



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO DE TABULEIROS COSTEIROS DA
BAHIA NA CULTURA DA LARANJA 'PÊRA'**

ANA MARIA DE AMORIM ARAÚJO

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
JULHO – 2003

**ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO DE TABULEIROS COSTEIROS DA
BAHIA NA CULTURA DA LARANJA 'PÊRA'**

ANA MARIA DE AMORIM ARAÚJO

Engenheira Agrônoma

Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia, 2000.

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias – área de concentração em Fitotecnia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Cristina Fermino Soares

Co-orientador: Dr^º. José Eduardo Borges de Carvalho

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2003**

FICHA CATALOGRÁFICA

A663 Araújo, Ana Maria de Amorim

Atividade microbiana em solo de Tabuleiros Costeiros da Bahia na cultura da laranja `pêra`.

69f.: il.; . tab.

Dissertação (Mestrado) – Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, 2002.

1. Citros – Manejo. 2. Biomassa microbiana. 3. Citros – manejo de solo. I. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia. II. Título.

CDD: 20. ed. 634.304

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Ana Cristina Fermino Soares
Escola de Agronomia – UFBA
(Orientadora)

Dr. José Eduardo Borges de Carvalho
EMBRAPA - Mandioca e Fruticultura

Prof^ª. Dr^ª. Deise Machado Ferreira de Oliveira
Escola de Agronomia – UFBA

Homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em

.....

Conferindo o grau de Mestre em Ciências Agrárias em

.....

OFEREÇO

A Deus. “ A Ele cabe todo louvor e glória, e, a nós, humildemente agradecer”.

Ao meu querido irmão amigo eterno, José Carlos de Amorim Araújo (In Memoriam) pela confiança e exemplo demonstrado em todos os momentos.

DEDICO

Aos meus pais Espedito de Amorim Araújo e Augusta de Jesus Araújo, os meus dois grandes amores, por mim ensinarem a ter força e coragem na vida.

Aos meus queridos irmãos José Carlos, Gerlúcio, João Augusto e Janildo por sempre torcerem por mim.

À minha querida madrinha Sebastiana M^a Dantas (In memoriam) pelo carinho, bons exemplos de coragem e confiança em mim depositada.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao Dr. José Eduardo Borges de Carvalho e família, pela oportunidade de trabalhar sob a sua orientação, incentivo constante, profissionalismo e sugestões oferecidas, não medindo esforços até os mais cruciais para concretização da pesquisa durante o curso de graduação.

À professora Dr^a Ana Cristina Fermino Soares, minha orientadora, pela amizade, humildade, positividade, perseverança e valiosas sugestões, bem como por sua disposição em esclarecer as dúvidas sobre tudo pela confiança em mim depositada durante o curso de mestrado.

Ao amigo Co-Orientador Dr. José Eduardo Borges de Carvalho, pela dedicação esclarecimentos, apoio, orientação e confiança em mim depositada, não medindo esforços para a concretização desta pesquisa e que sempre se fez presente e atuante durante o curso de mestrado.

A Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia pelos ensinamentos .

Ao amigo Dr. Roberto Toyohiro Shibata, proprietário da Fazenda Lagoa do Coco em Rio Real, BA, por ter cedido a área para realização do experimento, por seu espírito de parceria, dedicação e sempre disposto a nos atender. E a seus pais Rokuro Shibata e Kiyo Watanabe Shibatta (Sr^a Luiza), pelo convívio e atenção a mim dispensada.

Ao Dr. Paulo Henrique Graziotti, pelo auxílio nas análises, ajustes na metodologia, apoio, incentivo e confiança ao longo deste trabalho.

Aos professores do Curso em Ciências Agrárias, pelos ensinamentos.

À Coordenação do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Bahia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

A **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, pela concessão da infra-estrutura e apoio técnico-científico durante a realização dos trabalhos.

Aos pesquisadores da **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, pelo apoio, dedicação e amizade.

Aos técnicos agrícolas da **Embrapa mandioca e Fruticultura**, pelo apoio.

À Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola - EBDA.

Ao Laboratório de Química do Solo da **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, sob direção da Dr^a Antônia Fonseca de Jesus Magalhães, pelo apoio na realização das análises de solo.

Ao pesquisador da **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Dr. Carlos Alberto da Silva Ledo, pela realização da análise estatística.

Ao pesquisador da **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Dr. Jefferson, que colaborou de forma preciosa no esclarecimento de dúvidas que surgiram.

À professora Dr^a Deise Machado, pelo incentivo, confiança e amizade.

Ao amigo Tuffi Cerqueira Habibe, Fitopatologista, que não poupou esforços para ajudar na realização deste trabalho, além de suas contribuições, sugestões e por sua sincera e verdadeira amizade.

À amiga irmã Wilza da Silveira Pinto, pelas palavras de encorajamento, confiança, amizade e disposição de trabalho.

Às bibliotecárias Georgina e Sônia da **Embrapa Mandioca e Fruticultura** e Isaelce da Escola de Agronomia da UFBA, pelo apoio na revisão bibliográfica.

Aos amigos: Antônio Victor Navio, Maria Navio, Lídia, Juliana, Isabela e Paulinha Navio, pelo carinho, compreensão e ótimo relacionamento.

Aos companheiros e amigos Josoaldo Cardoso, Sueli, Sinézio, Patrícia Mascarenhas, Luci Lopes, Nildes, Sessinha, Marines, Bruninha e Vânia, pela amizade e apoio.

Aos colegas de Pós-graduação: Joana Angélica, Wilza, Sandrinha, Lícia, Isabel, Tuffi, Ada, Florisvaldo, Iraídes, Ívson, Maxuel, Eloísa, Rejane, Aurélio, Marcos e Davi, pelo bom convívio.

À Secretária do Mestrado em Ciências Agrárias da UFBA, Sidiney Ferreira Sardinha pela amizade e competência.

Ao acadêmico em Agronomia Marlon Garrido pelo apoio dispensados nas análises.

Aos laboratoristas da **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Luís, João Vieira, Maria, Marise, Orlando, Das Neves, Sr. Benedito, Roque, Perinto, Rogério, Maurício e Vera (AGRUFBA), pela colaboração na realização das análises.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
CARBONO E RESPIRAÇÃO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS, EM PLANTIO DE LARANJA 'PÊRA' NOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA	13
Capítulo 2	
HÍDROLISE DE DIACETATO DE FLUORESCEÍNA COMO INDICADOR DA ATIVIDADE MICROBIANA EM PLANTIO DE LARANJA 'PÊRA' NO SOLO DOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA.....	36
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
ANEXO	

LISTA DE ANEXOS

Anexo		página
A	Análise de variância para as variáveis C-BIOM, RESP e qCO ₂ do experimento - Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real-BA, 2002.....	52
B	Esquema de análise de variância para a atividade enzimática (FDA) do delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida no tempo com fatorial mais tratamento adicional na parcela.....	52
C	Respiração microbiana do solo em função de diferentes manejos da cobertura vegetal, nas linhas e entrelinhas do plantio de citros na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA.....	53
D	Valores médios para a respiração microbiana do solo em função do local de amostragem (linhas e entrelinhas) do plantio de citros, em três épocas estudadas, em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA, 2002.....	53
E	Figuras referentes à área do experimento - Fazenda Lagoa do Coco-Rio Real-BA, 2002.....	54

ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLO DE TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA NA CULTURA DA LARANJA 'PÊRA'

Autor: Ana Maria de Amorim Araújo

Orientadora: Prof^a. Dr^a Ana Cristina Fermino Soares

RESUMO: Os plantios de citros da Bahia e Sergipe concentram-se na faixa litorânea do Nordeste brasileiro, em solos de Tabuleiros Costeiros, nos quais predominam Latossolos Amarelos distróficos, coesos. Esses solos apresentam como fatores limitantes à produtividade agrícola, a baixa disponibilidade de nutrientes (baixos teores de matéria orgânica associados aos baixos valores para a soma de bases, CTC, V e baixos teores de fósforo), baixa capacidade de retenção de água e impedimento físico ao crescimento radicular. A biodiversidade da microbiota do solo tem relação direta com a dinâmica da matéria orgânica. Práticas de manejo exercem grande influência sobre a biomassa e a atividade da população microbiana do solo, que respondem de maneira muito mais rápida a essas alterações do que os parâmetros edáficos como o teor de matéria orgânica, que pode levar anos para apresentar mudanças significativas. Dessa forma, a biomassa microbiana constitui-se num índice para avaliar as alterações nas propriedades biológicas do solo, servindo como um dos parâmetros para se estudar a sustentabilidade do sistema de produção agrícola. Neste trabalho foi avaliado o impacto de diferentes manejos do solo e coberturas vegetais, na atividade microbiana do solo em plantio de laranja 'Pêra' nos Tabuleiros Costeiros da Bahia. Os resultados obtidos indicam que os diferentes manejos do solo não influenciaram o carbono da biomassa microbiana do solo (C-BMS), independentemente da época e local de amostragem. Os maiores valores de respiração microbiana e para o quociente metabólico foram obtidos na época seca e de elevada temperatura, nas entrelinhas do plantio de citros. Considerou-se curto o período de dois anos de aplicação desses manejos de solo e coberturas vegetais para que se obtenha resultados significativos das características químicas do solo e das variáveis C-biomassa microbiana do solo e respiração microbiana do solo em comparação ao manejo convencional. Em relação à hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), como medição da atividade microbiana total do solo, os resultados encontrados indicam que a

atividade enzimática é influenciada pela variação estacional, sendo que a maior atividade enzimática foi observada no mês de abril.

Palavras-Chave: Adubos verdes, citros, biomassa microbiana, respiração microbiana, quociente metabólico.

MICROBIAL ACTIVITY IN TABLE LAND SOIL OF BAHIA IN A SWEET ORANGE cv 'PERA' ORCHARD

Author: Ana Maria de Amorim Araújo

Advisor: Prof^ª. Dr^ª Ana Cristina Fermino Soares

ABSTRACT: The citrus orchards are concentrated in the Littoral area of the Northeastern region of Brazil, with the predominance of Table Land yellow dystrophic cohesive Latosols. These soils present several limiting factors for crop productivity, such as, low nutrient levels, (low levels of organic matter, associated to low levels of the total bases, CTC, and low phosphorous levels), low water retention capacity and physical impediment to root growth. The soil microbial diversity has a direct relationship with the organic matter dynamics. The soil management practices have a significant affect in the soil microbial biomass and activity, which tend to respond more rapidly to soil disturbances due to agricultural practices than other soil characteristics such as levels of organic matter, which can take several years to show significant alterations. Therefore, the microbial biomass, as an indicator to evaluate the alterations in the soil biological properties, becomes an important component in studying the sustainability of an agricultural system. This study had the objective of evaluating the impact of different soil management practices with green manure ground cover in the microbial activity of the cohesive Table Land soil of the State of Bahia. The results showed that the different management systems had no effect on the soil microbial carbon (C-BMS), independently of the sampling period and site (planting rows and between planting rows). The highest values of soil microbial respiration and the highest metabolic quotient were obtained in the dry and high temperature season, for the soil between the citrus planting rows. For the soil chemical characteristics, the

microbial biomass carbon and soil respiration, the two year period of soil management and ground cover is a very short period to evaluate the impact of these systems in relation to the conventional local farmers system. For the fluorescein diacetate hydrolyses (FDA), as a measure of total microbial activity in the soil, the results obtained indicate that the enzyme activity is affected by the climatic seasonal variations, being the highest enzyme activity in the month of April.

Palavras-Chave: Green manure, citrus, microbial biomass, microbial respiration, metabolic quotient.

1. INTRODUÇÃO

A Bahia ocupa o terceiro lugar como produtor de citros do Brasil, com uma área plantada em torno de 50 mil hectares (IBGE, 2001), situados na faixa litorânea do Nordeste brasileiro, ocupando uma área de 12.205 Km². Aproximadamente 70% de toda laranja cultivada no Estado encontra-se estabelecida em solos de Tabuleiros Costeiros, nos quais predominam Latossolos Amarelos distróficos, álicos, coesos, com textura média. Esses solos apresentam como fatores limitantes à produtividade agrícola, a baixa disponibilidade de nutrientes (baixos teores de matéria orgânica associados aos baixos valores para a soma de bases, CTC, V e baixos teores de fósforo), elevada acidez, alta saturação por alumínio, impedimento físico ao crescimento radicular que ocorre nos horizontes AB e BA, atingindo em média de 15-20 até 70-80 cm de profundidade, má drenagem e aeração (Rezende, 2000). Fruteiras como laranja 'Pêra' e limão 'Tahiti' quando cultivadas nestes solos, apresentam baixo vigor vegetativo, reduzida longevidade e baixas produções, comparativamente aos mesmos cultivos em outras regiões (Carvalho et al., 2002a). Estas são culturas de elevada importância econômica para o pequeno e médio produtor e, apesar destas limitações à produtividade agrícola, estas áreas são responsáveis pela expansão da fruticultura no estado da Bahia.

Do ponto de vista da produção, as razões do baixo rendimento da cultura estão relacionadas com o manejo inadequado desses solos, ocorrendo deficiência hídrica no solo, em média cinco meses durante o ano, não atendendo assim, as exigências da cultura para explorar o seu potencial genético, exigindo um regime de chuvas anuais de 1900 a 2300 mm com um mínimo de 1300 mm bem distribuídos, situação não observada nesse ambiente. Apesar dos índices pluviais

serem aparentemente satisfatórios, as chuvas na região, são concentradas de março a agosto, e esparsas de dezembro a março. Cintra et al. (1983), demonstraram que, devido à alta percentagem de areia dos solos e do déficit hídrico que ocorre na região citrícola da Bahia, torna-se indispensável para a obtenção de produtividades adequadas, a adoção de práticas culturais que permitam aumentar os teores de matéria orgânica e capacidade de retenção de água desses solos. Para Rezende (2000), o uso intensivo deste ecossistema tem contribuído para a sua destruição e, conseqüentemente, ameaçado de degradação.

Muzilli (1998), defende que a estratégia para combater as causas da degradação em área de agricultura intensiva, deve visar um aumento da cobertura vegetal, melhoria da infiltração da água, controle do escoamento superficial, diminuição do efeito de camadas compactadas por processos mecânicos e biológicos. Segundo Andrade et al. (1996), um dos principais fatores responsáveis pelo processo de degradação dos solos tropicais, é a perda de matéria orgânica e de camadas superficiais, causada pelos agentes erosivos.

Carvalho et al. (2001, 2002a e 2002b), obtiveram aumentos significativos no desenvolvimento em profundidade no perfil do solo do sistema radicular, melhoria na estrutura do solo e produtividade dos citros, com manejo de cobertura vegetais e subsolagem no preparo do solo para plantio e controle integrado de plantas daninhas nessa cultura. Destaca-se que o manejo atual com predominância do solo descoberto e práticas inadequadas de cultivo aceleram o aparecimento da deficiência hídrica, aspectos determinantes de baixas produtividades. O rompimento por subsolagem dos horizontes e ou camadas compactadas e ou densas, resulta nos seguintes benefícios imediatos: aumento da macroporosidade e, portanto, da aeração do solo (Nacif, 1994); diminuição da resistência do solo à penetração; aumento da drenagem interna, da taxa de infiltração e da infiltração acumulada (Santos 1992); diminuição do encharcamento do solo e do deflúvio superficial em áreas planas ou com declive; aumento do crescimento e desenvolvimento das plantas e da atividade microbiana do solo. Carvalho et al. (1996;1998) e Carvalho (2000) obtiveram resultados semelhantes quanto à porosidade total e macroporosidade.

A ceifa permanente das plantas daninhas, bem como o uso de um herbicida pós-emergente nas linhas dos citros e a manutenção da vegetação

nativa nas ruas permitiu a manutenção das características físicas do solo, redução da densidade dos primeiros 0,07 m de profundidade e melhoria na estrutura, devido ao incremento do teor de matéria orgânica (Cintra & Coelho, 1983; Victória Filho, 1983). O controle de plantas daninhas sem o uso de grade e com a associação de leguminosas nas entrelinhas foi a melhor opção para redução da compactação e aumento da infiltração de água nos Latossolos arenosos (Demattê & Vitti, 1992). Carvalho et al. (1998) demonstraram ser fundamental para a cultura dos citros, nas condições tropicais e subtropicais, a manutenção da cobertura do solo, seja pela vegetação nativa, coberturas vegetais implantadas (leguminosas e gramíneas) ou pela própria vegetação espontânea dessecada por herbicida para formação de cobertura morta, em área total. O manejo de coberturas vegetais com leguminosas contribuiu para uma melhor atividade micorrízica em citros nesses solos (Carvalho et al., 1995). Moreira & Siqueira (2002), ressaltam que o efeito de fungos associados às raízes (micorrizas) na agregação do solo tem recebido maior atenção, considerando-se a importância dessa simbiose na agricultura e na restauração ambiental.

Para Urquiaga & De-Polli (1994), a capacidade produtiva de um solo não depende unicamente da fertilidade, mas também da interação de uma série de fatores incluindo o clima, a própria planta e a microbiota associada às plantas. Pouco tem sido feito em pomares de citros em formação, que atrele as vantagens já demonstradas das coberturas vegetais para a superfície do solo e a subsolagem, para a melhoria da produtividade dos citros, maior longevidade, e melhor sustentabilidade do produtor, com o aumento e manutenção da produtividade dos solos dos tabuleiros costeiros da Bahia.

Oliveira (1995), destaca que em geral as modificações do ecossistema, ocasionadas principalmente pelo homem, resultam em mudanças nos comportamentos dos microrganismos do solo. A associação entre o desenvolvimento vegetal e a atividade microbiana pode ser um fator importante na recuperação de solos degradados, pois mesmo profundamente alterados, eles podem manter uma comunidade (Martins et al., 1996).

Para se estabelecer o manejo adequado, visando a sustentabilidade deste agroecossistema, torna-se necessário integrar os impactos destas práticas agrícolas nos parâmetros físicos, químicos e biológicos. A biodiversidade da microbiota do solo, tem relação direta com a dinâmica da matéria orgânica. A

entrada de energia no solo se dá através da matéria orgânica, representada por resíduos vegetais e animais, que processados pela biota do solo, liberam gás carbônico e disponibilizam nutrientes para as plantas. Esta ciclagem é essencial para a produtividade dos agroecossistemas, sendo a biodiversidade do solo, indispensável para a sua sustentabilidade. Os microrganismos têm um papel importante na formação da estrutura do solo, através da formação de humus e agregados, principalmente pelos fungos filamentosos e actinomicetos. Estes agregados são estabilizados pela produção de gomas pelas bactérias (Gupta & Germida, 1988).

A atividade enzimática do solo exerce um papel importante na funcionalidade do ecossistema, pois é fundamental para catalisar inúmeras reações necessárias para manutenção da atividade microbiana, decomposição de resíduos orgânicos, ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica do solo (Dick et al., 1996). A participação nos processos biológicos e bioquímicos fundamentais para manutenção da sustentabilidade e funcionalidade do ecossistema, tem levado a atividade enzimática a ser considerada atualmente como um indicador da qualidade do solo (Dick, 1994).

Sistemas de manejo de solo e dos restos culturais, que provoquem menores alterações e permitam a manutenção ou incremento dos teores de matéria orgânica do solo, podem melhorar as propriedades, físicas, químicas e biológicas do mesmo e ainda favorecer a população microbiana (Hungria et al., 1995).

Para Moreira & Siqueira (2002), evidências da contribuição da matéria orgânica do solo e dos microrganismos, especialmente dos filamentosos, são encontradas no fato de que, tanto a formação quanto à estabilidade dos agregados, mostram correlações altas e positivas com o teor de matéria orgânica do solo e o comprimento de hifas e raízes. Esta relação resulta dos efeitos do maior suprimento de carbono para a microbiota do solo, e não dos efeitos diretos da matéria orgânica como demonstrado nos trabalhos desenvolvidos no início do século.

A disponibilidade de água no solo afeta a diversidade de espécies, a sobrevivência, o movimento e a atividade dos microrganismos e, em geral os fungos podem tolerar potenciais osmóticos mais baixos do que as bactérias (Lynch, 1986).

Quanto à capacidade de inibir o desenvolvimento de plantas infestantes, os resultados obtidos por Fernandes et al. (1998), em solos de Tabuleiros Costeiros, mostraram que as leguminosas mais eficientes foram as de folhas largas e de crescimento rápido, como a mucuna-preta e o feijão-de-porco. Estas espécies foram as únicas a eliminarem quase totalmente as plantas daninhas presentes na área experimental.

As plantas companheiras apresentam, em geral, teores de fósforo, potássio e magnésio similares ou maiores que leguminosas como adubação verde, evidenciando o potencial para ciclagem desses nutrientes (Favero & Jucksch, 2000; Silva et al., 2002). Os trabalhos de Silva et al., (2002) com adubação verde manejada nas entrelinhas da cultura dos citros, mostraram que as leguminosas são bastante eficientes na fixação biológica de N e na reciclagem de nutrientes, incorporando-os nas camadas mais superficiais do solo, onde predominam as raízes da cultura.

De acordo com Sanches (2000), para se ter uma agricultura sustentável, ela deve se desenvolver junto às plantas companheiras selecionadas. Essas plantas vistas como daninhas, têm uma importância econômica elevada, dentro do agronegócio mundial, representando mais de 50% de todo o consumo de defensivos. Para o produtor tirar proveito das plantas companheiras e permanecer por mais tempo na atividade, terá que assimilar e adotar esse novo modelo de convivência com a cultura dos citros e esquecer o conceito que toda e qualquer invasora é altamente danosa às culturas, e como tal deve ser eliminada.

Haridasan (1998), analisando a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas de cerrados, como da mata de galeria, observou a importância da camada da serrapilheira em decomposição, que fornece mecanismo importante para uma ciclagem fechada de nutrientes essenciais e que, a retirada da vegetação nativa e da serrapilheira resulta numa depredação total dos ecossistemas nativos quanto à reserva de nutrientes essenciais para sua manutenção. A cobertura vegetal nativa do solo cria um habitat adequado aos microrganismos específicos do ecossistema, tanto pela ciclagem do material vegetal, como pela contribuição dos exsudatos radiculares (Siqueira et al., 1994). Segundo estes autores, o solo em seu estado natural encontra-se coberto pela vegetação, que o protege da erosão e contribui para manter o equilíbrio entre os fatores de sua formação e aqueles que provocam a sua degradação e, o rompimento dessa relação provoca

alterações físicas, químicas e biológicas, as quais se não forem adequadamente monitoradas e controladas, levam a queda de produtividade e à degradação do ecossistema. Hungria et al. (1995), afirma que com a retirada da vegetação nativa de um solo, ocorrem alterações microbiológicas nesse solo, ainda que o mesmo não permaneça descoberto.

Para Cattelan & Vidor (1990), a substituição da cobertura vegetal nativa por leguminosa e gramíneas reduziu em 28% e 48% a biomassa microbiana, respectivamente. E, quando esse mesmo solo foi mantido descoberto houve um decréscimo de 65% da mesma. Áreas agrícolas contém em torno de 200 a 1000 μg de biomassa C.g^{-1} de solo, o que equivale a 100 a 600 Kg de nitrogênio e 50 a 300 Kg de fósforo por hectare na camada de 0 a 30 cm de solo. Essas quantias às vezes excedem a suplementação anual de nutrientes aplicados na forma de fertilizantes e sua disponibilidade depende da dinâmica dos microrganismos (Feigl et al., 1998).

Cerri et al. (1985), quantificou a biomassa microbiana de um Latossolo Amarelo distrófico, textura argilosa, em condições de mata natural (floresta amazônica), mata recém-queimada e capoeira de três anos. Observou-se que na mata natural a biomassa microbiana está restrita aos 15 cm superficiais do solo equivalendo a 26 mg C/m^2 , ou seja, 1,3% do carbono total desta camada. Já o desmatamento e a queima da vegetação são acompanhados de uma queda de 2/3 da biomassa microbiana inicial que desaparece totalmente dos 10 cm superficiais. No solo cultivado por dois anos e depois deixado três anos em pousio, observou-se uma recuperação da biomassa desde a superfície até 30 cm de profundidade. Quantitativamente, a biomassa microbiana total volta a ser a mesma do solo sob mata natural, porém sua distribuição no perfil é diferente, por se encontrar o máximo de concentração na superfície do solo.

Estudando-se dois sistemas de cultivo e plantio direto sob irrigação, Valarini et al. (1996), observaram que devido à ocorrência de camadas compactadas nas profundidades de 10 a 30 cm, a maioria das áreas de plantio convencional, apresentou condições propícias a alta incidência de doenças e redução da população microbiana do solo. Esses autores concluíram que a existência de desequilíbrio biológico gerado pela agricultura convencional, leva à redução da produtividade e aumento dos custos de produção por unidade de área.

Hungria et al. (1995), constataram que o plantio direto e a presença de leguminosas em sistema de sucessão, rotação ou consórcio de culturas beneficiam a biomassa microbiana total e alguns grupos de microrganismos avaliados, como os celulolíticos, amonificadores, bactérias nitrificadoras, bactérias diazotróficas simbióticas e associativas, solubilizadores de fosfato e fungos micorrízicos arbusculares. Estudos sobre as influências das condições ambientais e das práticas agrícolas no equilíbrio das populações na comunidade bacteriana em dois solos representativos dos Cerrados com vegetação nativa (ecossistema natural) e cultivado com soja (agroecossistema), permitiram concluir que as densidades das populações bacterianas em geral, das resistentes à estreptomicina e ao clorofenicol e os actinomicetos foram influenciados pelas condições ambientais das regiões e que o preparo e cultivo da soja resultou em modificações no equilíbrio dinâmico das populações da comunidade bacteriana (Pereira, 1995).

O cultivo em solos tropicais apresenta maior ameaça ambiental, pois estes são facilmente degradados e esforços devem ser concentrados no sentido de alcançar maior sustentabilidade dos sistemas agrícolas (Siqueira et al., 1994). Dessa forma, a adoção de medidas menos impactantes como um manejo adequado do solo, melhorando as suas características físicas, químicas e biológicas, de certo proporcionarão um aumento de produtividade, redução de custos e, conseqüentemente, uma maior rentabilidade.

O estudo das causas da degradação do solo e medidas eficientes de controle, têm sido alvo de diversos projetos, tanto agrícolas quanto de recuperação e preservação ambiental. Os microrganismos do solo são responsáveis pela estabilidade e equilíbrio do substrato necessário à manutenção da cobertura vegetal. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a atividade microbiana do solo sob diferentes manejos, nos solos de Tabuleiros Costeiros da Bahia cultivados com laranja 'Pêra'.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. G.; COSTA, G. S.; FARIA, S. M. Características físicas e químicas e biomassa microbiana de um planossolo reflorestado com leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...**:solo suelo 96. Campinas: SLCS/SBCS, 1996. 1CD.

CARVALHO, J. E. B. de, et al. Efeito de práticas culturais sobre o estabelecimento e permanência de fungos micorrízicos arbusculares (MAs), na laranjeira 'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 17, n. 3, p. 33-46, dez., 1995.

CARVALHO, J.E.B. et al. Manejo do solo no controle de plantas daninhas em citros. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, 1996, Águas de Lindóia, SP. Resumos extendidos. Águas de Lindóia, SP: Sociedade Latinoamericana de Ciência do Solo, 1996. 1 CD.

CARVALHO, J. E. B. de; et al. Manejo do solo no controle integrado de plantas daninhas em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 20, n. 1, p. 22-27, abr., 1998.

CARVALHO, J.E.B. de. Manejo do solo em pomares. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – PRODUÇÃO INTEGRADA, 6., 2000, Bebedouro, SP. **Anais...** Bebedouro, SP: Fundação Cargill, 2000. p.107-146.

CARVALHO, J. E. B. de, et al. Manejo de cobertura do solo e o desenvolvimento do sistema radicular da combinação laranja 'Pêra'/limão 'Cravo' na Bahia e em Sergipe. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 259-269, 2001.

CARVALHO, J. E. B. de, et al. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja 'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 24, n. 1, p. 82-85, abr., 2002a.

CARVALHO, J. E. B. de, et al. Épocas de interferência de plantas infestantes em pomar cítrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002, Gramado, RS. Resumos... Gramado, RS: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 2002 b.

CATTELAN A.J.;VIDOR, C. Flutuações na biomassa, atividade e população microbiana do solo, em função de variações ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.133-142, 1990.

CERRI, C.C; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.1-4,1985.

CINTRA, F.L.D.; COELHO, Y. DA S. Caracterização física do solo submetido a práticas de manejo em pomar de laranja 'Bahianinha'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p.173-179, 1983.

DEMATTÊ, J. L. I.; VITTI, G.C. Alguns aspectos relacionados ao manejo de solos para os citros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS-FISIOLOGIA, 2., 1992, Bebedouro, SP. **Anais...** Campinas, SP: Fundação Cargill, 1992. p.67-99.

DICK, R.P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: DORAN et al. (ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of América, 1994. p.107-124.

DICK, R.P.; BREAKELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN et al. (ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.247-272.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I. Daninhas ou companheiras? **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.25, n.2, p. 26-27, 2000.

FERNANDES, M.F.; BARRETO, A.C.; EMÍDIO FILHO, J. **Densidade de sementeira a lanço de sete leguminosas utilizadas como adubo verde em solos de tabuleiros costeiros**. Aracaju, SE: EMBRAPA-CPATC, 1998. 8p. (EMBRAPA-CPATC. Comunicado técnico, 18)

FEILGL, B.J.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1998. p.423-441.

GUPTA, V.V.S.R.; GERMIDA, J. J. Distribution of microbial mass and its activity in soil organic carbon. **Communication in Soil Science Plant Analysis**, v.29, p. 777 – 786, 1988.

HARIDASAN, M. Recuperação e manejo de áreas de Cerrado. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREA DEGRADADA NO CONTEXTO DA EMBRAPA E DO SNPA, 1997, Campinas. **Memória...** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA. 1998. p.37-41.

HUNGRIA, et al. Ecologia microbiana em solos sob cultivos na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3.; REUNIÃO DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE ESTIRPES DE RHIZOBIUM E BRADYRHIZOBIUM, 6., 1994, Londrina. **Anais... Microbiologia do solo: desafios para o século XXI**- Londrina: IAPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1995. p.234-270.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: < [http: www. sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) > . Acesso em: 06 mar. 2003.

LYNCH, J.M. **Biotechnology do solo**. São Paulo: Manole, 1986. 209p.

MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Contribuição dos fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de uma gramínea pioneira (*Aristida setifolia*) em áreas degradadas no Cerrado. In: anais SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., Brasília, DF, p.25-27. 1996.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras:UFLA, 2002. 626p.

MUZILLI, O. Recuperação e manejo de áreas de agricultura intensiva. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO E MANEJO DE ÁREAS DEGRADADAS NO CONTEXTO DA EMBRAPA E DO SCNPA, 1997, Campinas. **Memória do workshop**. Jaguariúna: EMBRAPA -CNPMA, 1998. p. 33-35

NACIF, P.G.S. **Efeitos da subsolagem em propriedades físico – hídricas de um Latossolo Amarelo álico coeso, representativo do recôncavo baiano**. 1994. 75f. Dissertação (Mestrado em Física do Solo) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, L.A. Ecologia microbiana em solos sob cultivos na região sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO,3.; REUNIÃO DE LABORATÓRIOS PARA RECOMENDAÇÃO DE ESTIRPES DE RHIZOBIUM E BRADYRHIZOBIUM, 6., 1994, Londrina. **Anais...microbiologia do solo: desafios para o século XXI**. Londrina: IAPAR/EMBRAPA-CNPSO, 1995. p.211-233.

PEREIRA, J.C. **Ecologia da comunidade bacteriana em solos de Cerrados**. 1995. 172f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI – SPA, 2000. 117p. (Série estudos agrícolas, 1).

SANCHES, A.C. Manejo para a produção sustentável de citros. In: SIMPÓSIO SOBRE FISILOGIA, NUTRIÇÃO, ADUBAÇÃO E MANEJO PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL DE CITROS, 2000, Piracicaba, SP. **Palestras...** Piracicaba, SP: POTAFOS, 2000. 1 CD.

SANTOS, D.M.B. **Efeitos da subsolagem mecânica sobre a estrutura de um solo de “tabuleiro” (Latosolo Amarelo álico coeso) no município de Cruz das Almas-**

Bahia (caso 2). 1992. 87f. Dissertação (Mestrado em Física de Solo)- Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

SIQUEIRA, J.O. et al. (Ed.). **Microrganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. Brasília: EMBRAPA – SPI. 1994.142p.

URQUIAGA, S.; DE-POLLI, H. Aspectos microbiológicos do solo. In: PUIGNAU, J.P. et al. (Ed.). **Metodologias para investigación en manejo de suelos.** Montevideo: IICA, 1994.p. 57-59. (PROCISUR. Dialogo, 39).

VALARINI, P.J. et al. Impacto ambiental de sistemas intensivo de cultivo em agricultura irrigada sobre as propriedades físico-química e microbiológica do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11.,1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. 447-466.

VICTÓRIA FILHO, R. **Efeitos do uso contínuo de herbicidas no desenvolvimento, produção e qualidade dos frutos de dois cultivares de citros (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck).** 1983. 116 f. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CAPÍTULO 1

CARBONO E RESPIRAÇÃO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS EM PLANTIO DE LARANJA 'PÊRA' NOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA ¹

¹ Artigo a ser submetido ao Comitê Editorial do periódico Revista Brasileira de Fruticultura.

CARBONO E RESPIRAÇÃO DA BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS EM PLANTIO DE LARANJA 'PÊRA' NOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA

RESUMO - Os plantios de citros do Nordeste brasileiro se concentram na faixa litorânea, em solos de Tabuleiros Costeiros, nos quais predominam Latossolos Amarelos distróficos, coesos. Estes solos apresentam como fatores limitantes à produtividade agrícola, baixa capacidade de retenção de água, baixa disponibilidade de nutrientes e impedimento ao crescimento radicular devido à camada coesa. Objetivou-se no presente trabalho, avaliar a dinâmica do carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C), respiração basal do solo e quociente metabólico (qCO_2) num plantio de laranja 'Pêra', submetido a diferentes sistemas de manejos do solo, no município de Rio Real, Bahia. Foram realizadas coletas na camada de 0 a 10 cm do solo, nos meses de abril (início das chuvas), setembro (final das chuvas) e dezembro (período seco) de 2002. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos, em esquema de parcela subdividida no tempo. Os tratamentos foram: 1- capina nas linhas, grade nas entrelinhas na época seca e roçadeira na época das águas (manejo convencional); 2- glifosate nas linhas e a sucessão feijão-de-porco/milheto nas entrelinhas e subsolagem; 3- glifosate em área total duas vezes ao ano; 4- glifosate nas linhas e a vegetação nativa roçada por todo o ano e no outro ano feijão-de-porco plantado em plantio direto nas entrelinhas dos citros e subsolagem; 5-glifosate nas linhas e feijão-de-porco nas entrelinhas; 6- roçadeira em área total nas linhas e entrelinhas dos citros sempre que necessário. Os resultados obtidos mostraram que os manejos do solo não influenciaram o carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C), independentemente da época e local de amostragem. Os maiores valores de respiração microbiana e o quociente metabólico foram obtidos na época seca e de elevada temperatura e nas entrelinhas do plantio da laranja 'pêra'. Estes resultados sugerem que, nas condições do presente trabalho, o BMS-C e a respiração microbiana (CO_2 liberado) não permitiram ainda diferenciar o efeito dos manejos de solo e das coberturas vegetais testados. Sugere-se o período de dois anos de manejo do solo como curto para se avaliar o impacto sobre os atributos microbiológicos.

Termos de indexação: *Citrus*, manejo do solo, subsolagem, cobertura vegetal, biomassa microbiana.

**SOIL MICROBIAL BIOMASS CARBON AND RESPIRATION, IN A SWEET ORANGE
cv `PERA` ORCHARD, UNDER DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS IN
THE TABLE COASTAL LANDS OF BAHIA**

ABSTRACT - The citrus orchards of the Northeastern region of Brazil are concentrated in the Table Coastal Lands, with the predominance of Yellow dystrophic cohesive Latosol. These soils have as a limiting factor to crop productivity, low water holding capacity, poor nutrient levels, and impediment to root growth due to the cohesive layer. The objective of the present work was to evaluate the dynamics of biomass microbial carbon (BMS-C), microbial respiration, and metabolic coefficient in an orange orchard, cultivar `Pera`, under different systems of soil management, in the county of Rio Real, State of Bahia, Brazil. Soil samples were collected at a depth of 0-10 cm at the following sampling dates; April (beginning of the raining season), September (end of the raining season), and December (dry season) of the year 2002. The experimental design was in randomized blocks with four repetitions, and six treatments in a split-plot arrangement in time. The treatments were: 1- manual weeding in the planting rows and tillage between the planting rows, in the dry season or weed cutting in the raining season; (conventional management); 2-post-emergency herbicide (glyphosate) in the planting rows and the succession *Canavalia ensiformis* /millet between the rows and subsoiling; 3-glyphosate in the total area two times a year; 4-glyphosate in the planting rows and cutting of the spontaneous vegetation during all year, and in the other year direct planting of *Canavalia ensiformis* between the rows and subsoiling; 5-glyphosate in the planting rows and *Canavalia ensiformis* between the rows; 6-cutting of the spontaneous vegetation in the total area when necessary. The results obtained indicate that the different management systems did not affect significantly the soil microbial biomass carbon (C-BMS), independently of the time and site of soil sampling. The highest values for microbial respiration and the metabolic coefficient were obtained in the dry and high temperature season, and between the citrus planting rows. These results suggest that for the conditions of the present work, the C-BMS and the microbial respiration (CO₂ evolved) were not adequate variables to evaluate the impact of the soil management practices with green manure cover, in the citrus orchard. The two-year period of soil management is a very short period for the evaluation of the impact of these soil management practices in comparison to the conventional management practice.

Index terms: *Citrus*, soil management, subsoiling, ground cover crops, microbial biomass.

INTRODUÇÃO

A citricultura bahiana, ocupa uma posição de destaque como terceiro produtor de citros do Brasil, com uma área plantada em torno de 50.000 hectares (IBGE 2003). Os plantios de citros se concentram na faixa litorânea do Nordeste brasileiro, em solos de Tabuleiros Costeiros, nos quais predominam Latossolos Amarelos distróficos, álicos, coesos com textura média, caracterizando-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de argila e de matéria orgânica e pelo adensamento que ocorre nos horizontes AB e BA, atingindo em média de 15-20 até 70-80 cm de profundidade (Carvalho, 2000). O Litoral Norte da Bahia ocupa uma área de 12.205 Km² contribuindo com aproximadamente 70% do total de toda laranja cultivada no Estado (Rezende, 2000). Fruteiras como limão 'Tahiti' e laranja 'Pêra', quando cultivadas nestes solos, apresentam baixo vigor vegetativo, reduzida longevidade e baixas produções, comparativamente aos mesmos cultivos em outras regiões (Carvalho et al., 2002 a). Estas são culturas de elevada importância econômica para o pequeno e médio produtor e, apesar destas limitações à produtividade agrícola, estas áreas são responsáveis pela expansão da fruticultura no Estado da Bahia.

A capacidade produtiva de um solo não depende unicamente da fertilidade, mas também das interações de uma série de fatores bióticos e abióticos. As práticas agrícolas que objetivam menor degradação do solo e maior sustentabilidade da agricultura têm recebido atenção por partes dos pesquisadores como também pelos produtores (Balota et al., 1998). E para tal, o uso de atributos microbianos aliados ao teor de carbono orgânico do solo tem sido utilizados para avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema agrícola (Bauhus et al., 1998; Angers et al., 1993; Carter, 1986). Estes autores descrevem os atributos microbianos como indicadores biológicos para detecção de alterações na qualidade e nas propriedades biológicas do solo, com potencial para avaliação da sustentabilidade. A biomassa microbiana do solo (BMS), a respiração basal do solo (RBS) e o teor de C orgânico parecem possuir uma estreita ligação entre si, conforme Vargas & Scholles (2000), ao associarem a disponibilidade de carbono orgânico como fator determinante nas diferenças de

concentração do C microbiano e do C respirado, sendo estes estimulados pelos maiores teores de C orgânico na camada da superfície do solo.

As práticas agrícolas, após a retirada da vegetação nativa, afetam as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, as quais dependem das condições de solo, clima, tipo de cultura e as práticas adotadas. De acordo com Powlson et al. (1987), a biomassa microbiana responde mais rápido às mudanças do manejo do solo, atuando como uma medida mais sensível das alterações na matéria orgânica do solo. Mendes et al. (2000) destacam o impacto da atividade agrícola nas propriedades microbiológicas dos solos de Cerrado, na redução acentuada nos teores de biomassa microbiana (biomassa-C) nas áreas cultivadas, em relação ao solo sob vegetação nativa.

De acordo com Moreira & Siqueira (2002), os microrganismos do solo atuam de forma direta ou indireta na mineralização, imobilização, oxidação/redução, precipitação, solubilização e volatilização de elementos no solo como: H, O, C, N, P, S, K, Si, Mg, Fe, Mn, Cr, Cl, As, Se, Zn, Cd e Hg. Os elementos na solução do solo são influenciados por transformações bióticas ou abióticas específicas que regulam os processos de adição e perda, assim como a biociclagem dos mesmos passando por diferentes formas no solo e absorção pela vegetação e microbiota. Em síntese, a vegetação absorve os elementos nutrientes do solo, e o CO₂ e N₂ (no caso das fixadoras) do ar, acumulando-se na fitomassa que representa importante estoque de elementos. Os mesmos autores destacam que este estoque ao ser depositado no solo é transformado pelos organismos liberando totalmente ou parcialmente os elementos na forma gasosa como N₂, N₂O, CH₄ e CO₂ do ecossistema. De acordo com Marchiori Júnior & Melo, (1999) modificações mensuráveis na BMS tem sido observadas em razão das práticas de preparo de solo, do manejo de plantas e adubação. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do manejo da cobertura vegetal na quantificação do carbono e da respiração microbiana do solo, no plantio de laranja 'Pêra' na região dos Tabuleiros Costeiros da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

De um experimento conduzido em um Latossolo Amarelo distrófico álico cdo de textura média dos Tabuleiros Costeiros cultivado com laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), com cinco anos de idade na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio

Real, BA, foram retiradas amostras de solo, no período de abril a dezembro de 2002. A área de estudo está localizada a 11° 20' de latitude Sul e 37° 8' de longitude Oeste GRW, inserindo-se na faixa definida como de úmida a subúmida, apresentando uma precipitação pluviométrica média anual de 960 mm (IBGE, 2003).

Segundo a classificação do clima por Köppen, essa área representa uma extensão das condições atmosféricas predominantes no litoral do Estado da Bahia, caracterizando-se, em sua maior parte, como “de transição ambiental” entre a faixa costeira, úmida, e o sertão, semi-árido (CEI,1994).

Os tratamentos utilizados foram: 1-capina nas linhas, grade nas entrelinhas na época seca e roçadeira na época das águas (manejo convencional); 2-glifosate nas linhas e a sucessão feijão-de-porco/milheto nas entrelinhas e subsolagem; 3-glifosate em área total 2 vezes ao ano; 4-glifosate nas linhas e a vegetação roçada por todo o ano e no outro ano feijão-de-porco plantado em plantio direto nas entrelinhas dos citros e subsolagem 5-glifosate nas linhas e feijão-de-porco nas entrelinhas; 6-roçadeira em área total nas linhas e entrelinhas dos citros sempre que necessário. A cultura foi mantida livre de interferência das plantas daninhas no período de setembro/outubro até março/abril do ano seguinte. As coberturas vegetais (leguminosas) foram plantadas em maio/junho no sistema de plantio direto e roçadas para formação de cobertura morta em setembro/outubro.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi composta por 32 plantas, com doze plantas úteis, em espaçamento de 6 x 4 m. Foram feitas coletas da camada de 0 a 10 cm do solo, nos meses de abril, setembro e dezembro de 2002. Com auxílio de um trado, foram coletadas dez subamostras em pontos eqüidistantes e representativos da parcela, sendo estas homogeneizadas, formando uma amostra composta para cada parcela. As amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos e mantidos em câmara fria (5 °C) até o momento das análises de laboratório.

Avaliação da biomassa microbiana- BMS-C

A BMS-C foi determinada pelo método de fumigação-extração, proposto por Vance, Brookes & Jenkinson, (1987). Para cada amostra foram retiradas quatro sub-amostras de 20 g de solo (umidade ajustada a 60%), sendo duas amostras submetidas à fumigação e duas amostras processadas sem fumigação. Nas amostras submetidas à fumigação, foi colocado 1 mL de clorofórmio (purificado livre de etanol) diretamente sobre o solo, em frascos de vidro com capacidade para 100 mL, os quais foram imediatamente vedados com plástico PVC e tampa plástica e mantidos a uma temperatura de 28 °C por 24 horas. As amostras de solo não fumigadas (sem a incubação com o clorofórmio), foram imediatamente processadas para a quantificação do carbono. Após a fumigação, os frascos de vidro contendo o solo com clorofórmio, foram destampados e mantidos na capela de exaustão por um período de 40 minutos para evaporação do clorofórmio. A extração do carbono foi feita nas amostras de solo fumigadas e não fumigadas (controle), adicionando-se 50 mL de K₂SO₄ (0,5 mol/L) diretamente nos frascos de vidro com as amostras de solo, sendo estes agitados por 45 minutos em agitador orbital, à temperatura ambiente. O extrato de solo foi filtrado por gravidade em papel de filtro Whatman N^o 4, após um período de decantação. Para a quantificação do carbono, transferiu-se uma alíquota de 8 mL do extrato filtrado para tubos de digestão e adicionou-se 2 mL de K₂Cr₂O₇ 66,7 mM e 15 mL da mistura ácido sulfúrico e ácido fosfórico na proporção de 2:1 (v/v). Os tubos permaneceram no bloco digestor, cobertos com funis de condensação, a 200 °C por aproximadamente 30 minutos e 3 minutos após o surgimento das primeiras bolhas de fervura, estes foram removidos do bloco para resfriar. O volume do extrato digerido foi ajustado para 50 ml com água destilada e transferido para frascos de Erlenmeyer para titulação com sulfato ferroso amoniacal (33,3 mM), utilizando-se difenilamina como indicador até a mudança da cor azul para a cor verde garrafa. Duas amostras em branco foram conduzidas por todas as etapas, utilizando-se o mesmo procedimento, exceto que o extrato foi somente de K₂SO₄ sem solo. A biomassa microbiana -C foi calculada pela fórmula:

$$\text{Biomassa-C (mg C kg}^{-1}\text{ solo)} = \frac{\text{amostra fumigada} - \text{amostra não fumigada}}{Kc}$$

Onde: Kc= fator de correção (0,30) proposto por Feigl et al. (1995).

Respiração microbiana

Para determinação da respiração microbiana, utilizou-se a metodologia descrita por Isermeyer (1952), citado por Alef e Nannipieri (1995). Para cada amostra de solo, foram retiradas 2 subamostras de 25 g (umidade ajustada a 60%), colocadas em beakers de 50 mL e estes colocados no fundo de potes plásticos de 1 L contendo 25 mL de NaOH (0,05 M), para capturar o CO₂ liberado do solo, sendo estes vedados hermeticamente e incubados por 3 dias (72 horas) a temperatura ambiente (28° C). Foram preparados quatro potes controle, com o NaOH (0,05 M), sem solo. Após o período de incubação, as amostras receberam 5 mL de BaCl (0,05 M) para a precipitação do carbonato e foram imediatamente tituladas com HCl (0,05 M) e 3 gotas de fenolftaleína (1%) como indicador.

Para o cálculo da respiração microbiana do solo foi usada a seguinte fórmula:

$$\text{CO}_2(\text{mg})/\text{SS}/t = \frac{(V_0 - V) \times 1,1}{\text{GSS}}$$

Onde:

SS = solo seco

GSS = quantidade de solo seco em gramas;

t = tempo de incubação em horas;

V₀ = quantidade (mL) de HCl utilizado para titular o controle (média);

V = quantidade (mL) de HCl utilizado para titular cada amostra de solo;

GSS = peso seco de uma grama de solo úmido;

1,1 = fator de conversão (1 ml de NaOH 0,05 M equivale a 1,1 mg de CO₂);

Quociente metabólico - qCO₂

A avaliação do quociente metabólico foi feita de acordo com o procedimento descrito por Anderson & Domsch (1986), obtida pela razão entre o C respirado por unidade de C microbiano. A análise química das amostras de solo foi realizada seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1979) e o teor de N-total pelo método de Kjeldahl.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcela subdividida no tempo com fatorial. A parcela foi constituída por um fatorial 6 x 2, em que se estudou os seis manejos, em dois locais, totalizando 12 tratamentos. Na subparcela foram avaliados os efeitos das três épocas de avaliação e suas interações com os tratamentos da parcela. O esquema de análise de variância é apresentado no Anexo A. A análise de variância foi realizada utilizando-se o programa estatístico SAS (2000). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Encontram-se em anexo, figuras referentes aos manejos utilizados no plantio de laranja 'Pêra' (área experimental).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação total mensal referente ao período compreendido entre janeiro 2002 a dezembro 2002, variou de 44 a 275 mm com precipitação anual de 1340 mm (Figura 1).

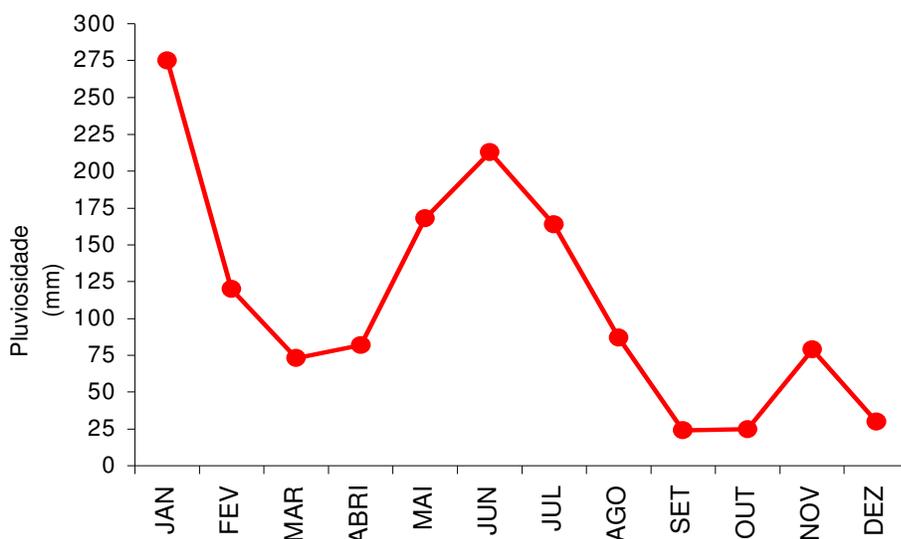


Figura 1. Precipitação total mensal do período de janeiro 2002 a dezembro 2002 na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real - BA.

As características químicas do solo estudado, nas diferentes épocas de amostragem, são apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

Verifica-se que as características químicas do solo não sofreram influência dos diferentes manejos de solo. Os teores de fósforo foram altos devido às adubações. Alcântara et al. (2000) avaliando o efeito da adubação verde na recuperação da fertilidade do solo, observaram que 5 meses após o corte dos adubos verdes, a matéria orgânica proveniente desses adubos já tinha sido totalmente decomposta, e não se observava mais os efeitos benéficos do processo de decomposição e mineralização no solo. Testa et al. (1992) citam que o uso de leguminosas que produzem elevada quantidade de biomassa vegetal, promove a redução na lixiviação de cátions e aumento na CTC, com aumentos nos teores de Ca, Mg e K, ressaltando contudo que estes efeitos ocorrem a longo prazo. O presente trabalho foi avaliado no segundo ano de implantação dos manejos, sendo estes aplicados no início do período chuvoso (maio/junho) e roçado no seu final (setembro/outubro). Efeitos significativos destes manejos deverão necessitar de um período mais longo de avaliação.

Tabela 1. Características químicas de um Latossolo Amarelo álico coeso de textura argilosa na profundidade de 0-10 cm nas linhas e entrelinhas de plantio de citros da área experimental na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real-BA, abril 2002 (médias das quatro repetições).

Manejo	Local	pH (H ₂ O)	P mg/d ³	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	S	CTC	V %	MO (g/ kg)
									Cmolc/ dm ³					
T1	L	6,13	84,0	0,10	3,3	0,78	4,03	0,05	0,05	1,21	4,17	5,38	76,41	9,47
T2	L	6,20	82,5	0,16	3,4	0,93	4,30	0,00	0,05	1,02	4,52	5,54	81,66	10,45
T3	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	L	6,23	87,5	0,15	3,4	0,90	4,28	0,03	0,05	0,94	4,48	5,41	82,49	9,47
T5	L	6,43	74,8	0,16	3,0	1,08	4,05	0,00	0,05	0,83	4,25	5,08	83,00	10,03
T6	L	6,23	87,5	0,17	4,3	1,15	5,40	0,00	0,07	0,88	5,64	6,52	86,62	13,44
T1	EL	6,55	65,8	0,25	2,7	1,40	4,08	0,00	0,06	0,83	4,38	5,21	83,95	10,40
T2	EL	6,30	70,5	0,19	2,6	1,20	3,83	0,00	0,05	0,66	4,06	4,72	85,49	9,20
T3	EL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	EL	6,38	63,8	0,13	2,4	1,13	3,50	0,00	0,04	0,80	3,67	4,46	81,97	8,38
T5	EL	6,25	72,5	0,16	2,5	1,23	3,73	0,00	0,04	0,91	3,92	4,83	81,07	9,06
T6	EL	6,55	62,8	0,17	2,6	1,15	3,73	0,00	0,05	0,74	3,95	4,69	83,90	9,03

*L-Linha de plantio; EL-entrelinha

T1-capina nas linhas, grade nas entrelinhas na época seca e roçadeira na época das águas (manejo convencional); T2-glifosate (Roundup) nas linhas e a sucessão feijão-de-porco/milheto nas entrelinhas e subsolagem; T3- glifosate em área total 2 vezes ao ano; T4 - glifosate nas linhas e a vegetação roçada por todo o ano e no outro ano feijão-de-porco plantado em plantio direto nas entrelinhas dos citros e subsolagem ;T5- glifosate nas linhas e feijão-de-porco nas entrelinhas;T6-roçadeira em área total nas linhas e entrelinhas dos citros sempre que necessário.

Tabela 2. Características químicas de um Latossolo Amarelo álico coeso de textura argilosa da área experimental na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real-BA, setembro 2002 (médias das quatro repetições).

Manejo	Local	pH H ₂ O	P mg/d ³	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	S	CTC	V %	MO (g/kg)
								cmolc/ dm ³						
T1	L	6,20	80,0	0,14	2,90	1,05	3,95	0,03	0,0	2,37	4,14	6,64	62,85	10,42
T2	L	6,33	82,5	0,11	2,83	1,20	4,03	0,00	0,04	2,67	4,18	6,84	60,81	9,40
T3	L	6,45	77,5	0,14	2,83	1,13	3,95	0,00	0,05	2,20	4,14	6,34	65,22	10,57
T4	L	6,13	80,0	0,08	2,25	1,05	2,73	0,01	0,70	3,20	3,41	5,99	56,4	8,35
T5	L	6,38	87,5	0,10	2,60	1,28	3,88	0,00	0,03	2,23	4,01	6,24	63,61	10,11
T6	L	6,54	67,6	0,83	2,65	2,00	3,10	0,00	0,75	3,33	5,14	7,98	60,61	9,45
T1	EL	6,73	68,3	0,26	3,13	1,35	4,48	0,00	0,06	2,92	4,79	7,71	61,53	11,91
T2	EL	6,93	72,0	0,22	2,78	1,03	3,80	0,00	0,05	2,37	4,08	6,44	48,97	8,89
T3	EL	6,63	77,5	0,16	3,15	1,38	4,53	0,03	0,05	2,83	4,73	7,56	62,28	11,47
T4	EL	6,50	62,8	0,16	2,75	1,00	3,75	0,00	0,04	1,95	3,95	5,90	66,64	10,37
T5	EL	6,78	68,3	0,17	2,55	1,18	3,73	0,00	0,04	2,72	3,93	6,66	58,71	9,04
T6	EL	6,53	76,85	0,17	2,89	1,20	4,09	0,03	0,05	2,22	4,30	6,51	65,88	16,56

Tabela 3. Médias das características químicas de um Latossolo Amarelo álico coeso de textura argilosa da área experimental na Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real-BA, dezembro 2002 (médias das quatro repetições).

Manejo	Local	pH H ₂ O	P mg/dm ³	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	Na	H+Al	S	CTC	V %	MO (g/ kg)
								Cmolc/ dm ³						
T1	L	6,35	46,0	0,13	2,63	0,90	3,53	0,00	0,05	1,51	3,71	5,22	70,81	8,03
T2	L	6,63	64,0	0,39	3,30	1,30	4,60	0,00	0,08	1,46	5,07	6,52	75,02	14,49
T3	L	6,53	58,0	0,97	2,50	1,13	3,63	0,00	0,06	1,35	3,90	5,25	74,30	9,25
T4	L	6,50	58,0	0,22	2,70	1,25	3,95	0,00	0,06	1,43	4,23	5,66	74,97	9,47
T5	L	6,70	55,0	0,40	2,93	1,45	4,38	0,00	0,08	1,38	4,87	6,24	77,18	11,81
T6	L	6,88	57,0	0,29	3,10	1,58	4,68	0,00	0,08	1,79	5,05	6,84	74,16	9,93
T1	EL	6,53	59,0	11,25	2,63	1,40	4,03	0,00	0,08	1,54	4,47	6,21	74,21	10,67
T2	EL	6,60	52,0	0,21	2,58	1,08	3,65	0,00	0,06	1,43	3,92	5,35	73,36	10,40
T3	EL	6,35	54,0	0,21	2,80	1,23	4,03	0,00	0,06	1,46	4,29	5,75	74,46	7,28
T4	EL	6,65	51,0	0,21	2,85	1,23	4,08	0,03	0,06	1,40	4,34	5,75	75,19	9,86
T5	EL	6,68	56,0	0,26	2,95	1,38	4,33	0,00	0,06	1,46	4,65	6,10	76,21	9,52
T6	EL	6,53	56,0	0,29	2,65	1,38	4,03	0,03	0,07	1,65	4,39	6,04	72,56	9,42

Carbono da biomassa microbiana - (BMS-C)

Os valores para o carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C) no plantio de laranja 'Pêra' sob diferentes manejos da cobertura do solo e subsolagem, são apresentados na Figura 2. Não foram observados efeitos significativos dos diferentes manejos do solo, da época e do local de amostragem (linha e entrelinha) para a variável BMS-C, a qual variou entre 623,35 $\mu\text{g C g solo}^{-1}$ e 884,54 $\mu\text{g C g solo}^{-1}$, não diferindo estatisticamente entre os diversos tratamentos. Com exceção dos tratamentos 3 e 4, observou-se uma tendência de aumento no BMS-C nas entrelinhas do plantio.

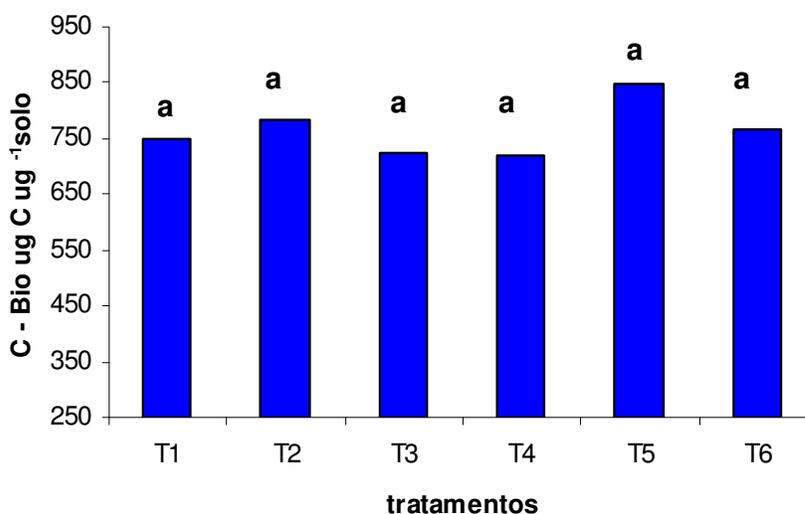


Figura 2. Valores médios do carbono da biomassa microbiana do solo em função de diferentes manejos de cobertura vegetal de um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros na profundidade de 0-10 cm nas linhas e entrelinhas de plantio de citros, Rio Real BA, 2002.

Os microrganismos comportam-se distintamente conforme a fonte e o manejo da matéria orgânica adicionada ao solo, de forma que diferentes tipos de cobertura podem induzir um comportamento diferenciado dos microrganismos (Silva et al. 2002). Contudo, esses autores também não observaram diferenças significativas no carbono da biomassa microbiana em diferentes sistemas de preparo do solo no Cerrado.

Bezerra et al. (2002) constataram valores mais elevados de BMS-C para os tratamentos com vegetação espontânea em relação às leguminosas e concluíram que os valores mais elevados do BMS-C ocorrem devido à elevada produção de fitomassa da vegetação espontânea, além da maior quantidade de raízes finas presentes, favorecendo o crescimento da população de microrganismos.

Para as três épocas avaliadas, não foram observadas diferenças significativas entre os valores de BMS-C (Figura 3). Observa-se contudo, uma tendência para valores mais altos do BMS-C nas avaliações de setembro e dezembro de 2002. Carneiro (2000), trabalhando com características bioquímicas do solo em área de reabilitação de mineração, observou que o BMS-C apresentou uma tendência de elevação no verão decrescendo no outono. Esta variação sazonal da biomassa foi atribuída à maior temperatura e umidade do solo atingida no verão.

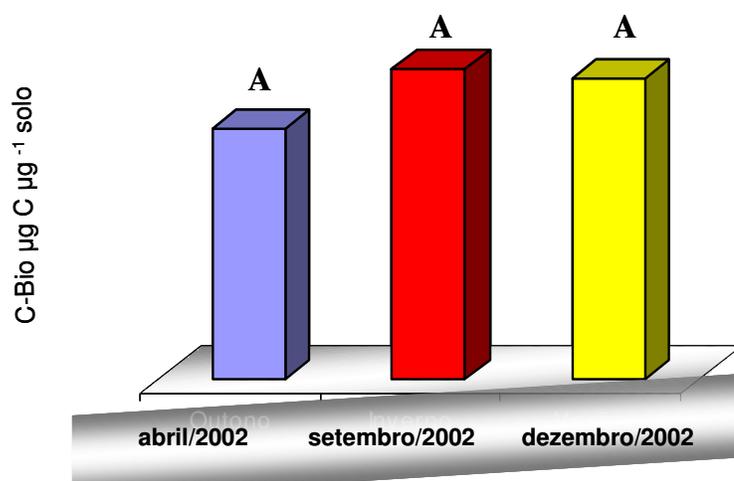


Figura 3. Valores médios do carbono da biomassa microbiana do solo em função de diferentes manejos da cobertura vegetal, em três épocas de amostragem de um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA.

A biomassa microbiana tem sido indicada como uma medida mais sensível das alterações na matéria orgânica do solo e melhor indicador dos efeitos causados por diferentes sistemas de manejo do solo, nas avaliações do impacto dessas práticas agrícolas sobre os níveis de matéria orgânica e a estrutura do solo (Ferreira et al., 2002). Contudo, nas condições deste trabalho e para as épocas avaliadas, não foi observado o efeito dos diferentes manejos do solo e das épocas de amostragens na atividade microbiana. Possivelmente, como as avaliações foram conduzidas no segundo ano de implantação desses diferentes manejos, as variações no BMS-C podem não ter sido observadas devido à necessidade de um período mais longo de manejo do solo para que ocorresse impacto significativo nesta característica avaliada. A frequência das medições da atividade microbiana do solo é importante porque as variações na população microbiana podem não ser detectadas ou mal interpretadas devido às flutuações temporárias na população microbiana (Van Bruggen e Semenov, 2000).

Respiração microbiana

A liberação de C-CO₂, pela atividade microbiana do solo foi maior nas entrelinhas, quando comparado com as linhas de plantio, destacando-se os seguintes tratamentos: T3 (2,87 µg C-CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹), T4 (2,81 µg C-CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹) e T5 (2,46 µg C-CO₂ g⁻¹ solo h⁻¹). Contudo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, conforme foi observado também para o BMS-C (Tabela 4). Uma explicação para maior respiração nas entrelinhas que nas linhas pode estar relacionada com o maior revolvimento do solo, conforme os tratamentos aplicados nas entrelinhas, os quais podem gerar perturbações promotoras de estresse na população microbiana. Menores adições de carbono, geralmente induzem os microorganismos a consumir o carbono orgânico do solo causando sua redução, representando um maior gasto de energia, mantendo o BMS-C em patamares não muito elevados e o qCO₂ alto. Admite-se que a temperatura e umidade do ambiente estudado têm também, uma grande contribuição nos resultados alcançados.

Tabela 4. Valores médios para a respiração microbiana do solo em função de diferentes manejos da cobertura vegetal, nas linhas e entrelinhas do plantio de citros, em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA.

Manejos	Locais		Médias
	Linha	Entrelinha	
	$\mu\text{g C CO}_2\text{g}^{-1}$ solo seco		
1	1,73 a A	2,21 a A	1,97 a
2	1,73 a A	2,29 a A	2,01 a
3	1,63 a B	2,87 a A	2,25 a
4	1,64 a B	2,81 a A	2,23 a
5	1,83 a B	2,46 a A	2,14 a
6	1,99 a A	2,28 a A	2,14 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

As taxas de respiração microbiana variaram de 1,45 a 1,70 $\mu\text{g C- CO}_2\text{ g}^{-1}$ solo h^{-1} , 2,0 a 2,30 $\mu\text{g C- CO}_2\text{ g}^{-1}$ solo h^{-1} e 2,20 a 2,71 $\mu\text{g C- CO}_2\text{ g}^{-1}$ solo h^{-1} nos meses de abril, setembro e dezembro de 2002, respectivamente sem contudo, apresentar diferença significativa entre os manejos testados (Tabela 5).

Tabela 5. Respiração microbiana do solo em função de diferentes manejos da cobertura vegetal, em três épocas de amostragens em plantio de citros, em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA.

Manejos	Épocas de avaliação		
	Abril 2002	Setembro 2002	Dezembro 2002
	$\mu\text{g C-CO}_2\text{ g}^{-1}$ solo seco		
1	1,54 a A	2,18 a A	2,19 a A
2	1,45 a A	2,30 a A	2,29 a A
3	-	2,02 a A	2,48 a A
4	1,71 a B	2,29 a A B	2,67 a A
5	1,70 a B	2,05 a A B	2,68 a A
6	1,70 a B	2,01 a A B	2,71 a A
Médias	1,72 B	2,07 B	2,51 A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

Os maiores valores de respiração microbiana foram observados nas amostragens efetuadas em dezembro de 2002 (época seca e de temperaturas altas), destacando-se os tratamentos 4, 5 e 6 com $2,67 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, $2,68 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ e $2,71 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$, respectivamente, sendo significativamente superior aos valores observados nas amostragens de abril ($1,70 \mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$) para o mesmo manejo (Tabela 6). Contudo, não se verificou diferença significativa entre os manejos, quando comparados dentro das mesmas épocas de amostragem, indicando que a época de avaliação foi mais importante que os manejos com relação à respiração microbiana do solo (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios da respiração microbiana (liberação de CO_2) do solo, para a interação local de coleta (linha e entrelinha) e época de coleta (abril, setembro e dezembro de 2002), em plantio de citros nos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, Bahia, 2002.

Locais	Épocas de avaliação			Médias
	Abril 2002	Setembro 2002	Dezembro 2002	
	$\mu\text{g C-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo seco}$			
Linha	1,59a A	1,87 b A	1,82 b A	1,77 b
Entrelinha	1,65 a C	2,42 a B	3,20 a A	2,47 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

Fernandes (1999), verificou maior taxa de respiração microbiana do solo na estação de seca em áreas de pastagem e floresta em solos da Amazônia. Rigotti et al.(2000), também encontraram valores elevados da atividade respiratória microbiana no verão, quando comparados aos valores obtidos no inverno, primavera e outono. Rodrigues et al. (1994), constataram valores que variaram de $6,3$ a $20,0 \mu\text{g g}^{-1} \text{ dia de C - CO}_2$ no solo para a respiração microbiana em solos tropicais. Estresses ambientais como temperaturas extremas, ciclos de elevada umidade e seca, potencial osmótico e compactação causam alterações na população microbiana (Van Bruggen e Semenov, 2000).

Quociente metabólico - qCO_2

Os valores médios para o quociente metabólico variaram de 2,39 a 3,40 $\mu g CO_2/\mu g CBM$, 2,92 a 4,56 $\mu g CO_2/\mu g CBM$ e 3,67 a 4,66 $\mu g CO_2/\mu g CBM$ para as amostragens realizadas nos meses de abril, setembro e dezembro de 2002, respectivamente (Figura 4). Os maiores valores de qCO_2 foram observados no período seco (dezembro/2002), provavelmente como reflexo do aumento da respiração basal, demonstrando um ambiente de maior estresse ambiental devido aos menores teores de umidade no solo e temperaturas elevadas, observados para esse período, não diferindo significativamente dos demais períodos de amostragens. Resultados semelhantes foram relatados por Doran (1980), que trabalhando com sistemas agrícolas, também encontrou valores elevados para o quociente metabólico na época seca, indicando um maior consumo do carbono orgânico do solo pela população microbiana.

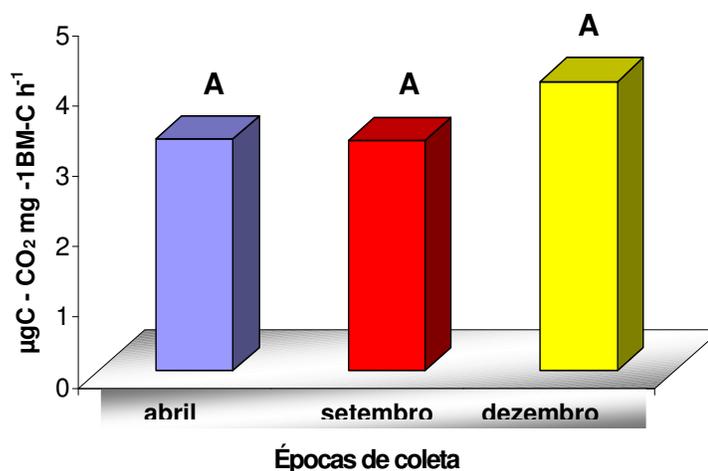


Figura 4. Quociente metabólico (qCO_2) de Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros na profundidade de 0-10 cm, submetido a diferentes sistemas de manejo em três épocas de amostragens em plantio de citros- Rio Real, BA.

O quociente metabólico médio foi mais elevado nas entrelinhas (Tabela 8), o que sugere maior consumo de carbono e liberação de CO_2 nas entrelinhas, apesar destes valores não terem variado em função dos diferentes manejos do solo. Contudo, em abril foi mais baixo que nas demais épocas e diferindo significativamente de dezembro. Admite-se que esse menor coeficiente metabólico seja reflexo de uma menor atividade por unidade de biomassa microbiana, indicando que as populações

nessa época estão sob menor estresse, apontando para uma condição de melhoria na eficiência do sistema biológico. Essa relação de menor respiração por unidade de BMS-C tem se apresentado comum em sistemas mais estáveis para diferentes espécies vegetais. Da mesma forma, explica-se o inverso para os valores altos observados em dezembro. O menor valor observado significa menos carbono perdido na forma de CO₂ para a atmosfera e uma maior proporção de carbono incorporado à população microbiana, portanto, maior estabilidade do sistema (Vicenzi et al. 2002). Segundo Ocio & Brookes (1990), a incorporação de resíduos de culturas ao solo proporciona uma elevação do quociente metabólico. Isso pode explicar os maiores valores encontrados para o quociente metabólico nas entrelinhas dos citros (Tabela 8), nas avaliações de setembro e dezembro de 2002.

Tabela 8. Valores médios para qCO₂ de Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros na profundidade de 0-10 cm, submetido a diferentes sistemas manejo em três épocas de amostragens em plantio de citros- Rio Real, BA.

Locais	Épocas de avaliação			Médias
	Abril 2002	Setembro 2002	Dezembro 2002	
	µg CO ₂ / µg C-BMS h ⁻¹ g ⁻¹ solo seco			
Linha	3,59 a A	2,64 b A	2,88 b A	3,01 b
Entrelinha	2,37 a B	4,16 a A B	5,29 a A	4,03 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

Contudo, maior qCO₂ significa perda de C-orgânico e a redução do carbono do solo não se deve unicamente à quantidade de resíduos adicionados ou removidos, mas ao aumento da atividade microbiana causada por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternância mais freqüente de umedecimento e secagem do solo (Stevenson, 1982).

Outros autores ainda citam que as avaliações de diferentes variáveis, relacionando-as com o uso do solo (natural vs plantio) ou práticas de manejo do solo (manejo convencional vs manejos alternativos) não têm resultado na definição de indicadores que apresentem uma consistente correlação com a qualidade do solo (Pankhurst et al., 1995; Staben et al., 1997). Uma das razões para tal inconsistência pode ser a sensibilidade das diversas medições ao período de avaliação em relação

ao manejo e condições ambientais (mecanização, irrigação, incorporação de resíduos orgânicos, fertilização, chuvas, etc).

No presente trabalho, observou-se uma variação na atividade microbiana, em termos de liberação de CO₂, em função do local e época de amostragem, não diferenciando contudo o efeito dos diferentes manejos do solo na atividade microbiana.

CONCLUSÕES

1- Os manejos testados nas condições do trabalho não causaram impactos negativos aos atributos microbiológicos dos solos de Tabuleiros Costeiros cultivados com laranja 'Pêra'. Houve uma tendência da melhoria das propriedades microbiológicas para os tratamentos manejados com coberturas vegetais;

2- Considerou-se o período de dois anos de aplicação dos manejos como curto para expressar variações significativas nos atributos microbiológicos avaliados (BMS-C, C-CO₂ e qCO₂).

REFERÊNCIAS

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. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576 p.

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Carbon assimilation and microbial activity in soil. **Zeitschrift fur Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, Berlin, v. 149, p. 457-468, 1986.

ANGERS, D. A.; BISSONNETTE, N.; LEGERE, A.; SAMSON, N. Microbial and biochemical changes induced by rotation and tillage in a soil under barley production. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, p. 39-50, 1993.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 641-649, 1998.

BAUHUS, J.; PARÉ, D.; COTÉ, L. Effects of tree species, stand age and soil type on soil microbial biomass and its activity in a southern boreal forest. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 30, p. 1077-1089, 1998.

BEZERRA, F.E.A. et al. Influência da cobertura viva sobre a biomassa microbiana do solo. In: XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; IX REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; IV REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2002, Rio de Janeiro. **Fertbio 2002**. Rio de Janeiro: SBCS, 2002. CD ROM.

CARNEIRO M. A. C. Características bioquímicas do solo em duas cronossequências de reabilitação em áreas de mineração de bauxita. Lavras: UFLA, 2000 166P. (Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de plantas).

CARVALHO, J.E.B. de. Manejo do solo em pomares. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – PRODUÇÃO INTEGRADA, 6., 2000, Bebedouro, SP. **Anais...** Bebedouro, SP: Fundação Cargill, 2000. p.107-146.

CARVALHO, J. E. B. de, et al. Leguminosa no controle integrado de plantas daninhas para aumentar a produtividade da laranja 'Pêra'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, BA, v. 24, n. 1, p. 82-85, abr., 2002a.

CARTER, M. R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Till. Res.*, 7: 29-40, 1986.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES - CEI. **Perfis regionais: Litoral Norte**. Salvador, 1994.

DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p. 765-771, 1980.

EMBRAPA . Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. n.p.

FERNANDES, S.A.P. Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia). Piracicaba: USP/CENA, 1999. 131p. (Tese de Doutorado em Microbiologia Agrícola).

FERREIRA, E.A.B.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C.; RAMOS, M.L.G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco profundidades de um Latossolo no Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. In: XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. **Fertbio 2002**. Rio de Janeiro: SBCE, 2002. CD ROM.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 09 de maio. 2003.

MARCHORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, p. 257-263, 1999.

MENDES I. C. et al. Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional. In: XXII REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E ÁGUA, 13, 2000, ILHÉUS, BA. **500 anos de uso do solo Brasil**. Ilhéus: SBCS, 2000. CD ROM.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras:UFLA, 2002. 626p.

OCIO, J. A.; & BROOKES, P.C. Na evaluation of methods for measuring the microbial biomass in soils following recent additions of wheat straw and characterization of biomass that develops. **Soil Biology and Biochemistry**, v.22, p. 685-694, 1990.

POWLSON, D. S.; BROOKES, P. C., CHRISTENSEN, B. T. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to the straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 159-164, 1987.

PANKHURST, C.E., HAWKE, B.G., MacDONALD, B.G., KIRKBY, C.A., BUCKERFIELD, J.C., MICHELSEN, P., O'BRIEN, K.A., GUPTA, V.V.S.R., DOUBLE, B.M. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, V. 35, P. 1015-1028, 1995.

REZENDE, J. DE O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros: Limitações agrícolas e manejo**. Salvador: SEAGRI – SPA, 2000. 117p.

RIGOTTI, S.S. et al. Carbono da biomassa microbiana como indicador da qualidade de solo sob pastoreio racional Voisin. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25. **Fertbio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. CD ROM.

RODRIGUES, E.F. et al. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p.427-432, 1994.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide. v. 8.0. Vols. I, II and III. Cary NC: SAS Institute, Inc., 2000.

SILVA, A. C.B. et al. Biomassa microbiana em diferentes sistemas de preparo do solo no Cerrado. IX REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS; VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO; IV REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2002, Rio de Janeiro. **Fertbio 2002**. Rio de Janeiro: SBCS, 2002. CD ROM.

STABEN, M.L., BEZDICEK, D.F., SMITH, J.L., FAUCI, M.F. Assessment of soil quality in conservation reserve program and wheat-fallow soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 61, p. 124-130, 1997.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry, genesis, composition, reaction**. New York, Jhon Wiley & sons, 1982. 443 p.

TESTA, V.M., TEIXEIRA, L.A.J., MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 1, n. 16, p. 107-114, 1992.

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

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 35-42, 2000.

VICENZI, M., CASTILHOS, D.D.; FACHINELLO, J.C.; SANTOS, V.B.; SILVA, D.G. Biomassa e atividade microbiana em sistemas de produção integrada (PI) e

convencional (PC) na cultura do pêssego In: XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. **Fertbio 2002**. Rio de Janeiro: SBCS, 2002. CD ROM.

VISSER, S. & PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 7, p. 33-37, 1992.

CAPÍTULO 2

HÍDROLISE DE DIACETATO DE FLUORESCEÍNA COMO INDICADOR DA ATIVIDADE MICROBIANA EM PLANTIO DE LARANJA`PÊRA´ NO SOLO DOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA²

²Artigo a ser submetido ao Comitê Editorial do periódico Revista Brasileira de Ciência do Solo.

HÍDROLISE DE DIACETATO DE FLUORESCEÍNA COMO INDICADOR DA ATIVIDADE MICROBIANA EM PLANTIO DE LARANJA 'PÊRA' NO SOLO DOS TABULEIROS COSTEIROS DA BAHIA

RESUMO

A hidrólise de diacetato de fluoresceína, é um método relativamente recente e mostra-se eficiente para avaliar a atividade hidrolítica no solo. O diacetato de fluoresceína (FDA) é hidrolisado por várias enzimas (lipases, proteases e esterases) das células vivas e, por esse motivo tem sido usado para avaliar a atividade microbiana nas amostras de solo. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a atividade enzimática de um solo de Tabuleiro Costeiro submetido a diferentes manejos de coberturas vegetais, comparada ao manejo convencional do produtor, em plantio de laranja 'Pêra' na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA. Foram realizadas coletas de solo ao longo dos meses de abril (início das chuvas), setembro (final das chuvas) e dezembro (período seco) de 2002, na profundidade de 0-10 cm. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, constituídos de 6 tratamentos com quatro repetições, em esquema de parcela subdividida no tempo. A parcela foi constituída por um fatorial 6 x 2, em que se estudou os seis manejos, em dois locais (linha e entrelinha do plantio de citros). Na subparcela foram avaliados os efeitos das três épocas de avaliação e suas interações com os tratamentos da parcela. Para a análise de variância utilizou-se o programa estatístico SAS (2000). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Os resultados obtidos indicaram que a atividade enzimática é influenciada pela variação estacional, sendo que a maior atividade enzimática foi observada no mês de abril.

Termos de indexação: manejo do solo, citros, cobertura vegetal, atividade enzimática, FDA

**FLUORESCEIN DIACETATE HYDROLYSIS AS AN INDICATOR OF
MICROBIAL ACTIVITY IN A SWEET ORANGE cv `PERA` ORCHARD IN THE
TABLE LAND SOIL OF BAHIA**

ABSTRACT

The fluorescein diacetate hydrolysis is a relatively recent and efficient method to evaluate the soil hydrolysis activity. The fluorescein diacetate (FDA) is hydrolyzed by several enzymes (lipases, proteases e esterases) from living cells, and for that reason, it has been used to measure microbial activity in soil samples. The present work had the objective of evaluating the enzyme activity of a Coastal Table Land soil, under different management practices with ground cover crops, compared to the conventional local farmers management system, in an orchard of sweet orange cv `Pera` in the Lagoa do Coco farm, in the county of Rio Real, State of Bahia, Brazil. Soil samples were collected at a depth of 0-10 cm at three sampling dates; April (beginning of the raining season), September (end of the raining season), and December (dry season) of the year 2002. The experimental design was in randomized blocks with four repetitions, and six treatments in a split-plot arrangement in time. The main plot was formed by a factorial arrangement 6 x 2, with 6 soil management systems and two sampling sites (rows and between citrus planting rows). For the subplots, it was evaluated the effect of the sampling dates and its interaction with the treatments of the main plots. The analysis of variance was performed with the statistical computer software SAS (2000). The comparison of means was performed by the test of Tukey at 5% probability. The results obtained indicate that the enzymatic activity is affected by the climatic seasonal variation, being highest in the month of April.

Terms for indexation: soil management, citrus, ground cover crops, enzymatic activity, FDA

INTRODUÇÃO

Com uma área plantada de aproximadamente 50 mil hectares, a Bahia ocupa o terceiro lugar como produtor de citros do Brasil (IBGE, 2003). Os plantios estão situados na faixa litorânea do Nordeste brasileiro, em solos de Tabuleiros Costeiros, nos quais predominam Latossolos Amarelos distróficos, álicos, coesos com textura média. Esses solos caracterizam-se pela baixa capacidade de retenção de água, baixos teores de argila e de matéria orgânica e pelo adensamento que ocorre nos horizontes AB e Ba (Carvalho, 2000; Rezende, 2000).

O solo quando não está sendo cultivado e submetido a práticas culturais, mantidos sob vegetação nativa, permanece com suas características físicas, químicas e biológicas quase inalteradas ao longo do tempo. Quando sob cultivo, a conservação do solo é mais difícil, pois para manter a produtividade das culturas e a propriedade do solo próxima de sua condição sob vegetação nativa, é necessário a utilização de sistemas de manejo com capacidade de controlar a erosão e a degradação dessas propriedades.

A hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA), é um método relativamente novo que avalia a atividade hidrolítica. Esse método baseia-se na sua hidrólise por células microbianas viáveis que avalia a atividade enzimática. Essa hidrólise do FDA é realizada por várias enzimas (lipases, proteases e esterases) das células vivas e tem sido usada para avaliar a atividade microbiana nas amostras de solo (Ghini et al., 1998; Alencar & Costa, 2000). De acordo com Ghini (1998), a fluoresceína permanece na célula causando fluorescência intracelular que pode ser visualizada por microscopia de fluorescência ou quantificada por fluorometria ou espectrofotometria. Atualmente, a atividade enzimática é considerada como um indicador da qualidade do solo devido à sua participação nos processos biológicos e bioquímicos fundamentais para a manutenção da sustentabilidade e funcionalidade do ecossistema (Dick, 1996). Também destacando a importância da qualidade do solo, Santana & Bahia Filho, (1998) citam que a qualidade do solo é a capacidade do solo de exercer várias funções, dentro dos limites do uso da terra e do ecossistema, para sustentar a produtividade biológica, manter ou

melhorar a qualidade ambiental e, conseqüentemente, contribuir para a saúde das plantas, dos animais e dos humanos.

A atividade enzimática pode indicar alterações sobre processos metabólicos específicos e, juntamente com outras medidas como a evolução de CO₂, contribui para uma melhor compreensão sobre o efeito de agroquímicos, práticas de cultivo e fatores ambientais sobre a atividade microbiana do solo (Marchiori et al. 1999). As atividades do solo são agrupadas, conforme sua função no solo, em oxi-redutases, hidrolases, transferases, lipases, isomerases e ligases (Moreira & Siqueira, 2002), e dentre estes grupos, as oxi-redutases e hidrolases parecem predominar no solo. As hidrolases são enzimas extracelulares que transformam macromoléculas em pequenos compostos e a despolimerização de carboidratos e proteínas com a mineralização de seus produtos (C e N) é de especial importância no ciclo biológico do carbono e nitrogênio do solo (Burns, 1983). Neste grupo, encontram-se a β -glicosidase, urease e fosfatase, sendo o produto desta hidrólise importante fonte de energia para os microrganismos do solo. Para Eivazi & Tabatabai (1988), a β -glicosidase geralmente correlaciona-se positivamente com o teor de carbono orgânico do solo que é um discriminador sensível dos efeitos do manejo em um curto espaço de tempo, ou seja, menor que dois anos. De acordo com Moreira & Siqueira (2002), várias atividades enzimáticas podem ser medidas no solo "in situ" ou "ex-situ". Estes métodos sempre envolvem a incubação do solo em condições adequadas de temperatura e umidade para que a atividade possa ocorrer e os produtos dessas reações podem ser analisados por vários métodos dependendo da sua natureza química. Na maioria dos casos, o grupo fisiológico de microrganismos responsáveis pela atividade microbiana é composto de várias espécies pertencentes a diferentes grupos filogenéticos. Assim, deve-se proporcionar condições ambientais adequadas para a população alvo. A atividade microbiana total é um parâmetro considerado bom para a avaliação da "organic matter turnover" visto que 90% do fluxo de energia passa pelos decompositores microbianos. A técnica para avaliação da atividade microbiana deve ser não-específica e sensível e o período de incubação necessário deve ser curto (Schnurer & Rosswall, 1982). O presente trabalho teve por objetivo avaliar a atividade enzimática de um solo de Tabuleiro Costeiro submetido a diferentes manejos de coberturas vegetais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no período de abril a dezembro de 2002, em um Latossolo Amarelo distrófico álico coeso de textura média dos Tabuleiros Costeiros, cultivado com laranja 'Pêra' (*Citrus sinensis* (L) Osbeck), com cinco anos de idade na Fazenda Lagoa do Coco, município de Rio Real, BA (latitude: 11°20' S, longitude: 37°8' W). A precipitação total mensal referente ao período compreendido entre janeiro 2002 a dezembro 2002, variou de 44 a 275 mm, com precipitação anual de 1340 (Figura 1).

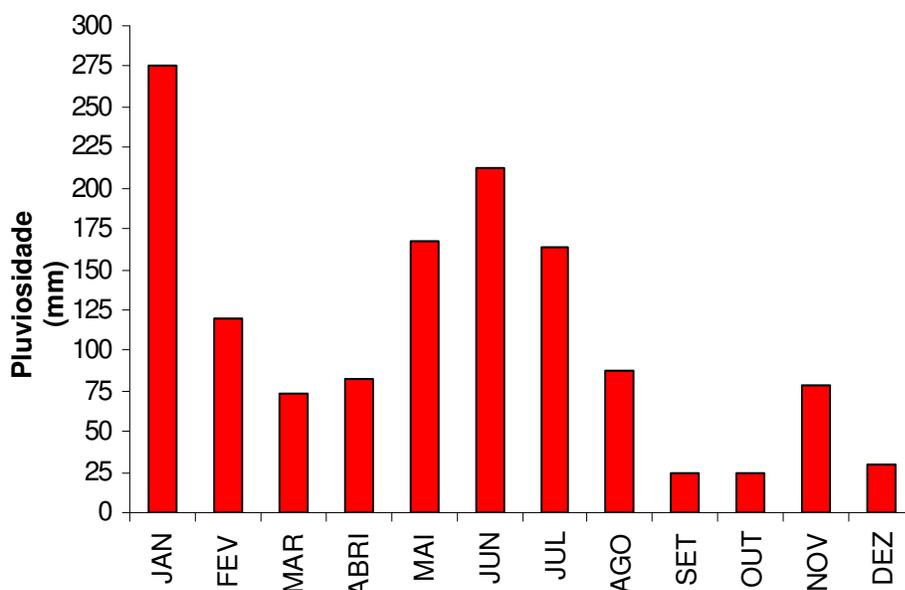


Figura 1. Precipitação total mensal do período de janeiro a dezembro 2002, Estação Climatológica da Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real - BA.

Segundo a classificação de Köppen, essa área representa uma extensão das condições atmosféricas predominantes no Litoral Norte do Estado da Bahia, caracterizando-se, em sua maior parte, como “de transição ambiental” entre a faixa costeira úmida e o sertão semi-árido (CEI,1994).

Os tratamentos utilizados foram: 1-capina nas linhas, grade nas entrelinhas na época seca e roçadeira na época das águas (manejo convencional); 2-glifosate nas linhas e a sucessão feijão-de-porco/milheto nas entrelinhas e subsolagem; 3-glifosate em área total 2 vezes ao ano; 4-glifosate nas linhas e a vegetação roçada por todo o ano e no outro ano feijão-de-porco plantado em

plântio direto nas entrelinhas dos citros e subsolagem 5-glifosate nas linhas e feijão-de-porco nas entrelinhas; 6-Roçadeira em área total nas linhas e entrelinhas dos citros sempre que necessário. Cada parcela foi composta por 32 plantas, das quais 6 úteis, em espaçamento de 6 x 4 m. Foram coletadas dez subamostras de solo em três estações do ano: outono (abril), inverno (setembro) e verão/2002 (dezembro), respectivamente, nas linhas e entrelinhas do pomar na profundidade de 0-10 cm, com auxílio de um trado. As subamostras foram homogeneizadas para constituir uma amostra composta de cada tratamento e repetição. Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em câmara fria (5 °C) até serem processadas.

Hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA)

Este método baseia-se na hidrólise do diacetato de fluoresceína por células microbianas viáveis (Diack, 1997). De cada amostra composta foram retiradas 3 subamostras de 1,0 g de solo, livre de resíduos orgânicos. As subamostras foram colocadas em frascos de vidro de 100 mL, adicionou-se 20 mL do tampão fosfato de sódio 60 mM (pH 7,6) e estes foram agitados por 15 minutos a 100 rpm, a temperatura de 25 °C (câmara incubadora Shaker). Após a agitação, adicionou-se 100 µ L da solução estoque de FDA (4,8mM) em todas as amostras, exceto nas amostras controle. Agitou-se por 1 hora e 45 minutos a 100 rpm e 25 °C. Após esse período, retirou-se 8 mL da suspensão sobrenadante e adicionou-se 20 mL de acetona para interromper a reação de hidrólise. A suspensão foi centrifugada por 8 minutos a 5600 rpm e filtrada em papel de filtro (Whatman nº 4). A densidade ótica foi lida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 490nm, para a determinação da quantidade de fluoresceína hidrolisada. Para a determinação da concentração de fluoresceína produzida nas amostras, foram utilizadas soluções de fluoresceína (C₂₀H₁₀Na₂O₅ Sigma F6377), nas concentrações de 0, 10, 20, 40, 80, 120, 200, 300 µg.

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcela subdividida no tempo. A parcela foi constituída por um fatorial 6 x 2, em que se estudou os seis manejos, em dois locais, totalizando 12 tratamentos. Na subparcela foram avaliados os efeitos das

três épocas de avaliação e suas interações com os tratamentos da parcela. O esquema da análise de variância é apresentado no Anexo B. A análise de variância foi realizada com o programa estatístico SAS (2000). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Encontram-se em anexo, figuras referentes aos manejos utilizados no plantio de laranja 'Pêra' (área experimental).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade hidrolítica do FDA variou significativamente em função dos manejos do solo e das épocas de avaliação. Houve interação significativa entre manejos e locais de avaliação (Tabela 1). Os valores da atividade hidrolítica do FDA variaram de 31,94 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo a 48,35 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo, sendo significativamente superiores para os tratamentos 5 e 6, seguido pelos tratamentos 4 e 2, e mostrando-se significativamente mais baixa no tratamento 1 e 3, na linha de plantio. Nas entrelinhas, o tratamento 3 diferiu significativamente dos demais tratamentos, com exceção do tratamento 4 (Tabela 1). Os menores valores para a atividade enzimática foram observados no tratamento T3 (linha e entrelinha).

Tabela 1. Efeito dos diferentes manejos de coberturas vegetais na atividade enzimática (FDA), na profundidade de 0–10 cm nas linhas e entrelinhas do plantio de citros no município de Rio Real – BA, 2002.

Manejos	Locais		Médias
	Linha	Entrelinha	
	mg F h ⁻¹ Kg ⁻¹ solo		
1	36,80 b c B	46,67 a A	41,74 a
2	45,28 a b A	44,99 a A	45,14 a
3	31,94 c A	34,42 b A	33,18 b
4	44,27 a b A	42,70 a b A	43,48 a
5	46,13 a A	45,02 a A	45,57 a
6	48,35a A	46,69 a A	47,52 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

T1-capina nas linhas, grade nas entrelinhas na época seca e roçadeira na época das águas (manejo convencional); T2- glifosate (Roundup) nas linhas e a sucessão feijão-de-porco/milheto nas entrelinhas e subsolagem; T3- glifosate em área total 2 vezes ao ano; T4 - glifosate nas linhas e a vegetação roçada por todo o ano e no outro ano feijão-de-porco plantado em plantio direto nas entrelinhas dos citros; e subsolagem T5- glifosate nas linhas e feijão-de-porco nas entrelinhas; T6-Roçadeira em área total nas linhas e entrelinhas dos citros sempre que necessário.

Os tratamentos 1 e 3 apresentaram valores inferiores na linha de plantio, comparado à entrelinha. Para os demais tratamentos, não foram observadas diferenças significativas entre os locais de amostragem.

Os maiores valores para a hidrólise de FDA foram obtidos para as amostragens realizadas no mês de abril de 2002, variando de 60,17 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo a 69,60 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo, e os menores valores foram observados nas amostragens do mês de setembro de 2002, variando de 29,78 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo a 34,73 mg F h⁻¹ Kg⁻¹ solo (Tabela 2). Esses resultados observados para a atividade hidrolítica de FDA nas amostras de solo coletadas em abril/2002 podem ser explicados devido ao fato da amostragem ter sido realizada no final da época seca, onde a temperatura estava mais elevada e início das águas com o aumento da umidade no solo, fatores que podem ter influenciado a atividade microbológica do solo. Mendes et al. (2000), ao avaliarem a atividade microbológica de solos sob vegetação nativa do Cerrado, pela atividade das enzimas β-glicosidase e sulfatase, encontraram na estação chuvosa o dobro dos níveis determinados na época seca. Costa & Godoi (2002), avaliando o FDA como indicador de qualidade de solos de áreas degradadas, recuperadas e nativas do Cerrado, observaram que o verão foi a estação em que todos os ecossistemas apresentaram a maior atividade microbológica.

A atividade enzimática é influenciada pela variação estacional que depende de fatores como umidade, temperatura, tipo de solo, manejo de solo, vegetação e microbiota (Rastin et al. 1988; Vasconcelos, 1998).

Tabela 2. Atividade hidrolítica do FDA em função de diferentes sistemas manejos em três épocas de amostragem de um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros na profundidade de 0-10 cm Rio Real, BA.

Manejos	Épocas		
	Abril/2002	Setembro/2002	Dezembro/2002
	(mg F h ⁻¹ kg ⁻¹ solo)		
1	60,17 a A	29,78 a B	35,26 a B
2	63,60 a A	33,17 a B	38,64 a B
3	-	31,12 a A	35,24 a A
4	63,50 a A	30,81 a B	36,14 a B
5	66,88 a A	32,07 a B	37,76 a B
6	69,60 a A	34,73 a B	38,27 a B
Médias	65,12 A	32,61 B	38,09 B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

Apesar dos manejos não diferirem estatisticamente dentro de cada época estudada, verifica-se diferença significativa da atividade enzimática total em função da época de avaliação (Figura 2).

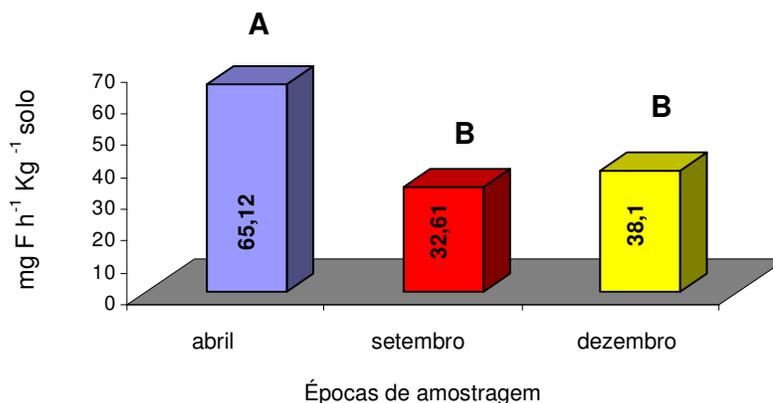


Figura 2 – Caracterização da atividade microbológica (FDA) em função das épocas de amostragem, de um Latossolo Amarelo álico coeso, na profundidade de na 0-10 cm da Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real – BA 2002

CONCLUSÕES

- A atividade enzimática foi influenciada pela variação estacional;
- A maior atividade enzimática foi observada no mês de abril;

LITERATURA CITADA

ALENCAR, F.N.C; COSTA, J.L.S. Impacto da fumigação na biomassa e atividade microbiológica dos solos In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 33., Belém. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.359.

BURNS, R.G. Extra cellular enzyme-substract interections in soil. In: SLATER, J.H.; WHITTENBURY, R.; WINPENNY, W.T. (Eds) Microbes in their natural environments. Cambridge: Cambridge University Press, 1983. p.249-298.

CARVALHO, J.E.B. de. Manejo do solo em pomares. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – PRODUÇÃO INTEGRADA, 6., 2000, Bebedouro, SP. **Anais...** Bebedouro, SP: Fundação Cargill, 2000. p.107-146.

CENTRO DE ESTATÍSTICA E INFORMAÇÕES - CEI. Perfis regionais: Litoral Norte. Salvador, 1994.

COSTA, L.J. & GODOI, L.C. Hydrolysis of fluorescein diacetate as a soil quality indicator in different pasture systems. In: INTERNATIONAL TECHNICAL WORKSHOP ON BIOLOGICAL MANAGEMENT OF SOIL ECOSYSTEMS FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE. Londrina, 2002. EMBRAPA, 2002, p.83.

DIACK, M. Relationships between soil biological and chemical characteristics and surface soil structural properties for use in soil quality. Purdue: Purdue University, 1997. p. 221 (Tese de doutorado).

DICK, R.P.; BREAKELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN et

al. (ed.). Methods for assessing soil quality. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.247-272.

EIVAZI, F.& TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases in soils. Soil Biology and Biochemistry, Oxford,. 20: P. 601 – 606, 1988.

GHINI,R.; MENDES; M.D.L.; BETTIOL, W.. Método de hidrólise de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. Summa Phytopathologica. Jaquariúna, 24:239-241, 1998.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em:< <http://www.sidra.ibge.gov.br>> . Acesso em: 06 mar. 2003.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. Carbono, Carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 23: 257-263, 1999.

MENDES, I.C.; VIVALDI, L.; SANTANA, M.S. Propriedades microbiológicas de solos do bioma cerrado sob vegetação nativa. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Fertbio 2000**. Santa Maria : SBCS, 2000. CD ROM.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras, UFLA, 2002. 626p.

RASTIN, N.; ROSENPLANTER, K.; HUTHERMAN, A. Seasonal variation of enzyme activity and their dependence em certain soil factors in a beech forest soil. Soil Biology and Biochemistry, Oxford, 20: 637-642, 1988.

REZENDE, J. de O. **Solos coesos dos Tabuleiros Costeiros**: limitações agrícolas e manejo. Salvador: SEAGRI – SPA, 2000. 117p. (Série estudos agrícolas, 1).

SANTANA, D.F. & BAHIA FILHO, A. F. C. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998. Montpellier: ISSS, 1998. CD - ROM

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT User's Guide. v. 8.0. Vols. I, II and III. Cary NC: SAS Institute, Inc., 2000.

SCHNURER, J E ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied and environmental Microbiology**, v. 43, n. 6, p. 1256-1261, 1982.

VASCONCELOS, C.A. Manejo do solo e a atividade microbiana em Latossolo Vermelho-Escuro da região de Sete Lagoas, MG. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 3: 1897-1905, 1998.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os atributos microbianos aliados ao teor de carbono orgânico do solo podem ser utilizados para se avaliar o grau de sustentabilidade de um sistema agrícola por serem indicadores sensíveis da qualidade do solo.

A atividade microbiana está diretamente ou indiretamente relacionada à qualidade de um solo, seja por seu efeito sobre a degradação e modificação da matéria orgânica, na formação da estrutura dos agregados assim como na contribuição para produção de biomassa tanto microbiana como vegetal.

Os resultados deste trabalho indicam que diferentes manejos do solo não influenciaram o carbono da biomassa microbiana do solo (BMS-C), independentemente da época e local de amostragem. Os maiores valores de respiração microbiana e o quociente metabólico foram obtidos na época seca e de elevada temperatura e nas entrelinhas do plantio de citros. Nas condições avaliadas neste trabalho, as características químicas do solo e as variáveis C-biomassa microbiana do solo e respiração microbiana do solo, mostraram que um período apenas de dois anos dos manejos estudados foi curto para evidenciar impactos desses tratamentos em relação ao manejo convencional.

As enzimas do solo são em sua maioria de origem microbiana e podem estar associados a células viáveis ou não, já que algumas enzimas permanecem catalíticas em restos celulares, na solução do solo ou complexadas com argilas ou colóides orgânicos do solo (Knoepp et al. 2000). As enzimas podem ser utilizadas como indicadores de qualidade do solo, quando associadas por exemplo, a ciclagem de carbono e nitrogênio. A análise da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) pode representar o potencial da atividade enzimática do solo, já que diferentes enzimas como proteases, lipases e esterases podem hidrolizar o FDA (Dick et al., 1996). Os resultados encontrados nos solos dos Tabuleiros Costeiros, sob diferentes manejos, indicam que a atividade enzimática é influenciada pela variação estacional, sendo maior no mês de abril.

Recomenda-se que trabalhos nessa linha sejam continuados por mais tempo, permitindo que os manejos testados possam expressar melhor suas interferências nas melhorias das propriedades físicas e, conseqüentemente, químicas e microbiológicas dos solos de Tabuleiros Costeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DICK, R.P.; BREAKELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN et al. (Eds.). **Methods for assesseing soil quality**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.247-272.

KNOEPP, J.D. et al. Biologycal indices of soil quality: an ecosystem case study of their use. **Forest Ecol. Mange**, v.138, p.357-368, 2000.

ANEXOS

ANEXO A. Análise de variância para as variáveis C-BIOM, RESP e qCO₂ do experimento - Fazenda Lagoa do Coco, Rio Real-BA, 2002.

FV	GL	QM		
		C-BIO	RESP	QCO ₂
Blocos	3	1.586.558,79**	3,87**	42,24**
Manejos	5	49.967,79 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,84 ^{ns}
Locais	1	313.309,44 ^{ns}	16,53**	35,54*
Manejos × Locais	5	103.682,00 ^{ns}	0,78 ^{ns}	6,60 ^{ns}
Adicionais	1	397.54 ^{ns}	0,11 ^{ns}	5,42 ^{ns}
Fatorial vs. Adicionais	1	5.912,77 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,67 ^{ns}
Erro a	39	136.312,05	0,53	6,47
Épocas	2	161.571,75 ^{ns}	8,10**	13,03 ^{ns}
Manejos × Épocas	9	68.431,54 ^{ns}	0,22 ^{ns}	3,02 ^{ns}
Locais × Épocas	2	171.169,75 ^{ns}	4,50**	35,51**
Manejos × Locais × Épocas	9	74.987,84 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,72 ^{ns}
Adicionais × Épocas	2	263.561,21 ^{ns}	0,92 ^{ns}	16,77 ^{ns}
Erro b	78	121.569,66	0,56	6,41
CV (%)		45,33	35,17	70,88
Média Geral		769,17	2,13	3,57

** e * Significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. ^{ns} não significativo

ANEXO B. Esquema de análise de variância para a atividade enzimática (FDA) do delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida no tempo com fatorial mais tratamento adicional na parcela.

FV	GL
Blocos	3
(Tratamentos)	(13)
Manejos	5
Locais	1
Manejos × Locais	5
Adicionais	1
Fatorial vs. Adicionais	1
Resíduo a = blocos × Tratamentos	39
(Parcelas)	(55)
Épocas	2
(Tratamentos × Épocas)	(26)
Manejos × Épocas	10
Locais × Épocas	2
Manejos × Locais × Épocas	10
Adicionais × Épocas	2
Resíduo b	84
(Subparcelas)	(167)

ANEXO C. Respiração microbiana do solo em função de diferentes manejos da cobertura vegetal, nas linhas e entrelinhas do plantio de citros na profundidade de 0-10 cm em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA.

Manejos	Locais		Médias
	Linha	Entrelinha	
1	1,73 a A	2,21 a A	1,97 a
2	1,73 a A	2,30 a A	2,01 a
3	1,63 a B	2,86 a A	2,25 a
4	1,64 a B	2,81 a A	2,22 a
5	1,83 a B	2,46 a A	2,14 a
6	1,99 a A	2,28 a A	2,14 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

ANEXO D. Valores médios para a respiração microbiana do solo em função do local de amostragem (linhas e entrelinhas) do plantio de citros, em três épocas estudadas, em um Latossolo Amarelo Coeso dos Tabuleiros Costeiros, Rio Real, BA, 2002.

Locais	Épocas			Médias
	Abril 2002	Agosto 2002	Dezembro 2002	
Linha	1,59 a A	1,867 b A	1,81 b A	1,77 b
Entrelinha	1,65 a C	2,41 a B	3,2 a A	2,46 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade.

ANEXO E. Figuras referentes área do experimento - Fazenda Lagoa do Coco-Rio Real-BA, 2002



Figura A. Detalhe da camada coesa, mostrando aspecto do sistema radicular superficial da laranja 'pêra' - sistema do produtor (convencional)



Figura B. Preparo do solo nas entrelinhas do plantio.



Figura C. Plantio de feijão de porco e milho nas entrelinhas da laranja 'pêra', utilizado para auxiliar o rompimento da camada coesa e como cobertura vegetal protetora do solo.



Figura D. Vegetação nativa nas entrelinhas do plantio da laranja 'pêra'



Figura E. Dessecamento do mato com herbicida nas linhas



Figura F. Detalhe do feijão de porco utilizado nas entrelinhas de plantio,

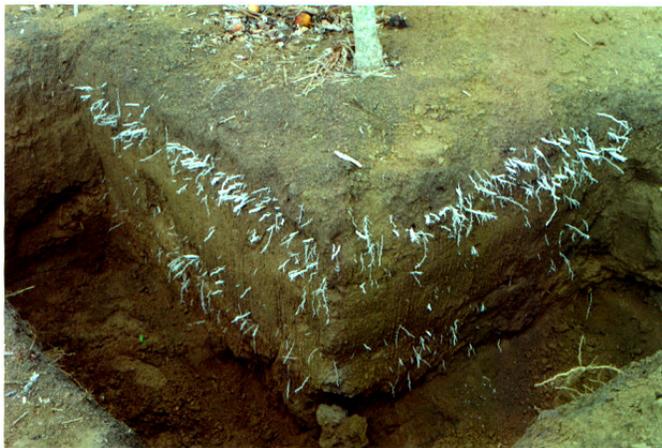


Figura G. Vista frontal do aspecto do sistema radicular da laranja 'pêra' após manejo do solo