

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Arroz e Feijão  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*** 35

## **Avaliação de Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo em Unidades Piloto de Produção Integrada de Feijoeiro Comum**

Adriano Moreira Knupp  
Enderson Petrônio de Brito Ferreira  
Augusto César de Oliveira Gonzaga  
Flávia Rabelo Barbosa Moreira

Santo Antônio de Goiás, GO  
2010

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Arroz e Feijão**

Rodovia GO 462 - Km 12 - Zona Rural - Caixa Postal 179

75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Fone: (62) 3533 2123

Fax: (62) 3533 2100

www.cnpaf.embrapa.br

sac@cnpaf.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Presidente: *Luís Fernando Stone*

Secretário-Executivo: *Luiz Roberto Rocha da Silva*

Membros: *Flávia Aparecida de Alcântara*

*Murillo Lobo Junior*

Supervisão editorial: *Camilla Souza de Oliveira*

Revisão de texto: *Camilla Souza de Oliveira*

Normalização bibliográfica: *Ana Lúcia D. de Faria*

Tratamento de ilustrações: *Fabiano Severino*

Editoração eletrônica: *Fabiano Severino*

Foto da capa: *Sebastião Araújo*

**1ª edição**

Versão online (2010)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Embrapa Arroz e Feijão**

---

Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo em unidades piloto de produção integrada de feijoeiro comum / Adriano Moreira Knupp ... [et al.]. – Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 2010.

23 p. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9601 ; 35)

1. Feijão - Fosfatase ácida. 2. Biomassa microbiana. I. Knupp, Adriano Moreira. II. Embrapa Arroz e Feijão. III. Série.

---

CDD 635.652 (21. ed.)

© Embrapa 2010

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	9
<b>Objetivo</b> .....	11
<b>Material e Métodos</b> .....	11
<b>Resultados e Discussão</b> .....	13
<b>Conclusões</b> .....	19
<b>Referências</b> .....	20



# Avaliação de Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo em Unidades Piloto de Produção Integrada de Feijoeiro Comum

---

*Adriano Moreira Knupp<sup>1</sup>*

*Enderson Petrônio de Brito Ferreira<sup>2</sup>*

*Augusto César de Oliveira Gonzaga<sup>3</sup>*

*Flávia Rabelo Barbosa Moreira<sup>4</sup>*

## Resumo

Os indicadores biológicos de qualidade do solo têm desempenhado um papel importante na determinação dos impactos ambientais causados pelas atividades agrícolas sobre diferentes sistemas de produção e permitem o acompanhamento das alterações do solo em resposta às estratégias de manejo. Este trabalho teve como objetivo quantificar o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana, respiração basal, atividade enzimática total,  $\beta$ -glicosidase e fosfatase ácida de solos sob sistema de produção integrada comparados com o sistema de produção convencional. A produção convencional foi caracterizada por manejo convencional do solo e da cultura e a produção integrada por manejo do solo sob plantio direto e práticas menos impactantes para a cultura. Os resultados do primeiro ciclo de cultivo permitiram a detecção de pequenas diferenças, para os indicadores biológicos, entre os sistemas

---

<sup>1</sup> Biólogo, Mestre em Biotecnologia Vegetal, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, [adrianoknupp@cnpaf.embrapa.br](mailto:adrianoknupp@cnpaf.embrapa.br)

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, [enderson@cnpaf.embrapa.br](mailto:enderson@cnpaf.embrapa.br)

<sup>3</sup> Engenheiro agrônomo, analista da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, [augustocesar@cnpaf.embrapa.br](mailto:augustocesar@cnpaf.embrapa.br)

<sup>4</sup> Engenheira agrônoma, Doutora em Entomologia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO, [flaviarb@cnpaf.embrapa.br](mailto:flaviarb@cnpaf.embrapa.br)

de manejo estudados. Não obstante, a soma destes efeitos ao longo do tempo pode resultar da influência da adoção da produção integrada sobre esses indicadores, o que poderia ser detectado através de estudos de longo prazo.

**Termos para indexação:** biomassa microbiana, atividade enzimática total, fosfatase ácida,  $\beta$ -glicosidase.

# Assessment of the Biological Soil Quality Indicators on Experimental Units for Integrated Production System of Common Bean

---

## Abstract

*The biological soil quality indicators have played an important role on the determination of the environmental risks caused by agricultural activities over different production systems and, allow the monitoring of the soil changes in response to the management strategies. This work aimed to quantify the carbon and nitrogen of the microbial biomass, basal soil respiration, total enzymatic activity, beta-glycosidase and acid phosphatase of soils under integrated production system compared with conventional management system. The conventional management system was characterized by the conventional management for both soil and crop and, integrated production system by the no tillage management for soil and low-impact practices for crop management. The results for the first cropping season allowed detecting slight differences for the biological indicators between the studied management systems. Notwithstanding, the sum of these effect along the time may result on remarkable effects of the IP on the biological soil quality indicators, which could be possibly detected on a long-term study.*

**Index Terms:** *microbial biomass, total enzymatic activity, acid phosphatase,  $\beta$ -glucosidase.*





## Introdução

Desde o desenvolvimento da agricultura, o impacto humano sobre o solo provocado pela atividade agrícola vem sendo intensificado e, no século XXI, um dos grandes desafios da humanidade é o equilíbrio entre a manutenção do ambiente em que se vive e a obtenção de produtividades cada vez mais elevadas. Isso é a premissa do conceito de sustentabilidade, cada vez mais em voga.

Nas últimas décadas, a sociedade humana tem demandado alimentos e produtos agropecuários de origem em sistemas de produção que primem por uma exploração mais harmônica e menos nociva do solo. Nesta conjuntura, a partir da década de 1970, formulou-se o conceito de Produção Integrada (PI) que, na definição de Titi et al. (1995), é um sistema de exploração agrária que gera produtos de alta qualidade mediante o uso dos recursos naturais e mecanismos de regulação para minimizar o uso de insumos e contaminantes, assegurando uma produção agrária sustentável.

A Produção Integrada evoluiu no Brasil a partir do final da década passada com a adoção do sistema para frutas, acompanhando vizinhos sul-americanos como Argentina e Uruguai, que já haviam adotado o sistema.

Atualmente, no país, há programas coordenados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) que envolvem as mais variadas culturas de importância nacional, dentre elas o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), em projeto coordenado pela Embrapa Arroz e Feijão desde 2008.

A implantação de um modelo de produção integrada de feijão ainda é um desafio no que tange à elevação da qualidade do produto para o consumidor interno, bem como obtê-lo com potencial para alcançar mercados internacionais, viabilizando a obtenção do selo de certificação.

A Produção Integrada emprega tecnologias que permitem a aplicação de boas práticas agrícolas e o controle efetivo de todo o processo produtivo

por meio de instrumentos de monitoramento dos procedimentos e rastreabilidade em todas as etapas, desde a aquisição de insumos até a oferta do produto ao consumidor final. O objetivo deste monitoramento é a obtenção de produtos agrícolas seguros (isentos de resíduos químicos, físicos e biológicos) e produzidos dentro dos princípios de responsabilidade social e de menor agressão ao meio ambiente.

A qualidade de um solo é um parâmetro importante para o diagnóstico de impactos oriundos das práticas agrícolas, além de permitir o acompanhamento da evolução do solo em função de possíveis estratégias de manejo implantadas. Dentre os parâmetros de indicadores de qualidade do solo, a biomassa microbiana é um indicador biológico importante por sua capacidade em responder rapidamente às alterações no solo (SPEDDING et al., 2004). Essa capacidade responsiva deve-se ao fato de os microrganismos participarem diretamente da ciclagem de nutrientes, decomposição da matéria orgânica, estabilização física dos agregados (FRANZLUEBBERS et al., 1999) e serem a principal fonte de enzimas do solo, tornando-se responsáveis pela maioria da atividade biológica deste sistema (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Os principais responsáveis pelos processos de ciclagem de nutrientes e de formação e decomposição da matéria orgânica são os fungos, as bactérias, as algas e a microfauna, que atuam como fonte e dreno dos nutrientes necessários às plantas. Essa biomassa microbiana do solo (BMS) representa 2% a 5% do carbono orgânico do solo (JENKINSON; LADD, 1981) e de 1% a 5% do nitrogênio total do solo (SMITH; PAUL, 1990).

A BMS é uma estimativa da massa microbiana viva total, porém, não é uma estimativa da atividade dos microrganismos, sendo importante também avaliar variáveis que estimem essa atividade. Algumas dessas variáveis podem ser a respiração basal do solo (soma de todas as funções metabólicas nas quais o CO<sub>2</sub> é produzido e liberado) e a atividade enzimática, que pode ser mensurada em relação à atividade total ou de enzimas específicas.

Neste trabalho são apresentados os primeiros resultados das avaliações de BMS e da atividade enzimática do Projeto de Produção Integrada de Feijão Comum, iniciado em 2008, sob coordenação da Embrapa Arroz e Feijão.

## Objetivo

Obter valores comparativos para indicadores biológicos de qualidade do solo entre as áreas de produção convencional e produção integrada em quatro unidades piloto.

## Material e Métodos

Quatro unidades piloto foram instaladas em Cristalina, GO, região cujo tipo predominante de solo é o Latossolo Vermelho-amarelo (IBGE, 2011), no segundo trimestre de 2009. As propriedades foram escolhidas com base na tradição no cultivo de feijão irrigado por pivô central e na receptividade e empreendedorismo de seus proprietários. Foi avaliada a primeira safra de adoção do sistema de Produção Integrada em áreas de pivô, delimitadas conforme descrito em seguida, mantendo-se áreas de plantio convencional para contrastar os efeitos dos dois sistemas na mesma área.

Nas unidades IV (Fazenda Nossa Senhora Salete – S 16° 39' 42,7" / W 47° 34' 10,3") e II (Fazenda Gaspareto - S 17° 12' 21,6" / W 47° 26' 23,3"), três quadrantes dos pivôs (respectivamente de 100 ha e 86 ha) foram cultivados pelos respectivos produtores no sistema convencional, sendo o quarto quadrante cultivado de acordo com o preconizado pela equipe da PI Feijão Comum (PI). Nas unidades I (Fazenda Taquara - S 17° 06' 22,3" / W 47° 30' 3,5") e III (Fazenda Maringá – S 16° 5' 38,05" / W 47° 32' 47,8"), a metade dos pivôs (com 81 ha e 40 ha) foi conduzida no sistema de Produção Integrada (PI), enquanto a outra metade, em sistema de produção convencional. Nas Unidades I, II e IV foi utilizada a cultivar Pérola (grupo carioca), e a cultivar BRS Valente (grupo preto) foi semeada na Unidade III. As sementes, nas unidades I e III, foram tratadas com os fungicidas Sumilex/Cecobin (150 g / 100 kg sementes) e, nas unidades II e IV, foram tratadas com os fungicidas Maxim XL

(200 mL/100 kg sementes) e Spectro (35 ml/100 kg sementes), para o controle de fungos do solo; com o inseticida Cruiser 350 FS (350 mL/100 Kg sementes), visando principalmente o controle da mosca-branca nos seus estádios iniciais; além do agente de controle biológico *Trichoderma* sp.

As unidades piloto foram implantadas no sistema de plantio direto, isto é, o revolvimento do solo ocorreu apenas no sulco. Antecedendo a semeadura, foi realizada a dessecação das plantas daninhas e/ou plantas remanescentes da cultura anterior (capim colchão – *Digitaria ciliaris*, unidade I; milho – *Zea mays*, unidades II e IV; braquiária – *Brachiaria ruziziensis*, unidade III). Já nas unidades em produção convencional, o sistema de plantio empregado foi também o convencional, ou seja, com aração e gradagem.

Das áreas cultivadas sob plantio convencional e PI, ao final do ciclo de cultivo, foram coletadas amostras de solo, em quatro repetições, à profundidade de 0 cm - 20 cm, além de quatro amostras, na mesma profundidade, de solo de mata nativa próxima aos quadrantes para servir de referência não cultivada às análises de qualidade do solo. As amostras foram transportadas em sacos plásticos para a Embrapa Arroz e Feijão (Laboratório de Biologia do Solo) e acondicionadas sob refrigeração para análises posteriores. Na análise laboratorial, a partir de cada amostra de quadrante, e de mata, foram geradas três subamostras para avaliação da atividade enzimática e seis subamostras (três fumigadas e três não fumigadas) para quantificação da biomassa microbiana (carbono e nitrogênio).

Em todas as unidades piloto foram analisados os componentes relativos à biomassa microbiana. Para quantificação do Carbono ( $C_{mic}$ ) e do Nitrogênio da Biomassa Microbiana ( $N_{mic}$ ), cada amostra foi peneirada em malha de 2 mm e subdividida em sextuplicatas de 20 g cada, sendo três submetidas à fumigação com clorofórmio e as outras três não fumigadas. A determinação do  $C_{mic}$  seguiu o método da fumigação-extração proposto por Vance et al. (1987). Os extratos de solo foram obtidos com  $K_2SO_4$  0,5 M e o fator de correção (kc) utilizado foi 0,33 (TATE et al., 1988). Após digestão, o carbono foi determinado por

titrimetria com sulfato ferroso amoniacal  $0,0333 \text{ mol L}^{-1}$ . A partir dos extratos obtidos com  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $0,5 \text{ M}$ , o  $\text{N}_{\text{mic}}$  foi determinado, após digestão pelo processo Kjeldahl, por titrimetria com ácido sulfúrico ( $0,0025\text{M}$ ), conforme descrito por Brookes et al. (1985).

A Respiração Basal do Solo (RBS) foi determinada de acordo com o descrito por Jenkinson e Powlson (1976), onde três subamostras de 20 g cada foram acondicionadas em frascos de 100 mL e incubadas por sete dias ( $28^\circ\text{C}$ ) em frascos de vidro com volume de 500 mL. Junto às subamostras foram colocados frascos com 10 mL da solução NaOH (1M), que atua como capturadora do  $\text{CO}_2$  liberado pela atividade microbiana. Após esse período, foram utilizados 2 mL de  $\text{BaCl}_2$  (10%) para precipitar o  $\text{CO}_2$  e o excesso de NaOH foi titulado com HCl ( $0,5 \text{ M}$ ). O Quociente Metabólico ( $\text{qCO}_2$ ) foi calculado seguindo o proposto por Anderson e Domsch (1990).

Para as unidades III e IV, a atividade enzimática (Tabelas 4 e 6) também foi avaliada. Nas avaliações de atividade enzimática total utilizou-se o método da hidrólise de diacetato de fluoresceína, proposto por Ghini et al. (1998), e a avaliação da atividade da  $\beta$ -Glicosidase e da Fosfatase Ácida seguiu o exposto por Tabatabai (1994). A atividade enzimática foi determinada através da incubação do solo com substratos específicos para Atividade Enzimática Total,  $\beta$ -Glicosidase e Fosfatase Ácida e medida espectrofotometricamente. Os conjuntos dos dados obtidos foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F (delineamento inteiramente casualizado) e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

A quantidade e a composição da BMS são influenciadas por diversos fatores, entre os quais o sistema de cultivo (PEREZ et al., 2004). A Tabela 1 demonstra que o valor médio de  $\text{C}_{\text{mic}}$  encontrado na unidade piloto I (fazenda Taquara) para a área de mata foi maior que nas áreas sob plantio convencional e produção integrada. A área onde se realizou a produção integrada apresentou mais do que o dobro da  $\text{C}_{\text{mic}}$

em comparação com a área sob plantio convencional, sem, entretanto, haver diferença estatisticamente significativa. Já os valores de  $N_{mic}$  apresentaram a mesma tendência observada para  $C_{mic}$ , entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa entre as três áreas.

**Tabela 1.** Resultados dos valores médios obtidos para Carbono da Biomassa Microbiana ( $C_{mic}$ ), Nitrogênio da Biomassa Microbiana ( $N_{mic}$ ), Respiração Basal do Solo (RBS) e o Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ) para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) para a unidade piloto I (fazenda Taquara), localizada em Cristalina, GO.

Área	$C_{mic}$	$N_{mic}$	RBS	$qCO_2$
Produção Integrada	271,87 b	45,54 a	0,30 a	1,24 b
Produção Convencional	110,29 b	18,13 a	0,31 a	2,51 a
Mata	552,62 a	54,24 a	0,16 a	0,36 b

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott\_Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic}$  = mg  $C_{mic}$   $kg^{-1}$  solo;  $N_{mic}$  = mg N.Kg solo seco<sup>-1</sup>; RBS = mg de C-CO<sub>2</sub>/kg solo/hora;  $qCO_2$  = mg C-CO<sub>2</sub>/g  $C_{mic}$ /hora

Tendência de incremento no  $C_{mic}$  apresentada nesta unidade piloto já foi relacionada em trabalhos anteriores, onde as formas de cultivo menos agressivas tendem a apresentar significativo incremento ou menor impacto na biomassa microbiana (D'ANDRÉA et al., 2002; SILVA et al., 2007; FERREIRA et al., 2010). Todavia, esses resultados para diferentes culturas, inclusive feijão (D' ANDREA et al., 2002), são relacionados a vários ciclos de plantio. A tendência ao incremento do  $C_{mic}$  apresentada nesta unidade é um bom indicativo, tratando-se da avaliação de apenas um ciclo da cultura sob Sistema de Produção Integrada.

O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) consiste na razão entre a respiração basal por unidade de biomassa microbiana do solo por unidade de tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1993) e o valor médio mais elevado obtido para este indicador em áreas de PC indica uma menor eficiência microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1993; REIS et al., 2008), sugerindo que possa haver maior impacto desse sistema de manejo sobre os microrganismos do solo.

Na unidade piloto II (fazenda Gaspareto), o valor médio de  $C_{mic}$  encontrado na área de mata foi muito superior aos encontrados nas áreas manejadas (Tabela 2), entretanto, os valores médios obtidos para as áreas sob produção convencional e integrada ficaram muito próximos, o mesmo ocorrendo para  $N_{mic}$ , RBS e  $qCO_2$ , evidenciando mais proximidade entre os dois sistemas do que diferenças. Tal representação pode ser reflexo de uma grande estabilidade da população microbiana, fruto da homogeneidade da área, demonstrando que, neste caso, para esses indicadores, se houverem mudanças provocadas pela adoção da produção integrada, estas poderão ser percebidas ao longo do tempo de avaliação, contrariando Alvarez et al. (1995), que afirmaram que a biomassa microbiana apresenta respostas rápidas a alterações no manejo do solo. Numa área cultivada com soja no sistema convencional por 20 anos, Perez et al. (2004) detectaram diferença significativa nos teores de  $C_{mic}$  ao manejar uma parte desta área, de três formas distintas, apenas num ano agrícola.

**Tabela 2.** Resultados dos valores médios obtidos para Carbono da Biomassa Microbiana ( $C_{mic}$ ), Nitrogênio da Biomassa Microbiana ( $N_{mic}$ ), Respiração Basal do Solo (RBS) e o Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ) para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) para a unidade piloto II (fazenda Gaspareto), localizada em Cristalina, GO.

Área	$C_{mic}$	$N_{mic}$	RBS	$qCO_2$
Produção Integrada	228,42 b	26,93 a	0,40 a	2,17 a
Produção Convencional	201,13 b	27,84 a	0,47 a	3,11 a
Mata	552,62 a	54,24 a	0,66 a	1,47 a

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic}$  = mg  $C_{mic}$   $kg^{-1}$  solo;  $N_{mic}$  = mg N.Kg solo seco<sup>-1</sup>; RBS = mg de  $C-CO_2/kg$  solo/hora;  $qCO_2$  = mg  $C-CO_2/g$   $C_{mic}/hora$

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que, na unidade III (fazenda Maringá), os valores de  $C_{mic}$  encontrados foram iguais para as três áreas avaliadas - PI, PC e mata-, com significativa diferença entre os valores de  $N_{mic}$  da área de mata e os dois sistemas de cultivo, sendo o valor do  $N_{mic}$  em área de mata superior ao encontrado em PI e PC.

Exceto pelos teores de  $N_{mic}$ , que separaram mata das duas áreas manejadas, nenhum outro indicador foi capaz de estabelecer diferenças entre as áreas.

**Tabela 3.** Resultados dos valores médios obtidos para Carbono da Biomassa Microbiana ( $C_{mic}$ ), Nitrogênio da Biomassa Microbiana ( $N_{mic}$ ), Respiração Basal do Solo (RBS) e o Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ) para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) para a unidade piloto III (fazenda Maringá), localizada em Cristalina, GO.

Área	$C_{mic}$	$N_{mic}$	RBS	$qCO_2$
Produção Integrada	229,62 a	11,99 b	0,37 a	1,60 a
Produção Convencional	239,72 a	14,01 b	0,40 a	1,98 a
Mata	263,22 a	52,36 a	0,43 a	2,98 a

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic}$  = mg  $C_{mic}$   $kg^{-1}$  solo;  $N_{mic}$  = mg N.Kg solo seco<sup>-1</sup>; RBS = mg de C-CO<sub>2</sub>/kg solo/hora;  $qCO_2$  = mg C-CO<sub>2</sub>/g  $C_{mic}$ /hora

**Tabela 4.** Resultados dos valores médios obtidos para Atividade Enzimática Total (AET),  $\beta$ -Glicosidase e Fosfatase Ácida para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) na unidade piloto III (fazenda Maringá), localizada em Cristalina, GO.

Área	AET	$\beta$ -Glicosidase	Fosfatase Ácida
Produção Integrada	165,33 a	112,98 a	233,09 b
Produção Convencional	132,89 a	47,97 c	225,61 b
Mata	288,92 a	70,04 b	516,26 a

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott- Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic}$  = mg  $C_{mic}$   $kg^{-1}$  solo;  $N_{mic}$  = mg N.Kg solo seco<sup>-1</sup>; RBS = mg de C-CO<sub>2</sub>/kg solo/hora;  $qCO_2$  = mg C-CO<sub>2</sub>/g  $C_{mic}$ /hora

Os resultados da atividade enzimática na unidade III (Tabela 4) demonstram que, ao avaliar a Atividade Enzimática Total (AET), não foi possível detectar diferenças entre as áreas de mata e manejadas. Entretanto, ao avaliar atividade de enzimas específicas, foi possível detectar diferenças. Neste caso, a atividade de Fosfatase Ácida diferenciou mata das áreas cultivadas, que por sua vez, não foram diferentes entre si, entretanto, a atividade de  $\beta$ -Glicosidase foi



maior no sistema de PI, que suplantou as das áreas de PC e mata, tendo o valor médio encontrado em PC sido o mais baixo das três áreas avaliadas. A  $\beta$ -Glicosidase tem atuação na etapa final da decomposição de celulose, sendo responsável pela hidrólise dos resíduos de celobiose formando  $\beta$ -D-Glucose (TABATABAI, 1994). Como a celobiose possui rápida decomposição no solo, altos índices de atividade da  $\beta$ -Glicosidase poderiam ter relação com altos teores de carbono prontamente mineralizável, sendo o estoque microbiano neste caso menos evidente.

Na Tabela 5, são apresentados os valores relacionados com a biomassa microbiana da unidade piloto IV (fazenda Nossa Senhora Salete), onde pode ser observado que não houve diferença entre as formas de manejo e a área de mata, apesar do valor médio da área de mata ser numericamente maior que os das áreas manejadas, que ficaram muito próximos entre si quanto a  $C_{mic}$  e  $qCO_2$ . Tal efeito de aproximação entre as áreas manejadas, assim como demonstrado na unidade piloto I (Tabela 1), indica que, para os indicadores biológicos da qualidade do solo, ainda não houve sensibilidade para detecção de incrementos advindos da adoção da produção integrada. Por outro lado, para  $N_{mic}$  e RBS, as diferenças já são notadas estatisticamente, com uma maior presença microbiológica na área de mata, o que é esperado em sistemas mais equilibrados.

**Tabela 5.** Resultados dos valores médios obtidos para Carbono da Biomassa Microbiana ( $C_{mic}$ ), Nitrogênio da Biomassa Microbiana ( $N_{mic}$ ), Respiração Basal do Solo e o Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ) para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) para a unidade piloto IV (fazenda Nossa Senhora Salete), localizada em Cristalina, GO.

Área	$C_{mic}$	$N_{mic}$	RBS	$qCO_2$
Produção Integrada	268,46 a	17,42 b	0,15 b	0,74 a
Produção Convencional	246,09 a	17,28 b	0,17 b	0,71 a
Mata	388,73 a	34,57 a	0,46 a	1,16 a

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic}$  = mg  $C_{mic}$   $kg^{-1}$  solo;  $N_{mic}$  = mg N.Kg solo seco $^{-1}$ ; RBS = mg de  $C-CO_2/kg$  solo/hora;  $qCO_2$  = mg  $C-CO_2/g$   $C_{mic}/hora$

Na Tabela 6, são apresentados os dados relativos às atividades enzimáticas da unidade piloto IV (fazenda Nossa Senhora Salete), que demonstram significativa diferença para a AET e a Fosfatase Ácida entre as áreas, sendo maiores em área de mata em comparação com as áreas manejadas. As áreas manejadas, entretanto, apresentaram valores muito próximos.

A atividade enzimática total (AET) é um indicativo de células ativas nos solos (SCHNÜRER; ROSSWALL, 1982). O maior valor médio verificado para a área de mata na unidade piloto IV (Tabela 6) evidencia condições mais favoráveis à atividade dos microrganismos, o que já era esperado.

A maior atividade de Fosfatase Ácida é relacionada com a diminuição dos teores de fósforo no solo (GATIBONI et al, 2008), o que pode explicar os maiores valores médios apresentados para a atividade desta enzima em solos de mata em comparação aos solos manejados nas duas unidades piloto avaliadas (Tabelas 4 e 6), sugerindo efeito da adubação fosfatada ao longo dos anos em que a área se manteve sob manejo convencional.

**Tabela 6.** Resultados dos valores médios obtidos para Atividade Enzimática Total (AET),  $\beta$ -Glicosidase e Fosfatase Ácida para o Sistema de Produção Integrada, o Sistema de Produção Convencional e a área de referência (mata) na unidade piloto IV (fazenda Nossa Senhora Salete), localizada em Cristalina, GO.

Área	AET	$\beta$ -Glicosidase	Fosfatase Ácida
Produção Integrada	43,42 b	131,80 a	298,48 b
Produção Convencional	44,43 b	143,31 a	283,29 b
Mata	90,02 a	116,71 a	393,54 a

Valores seguidos de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott- Knott ( $p < 0,05$ ).  $C_{mic} = mg C_{mic} kg^{-1} solo$ ;  $N_{mic} = mg N.Kg solo seco^{-1}$ ;  $RBS = mg deC-CO_2/kg solo/hora$ ;  $qCO_2 = mg C-CO_2/g C_{mic}/hora$

Sistemas de manejo que favoreçam a deposição de matéria orgânica tendem a atuar positivamente para o aumento da biomassa microbiana (STENBERG, 1999; FERREIRA et al., 2007), entretanto, os valores médios apresentados para as quatro unidades pilotos avaliadas

(Tabelas 1, 2, 3 e 5) não apresentaram diferenças entre as áreas manejadas sob produção integrada e as manejadas de forma convencional.

Portanto, no primeiro ano de adoção da Produção Integrada, o incremento da atividade e da biomassa microbiana ainda não foi perceptível, ao contrário do que demonstraram Mendes et al. (2003) em avaliações de sistemas de plantio convencional, comparados a sistemas menos agressivos, acompanhados por períodos mais longevos. Neste caso, houve significativo incremento desses indicadores. Em outro experimento de longa duração (14 anos), Pereira et al. (2007) demonstraram incremento no  $C_{mic}$  e  $N_{mic}$  para sistema de plantio direto comparado a sistema convencional.

Um fator importante a ser considerado é que a adoção da Produção Integrada se deu em áreas com histórico de uso convencional do solo, o que pode ter sido preponderante para a estabilização dos microrganismos proporcionada por uma uniformidade no manejo. Figueiredo et al. (2007) relataram que efeitos provocados por arados permaneceram no solo mesmo após 22 anos de cultivo direto.

O acompanhamento dos indicadores biológicos ao longo dos anos de adoção da Produção Integrada poderá fornecer maiores indícios de impactos de um sistema de manejo menos agressivo, podendo apresentar aumento na quantidade de carbono da biomassa microbiana em resposta a uma maior deposição de matéria orgânica esperada em função do manejo integrado.

## Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho, relativos ao primeiro ano de implantação do sistema de Produção Integrada, demonstraram, para alguns dos indicadores de qualidade do solo, em algumas unidades piloto, já ser possível perceber, precocemente, diferenças entre os sistemas de plantio. O acompanhamento ao longo dos anos de adoção do sistema de Produção Integrada permitirá verificar se as mudanças se manterão ao longo do tempo, e, principalmente, se nas demais

unidades que adotam o sistema de produção integrada, haverá ou não diferença entre os indicadores de qualidade do solo.

## Referências

- ALVAREZ, R.; DIAZ, R. A.; BARBERO, N.; SANTANATOGLIA, O. J.; BLOTTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO<sub>2</sub>-C production from three tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 17-28, Jan. 1995.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of ecophysiological quotients (qCO<sub>2</sub> and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 22, n. 2, p. 251-255, 1990.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> (qCO<sub>2</sub>) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 3, p. 393-395, Mar. 1993.
- BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil-nitrogen – a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 17, n. 6, p. 837-842, 1985.
- D'ANDRÉA, A. F.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do Cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 913-923, jul./ago. 2002.
- FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1625-1635, nov./dez. 2007.

FERREIRA, E. P. de B.; SANTOS, H. P. dos; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 177-183, abr./jun. 2010.

FIGUEIREDO, C. C.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C.; FERREIRA, E. A. B.; RAMOS, M. L. G. Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em resposta a diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 551-562, maio/jun. 2007.

FRANZLUEBBERS, A. J.; HANEY, R. L.; HONS, F. M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 31, n. 3, p. 395-405, Mar. 1999.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 43, n. 8, p. 1085-1091, ago. 2008.

GHINI, R.; MENDES, M. D. L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade à *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 24, n. 3/4, p. 239-242, jul./dez. 1998.

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br>>. Acesso em: 4 maio 2011.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. p. 415-471.

JENKINSON, D. S.; POWLSON D. S. Effects of biocidal treatments on metabolism in soil. 5. Method for measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 8, n. 3, p. 209-213, 1976.

MENDES, I. C.; SOUZA, L. V.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 435-443, maio/jun. 2003.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. S. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

PEREIRA, A. A.; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; KASCHUK, G.; CHUEIRE, L. M. O.; CAMPO, R. J.; TORRES, E. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, nov./dez. 2007.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p. 567-573, jun. 2004.

REIS, M. R.; SILVA, A. A.; COSTA, M. D.; GUIMARÃES, A. A.; FERREIRA, E. A.; SANTOS, J. B.; CECON, P. R. Atividade microbiana em solo cultivado com cana-de-açúcar após aplicação de herbicidas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 2, p. 323-331, abr./jun. 2008.

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

SILVA, M. B. da; KLIEMANN, H. J.; SILVEIRA, P. M. da; LANNA, A. C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, dez. 2007.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M.; STOTSKY, G. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1990. p. 357-398.

SPEEDING, T. A.; HAMEL, C.; MEHUYS, G. R.; MADRAMOOTOO, C. A. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, n. 3, p. 499-512, Mar. 2004.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science**, Oslo, v. 49, n. 1, p. 1-24, Mar. 1999.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, J. S.; BOTTOMLEY, P. S. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-833.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, n. 3, p. 329-335, 1988.

TITI, A.; BOLLER, E. F; GENDRIER, J. P. **Producción integrada: principios y directrices técnicas**. Darmstadt: International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants, 1995. 27 p. (IOBC/WPRS. Bulletin, 18).

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, n. 6, p. 703-707, 1987.

