

EFEITO DE DOSES DE NITROGÊNIO VIA FERTIRRIGAÇÃO NA DINÂMICA MICROBIANA, EM SOLO CULTIVADO COM TRIGO

EFFECT OF NITROGEN DOSES BY FERTIRRIGATION IN THE MICROBIAL DYNAMIC UNDER CULTURE OF WHEAT

**Maria Lucrecia Gerosa RAMOS¹; João Gabriel CARVALHO²;
Walter Quadros RIBEIRO JÚNIOR³; Dina Márcia Menezes FERRAZ²;
Alexandre Moraes de CARVALHO²; Renato Fernando AMÁBILE³**

1. Professora Associada, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil, lucrecia@unb.br; 2. Engenheiro(a) Agrônomo, ex-aluno (a) de Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil; 3. Pesquisador da EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, Brasil

RESUMO: No Cerrado brasileiro, a área cultivada com trigo aumentou consideravelmente nos últimos anos, tendo em vista o desenvolvimento de cultivares especificamente para essas condições edafoclimáticas. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e de épocas de coleta de solo, no carbono da biomassa microbiana do solo (CBM) respiração basal (RB) e carbono orgânico total do solo (COT), sob cultivo de trigo irrigado. O experimento foi instalado em maio de 2006, em um Latossolo Vermelho, na Embrapa Cerrados (CPAC), no Distrito Federal. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições, as parcelas receberam as doses de nitrogênio: 50, 100, 150 kg ha⁻¹ N e uma testemunha sem N; as subparcelas representaram as épocas de coleta de solo. Realizou-se apenas uma aplicação de uréia via fertirrigação, no perfilhamento. As coletas de solo foram feitas na camada de 0 - 10 cm para a determinação em quatro épocas: 5 dias antes da primeira fertirrigação; 5 dias depois da primeira fertirrigação; na floração e após a colheita. Houve efeito das doses de N e das épocas de coletas de solo no CBM, RB e COT. O CBM foi um bom parâmetro para avaliar a atividade microbiana a curto prazo, pois este tendeu a diminuir após a aplicação da uréia.

PALAVRAS-CHAVE: Carbono da biomassa microbiana do solo. Cerrado. Qualidade do solo.

INTRODUÇÃO

A introdução do trigo no Cerrado brasileiro apresenta-se como uma alternativa para a rotação de culturas e pode ser empregada no sistema de plantio direto devido à alta produção de matéria seca que, após a coleta da cultura protege o solo contra a erosão e mantém as propriedades químicas e biológicas do solo mais estáveis.

As culturas absorvem entre 40 e 60 % do nitrogênio aplicado ao solo na forma de fertilizante e a adubação nitrogenada representa 20% do custo de produção da cultura (ZAGONEL, et al., 2002).

Há várias maneiras de se adicionar fertilizante nitrogenado às culturas, dentre elas, a sua aplicação via irrigação, que é uma prática adotada rotineiramente, em função de suas vantagens, tais como: economia na mão-de-obra, possibilidade de aplicar o produto em qualquer fase do ciclo da cultura, facilidade de parcelar as doses do nutriente obtendo um maior controle e eficiência na utilização de nutrientes (COSTA et al., 1994).

A adubação nitrogenada aplicada no sulco de plantio pode alterar as propriedades microbiológicas do solo, como o carbono e o nitrogênio da biomassa microbiana, além da respiração basal, quociente metabólico e razão entre o carbono da biomassa microbiana e o carbono

orgânico do solo (COSER, 2006 e COSER et al., 2007).

Segundo Jenkinson e Ladd (1981), a biomassa microbiana é a fonte principal de disponibilidade de nutrientes, sendo uma das maneiras de conservar o fertilizante nitrogenado no sistema solo-planta e imobilizá-lo por um determinado período, evitando suas perdas por lixiviação e desnitrificação. A biomassa microbiana do solo serve a, ainda, como um indicador sensível da dinâmica de C e representa a fração lábil do carbono orgânico do solo, sendo grandemente influenciada por fatores bióticos e abióticos (POWLSON et al., 1987; GAMA-RODRIGUES et al., 1999). No entanto, deve se salientar que, tão somente, não expressa a dinâmica do carbono no solo, devendo este ser associado a outros parâmetros como respiração basal, C-orgânico (GAMA-RODRIGUES et al., 1994).

A respiração microbiana é quantificada pela liberação de CO₂ liberado e/ou de O₂ absorvido, proveniente da atividade dos microrganismos do solo indica a atividade de microrganismos aeróbios e anaeróbios (ALEF, 1995).

O quociente metabólico indica a eficiência microbiana do solo e é obtido pela razão entre a respiração basal e o carbono da biomassa microbiana do solo (WARDLE, 1994).

A relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBMS) e o carbono orgânico do solo (Corg) indica a qualidade da matéria orgânica (WARDLE, 1994); uma alta relação CBMS:Corg indica uma matéria orgânica de boa qualidade (WARDLE 1992). As variações desta relação no solo, indicam alterações na eficiência da conversão do C_{ORG} em C_{BMS} , estabilização do Corg na fração mineral do solo e as suas perdas (SPARLING, 1992).

Pouco se sabe sobre o efeito causado pelas aplicações de fertilizantes nitrogenados, na biomassa microbiana do solo, principalmente quando aplicados via fertirrigação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada da cultura do trigo, via fertirrigação, no carbono da biomassa microbiana, respiração basal e carbono orgânico do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF. O clima da região é classificado como tropical estacional de savana megatérmico, Aw, no sistema Köppen, com inverno seco e médias de precipitação anual de 1.570 mm e temperatura de 21,3 °C. O relevo caracteriza-se como plano, a vegetação natural é o cerrado e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), sendo cultivado em sistema de plantio convencional.

O trigo (*Triticum aestivum*), cultivar Embrapa 22, foi semeado no final de maio de 2006 em parcelas de 3m x 3,5m, espaçadas 0,5 m entre si. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições. A adubação de plantio foi de 500 kg ha⁻¹ da formulação 00-20-20. Os tratamentos foram doses de 0, 50, 100 e 150 kg de N ha⁻¹, aplicadas na forma de uréia via fertirrigação durante o estágio de perfilhamento do trigo, utilizando regadores de 5 L melhorando a eficiência experimental na aplicação do nitrogênio mineral, uma vez que em aplicação por aspersores há perdas por deriva. As épocas de coleta de solo representaram as subparcelas.

As coletas de solo foram realizadas em quatro épocas de amostragens: 5 dias antes da fertirrigação, 5 dias após a fertirrigação, no florescimento pleno e na colheita da cultura. Em cada parcela, uma amostra composta foi obtida a partir de cinco subamostras, coletadas nas entrelinhas, de forma aleatória, desprezando-se as bordaduras.

As amostras foram homogeneizadas, e

armazenadas a uma temperatura de aproximadamente 4°C até o momento das análises.

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi quantificado pelo método de fumigação e extração (VANCE et al., 1987). Cada amostra composta de solo originou 6 subamostras de 20 g que tiveram sua umidade ajustada para 80 % da capacidade de campo e foram incubadas no escuro, à temperatura ambiente, por sete dias, sendo metade das subamostras acondicionada em vidros fechados de 500 ml e a outra metade em vidros de 100 ml envolvidos em papel alumínio. Estas últimas foram submetidas a um processo de fumigação com clorofórmio (CHCl₃) no sexto dia de incubação utilizando-se um dessecador a vácuo, uma bomba a vácuo e uma placa de Petri contendo 30 ml de clorofórmio.

A função da fumigação é de expor o conteúdo celular microbiano a partir do rompimento das células, através do clorofórmio. No sétimo dia todas as amostras, fumigadas e não fumigadas, foram transferidas para frascos de vidro de 500 ml; acrescentaram-se 70 ml de uma solução de sulfato de potássio (K₂SO₄) 0,5 mol L⁻¹ com o pH ajustado na faixa de 6,5 a 6,8.

As amostras foram agitadas a 150 rpm por 40 minutos e após a decantação do material filtrou-se o sobrenadante e obteve-se o extrato de cada um dos tratamentos, em triplicata. Com o extrato filtrado adicionaram-se 2 ml K₂Cr₂O₇ 0,4 mol L⁻¹ e 15 ml de uma mistura 2:1 (v/v) de H₂SO₄ / H₃PO₄ em erlenmeyers de 150ml. Esta solução foi colocada em um bloco digestor por 30 minutos a 100 °C, resfriada e diluída com 25ml de água destilada.

O dicromato residual foi medido por titulação com uma solução de sulfato ferroso amoniacal [(NH₄)₂ Fe(SO₄)₆H₂O] em H₂SO₄ concentrado na presença de um indicador de ferroína. Determinou-se o carbono pela redução do dicromato de potássio dos extratos filtrados. A quantidade de CBMS foi determinada pela diferença do carbono orgânico extraído das amostras de solo fumigado e não fumigado. Para cálculo do teor de CBM utilizou-se um valor de Kc igual a 0,38 (VANCE et al., 1987).

A análise do teor de carbono orgânico total do solo (COT) foi feita pelo método da combustão úmida denominado Walkley e Black, descrito por Embrapa, 1997. A partir dos valores do CBM e COT foi determinado o quociente microbiano (qMIC) que representa a qualidade da matéria orgânica do solo (WARDLE, 1994).

A respiração basal (RB) foi calculada através da metodologia de Alef & Nannipieri (1995). Pesaram-se, para cada amostra, 20 g do solo,

retirando materiais orgânicos grosseiros que pudessem interferir nos resultados. O solo foi acondicionado em recipiente hermético de vidro onde procedeu-se a correção da umidade, que é obtida retirando-se o valor do peso do solo seco em estufa do solo úmido, para 80% da capacidade de campo e colocou-se neste recipiente um frasco de vidro contendo 10 mL de KOH 0,3 M. As amostras foram incubadas por 7 dias e após este período determinou-se, indiretamente, o CO₂ liberado pelos microrganismos, através de titulação com HCl 0,1 N, contendo 3 gotas de fenolftaleína. A quantidade de CO₂ liberada foi calculada pelo número de moles de KOH inicial, menos o número de moles de KOH que reagiu com o HCl 0,1N. Os resultados foram calculados em mg de CO₂/kg de solo seco/dia.

Foi calculado o quociente metabólico (qCO_2), que representa a respiração microbiana por unidade de biomassa (ANDERSON & DOMSCH, 1985).

Para as comparações entre médias dos tratamentos foi utilizado utilizando o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SAS (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve influência da adubação nitrogenada e da época de coleta do solo no carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo, respiração basal (RB) e quociente metabólico (qCO_2) (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Carbono da biomassa microbiana, respiração basal e quociente metabólico na camada de 0-10 cm em quatro épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com trigo recebendo quatro doses de N via fertirrigação.

Dose kg N ha ⁻¹	5 dias antes fertirrigação	5 dias após fertirrigação	Florescimento	Colheita
Carbono da biomassa microbiana (mg C Kg solo ⁻¹)				
0	149,28aAB	224,20aA	182,85aAB	106,58bB
50	154,25aAB	93,35bB	70,67bB	244,22aA
100	120,35aA	101,71bA	208,87aA	156,9 7abA
150	205,17aA	94,84bB	128,14abAB	211,65aA
Respiração basal (mg C-CO ₂ kg solo ⁻¹ dia ⁻¹)				
0	11,29abA	6,37aB	7,22aB	9,72aAB
50	13,82aA	7,27aBC	7,24aC	10,80aAB
100	8,51bA	5,71aA	8,23aA	8,48abA
150	11,74abA	6,72aB	5,17aB	5,82bB
Quociente metabólico (mg C-CO ₂ kg C biomassa ⁻¹ dia ⁻¹)				
0	0,075aAB	0,028bB	0,044bAB	0,097aA
50	0,117aA	0,080aAB	0,103aAB	0,045abB
100	0,078aA	0,045abA	0,041bA	0,057abA
150	0,058aA	0,075aA	0,040bA	0,030bA

Médias seguidas pela mesma letra na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula), não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 2. Carbono orgânico do solo (mg C kg⁻¹ solo) na camada de 0-10 cm em quatro épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado com trigo recebendo quatro doses de N via fertirrigação.

Dose kg N ha ⁻¹	Época				Média
	1 ⁽²⁾	2 ⁽³⁾	3 ⁽⁴⁾	4 ⁽⁵⁾	
0	18,79	18,79	18,92	17,88	18,59B ^(*)
50	19,95	20,86	21,24	21,37	20,86A
100	20,47	20,34	21,76	21,11	20,92A
150	18,65	19,3	19,69	19,69	19,33B
Média	19,46a	19,82a	20,40a	20,01a	

(1) As dosagens são representadas em Kg/ha; (2) Coleta feita 5 dias antes da fertirrigação; (3) Coleta feita 5 dias após a fertirrigação; (4) Coleta feita no florescimento; (5) Coleta feita na colheita; * Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p< 0,05).

No tratamento sem adubação nitrogenada, o CBM apresentou diferença estatística entre os demais tratamentos, aos cinco dias após a adubação nitrogenada. Possivelmente, a ausência de adubação representou diminuição do estresse promovido pela adubação e a microbiota foi possivelmente estimulada pelos exsudados radiculares liberados pela cultura, que estava na fase de perfilhamento; a RB de todos os tratamentos foi semelhante (Tabela 1), apesar de o CBM nos tratamentos com adubação nitrogenada terem apresentado menores valores, somente aos cinco dias após a fertirrigação. Não houve diferença significativa na respiração basal do solo, mas neste tratamento, o quociente metabólico foi menor, indicando maior eficiência metabólica dos microrganismos do solo.

A redução do carbono da biomassa microbiana do solo em função da adubação nitrogenada não sofreu influência, a partir da dose de 50 kg N ha⁻¹; entre as doses de N, o CBM foi semelhante aos cinco dias após a fertirrigação e na colheita da cultura. Isso mostra que 50 kg N ha⁻¹ já é suficiente para afetar os microrganismos do solo e uma dose três vezes maior não altera significativamente o carbono da biomassa microbiana do solo.

A aplicação de doses balanceadas de nitrogênio para a planta no solo altera o carbono da biomassa microbiana do solo, enquanto que doses desbalanceadas (insuficientes ou excessivas) não afetam ou diminuem o carbono da biomassa microbiana do solo (VANCE et al., 2001; KANCHICKERIMATH; SINGH, 2001). Estas diferentes alterações podem se relacionar com as fases de crescimento da planta (BARDGETT et al.,

1999) e com a liberação de exsudatos pela rizosfera (VANCE et al., 2001).

A redução ou manutenção da biomassa microbiana pela adição de nitrogênio pode também estar associada à maior taxa de nitrificação no solo (WARDLE, 1992) ou à diminuição na liberação de exsudatos ou rizodeposições pelas plantas, diminuindo o suprimento de carbono prontamente disponível para os microrganismos (VANCE et al., 2001). Pode ainda ser causada pela competição entre plantas e microrganismos, quando há deficiência de nitrogênio, levando à competição entre plantas e microrganismos (PATERSON, 2003)

Possivelmente, a morte e lise celular microbiana que ocorre em função das elevadas concentrações de nitrogênio na solução do solo tenham induzido a uma neoformação de população microbiana, que apresenta maior intensidade metabólica do que populações mais velhas (JANS-HAMMERMEISTER, 1996). Dessa forma, nos tratamentos com adubação observaram-se menores valores de CBM e com menor eficiência metabólica, pois o qCO_2 foi maior e semelhante entre as doses de nitrogênio, comparados ao tratamento sem adubação nitrogenada, principalmente aos cinco dias após a fertirrigação.

Na fase de florescimento, o CBM aumentou os valores no tratamento que recebeu adubação nitrogenada nas doses de 100 e 150 Kg N ha⁻¹. Isso se deve, possivelmente, ao suprimento adequado de N para a cultura, promovendo maior desenvolvimento de biomassa vegetal aéreo e radicular e maior liberação de exsudatos, possibilitando maior desenvolvimento microbiano, favorecendo assimilação de N para a microbiota.

Esse fato não ocorreu no tratamento que recebeu 50 Kg N ha⁻¹, onde o CBM não aumentou seus valores, devido ao valor aplicado não ter atendido à exigência de N.

No tratamento sem adubação nitrogenada o CBM demonstrou decréscimo no florescimento, que se estendeu até a colheita da cultura. Possivelmente, o baixo suprimento de N para a planta provocou baixo desenvolvimento radicular e liberação de exsudados, não favorecendo o desenvolvimento microbiano nessas fases.

Os tratamentos com adubação nitrogenada apresentaram elevados e similares valores para o CBM avaliado na época de colheita. Isso mostra que, ao final do ciclo da cultura, mesmo os tratamentos que inicialmente apresentaram redução e onde ocorreu menor recuperação inicial da atividade microbiana (50 kg N ha⁻¹), ao final do ciclo obtiveram desenvolvimento microbiano a níveis satisfatórios.

Na fase de colheita, o tratamento que recebeu 150 Kg N ha⁻¹ apresentou a menor atividade microbiana (RB); o CBM e o qCO_2 foram semelhantes ente as demais doses de N. Já o tratamento sem adubação nitrogenada apresentou o maior qCO_2 , indicando que após a retirada da cultura, a eficiência metabólica microbiana tendeu a ser menos eficiente neste tratamento.

Estes dados sugerem que os microorganismos do solo sob condições de estresse, há redução no CBM, posteriormente acompanhada de maior atividade individual daqueles que sobreviveram à condição adversa, já que a competição por recursos (fontes de energia, nutrientes e elétrons) é atenuada. Desta forma, observa-se uma relação inversa entre o qCO_2 e o CBM, de modo que fatores que promovem aumento

no CBM, como o COT, causam redução no qCO_2 , indicando uma maior eficiência metabólica microbiana (BALOTA et al., 1998).

Vargas et al. (2004) avaliando parâmetros microbiológicos durante o ciclo do milho também observou que os máximos valores são obtidos nas fases finais do ciclo da cultura, e observou que a maior deposição de raízes e exsudados radiculares são os principais fatores de aumento da atividade microbiana do solo.

Os valores de carbono orgânico do solo foram semelhantes em todas as épocas de coleta. Considerando-se as doses de N, os maiores valores foram obtidos entre as doses de 50 e 100 kg N ha⁻¹ (Tabela 2).

Nas doses de 50 e 100 kg N ha⁻¹, independente da dose aplicada de nitrogênio, houve aumento do COT, devido, possivelmente, à maior produção de matéria seca aérea e de raiz além da maior liberação de compostos orgânicos via exsudados radiculares, que ocorre em plantas supridas nutricionalmente. Ao contrário, o tratamento sem adubação nitrogenada e aquele com 150 kg N ha⁻¹, apresentaram redução nos teores de COT durante o ciclo da cultura. Como, de modo geral, a RB dos tratamentos foi semelhante ao longo do ciclo (Tabela 1), a adição de carbono pela planta nos tratamentos com adubação nitrogenada superou a evolução de CO₂ pela microbiota, fato que não ocorreu no tratamento sem adubação nitrogenada.

A razão entre o C microbiano e Carbono orgânico pode ser denominada de quociente microbiano ($qMIC$) e fornece uma medida da qualidade da matéria orgânica, sofrendo influencia da adubação nitrogenada ao longo do ciclo da cultura (Tabela 3).

Tabela 3. Quociente microbiano na camada de 0-10 cm em quatro épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado com trigo recebendo quatro doses de N via fertirrigação.

Dose kg N ha ⁻¹	5 dias antes fertirrigação	5 dias após fertirrigação	Florescimento	Colheita
	Quociente microbiano (%)			
0	0,79abAB	1,20aA	0,98abA	0,60bB
50	0,79abAB	0,45bB	0,33bB	1,14aA
100	0,59aB	0,66aB	0,96aA	0,74aAB
150	1,10aA	0,49bB	0,65abAB	1,07aAB

Médias seguidas pela mesma letra na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula), não diferem entre si, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

A adubação nitrogenada promoveu redução no q_{MIC} , cinco dias após a sua aplicação, mostrando que o CBM é o compartimento do COT mais sensível à mudanças no meio (SPARLING, 1992). Desta forma o quociente microbiano é um parâmetro útil para descrever alterações em ecossistemas com interferências antrópica (POLWSON et al., 1987; ISAM; DOMSCH, 1988), sendo, ainda, influenciado pela mineralogia, conteúdo da fração argila, teor de COT, tipo de vegetação e o manejo do solo (GARCIA et al., 1997).

Na colheita da cultura, em geral, o q_{MIC} foi maior com a adubação nitrogenada, independente da dose de N, indicando que a dose de 50 kg N ha⁻¹ foi suficiente para aumentar a qualidade da matéria orgânica do solo, no final do ciclo da planta.

CONCLUSÕES

A fertirrigação nitrogenada promoveu alterações na microbiota do solo, provocando, em geral, reduções no carbono da biomassa microbiana.

O carbono da biomassa microbiana do solo, o quociente metabólico e o quociente microbiano, em geral diminuíram aos cinco dias após a fertirrigação e na floração da cultura.

Não houve efeito da fertirrigação sobre a respiração basal e o carbono orgânico do solo, com exceção da dose de 150 kg N ha⁻¹, na colheita da cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro da PETROBRAS e da FINATEC (UnB).

ABSTRACT: In Brazilian Cerrado cultivated area with wheat has grown considerably in recent years, and cultivars has been developed specifically for those conditions.. The objective of the study was to evaluate the effect nitrogen doses and times of soil collection, at soil microbial biomass carbon (SMBC), soil microbial basal respiration (BR) and soil organic carbon (SOC), under irrigated wheat. The experiment was installed in June of 2006, in a Red Latosol, Embrapa Cerrados (CPAC), at Distrito Federal. The experiment was a randomized complete block design with three fertilization treatments: 50, 100, 150 kg ha⁻¹ N, and a treatment without N; subplots had represented times of soil collection. Only one urea application was made with fertirrigation, in the tillering. Soil collections had been made in the layer of 0 - 10 cm, at four periods: 5 days before fertirrigation; 5 days after fertirrigation; in the flowering stage and at the harvest. There was effect of the doses of N and the times of ground collections in BR, MBC and OC. The MBC was a good parameter to evaluate the short-term microorganism activity, therefore this tended to decrease after urea application.

KEYWORDS: Soil microbial carbon biomass. Savana. Soil quality.

REREFÊNCIAS

ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 21, p. 471- 479, 1989.

ALEF, K. Estimation of the hydrolysis of fluorescein diacetate. In: ALEF, K., NANNIPIERI, P. (Eds.). **Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry**. London:Academic Press, London, 1995. p. 232–238.

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**, Viçosa, v. 22, p. 641-650, 1998.

BARDGETT, R. D.; MAWDSLEY, J. L.; EDWARDS, S.; HOBBS, P. J.; RODWELL, J. S.; DAVIES, W. J. Plant species and nitrogen effects on soil microbiological properties of temperate upland grasslands. **Functional Ecology**, London, v. 3, p. 650-660, 1999.

COSER, Thais Rodrigues. **Doses de nitrogênio e seu efeito nos indicadores microbiológicos de qualidade de solo na cultura da cevada**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias – Curso de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

COSER, T. R.; RAMOS, M. L. G., AMÁBILE, R. F. RIBEIRO JÚNIOR, W. Q. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo de cerrado, com aplicação de fertilizante nitrogenado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 399-406, 2007.

COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, EMBRAPA-SPI. 1994, 315 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de métodos de análise do solo**. 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa Microbiana e Ciclagem de Nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 227-243.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 427-432, 1994.

GARCIA, T. C; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Potential use of dehydrogenase activity as index of microbial activity in degraded soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 28, p. 123-134, 1997.

ISAM, H.; DOMSCH, K. H. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamations sites. **Microbial. Ecology**, New York, v. 15, p. 177-188, 1988.

JANS-HAMMERMEISTER, D. C. Is there a correlation among factors used to estimated soil microbial biomass? **Applied Soil Ecology**, v. 3, p. 79-83, 1996.

JENKINSON, D. S., LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: PAUL, E. A., LADD, J. N. **Soil Biochemistry**, New York:, v. 5, p. 415-471, 1981.

KANCHIKERIMATH, M., SINGH, D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of Índia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 86, p. 155-162, 2001.

PATERSON, E. Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. **European Journal of Soil Science**, v. 54, p. 741-750, 2003.

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

SAS INSTITUTE. SAS User's guide: Statistics. 5.ed. Cary, 1985. 956p.

SPARLING, G. P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Austalian Journal Soil Research**, v. 30, p. 195-207, 1992.

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.

VANCE, E. D., CHAPIN III, F. S. Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 33, p. 173-188, 2001.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SA, E. L. S. de. Alterações microbianas no solo durante o ciclo do milho nos sistemas plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, 749-755, 2004 .

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

WARDLE, D. A. Metodologia para a quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M., ARAÚJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Embrapa, Brasília, DF. 1994, 542p.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 25-29, 2002.