

# Variáveis microbiológicas e produtividade do arroz sob diferentes manejos do solo e água

Talles Eduardo Borges dos Santos<sup>1</sup>, Fernando Takayuki Nakayama<sup>1</sup>, Orivaldo Arf<sup>2</sup> e Ana Maria Rodrigues Cassiolato<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Proteção Vegetal, Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, Tecnologia e Alimentos e Sócio-Economia, Universidade Estadual Paulista, Av. Brasil, 56, Cx. Postal 31, 15385-000, Campus de Ilha Solteira, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: anamaria@bio.feis.unesp.br

**RESUMO.** O objetivo do trabalho foi verificar o efeito de diferentes manejos de solo (MS) e água (MA) no cultivo de arroz de terras altas por meio da quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) liberado, do quociente metabólico ( $qCO_2$ ), da micorrização e da produtividade (PROD). O cultivar utilizado foi o IAC 202 e o delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo 3 MS: plantio direto (PD), grade pesada+grade niveladora (GG), escarificador+grade niveladora (EG) e 3 MA: lâmina L0 (sem irrigação), lâmina L1 (irrigação na fase reprodutiva e de maturação) e lâmina L2 (irrigação durante todo ciclo), com 4 repetições. As variáveis microbiológicas apresentaram sensibilidade em detectar diferenças entre períodos com bons e irregulares índices pluviométricos, onde PD + L1 mostraram os melhores resultados. Sob a ótica da produtividade e viabilidade econômica, o EG + L1 propiciaram resultados mais satisfatórios para a cultura do arroz.

**Palavras-chave:** biomassa microbiana, plantio direto, cultivo mínimo, fungos micorrízicos arbusculares.

**ABSTRACT. Microbial variables and productivity of rice under different soil and water managements.** This experiment aimed to verify the effects of different soil (MS) and water (WM) managements on upland rice cultivation through microbial biomass carbon (MBC) quantification, evolved CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>), metabolic quotient ( $qCO_2$ ), micorrhization and crop yield. Cultivar IAC 202 was used. The experimental design was a randomized complete block design, with 3 SM: no-tillage (NT), heavy disk + leveling disk harrowing (HL), and chisel plowing + leveling disk harrowing (CL), plus 3 WM: no irrigation (WD0), water depth 1 (WD1), irrigation at the reproductive and maturation periods and water depth 2 (WD2), irrigation throughout the rice cycle, with four replications. The microbiological variables showed sensitivity in detecting differences between good periods and irregular rainfall, where the NT + WD1 showed best results. However, under the viewpoint of productivity and economic viability, CL + WD1 propitiated the most satisfactory results for rice culture.

**Key words:** microbial activity, no-tillage, minimum tillage, arbuscular mycorrhizal fungi.

## Introdução

No Brasil, o arroz é o cereal mais consumido, por ser uma fonte excelente de carboidrato contendo quantidades desprezíveis de gordura e de colesterol (Castro *et al.*, 1999).

O sistema de cultivo de arroz predominante no Brasil é o de terras altas, cujo fornecimento hídrico fica na dependência da precipitação pluvial e de sua distribuição (Souza, 2003). Nessas condições, a cultura do arroz é afetada negativamente pela ocorrência de veranicos, quando a deficiência hídrica reduz a absorção de nutrientes, diminuindo a produtividade a ponto de ocasionar prejuízos aos rizicultores.

A irrigação por aspersão é uma das alternativas para solucionar esse problema (Souza, 2003), mas outra solução seria o emprego de um sistema de plantio que proporcionasse uma cobertura morta, formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais, diminuindo as oscilações da temperatura e da umidade na superfície do solo e contribuindo para a manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água em períodos quentes e de estiagem prolongada (Colozzi-Filho, 2000).

Determinadas práticas ou distúrbios que atuam sobre o solo levam a alterações quantitativas e qualitativas na diversidade microbiana, selecionando

espécies adaptadas e ou tolerantes a essas condições, de modo que a análise dessas alterações permita a avaliação da qualidade do solo (Kennedy e Smith, 1995). A biomassa microbiana, calculada a partir de determinações do carbono respirado (Jenkinson e Powlson, 1976), embora abranja um grande número de grupos de microrganismos que podem ser de composição variada, tem sido utilizada para avaliar variações quantitativas na comunidade microbiana do solo.

A atividade microbiana, determinada por meio da quantificação do CO<sub>2</sub> produzido como resultado do metabolismo da maioria dos microrganismos presentes no solo, tem-se mostrado uma determinação também sensível. Apesar de ser difícil estabelecer relações entre essas determinações e produtividade das culturas, ambas podem servir como indicadoras da atividade biológica do solo e, conseqüentemente, da fertilidade ao longo do tempo (Colozzi-Filho *et al.*, 2001). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) pode ser apontado como um indicador de estresse microbiano, pois ele expressa a energia necessária para a manutenção da atividade metabólica em relação à energia necessária para a síntese da própria biomassa (Bardgett e Sagar, 1994).

Além da biomassa microbiana, outros microrganismos podem servir como indicadores biológicos de qualidade e de equilíbrio de um sistema, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA), que são simbioses que infectam as raízes da maioria das plantas (Moreira e Siqueira, 2002). O interesse na utilização das simbioses na agricultura tem crescido, porém pouco ainda se sabe como as diferentes práticas agrícolas poderiam estar selecionando simbioses com comportamentos mais parasíticos ou mutualistas nos sistemas de produção (Kiers *et al.*, 2002).

Comparando o efeito de diferentes sistemas de manejos sobre a qualidade do solo, tendo o manejo conservacionista como padrão de comparação, relatos têm mostrado que as práticas que sustentam a matéria orgânica melhoram a qualidade do solo (Islam e Weil, 2000).

Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de diferentes manejos de solo (MS) e de água (MA) no cultivo de arroz de terras altas por meio da quantificação do carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) liberado, do quociente metabólico ( $qCO_2$ ), da micorrização e da produtividade (PROD).

## Material e métodos

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2004/05, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp – Universidade Estadual Paulista,

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul. A temperatura média anual é de 23,5°C e a média anual pluviométrica é de 1.370 mm. A classificação do solo da área foi atualizada para Latossolo Vermelho (Embrapa, 1999) e, desde 1998, vêm sendo empregados três tipos de manejos de solo e a área tem sido utilizada no inverno com a cultura do feijão e, no verão, com a cultura do milho. Antes da semeadura do arroz, a área foi cultivada com milheto em um período de 45-60 dias e a implantação do arroz IAC 202 foi realizada em novembro de 2004.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial (3 x 3), constituído dos seguintes tratamentos: 3 manejos do solo (plantio direto - PD; grade pesada + grade niveladora - GG e escarificador + grade niveladora - EG) e 3 manejos de água (precipitação pluvial natural - L0, ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina - L1 (irrigação nas fases reprodutiva e de maturação) e lâmina - L2 (irrigação durante todo ciclo da planta), totalizando 9 tratamentos com 4 repetições cada.

As parcelas foram constituídas por 6 linhas de 6,0 m de comprimento, espaçadas 0,40 m entre si. A área útil foi constituída pelas 4 linhas centrais, desprezando-se 0,50 m em ambas as extremidades de cada linha. A adubação química básica nos sulcos de semeadura levou em consideração as recomendações de Cantarella e Furlani (1996). A irrigação na área foi por aspersão com uma precipitação média de 3,3 mm hora<sup>-1</sup>. No manejo de água, foram utilizados, dependendo do tratamento, até 3 coeficientes de cultura (Kc), distribuídos em 4 períodos compreendidos entre a emergência e a colheita. Para a fase vegetativa, foi utilizado o valor de 0,4; para a fase reprodutiva, 2 coeficientes de cultura (Kc), o inicial de 0,70 e o final de 1,00, e, para fase de maturação, esses valores foram invertidos, ou seja, o inicial de 1,00 e o final de 0,70.

A coleta das amostras de solo e de raízes foi feita em março de 2005 durante a fase de enchimento de grãos. De cada parcela, foi retirada uma amostra composta de 10 amostras simples de solo, na camada de 0 - 0,10 m, em local próximo à planta. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com Raj e Quaggio (1983).

A produtividade de grãos foi determinada pelo peso dos grãos colhidos nas 4 linhas centrais para, posteriormente, ser calculada e transformada em produtividade de grãos por hectare (kg ha<sup>-1</sup>).

Nas análises microbiológicas, foram avaliadas 4 repetições por tratamento, cada qual constituída de

uma amostra composta por 10 amostras simples de solo. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O CBM foi avaliado segundo Vance *et al.* (1987), método que envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração seguido de digestão, comparando-se as amostras de solo não-fumigadas com as fumigadas. Na quantificação do C-CO<sub>2</sub> liberado, 100 g de solo foram colocados em jarros de vidro, com tampa de rosca, onde a umidade do solo foi corrigida até 70% da capacidade de campo, sendo no centro depositado um frasco contendo 10 mL de NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada a 27°C por 96 horas. A titulação da soda livre foi realizada com HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e permitiu calcular, por subtração, a quantidade de CO<sub>2</sub> que combinou com o NaOH (Anderson e Domsch, 1982). A determinação do qCO<sub>2</sub> foi estimada pela razão C-CO<sub>2</sub> liberado/CBM.

Nas avaliações da porcentagem de colonização por fungos FMA autóctones, as raízes foram clareadas em KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coloridas com azul de tripano 0,05% e preservadas em lactoglicerol (Phillips e Hayman, 1970). A avaliação da colonização foi feita em 100 segmentos de 1 cm cada, por repetição, por tratamento, sob microscópio ótico. Na contagem dos esporos, de cada amostra de solo, 100 g foram processados segundo uma associação dos métodos de decantação e de peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) e de centrifugação e flutuação com sacarose (Jenkins, 1964) e efetuada a quantificação dos esporos em placas com anéis concêntricos, com auxílio do microscópio estereoscópico.

## Resultados e discussão

A análise das características químicas do solo

**Tabela 1.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) determinados nas análises das características químicas do solo, coletado na camada de 0 - 0,10 m, para diferentes manejos do solo (MS) e manejo de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 202. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Causa de variação	P mg dm <sup>-3</sup>	MO g dm <sup>-3</sup>	pH CaCl <sub>2</sub>	K	Ca	Mg	H+Al mmol dm <sup>-3</sup>	Al	SB	CTC	V %	
MS	EG	17,00b	18,16c	5,20c	1,55	22,41c	14,16b	24,33a	0,42a	38,15c	62,48b	60,67c
	GG	27,75a	20,83b	5,73b	1,65	32,25b	19,75b	18,58b	0,00b	53,57b	72,16b	73,31b
	PD	27,16a	24,33a	6,05a	1,65	45,41a	34,91a	15,75c	0,00b	82,07a	97,84a	82,91a
MA	L0	27,00a	22,83a	5,61	1,68	34,08	23,92	20,16a	0,17	59,65	79,83	72,16
	L1	20,83ab	20,00b	5,67	1,51	31,81	21,75	19,41ab	0,08	55,06	74,48	71,58
	L2	24,08b	20,50b	5,69	1,66	34,16	23,16	19,08b	0,17	59,08	78,16	73,14
MS	25,81**	29,40**	160,24**	0,61 <sup>ns</sup>	32,14**	28,22**	237,7**	6,81**	31,07**	22,10**	109,59**	
MA	6,72**	7,03**	1,34 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	3,82*	0,27 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	
MS x MA	3,41*	0,39 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	
CV (%)	17,19	9,35	2,07	16,99	21,13	30,51	5,02	229,78	23,9	17,37	5,11	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo). \*\* significativo a 1%; \* significativo a 5%; (ns) não-significativo

apresentou efeitos significativos entre manejos do solo, manejos de água e para interação. Entre manejos do solo, foram verificadas diferenças significativas para todos as variáveis, exceto K e os melhores resultados foram obtidos pelo PD. Para manejos de água, somente para P, MO e H+Al houve diferenças significativas e os maiores teores foram verificados na L0 (Tabela 1). A variável P apresentou interação significativa entre manejos do solo e manejos de água, nos quais foram verificados comportamentos semelhantes dos manejos do solo PD e GG dentro das lâminas de água, ou seja, os teores de P não foram alterados com a presença ou não da irrigação; o inverso aconteceu com EG, em que os melhores resultados foram verificados em condições de sequeiro (Tabela 2).

**Tabela 2.** Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a P (mg dm<sup>-3</sup>) coletado na camada de 0 - 0,10 m, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 202. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Causas de Variação	L0	L1	L2
EG	34,00aA	16,75bB	15,75bB
GG	28,50abA	23,00aA	31,75aA
PD	18,50bA	22,75aA	24,75abA

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, dentro de cada variável, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo).

A análise de variância para CBM (Tabela 3) não mostrou interação entre os manejos (MA x MS), mas foram constatadas diferenças significativas entre manejos do solo e entre manejos de água, bem como houve correlação linear significativa positiva para qCO<sub>2</sub> (0,72\*).

O PD apresentou as maiores médias diferindo dos demais manejos do solo, provavelmente pelo fato do PD possibilitar um fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de susceptibilidade à decomposição.

Nesse sentido, Balota *et al.* (1998) também verificaram aumentos nos teores de CBM no PD em relação a sistemas convencionais, em experimento com 16 anos de duração. D' Andréa *et al.* (2002), para solo de cerrado em Goiás, relataram valores de CBM em solos sob PD e sistemas convencionais superiores aos verificados no presente trabalho ( $428,5 \mu\text{g C g}^{-1}$  solo seco) e ( $260,6 \mu\text{g C g}^{-1}$  solo seco). A biomassa microbiana, segundo Vasconcellos *et al.* (1999), imobiliza mais carbono quando resíduos são deixados na superfície, havendo, com isso, uma tendência linear de crescimento da biomassa microbiana em áreas com plantio direto.

Para C-CO<sub>2</sub> liberado, foram constatadas diferenças significativas entre manejos de solo e entre manejos de água, e ausência de significância para interação (Tabela 3), mas houve correlações lineares significativas positivas para Ca (0,67\*), Mg (0,66\*), SB (0,67\*), CTC (0,61\*) e V% (0,81\*\*) e negativa para H +Al (-0,84\*\*).

**Tabela 3.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para carbono da biomassa microbiana (CBM) e do CO<sub>2</sub> (C-CO<sub>2</sub>) liberado e quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ), nos diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 202, Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Causas de Variação	CBM ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)	C-CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> g solo seco dia <sup>-1</sup> )	$q\text{CO}_2$ ( $\mu\text{g C g}^{-1}$ dia/ $\mu\text{g CO}_2$ g solo seco dia <sup>-1</sup> )	
MS	EG	142,82b	8,57c	0,079ab
	GG	121,18b	10,84b	0,112a
	PD	232,63a	12,72a	0,059b
MA	L0	99,20c	10,05b	0,127a
	L1	161,17b	10,50b	0,072b
	L2	236,26a	11,57a	0,055b
MS	13,71**	99,29**	5,37*	
MA	18,49**	14,12**	10,15**	
MS x MA	0,79 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	
CV (%)	33,396	6,752	25,513	

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo). \*\* significativo a 1%; \* significativo a 5%; (ns) não-significativo.

O PD apresentou maior atividade microbiana (Tabela 3), diferindo do GG que revelou valores intermediários, o qual, por sua vez, diferiu do EG, que apresentou o pior desempenho. Resultados semelhantes foram relatados por Balota *et al.* (1998), que observaram valores mais elevados para teores de C-CO<sub>2</sub> liberado no PD em relação aos sistemas convencionais, em Londrina, Estado do Paraná, assim como Vargas e Scholles (2000), que verificaram um aumento no C-CO<sub>2</sub> liberado em PD, possivelmente, devido ao acúmulo de matéria orgânica rica em frações lábeis à superfície.

A variável  $q\text{CO}_2$  revelou diferenças significativas entre manejos de solo e entre manejos de água, mas não para interação (Tabela 3). A maior média foi

revelada pelo GG, apresentando um baixo desempenho quando comparado ao PD, enquanto o EG apresentou um comportamento intermediário. Considerando que  $q\text{CO}_2$  é inversamente proporcional ao estado de equilíbrio de um sistema, quanto menor o  $q\text{CO}_2$  maior o estado de equilíbrio do sistema (Gama-Rodrigues *et al.*, 1997).

Esse comportamento entre os manejos do solo, segundo Doran (1980), pode ser explicado pelas condições de pouco revolvimento do solo do PD, que proporciona melhores condições para o desenvolvimento das populações microbianas do que nos sistemas convencionais, em que o revolvimento sistemático do solo contribui para provocar perturbações promotoras de estresse na população microbiana.

Entre manejos de água, foram detectadas diferenças estatísticas para as variáveis CBM, C-CO<sub>2</sub> liberado e  $q\text{CO}_2$  (Tabela 3). Para CBM, a L2 apresentou um desempenho superior, diferindo do tratamento não-irrigado ou do que foi irrigado parcialmente (L1), o qual revelou valores intermediários. Para C-CO<sub>2</sub> liberado, a L2 também apresentou melhores resultados diferindo das demais lâminas de água e  $q\text{CO}_2$  a L2 e L1 foram superiores à lâmina que ficou na dependência pluvial (L0). Essas diferenças podem ser atribuídas à irregularidade da chuva no final do ciclo, evidenciando a eficácia de irrigação. Nesse período, porém, houve alto índice pluvial e a diferença entre L0 e L2 foi 235 mm (Tabela 4).

**Tabela 4.** Disponibilidade de água proveniente da precipitação pluvial e irrigação por aspersão, durante o ciclo do arroz de terras altas, cv. IAC 202, Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Lâminas de H <sub>2</sub> O	Precipitação (mm)	Irrigação (mm)	Total (mm)
L0*	720	-	720
L1	720	178	898
L2	720	235	955

\*Precipitação pluvial natural (L0), ou seja, nas condições de sequeiro; lâmina 1 (L1), em que houve irrigação nas fases reprodutiva e de maturação e lâmina 2 (L2), com irrigação durante todo ciclo da planta.

Com relação à colonização micorrízica, diferenças significativas foram verificadas entre manejos do solo e entre manejos de água, mas não para a interação (Tabela 5). Os melhores resultados foram verificados no PD, o qual foi 9,84% maior que o EG, mas que não diferiu estatisticamente do GG. A superioridade do PD pode ser explicada pela maior estabilidade do sistema micorrízico em solos sob PD, que conduz relações mais equilibradas entre a comunidade microbiana, pois o não-revolvimento do solo possibilita uma maior permanência da rede de hifas externas e das raízes colonizadas no solo, assim como foi observado por Siqueira (1994) nos

diferentes manejos do solo na cultura do trigo. Para manejos de água, a L1 e L2 não diferiram entre si, mas revelaram diferenças estatísticas significativas para L0 em que foram, aproximadamente, 15% superiores (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias, probabilidade de F e coeficiente de variação (CV%) para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e para produtividade de grãos, para diferentes manejos do solo (MS) e manejos de água (MA), durante a fase de enchimento de grãos da cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 202. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Causas de Variação	Colonização micorrízica (%)	n.º esporos (100 g de solo seco <sup>-1</sup> )	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
MS	71,91b	97,08b	2368a
	75,92ab	117,92a	1959ab
	81,75a	115,92a	1566b
MA	L0 66,67b	97,08b	0,00b
	L1 81,75a	119,50a	2995,00a
	L2 81,17a	114,08ab	2898,00a
MS	5,48**	4,71*	9,17**
MA	16,37**	4,95*	165,62**
MS x MA	0,70 <sup>ns</sup>	3,75*	3,22*
CV (%)	9,56	16,51	23,20

Médias seguidas de mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. (EG: escarificador + grade niveladora, GG: grade pesada + grade niveladora, PD: plantio direto, L0: sem irrigação, L1: irrigação na fase reprodutiva e de maturação e L2: irrigação durante todo). \* significativo a 1%; \*\* significativo a 5%; (ns) não-significativo.

Quanto à produtividade de grãos, houve diferenças significativas entre os manejos de solo, entre manejos de água e também para interação (Tabela 5). Entre manejos de água, não foram verificadas diferenças na produtividade entre L1 e L2, os quais diferiram da L0, enquanto entre manejos de solos os melhores desempenhos foram alcançados pelo EG (Tabela 5). Para a interação, os maiores valores, em todos os manejos de solo, foram observados quando se fez uso da irrigação, em que o PD apresentou as piores produtividades dentre os irrigados (Tabela 6).

No presente trabalho e do ponto de vista microbiológico (Tabela 3), o PD proporcionou resultados superiores aos demais, provavelmente devido aos teores mais elevados de matéria orgânica (Tabela 1). Contrariamente a esses resultados, o PD mostrou a baixa produtividade, fato que pode ser atribuído à camada subsuperficial compactada presente nas áreas de PD estudada. Esses resultados condizem com as observações feitas por Seguy *et al.* (1989), os quais comentam que o arroz parece ser, dentre a maioria das culturas, a menos adaptada ao sistema PD. Ainda de acordo com Kluthcouski *et al.* (2000), o PD, quando comparado ao plantio convencional, mostraram a baixa adaptação do arroz ao sistema de plantio direto devido ao adensamento do solo e à redução na microporosidade. Relatam, ainda, que o efeito geral do revolvimento do solo,

com qualquer implemento, em relação ao PD, foi de até 46% no rendimento de grãos, mas essas observações ainda carecem de informações mais precisas.

**Tabela 6.** Desdobramento da interação significativa manejo do solo e manejo de água, referente a número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletados na camada 0 – 0,10m de profundidade e produtividade de grãos, durante a fase de florescimento da cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 202. Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, 2004/05.

Causas de Variação	n.º esporos (100 g de solo seco <sup>-1</sup> )			Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )		
	L0	L1	L2	L0	L1	L2
EG	107,25aA	94,50aB	89,50aB	0aB	3563aA	3590aA
GG	91,25bA	135,50aA	126,25aA	0aB	3224aA	2653bA
PD	92,75bA	128,50aA	126,50aA	0aB	2198bA	2500bA

Médias seguidas de letras diferentes, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, para cada fator, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

## Conclusão

Os indicadores biológicos CBM, C-CO<sub>2</sub> liberado,  $q_{CO_2}$  e micorrização apresentam sensibilidade às modificações edafoclimáticas em períodos com bons e irregulares índices pluviométricos; a menor produtividade do arroz de terras altas e a maior atividade microbiana foram verificadas no PD e nas lâminas L1 e L2.

Sob a ótica da produtividade e da viabilidade econômicas, EG e L1 propiciaram resultados mais satisfatórios para a cultura do arroz.

## Referências

- ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratio of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 21, p. 471-479, 1982.
- BALOTA, E.L. *et al.* Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, p. 641-649, 1998.
- BARDGETT, R.D.; SAGGAR, S. Effect of heavy metal contamination on the short-term decomposition of labeled (<sup>14</sup>C) in a pasture soil. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 26, p. 727-733, 1994.
- CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Arroz de sequeiro. In: RAIJ, B. Van. *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. p. 48-49. (Boletim Técnico, 100).
- CASTRO, E.M. *et al.* *Qualidade de grãos em arroz*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999.
- COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. *Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto*. Brasília: APDC, 2000. p. 29-42 (Programa de treinamento).
- COLOZZI-FILHO, A. *et al.* Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. *Inf. Agropecu.*, Belo Horizonte, v. 22, p. 84-91, 2001.

- D'ANDRÉA, A.F. *et al.* Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estado de Goiás. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 26, p. 913-923, 2002.
- DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 44, p. 765-771, 1980.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema brasileiro de classificação do solo*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. *et al.* Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 21, p. 361-365, 1997.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of micorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Brit. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 46, p. 234-244, 1963.
- ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *J. Soil Water Conserv.*, Cambridge, v. 55, p. 69-78, 2000.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 73, p. 288-300, 1964.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 8, p. 209-213, 1976.
- KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant and Soil*, The Hague, v.170, p.75-86, 1995.
- KIERS, E.T. *et al.* Mediating mutualisms: farm management practices and evolutionary changes in symbiont co-operation. *J. Appl. Ecol.*, Oxford, v. 39, n. 5, p. 745-754, 2002.
- KLUTHCOUSKI, J. *et al.* Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Sci. Agric.*, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97-104, 2000.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. *Microbiologia e bioquímica do solo*. Lavras: Ed. UFLA, 2002. p. 473-578.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.
- RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análises de solos para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. (Boletim técnico, 81)
- SEGUY, L. *et al.* *Perspectiva de fixação da agricultura na região Centro-Norte do Mato Grosso*. Mato Grosso: EMPA-MT/Embrapa, CNPAF/Cirad-Irat, 1989.
- SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAÚJO, R.S.; HUNGRIA, M. (Ed.) *Microorganismos de importância agrícola*. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p. 151-194. (Embrapa/CNPAF, Documentos, 44).
- SOUZA, R.A.R. *Comportamento de cultivares de arroz de terras altas em função do preparo do solo e irrigação por aspersão, em Latossolo Vermelho de cerrado*. 2003. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.
- VANCE, E.D. *et al.* An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v. 19, p. 773-777, 1987.
- VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 35-42, 2000.
- VASCONCELLOS, C.A. *et al.* Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 23, p. 69-77, 1999.

Received on March 02, 2006.

Accepted on July 07, 2006.