sob pastagem diminuiu 49% em relação aos solos cultivados. Matsuoka et al. (2003) encontraram maior atividade da fosfatase ácida em área de cerrado em relação à área de cultivo de soja.

A menor atividade da fosfatase ácida neste estudo no solo sob laranjal pode ser atribuída a um efeito repressor devido à maior concentração de P no solo (Tabela 1) (Nahas et al., 1994). A atividade da fosfatase é estimulada quando o nível de fósforo é baixo no solo (Spiers et al., 1978). O motivo do solo sob LB apresentar atividade da fosfatase superior a encontrada no solo sob LA pode estar relacionada à maior atividade respiratória encontrada no solo sob LB.

As quantidades de carbono orgânico, variaram de 27,66 a 33,18 mg de C g⁻¹ solo seco, contudo nenhuma diferença significativa foi encontrada entre os solos estudados.

A capacidade de retenção de água no solo foi de 28,85 para LA, 30,85 para LB, 33,18 para solo sob floresta e 27,66 para solo sob pastagem, não encontrando diferenças significativas entre os solos (Tabela 1).

Os maiores teores de matéria orgânica e umidade foram encontrados nos solos sob floresta e LB, comprovando a influência do relevo e da cobertura vegetal nestes parâmetros. A umidade do solo foi maior no solo LB, que diferiu estatisticamente do solo LA. A matéria orgânica foi superior no solo sob floresta, que diferiu estatisticamente do solo LA (Figura 6 A, B).

Apesar de ser um solo com baixa capacidade de retenção de água, a produção de laranja na safra de 2004/2005 (comunicação pessoal do proprietário rural) foi de 3,0 caixas planta⁻¹, sendo superior à média estadual que é de 2,5 caixas planta⁻¹. De modo geral, no solo sob LB foi constatado estímulo dos microrganismos e de suas atividades quando comparado com o solo sob LA. Em consequência, a laranja do LB apresentou sabor mais doce e com maior peso e diâmetro que a do LA. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas nos conteúdos de matéria orgânica, a capacidade de retenção de água e a composição química do solo devem ter influído

nos resultados do solo sob LB, pois foram maiores que os encontrados no LA. O maior acúmulo de nutrientes na baixada pode ter influído nestes resultados, mas não pode ser considerado um fator exclusivo. O valor de T (capacidade de troca catiônica) do solo sob floresta foi de 31,1 mmol_c/dm³ e no sob LA foi de 41,6 mmol_c/dm³ e as características microbiológicas do solo sob floresta foram superiores ao do solo sob LA. Portanto, devem ter contribuído nos resultados obtidos a adubação realizada no laranjal e, conseqüentemente, o efeito dos microrganismos do solo. Além do mais, uma possível influência significativa do teor de umidade encontrado neste solo (Figura 6 A) na atividade destas enzimas pode ser sugerida.

3.2 Efeito da adubação verde no solo de laranjal

Diversos fatores têm sido relacionados com a decomposição de resíduos vegetais adicionados ao solo, tais como: a atuação de macro e microrganismos decompositores, as características do material orgânico que determinam sua degradabilidade e as condições edafoclimáticas da região (Correia e Andrade, 1999). Sob as mesmas condições de clima e solo, a velocidade de decomposição dos resíduos e a liberação de N foram influenciadas por características químicas, como teor de N (Constantinides e Fownes, 1994), relação C/N (Jama e Nair, 1996), teor de lignina e relação lignina/N (McDonagh et al., 1995), teor de polifenóis e relação polifenóis/N (Palm e Sanchez, 1991) e relação (lignina + polifenóis)/N (Handayanto et al., 1994).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado a biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre estes fatores.

As contagens de bactérias na linha (sem aplicação de adubo verde) e na entrelinha (com aplicação de adubo verde) de plantio do solo sob citrus onde diferentes adubos verdes foram aplicados podem ser observadas na Tabela 3. A Tabela 3 mostra que ocorreram diferenças significativas (Teste F) entre as contagens encontradas entre as espécies de adubos verdes utilizadas e entre os locais de amostragens. A interação também foi significativa (Tabela 3).

O desdobramento da interação mostrou que a menor contagem de bactérias, tanto linha como na entrelinha foi observada no solo em que se utilizou os restos vegetais de braquiária, diferindo significativamente das contagens encontradas nos solos onde foram adicionados os demais adubos verdes (Tabela 4).

Na linha de plantio foram encontradas as menores contagens de bactérias diferindo significativamente (Tukey, $P < 0,05$) da entrelinha quando se utilizou crotalária ou braquiária (Tabela 4). Sendo assim, houve estímulo do crescimento bacteriano em decorrência da aplicação de adubos verdes (entrelinha) quando se comparou com o controle (linha) para estas duas espécies de plantas.

A literatura tem apontado o efeito das plantas na variação da contagem de bactérias na rizosfera e no solo não rizosférico de plantas, pela secreção de compostos químicos na rizosfera e à idade das plantas (Miller et al., 1989; Merckx et al., 1987). Em adição, as maiores contagens de bactérias observadas no solo onde se aplicou as leguminosas em relação à gramínea, pode ser devida à capacidade das leguminosas de enriquecerem o solo mediante simbiose com as bactérias fixadoras do N_2 atmosférico.

Tabela 3. Bactérias totais do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes.

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Bactérias totais UFC x 10 ⁷ g ⁻¹ s s
Guandú	Linha (Li)	7,43
	Entrelinha (E)	8,56
Crotalária	Linha (Li)	6,50
	Entrelinha (E)	9,98
Braquiária	Linha (Li)	0,13
	Entrelinha (E)	5,86
Teste F (A)		37,77**
Teste F (L)		63,72**
Teste F (A x L)		14,62**
dms (5%) (A)		0,1238
dms (5%) (L)		0,0640
cv parcela		3,75
cv subparcela		2,90

Obs:

** p<0,01;

ss = solo seco;

UFC= unidade formadora de colônia;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais;

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não foi lançado o adubo verde

Tabela 4. Efeito da adubação verde nas bactérias totais do solo em pomar de laranja: desdobramento da interação adubo verde x locais de coleta.

Adubo verde	Entrelinha	Linha	Teste F
Guandú	2,91 A a	2,85 A a	1,65 NS
Crotalária	2,99 A a	2,79 B a	14,11**
Braquiária	2,76 A b	2,31 B b	77,20**
Teste F	7,71**	50,47**	

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); letras minúsculas distintas na vertical indicam diferenças significativas entre as espécies dentro dos locais de coleta; letras maiúsculas distintas na horizontal indicam diferenças significativas entre os locais de coleta dentro de cada espécie.

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

As contagens de fungos na linha de plantio dos citrus por efeito da aplicação de crotalária e braquiária foram significativamente maiores que as observadas na entrelinha, evidenciando que a aplicação de restos vegetais destas espécies não contribuiu para o aumento da população de fungos do solo na região adubada (Tabelas 5 e 6). O fato de ter sido encontrada maior população de fungos na linha de plantio da laranja pode estar relacionado a um efeito inibitório do crescimento dos fungos em decorrência da aplicação de crotalária e braquiária (Tabela 6). É possível também que o estímulo do crescimento das bactérias nos solos tratados com estes adubos verdes tenha causado uma inibição do crescimento dos fungos. Como outra hipótese, o maior estímulo do crescimento da população de fungos na linha pode ser decorrente do maior sombreamento do que na entrelinha.

Tabela 5. Fungos totais do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Fungos totais UFC x 10 ⁴ g ⁻¹ s s
Guandú	Linha (Li)	9,44
	Entrelinha (E)	7,92
Crotalária	Linha (Li)	179,0
	Entrelinha (E)	5,90
Braquiária	Linha (Li)	196,0
	Entrelinha (E)	6,29
Teste F (A)		57,85**
Teste F (L)		620,22**
Teste F para (A x L)		140,98**
dms (5%) (A)		0,3112
dms (5%) (L)		0,1461
cv parcela		7,15
cv subparcela		5,05

Obs:

** - $p < 0,01$;

ss = solo seco;

UFC = unidade formadora de colônia;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 6. Efeito da adubação verde nos fungos totais do solo em pomar de laranja: desdobramento da interação adubo verde x locais de coleta.

Adubo verde	Entrelinha	Linha	Teste F
Guandú	2,87 A a	2,95 A b	0,46 NS
Crotalária	2,75 B a	5,17 A a	430,82**
Braquiária	2,78 B a	5,30 A a	470,90**
Teste F	0,40 NS	170,41**	

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); letras minúsculas distintas na vertical indicam diferenças significativas entre as espécies dentro dos locais de coleta; letras maiúsculas distintas na horizontal indicam diferenças significativas entre os locais de coleta dentro de cada espécie.

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

Embora tenha sido constatado um aumento de 19% na contagem de fungos entre linha (não adubada) e a entrelinha onde foi aplicado guandú, não houve diferenças significativas (Tabela 6), o que pode ter ocorrido devido a maior quantidade de cobertura morta produzida pelo guandú em relação as demais espécies, com conservação da umidade do solo por um período maior, favorecendo o crescimento dos fungos. Na região da linha, as espécies crotalária e braquiária apresentaram maior contagem de fungos diferindo da espécie guandú. Na região da entrelinha não houve diferenças significativas entre as espécies (Tabela 6).

Estudos de Barroti et al. (2000) mostraram que o número de fungos aumentou tanto pelo plantio de braquiária associada a aplicação de superfosfato quanto na ausência de planta e de adubo. Hendrix et al. (1986) relataram maior ocorrência de fungos em área de plantio direto onde a palhada permanecem após o ciclo das plantas, sendo este ambiente propício aos fungos decompositores primários de resíduos vegetais na superfície do solo, especialmente em condições de baixa umidade.

Carneiro et al. (2004) reportaram maior população de fungos totais em área de plantio direto com presença de cobertura morta próxima a superfície do solo ($11,2 \times 10^4$ UFC g^{-1} solo seco) em relação a plantio convencional ($8,2 \times 10^4$ UFC g^{-1} solo seco). Segundo Kirchner et al. (1993), o manejo agrícola contribui no tamanho e atividade da população microbiana.

Houve correlação negativa ($P < 0,001$) entre bactérias e fungos totais (Tabela 15), evidenciando comportamentos distintos entre estes microrganismos em relação a aplicação de adubos verdes no solo. Isto pode ter ocorrido pelo fato das bactérias crescerem inicialmente mais rápido em relação aos fungos, provocando um efeito inibitório.

Para a atividade nitrificante não houve diferenças significativas entre as espécies utilizadas como adubos verdes no solo (Tabela 7).

Comparando-se os locais de coleta, na utilização de restos vegetais de guandú e braquiária, na entrelinha (adubada) foi encontrada maior atividade nitrificante ($P < 0,05$) que na linha de plantio de citrus, evidenciando a influência da aplicação de adubos verdes destas espécies na mineralização do nitrogênio do solo (Tabela 8). Stampford et al. (1994) verificaram um aumento significativo nos teores de $N-NO_3^-$ e $N-NH_4^+$ do solo após utilização de adubos verdes levando a incrementos de produção na cultura do sorgo em sucessão.

Alcântara et al. (2000) encontraram teores maiores de $N-NO_3^- + N-NH_4^+$ no solo onde se aplicou guandú em relação a crotalária, com contribuição do guandú nas propriedades químicas do solo num menor espaço de tempo que a crotalária e maior capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes das leguminosas em comparação com a pastagem de braquiária devido as suas maiores concentrações de nutrientes na biomassa. No presente estudo, na linha (não adubada) não foram encontradas diferenças significativas na atividade nitrificante entre as espécies. No entanto, na entrelinha, a aplicação de feijão guandú e braquiária propiciaram diferenças significativas em relação a espécie crotalária apresentando maiores atividades nitrificantes (Tabela 8).

Tabela 7. Atividade nitrificante de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes.

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Atividade nitrificante $\mu\text{g de N g}^{-1} \text{ s s}$
Guandú	Linha (Li)	10,06
	Entrelinha (E)	119,66
Crotalária	Linha (Li)	28,92
	Entrelinha (E)	19,31
Braquiária	Linha (Li)	18,29
	Entrelinha (E)	98,95
Teste F (A)		2,65 NS
Teste F (L)		22,68**
Teste F (A x L)		10,70**
dms (5%) (A)		0,5333
dms (5%) (L)		0,4821
cv parcela		12,09
cv subparcela		16,37

Obs:

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

ss = solo seco;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 8. Efeito da adubação verde na atividade nitrificante do solo em pomar de laranja: desdobramento da interação adubo verde x locais de coleta.

Adubo verde	Entrelinha	Linha	Teste F
Guandú	4,81 A a	2,95 B a	23,57 **
Crotalária	3,24 A b	3,63 A a	1,04 NS
Braquiária	4,63 A a	2,94 B a	19,47**
Teste F	12,91**	2,82 NS	

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$); letras minúsculas distintas na vertical indicam diferenças significativas entre as espécies dentro dos locais de coleta; letras maiúsculas distintas na horizontal indicam diferenças significativas entre os locais de coleta dentro de cada espécie.

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

A semelhança entre a atividade nitrificante nos solos onde foram aplicados o guandú e a braquiária na entrelinha deve ser resultante do acúmulo do material orgânico da braquiária, por estar a mais tempo estabelecida no local. Alvarenga (1993) afirma que com o plantio de gramíneas perenes ocorre um aumento anual de material orgânico de raiz no solo.

A aplicação dos restos vegetais de crotalária proporcionaram diferenças significativas na atividade solubilizadora em relação ao solo onde foram aplicados guandú ou braquiária, mostrando a influência na solubilização do fósforo do solo pelos microrganismos (Tabela 9 e 10).

Contudo, foi observada atividade solubilizadora significativamente semelhante entre a linha e a entrelinha (Tabela 10).

No entanto, Abboud (1986) verificou maiores populações de fungos solubilizadores de fosfato em parcelas com guandú quando comparadas a outros cinco adubos verdes. Carneiro et al. (1994) afirmam que o guandú estimula a ocorrência de fungos e bactérias solubilizadores de fosfato.

Sylvester-Bradley et al. (1982) constataram maior presença de bactérias solubilizadoras em leguminosas do que em gramíneas. De acordo com Rosa et al. (1982), a população de microrganismos solubilizadores variou de 10^5 a 10^6 células g^{-1} de solo seco em leguminosas forrageiras. Sandoval et al. (1982) verificaram população de 10^3 a 10^6 , em gramíneas forrageiras. A população de microrganismos solubilizadores de fosfato e sua capacidade de solubilização estão intimamente relacionadas ao tipo e ao manejo do solo (Kucey, 1983; Nahas et al., 1994).

Nenhuma diferença significativa foi encontrada na urease entre os adubos verdes (Tabela 11). Palma et al. (1999) também não constataram diferenças significativas na atividade da urease em solo sob pastagem natural comparado com solo sob plantio direto de rotação milho-milho com alta adição de resíduos ao solo. No entanto, Barreto e Westerman (1989) evidenciaram aumento da atividade da urease em solo sob plantio direto de aveia em relação a solo sob plantio convencional durante 4 anos consecutivos, comprovando que o tempo de aplicação dos resíduos influi na atividade da urease, o que pode ter ocorrido no presente estudo.

Tabela 9. Atividade solubilizadora do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes.

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Atividade solubilizadora $\mu\text{g de P g}^{-1} \text{ s s}$
Guandú	Linha (Li)	1,93
	Entrelinha (E)	2,27
Crotalária	Linha (Li)	30,75
	Entrelinha (E)	19,34
Braquiária	Linha (Li)	6,60
	Entrelinha (E)	3,27
Teste F (A)		15,14**
Teste F (L)		1,51 NS
Teste F (A x L)		0,68 NS
dms (5%) (A)		0,4592
dms (5%) (L)		0,3696
cv parcela		13,61
cv subparcela		16,42

Obs:

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

ss = solo seco;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 10 Efeito da adubação verde na atividade solubilizadora do solo em pomar de laranja: teste de Tukey para tratamentos principais (A) e para tratamentos secundários (L).

Adubo verde (A)		Locais de coleta (L)	
Guandú	2,47 b	Entrelinha	2,72 a
Crotalária	3,37 a	Linha	2,93 a
Braquiária	2,64 b		

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

Para a atividade da desidrogenase, as menores atividades foram constatadas no solo adubado com restos de crotalária que diferiu do solo onde foram aplicados restos de guandú. Com a aplicação de restos vegetais, a atividade da desidrogenase aumentou significativamente em relação a linha (Tabela 12 e 13).

Benitez et al. (2000), constataram aumento na atividade da desidrogenase na rizosfera de pimenteira em função da incorporação de resíduos da extração de azeite de oliva em relação ao controle onde não foram incorporados os resíduos. Martens et al. (1991) obtiveram um aumento significativo da atividade da desidrogenase com a incorporação de resíduos de plantas de alfafa e cevada comparados com áreas sem adição dos mesmos.

Tabela 11. Atividade da urease do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Atividade da urease $\mu\text{g de NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ s s}$
Guandú	Linha (Li)	12,4
	Entrelinha (E)	18,9
Crotalária	Linha (Li)	9,3
	Entrelinha (E)	23,4
Braquiária	Linha (Li)	16,2
	Entrelinha (E)	10,1
Teste F (A)		0,37 NS
Teste F (L)		1,36 NS
Teste F (A x L)		2,50 NS
dms (5%) (A)		0,3480
dms (5%) (L)		0,2907
cv parcela		9,26
cv subparcela		11,58

Obs:

NS- $p > 0,05$

ss = solo seco;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 12. Atividade da desidrogenase do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes

Adubo verde (A)	Locais de coleta (L)	Atividade da desidrogenase $\mu\text{g de TFF g}^{-1} \text{ s s}$
Guandú	Linha (Li)	28,16
	Entrelinha (E)	40,25
Crotalária	Linha (Li)	16,23
	Entrelinha (E)	23,56
Braquiária	Linha (Li)	19,26
	Entrelinha (E)	26,47
Teste F (A)		6,55**
Teste F (L)		15,11**
Teste F (A x L)		0,11NS
dms (5%) (A)		0,3057
dms (5%) (L)		0,1306
cv parcela		7,26
cv subparcela		4,65

Obs:

** $p < 0,01$; NS- $p > 0,05$

ss = solo seco;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 13. Efeito da adubação verde na atividade da desidrogenase do solo em pomar de laranja: teste de Tukey para tratamento principal (A) e para tratamento secundário (L)

Adubo verde (A)		Locais de coleta (L)	
Guandú	3,76 a	Entrelinha	3,65 a
Crotalária	3,35 b	Linha	3,41 b
Braquiária	3,48 ab		

Médias seguidas de pelo menos uma letra em comum na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Houve correlação positiva entre a atividade da desidrogenase e urease ($P < 0,05$), desidrogenase e atividade nitrificante ($P < 0,01$), mostrando que o aumento da população das bactérias nitrificantes no solo na região de aplicação dos adubos verdes estimulou a atividade da desidrogenase, mas não a da urease.

Houve correlação negativa entre desidrogenase e atividade solubilizadora ($P < 0,01$), desidrogenase e fungos totais ($P < 0,05$) (Tabela 15).

A diferença na atividade enzimática entre uma espécie e outra pode ser relacionada à alta ou baixa produção de matéria seca por essas espécies, mostrando que a qualidade e quantidade do material orgânico possa influir na atividade enzimática do solo (Dick e Tabatabai, 1993).

Não houve diferenças significativas para o tratamento principal, secundário e interação em relação a carbono orgânico, capacidade de retenção de água, umidade e matéria orgânica do solo (Tabela 14). Valpassos et al. (2001) conseguiram em área de plantio direto maior teor de matéria orgânica do solo seguido da área de cerrado natural e ambas diferiram dos tratamentos de plantio convencional e pastagem.

Tabela 14. Carbono orgânico, matéria orgânica e umidade do solo de pomar de laranja com aplicação de adubos verdes

Tratamentos		Carbono orgânico mg de Carbono g ⁻¹ s s	Matéria orgânica %	Umidade %
Adubo (A)	Locais de coleta (L)			
Guandú	Linha (Li)	31,47	1,77	7,4
	Entrelinha (E)	24,50	1,80	8,1
Crotalária	Linha (Li)	25,05	1,52	6,3
	Entrelinha (E)	32,96	1,46	6,3
Braquiária	Linha (Li)	30,23	1,79	7,07
	Entrelinha (E)	22,62	1,83	7,4
Teste F (A)		0,09 ns	0,88 ns	2,43 ns
dms (5%) (A)		0,4674	0,0624	0,1059
Teste F (L)		0,9 ns	0,00 ns	1,82 ns
dms (5%) (L)		0,2935	0,0114	0,030
F (A x L)		0,88 ns	0,31ns	0,68 ns
cv parcela		10,98	2,13	3,13
cv subparcela		10,34	0,58	2,90

Obs:

ns-p >0,05

ss = solo seco;

E: faixa onde foram lançados os restos vegetais

L: faixa que se estende até 30 cm do tronco do citrus, onde não havia sido lançado o adubo verde

Tabela 15 - Correlação entre as variáveis das áreas de laranjal, floresta e pastagem.

	Matéria orgânica	Carbono orgânico	Urease	Atividade Nitrificante	Atividade Solubilizadora	Bactérias	Fungos	Desidrogenase
Umidade	0,640***	-0,212ns	-0,120ns	0,062ns	-0,141ns	0,0323ns	-0,224ns	0,054ns
Matéria Orgânica	-	-0,230ns	0,296ns	0,110ns	-0,226ns	-0,087ns	0,059ns	0,098ns
Carbono Orgânico		-	-0,226ns	-0,085ns	-0,156ns	0,052ns	0,007ns	-0,344ns
Urease			-	0,024ns	-0,075ns	0,106ns	-0,181ns	0,419*
Atividade Nitrificante				-	-0,291ns	0,146ns	-0,323ns	0,507**
Atividade solubilizadora					-	0,054ns	0,172ns	-0,483**
Bactérias						-	0,611***	0,276ns
Fungos							-	-0,445*

* P< 0,05; ** P<0,01; *** P<0,001; NS= não significativo; At.= atividade; N=30

Os cultivos em sistemas plantio direto com pousio e cultivo de mucuna preta e feijão guandú no inverno favoreceram ao aumento dos teores de carbono orgânico e humina nas camadas superficiais do solo (Amado et al., 2002). Chaves et al. (1997) verificaram que o amendoim-cavalo (*Arachishypogaea*), utilizado como adubo verde na lavoura do café melhorou a fertilidade do solo, por meio do aumento na CTC, soma de bases, C orgânico e P. Gomes e Silva (2001) constataram que a adubação verde proporcionou uma melhoria nas características químicas do solo, aumentando os teores

da matéria orgânica e do Ca trocável e o valor da CTC na camada de 0–10 cm de profundidade. E estas melhorias das características do solo promovidas pela adubação verde concentraram-se na camada de 0–15 cm de profundidade. No entanto, Cáceres (1994) não constatou alterações expressivas no teor de nutrientes e matéria orgânica do solo após a utilização de sete diferentes espécies de adubos verdes, inclusive crotalária e guandú durante o período de 5 meses. O curto período de aplicação dos resíduos (somente uma safra) neste estudo pode ter influenciado nos resultados apresentados em relação ao teor de matéria orgânica e carbono orgânico.

4. CONCLUSÕES

As variáveis microbiológicas avaliadas podem ser consideradas medidas sensíveis para determinar mudanças nos ecossistemas estudados e, além do mais, foi obtida indicação de que a conversão de floresta para pastagem foi prejudicial e que nenhuma diferença foi encontrada na conversão da floresta em laranjal. Este efeito deve ser atribuído à cobertura vegetal, à declividade de amostragem do laranjal e aos parâmetros químicos estudados. A aplicação de defensivos e fertilizantes no laranjal não afetou a ação dos microrganismos do solo, no entanto a falta de manejo na pastagem contribui para a degradação do solo original de floresta.

Enquanto a conversão da floresta em pasto acarretou diminuição nas variáveis estudadas, não se constataram, de modo geral, diferenças significativas na sua conversão em laranjal.

A adubação do laranjal pode ter contribuído para este resultado, estimulando o crescimento e a atividade microbiana. Pelo fato do solo de laranjal possuir maior capacidade de troca catiônica do que os demais, os nutrientes foram armazenados no solo devido as adubações realizadas. Os nutrientes que permaneceram na solução do solo não utilizados pelas plantas foram mobilizados pela ação das chuvas juntamente com a argila para o solo sob laranjal de baixada que apresentou, em geral, melhor qualidade microbiana e química do solo em relação ao solo sob laranjal do alto.

O maior conteúdo de fósforo no solo sob laranjal de baixada pode ter sua origem devido a maior acidez potencial deste solo que ajudou na solubilização do fósforo pelos microrganismos em relação aos demais.

A aplicação de adubos verdes em pomar de laranja contribuiu para aumento da população de bactérias totais, da atividade nitrificante e da desidrogenase, não influenciando os demais parâmetros.

O uso de adubos verdes de leguminosas aumentou as contagens de bactérias em relação a gramínea, porém não dos fungos.

A aplicação de guandú e braquiária proporcionou atividade nitrificante superior em relação ao controle, porém a atividade solubilizadora foi superior com o uso de crotalária e proporcionou efeito superior que o das demais plantas.

A aplicação de adubos verdes não influenciou a atividade da urease, somente a atividade da desidrogenase. O uso de restos vegetais de crotalária propiciou menor atividade da desidrogenase em relação as demais espécies.

A matéria orgânica, umidade e carbono orgânico do solo não foram influenciadas pela adubação verde durante o período analisado.

O uso da adubação verde durante anos consecutivos em pomar de citrus pode ser benéfica estimulando a ação dos microrganismos do solo, propiciando aumento nos teores de matéria orgânica, melhorando a qualidade e a conservação do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOUD, A.C.S. Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas. 1986. 298 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ABECITRUS, Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos, <http://www.abecitrus.com.br>, acessado em 17 novembro /2006.
- AITA, C.; BASSO, C.J.; CERETTA, C.A.; GONÇALVES, C.N.; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.157-165, 2001.
- ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; DE PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho- Escuro degradado. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, fev.2000.
- ALMEIDA, D.L. Contribuições da adubação orgânica para a fertilidade do solo. Itaguaí, Universidade Rural do Rio de Janeiro, 1991.192 p. (Tese de Doutorado).
- ALVARENGA, R.C. Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação dos solos . Viscosa: UFV, 1993. 112p. (Tese de doutorado).
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.241-248, 2002.

- AMADOR, J.A.; GLUCKSMAN, A.M.; LYONS, J.B.; GOMES, J.H. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest, *Soil Science*, v. 162, n. 11, 1997.
- AMBROSANO, E.J.; MURAOKA, T.; CERVEIRA, R. Adubação verde para a agricultura orgânica. Piracicaba: Degaspari, p. 17-76, 2000.
- ARF, O.; SILVA, L.S.; BUZETTI, S; ALVES, M.C.; SÁ., M.E.; RODRIGUES, R.A.F.; HERNANDEZ, F.B.T. Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.11, p.2029-2036, 1999.
- ARUNACHALAN, A.; MELKANIA, N.P. Influence of soil properties on microbial populations, activity and biomass in humid subtropical mountains ecosystem of India. *Biology and Fertility of Soils*, v.30, p.217-223, 1999.
- ASSIS JÚNIOR, S. L. DE; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. M.; COUTO, L.; MELIDO, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. *Revista Árvore*, v.27, nº.1, p.35-41,2003.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BANDICK, A. K.; DICK, R. P. Field management effects on soil enzyme activities., *Soil Biology and Biochemistry*, v. 31, p.1471-1479,1999.
- BARRETO, H.J.; WESTERMAN, R.L. Soil urease activity in winter wheat residue management systems. *Soil Sci.Soc. Am. J.* 53: 1455-1458, 1989.
- BARROTI e NAHAS População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. *Pesq. agropec. Bras.*, v.35, n.10, Brasília, 2000.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. e CERETTA, C.A. Effect of no till cropping systems on soil organic matter in sandy clay loam acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil Till. Res.*, v. 53, p.95-104, 2000.

- BENITEZ, E.; MELGAR, R.; SAINZ, H.; GOMEZ, M.; NOGALES, R. Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum*, L.) grown with olive cake mulches. *Soil Biology and biochemistry*, v.32, p.1829-1835, 2000.
- BORGES, A. L.; KIEHL, J. C.; SOUZA, L. S. Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um Latossolo Amarelo Álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.1019-1025, 1999.
- BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F. da; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E.L. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.361-366, 2002.
- BUNT, J. S.; ROVIRA, A. D. Microbiological studies of some subantartic soils. *Journal Soil Science*, v.6, p.119- 28, 1955.
- CACERES, N.T. Adubação verde com leguminosas em rotação com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Piracicaba : ESALQ, 1994. 45p. (Dissertação de Mestrado).
- CARNEIRO, R. G.; MENDES, I. C; LOVATO, P. E.; CARVALHO, A. M.; VIVALDI, L. J. Indicadores biológicos associados ao ciclo do fósforo em solos de Cerrado sob plantio direto e plantio convencional. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.39, n° 7, Brasília, julho 2004.
- CARPENTER-BOGGS, L.; STAHL, P. D.; LINDSTROM, M. J.; SCHUMACHER, T. E. Soil microbial properties under permanent grass, conventional tillage and no-till management in South Dakota. *Soil and Tillage Research*, v.71, p.15-23, 2003.
- CARTER, M.R. Microbial biomass and index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.7, n.1, p.29-40, 1986.
- CASIDA, JR.L.E., Microbial metabolic activity in soil as measured by dehydrogenase determinations. *Appl. Environ.Microbiol.* v.34, p.630-636, 1977.
- CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C.C. Modeling oil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. *Soil Science Society of America*, v. 67; p.1879-1887, 2003.
- CHAVES, J.C.D.; GORRETA, R.H.; DEMONER, C.A.; CASANOVA JUNIOR, G.; FANTIN, D. O amendoim cavalo (*Arachis hypogaea*) como alternativa para o cultivo intercalar em lavoura cafeeira. Londrina, IAPAR, 20p. (IAPAR. Boletim Técnico, 55), 1997.

- CONSTANTINIDES, M. e FOWNES, J.H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. *Soil Biol. Biochem.*, 26:49-55, 1994.
- CORREIA, M.E.F. e ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, p.197-225, 1999.
- COSTA, M.B.B. Adubação orgânica: nova síntese e novo caminho para a agricultura. São Paulo: Icone, 1989. 107p. (Coleção Brasil Agrícola)
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 26, p. 913-923, 2002.
- DEMATTE, J. L.; VITTI, G. C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para os citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS, 2., 1992, Bebedouro. Anais... Campinas: FUNDAÇÃO CARGILL, p. 69-99, 1992.
- DICK, R. P. A review: long-term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. *Agricultural Ecosystems Environmental*, v. 40, p. 25-36, 1992.
- DICK, W.A.; TABATABAI, M.A. Significance and potential uses of soil enzymes. In: Metting Junior, F. B. (ed.). *Soil microbial ecology applications in agricultural and environmental management*. New York: M.Dekker, p.95-127, 1993.
- DICK, R. P.; SANTOS, J.A.; EASH, N.S. Soil enzyme activities after 1500 years of terrace agricultural in the Colca Valley, *Agricu. Ecosystems Envirom*, v.50, p.123-131, 1994.
- DICK, R.P. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R. (eds.) *Biological Indicators of Soil Health*. CAB International, p.121-156., 1997.
- DORAN, J. W. ; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D. C.; Bezdicek, D. F. & Steward, B. A., eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, p.3-21, 1994. (Special Publication, 35).

- DRURY, et al, Relationships between denitrification, microbial biomass and indigenous soil properties. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 23, p.751-755.,1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Análises do Solo, 412p, Brasília, 1999.
- FALIH, A. M. K.; WAINWRIGHT, M. Microbial and enzyme activity in soils amended with a natural source of easily available carbon. *Biology and fertility of soils*, v. 21, p. 177-183, 1996.
- FAUCI, M.F., DICK, R.P., 1994. Soil microbial dynamics: short and long- term effects of inorganic and organic nitrogen. *Soil Science Society of America*, v.58, p. 801-806, 1982.
- FIALHO, J. F.; BORGES, A. C.; BARROS, N. F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p.21-28, 1991.
- GARCIA, M.R.L.; NAHAS, E. Biomassa e atividade microbiana do solo em pastagem com diferentes lotações de ovinos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2006 (em julgamento).
- GOMES, T.C.A. & SILVA, J.A.M. Cobertura morta com pseudocaule de bananeira em cultivo irrigado de videira: I. Efeitos sobre o solo. In: Encontro Internacional Sobre Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentavel, 2001, Botucatu. Anais. Botucatu, UNESP-FCA-DGTA/Instituto Giramundo Mutuando, CD-ROM Tipo: CD (CD-ROM 75), 2001.
- GUPTA, V. V. S. R. ; GERMIDA, J. J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*, v.20, p.777-786, 1988.
- HAI, R.; ZHI`AN, LI; SHUGUANG, J.; SHAOLIN, P.; ZUOYUE,Y.; ZHENG LENG, W.; Ecological models for rehabilitation of degraded hilly lands in Southern China, *Journal of Agricultural Sciences*, v.9, p.312-319, 2004.
- HAJABBASI, M. A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H. R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties, Lordegan, Iran. *Plant Soil*, v. 190: p. 301-307, 1997.

- HANDAYANTO, E.; CADISCH, G. & GILLER, K.E. Nitrogen release from prunings of legume hedgerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant Soil*, v.160, p.237-248, 1994.
- HASEGAWA, H. et al. Testing CERES model predictions of crop growth and N dynamics, in cropping system with leguminous green manures in a Mediterranean climate. *Field Crops Res*, v.67, p.239-255, 2000.
- HENDRIX, P.F.; PARMELEE, R.W.; CROSSLEY JUNIOR, D.A.; COLEMAN, D.C.; ODUM, E.P.; GROFFMAN, P.M. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems. *Bioscience*, v.36, p.374-380, 1986.
- JAMA, B.A. e NAIR, P.K.R. Decomposition and nitrogen-mineralization patterns of *Leucaena leucocephala* and *Cassia siamea* mulch under tropical semiarid conditions in Kenya. *Plant Soil*, v.179, p. 275-285, 1996.
- KANAZAWA, S.; ASAKAWA, S.; TAKAI, Y. Effect of fertilizer and manure application on microbial numbers, biomass and enzyme activities in volcanic ash soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 34, p. 429-439, 1988.
- KANDELER, E. TSCHERKO, D.SPIEGEL, H. Long-term monitoring of microbial biomass, N- mineralization and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. *Biology Fertil. Soils*, v.28, p. 343-351, 1999.
- KEENEY, D. R.; NELSON, D. W. Nitrogen-inorganic forms. In: Page, A. L; Miller, R.H.; Keeney, D.R.. (Eds.). *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*. 2nd ed. *American Society Agronomy*, Madison, p. 643-698, 1982.
- KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.57, n.5, p.1289-1295, 1993.
- KRAVE, A. S.; VAN STRAALLEN, N. M.; VAN VERSEVELD, H. W. Potential nitrification and factors influencing nitrification in pine forest and agricultural soils in Central Java, Indonesia. *Pedobiologia*, v. 46, p. 573-594, 2002.
- KUCEY, R.M.N. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v.63, p.671-678, 1983.

LADD, J.N.; AMATO, M.; ZHOU LI-KAI; SCHULTZ, J.E. Differential effects of rotation, plant residue and nitrogen fertilizer on microbial biomass and organic matter in an Australian Alfisol. *Soil Biol. Biochem.*, V.26, pp.821-831,1994.

LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A. & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 27, p.821-832, 2003.

LIANG, B.C.; MACKENZIE, A.F.; SCHNITZER, M.; MONREAL, C.M.; VORONEY, P.R.; BEYAERT, R.P. Management induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soils. *Biology and fertility of soils*, v.26, p.88-94,1998.

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).

MARRIEL, I. E.; OLIVEIRA, C.A.; UTIDA, M.,K., MONTEIRO, G.G.; ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. Bioindicadores de qualidade do solo de cerrado sob sistemas de manejo para produção orgânica. EMBRAPA- Milho e sorgo, Circular técnica 73, dezembro 2005.

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science*, v. 69, p. 215 232, 1950.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.425-433, 2003.

MATTOS JUNIOR, D; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JUNIOR, J. Citrus: principais informações e recomendações de cultivo. Boletim Técnico 200 (IAC) Versão eletrônica, março de 2005.

MARTENS, D.A., JOHANSON, J.B., FRANKENBERGER, W.T. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues, *Soil Science*, v. 153, n° 1,1991.

- MCDONAGH, J.F.; TOOMSAN, B.; LIMPINUNTANA, V. & GILLER, K.E. Grain legumes and green manures as pre-rice crops in Northeast Thailand. II. Residue decomposition. *Plant and Soil*, 177:127-136, 1995.
- MCGARITY, J. W.; MYERS, M. G. A survey of urease activity in soils of Northern new south wales. *Plant and Soil*. v.27,n.2, p. 217-238,1967.
- MERCKZ, R.; DIJKSTRA, A.; HARTOG, A. den; VEEN, J.A.van. Production of root-derived material and associated microbial growth in soil at different nutrients levels. *Biology and Fertility of Soils, West Germany*, v.5, p.126-132,1987.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BESAN, F.M.; LOVATO, T.; FERNÁNDEZ, F.F. & DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: Curi, N.; Marques, J.J.; Guilherme, L.R.G.; Lima, J.M.; Lopes, A.S. e Alvarez V., V.H., eds. Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.3. p.209-248., 2003.
- MILLER, H.J.; HENKEN, G.; VEEN, J.A. Variation and composition of bacterial populations in the rhizospheres of maize, wheat, and grass cultivars. *Canadian Journal of microbiology*, Ottawa, v.35, n.6, p.656-660,1989.
- MIYASAKA, S.; GALLO, J.R.; SILVA, J.G. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: Adubação verde no Brasil, Campinas: Fundação Cargill,. p.64-123,1984.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras-Ufla, 2002. 625p.
- MORRIS, S.J.; BOERNER, R.E.J. Interactive influences of silvicultural management and soil chemistry upon soil microbial abundance and nitrogen mineralization. *Forest Ecology and Management*, v.103, p.129-139, 1998.
- MURAOKA, T. et al. Eficiência de abonos verdes (*Crotalaria* y *Mucuna*) y urea, aplicados solos o juntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra Chapingo*, v.20, p.17-23, 2002.
- NAHAS, E.; CENTURION, J. F.; ASSIS, L. C. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.49-53, 1994.

- NIELSEN, M. N.; WINDING, A. Microorganisms as indicators of soil health. Denmark: *National Environmental Research Institute*, p. 47-49., 2002. (Technical Report, 388).
- NÜSSLEIN, K.; TIEDJE, J. M. Soil bacterial community shift correlated with change from forest to pasture vegetation in a tropical soil. *Applied and Environmental Microbiology*, v.65, p.3622–3626, 1999.
- PASCUAL, J. A.; GARCIA, C.; HERNANDEZ, T. E.; AYUSO, M., Changes in the microbial activity of an arid soil amended with urban organic wastes, *Biology and Fertility of Soils* v. 24, p. 429–434, 1997.
- PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.*, v.23, p.83-88, 1991.
- PALMA, R.M.; ARRIGO, N.M.; SAUBIDET, M.I.; CONTI, M.E. Chemical and biochemical properties as potential indicators of disturbances. *Biol. Fertil Soils*, v.32, p.381-384, 1999.
- PAUL, E.A.; CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. New York: Academic Press, 273p., 1989.
- PINTO, C.R.O.; NAHAS, E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.1751-1756, 2002.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLAI, O.C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Fundação Cargil, Campinas, 170p, 1987.
- RASMUSSEN, P.E.; ALBRECHT, S.L. e SMILEY, R.W. Soil C and N changes under tillage and cropping systems in semi-arid pacific northwest agriculture. *Soil Till. Res.*, 47:197-205, 1998.
- REINERS, W. A.; BOUWMAN, A. F.; PARSONS, W. F. J.; KELLER, M. Tropical rain forest conversion to pasture: changes in vegetation and soil properties. *Ecological Applications*, v. 4, p.363–377, 1994.

- REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. *Bioresource Technology*, v.94, p.159-167, 2004.
- RIFFALDI, R.; SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R. Conventional crop management effects on soil organic matter characteristics. *Agronomie*, v.23, p.45-50, 2003.
- ROGERS, B.F.; TATE, R.L. Temporal analysis of the soil microbial community along a toposequence in Pineland soils. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 33, p. 1389-1401, 2001.
- ROSA, F.V.; MACHADO, J.O.; SANDOVAL, C.R.; BARBOSA, J.C. Densidade de microrganismos solubilizadores de fosfato dicálcico em solo de rizosfera de algumas leguminosas forrageiras. *Científica*, Jaboticabal, v.10, n.2, p.209-216, 1982.
- RUSSELL, R.S.; IIGUE, K.; MEHTA, Y.R. The soil-root system in relation to brazilian agriculture. Londrina, IAPAR, 1981. 372p.
- SANCHES, A. C.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Impacto do cultivo de citrus em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.91-99, 1999.
- SANDOVAL, C.R.; MACHADO, J.O.; ROSA, F.V.; BARBOSA, J.C. Densidade de microorganismos solubilizadores de fosfato dicálcico em solo de rizosfera de quatro espécies de gramíneas forrageiras. *Científica*, Jaboticabal, v.10, n.1, p.25-33, 1982.
- SANTOS, A. R.; VALE, F. R.; SANTOS, J. A. G. Avaliação de parâmetros cinéticos da hidrólise da uréia em solos do sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.309-313, 1991.
- SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R.; RIFFALDI, R. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, forest and native grassland soils. *Plant and Soil*, v.233, n.2, 251-259, 2001.
- SCHIPPER, L. A.; SPARLING, G. P. Performance of soil condition indicators across taxonomic groups and land uses. *Soil Science Society of America Journal*, v.64, p.300-311, 2000.

- SICARDI, M.; GARCIA-PRÉCHAC, F.; FRIONI, L. Soil microbial indicators sensitive to land use conversion from pastures to convencional *Eucalyptus grandis* (Hiel ex Maiden) plantations in Uruguay. *Applied Soil Ecology*, v.27, ed.2, p.125-133, 2004.
- SILVA, J. A. A.; DONADIO, L. C.; CARLOS, J. A. D. Adubação verde em citros. Jaboticabal: Funep,. 37p, 1999.
- SIMS, J.R.; HABY, V. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. *Soil Science*, v.112, n.2, p.137-141, 1971.
- SINGH, J. P.; KUMAR, V.; DAHIYA, D. J. Urease activity in some benchnmark soils of Haryana and its relationship with various soil properties. *Journal of Indian Society of Soil Science*, v.39, p.281-285, 1991.
- SISTEMA SIDRA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICO. Produção de laranja no Brasil, SIDRA-IBGE, [http://www.sidra.ibge.gov.br/previsão de safra](http://www.sidra.ibge.gov.br/previsão%20de%20safra), acessado em 26 maio/2006.
- SMITH, G.S.; NEMEC, S.; GOULD, A.B.; SONODA, R.M. Effect of deep-tillage and soil amendments on growth of rough lemon citrus and root and soil microflora population densities. *Soil and Crop Science Society of Florida, Proceedings*, v.48, p.165-172, 1989.
- SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Australian Journal of Soil Research*, v.30, p.195-207, 1992.
- SPIERS, G.A.; MCGILL, W.B. Effects of phosphorus addition and energy supply on acid phophatase activity in soils. *Soil Biology Biochemistry*, 11:3-8, 1978.
- STAMPFORD, N. P; ALBUQUERQUE, M. H.; SANTOS, D. R. Aproveitamento do nitrogênio pelo sorgo em sucessão a leguminosas incorporadas em diferentes épocas de corte. *Revista brasileira de ciência do solo*, Campinas, v.18, n.2, p.221-227, 1994.
- SYLVESTER-BRADLEY, R.; ASAKAWA, N.; LA TORRACA, S.; MAGALHÃES, F.M.M.; OLIVEIRA, L.; PEREIRA, R.M. Levantamento quantitativo de microrganismos solubilizadores de fosfatos na rizosfera de gramíneas e leguminosas forrageiras na Amazônia. *Acta Amazônica*, Manaus, v.12, n.1, p.15-22, 1982.
- TABATABAI, M.A; BREMMER, J.M. Assay of urease activity in Soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 4, p. 479-487, 1972.

VALPASSOS, M.A.R.; CAVALCANTE, E.G.S.; CASSIOLATO, A.M.R. e ALVES, M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesq. Agropec. bras.* v. 36, n° 12, Brasília, dezembro 2001.

VIEIRA, F. C. S.; NAHAS, E. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures. *Microbiological Research.*, v.160, p. 197-202, 2005.

VON OSTERROHT, M. O que é uma adubação verde: princípios e ações. *Agroecologia Hoje*, Botucatu, n.14, p.9 -11, maio/jun 2002.

XAVIER, F.A.S.; MAIA, S.M.F.; OLIVEIRA, T.S. e MENDONÇA, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v. 30, n° 2 Viçosa, Mar./Apr, 2006.

WALDROP, M. P.; BALSER, T. C.; FIRESTONE, M. K. Linking microbial community composition to function in a tropical soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.32, p.1837-1846, 2000.

WARDLE, D.A., A comparative assessment of factors which influence microbial carbon and nitrogen levels in soil. *Biology Rev.*, v. 67, p.321-358., 1992.

WATANABE, F.S., E. OLSEN, S. R. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soils. *Soil Sci. Soc. Am.* v. 29, p.677-678., 1965.

WOLLUM, A.G. Cultural methods for soil microorganisms. In: Page, A.L.; Miller, R.H.; Keeney, D.R. (Ed.). Methods of soil analysis. Madison : *Soil Science Society of America*, p.781-802., 1982.