



ATIVIDADE MICROBIANA DE SOLOS CONTAMINADOS COM PICLORAN E CULTIVADOS COM *Urochloa brizantha*

Renan Rodrigues Braga¹, Sarah Stephane Diamantina da Costa², Evander Alves Ferreira³, José Barbosa dos Santos⁴, Daniel Valadão Silva¹

1. Pós-Graduando em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa (granderenan@gmail.com)
2. Graduanda em agronomia pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
3. Pós-Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
4. Professor, Doutor, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

O picloram é um herbicida utilizado em pastagens para controle de plantas daninhas de folhas largas. Apresenta elevada persistência no solo, o que aumenta o potencial de contaminação ambiental. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a atividade microbiana de solos contaminados com picloram e cultivados com *Urochloa brizantha*. Para isso foram realizados dois experimentos (um em pH 4,5 e outro em pH 5,6) em ambiente protegido. O delineamento experimental adotado para ambos os trabalhos foi em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas 2x2x4 sendo o primeiro nível com e sem *U. brizantha*, o segundo nível as doses do herbicida (0 e 240 g ha⁻¹ de picloram na formulação comercial Padron[®]) e como terceiro nível as profundidades avaliadas (0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm). Nos dois níveis de acidez avaliados, os solos tratados com picloram apresentaram maiores valores referentes a todas as variáveis, exceto, no pH 5,6 nas camadas superficiais de 0-20 cm, onde constatou-se que os solos sem a aplicação do produto apresentaram maiores valores de quociente metabólico. Importante destacar que solos cultivados com a forrageira na presença do herbicida apresentaram os maiores valores de taxa respiratória e de carbono da biomassa microbiana, o que pode indicar a ação de microorganismos na degradação do picloram.

PALAVRAS-CHAVE: Herbicidas auxínicos, carbono da biomassa microbiana, taxa respiratória, quociente metabólico, acidez do solo.

MICROBIAL ACTIVITY OF SOILS CONTAMINATED WITH PICLORAN AND GROWN WITH *Urochloa brizantha*

ABSTRACT

The Picloram is a herbicide used in pastures to control broadleaf weeds. Has high persistence in the soil which increases the potential for environmental contamination. This study aimed to evaluate the microbial activity of soils contaminated with picloram

and cultured with *Urochloa brizantha*. For this two experiments were conducted (one at pH 4.5 and another at pH 5.6) in a protected environment. The experimental design for both studies was a randomized block with four replications in split split plot 2x2x4 being the first level with and without *U. brizantha*, the second level of the herbicide doses (0 and 240 g ha⁻¹ in the commercial formulation of picloram Padron[®]) and third level as studied depths (0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm). In both acidity levels evaluated, the soils treated with picloram showed higher values for all variables except for pH 5.6 in the surface layers of 0-20 cm, where it was found that soils without the application of the product showed higher values of metabolic quotient. Importantly soils cultivated with forage in the presence of the herbicide showed higher respiratory rate and microbial biomass carbon, which may indicate the action of microorganisms in the degradation of picloram.

KEYWORDS: Auxínicos herbicidas, microbial biomass carbon, respiration rate, metabolic quotient, soil acidity.

INTRODUÇÃO

No setor da pecuária, onde se empregam pastagens extensivas para a criação do rebanho, os herbicidas do grupo dos hormonais têm sido os únicos usados. Esses produtos apresentam elevada persistência no solo, pois têm de promover efeito de controle das plantas daninhas por longos períodos. As principais moléculas usadas têm sido o 2,4-D e o picloram, que compõem a maioria das formulações comerciais recomendadas para pastagens (MAPA, 2013).

O herbicida picloram, apesar de normalmente ser utilizado em pós-emergência de plantas daninhas, sobretudo de dicotiledôneas arbustivas ou arbóreas (SILVA, 2011), apresenta um dos maiores períodos de atividade residual no solo, impedindo de curto a médio prazo, o cultivo de várias espécies agrícolas (SANTOS et al., 2010). Sabe-se, também, que quanto mais tempo o herbicida permanece no solo, maior o risco de lixiviação e conseqüente contaminação de lençóis freáticos (D'ANTONINO et al., 2009a; D'ANTONINO et al., 2009b).

A atuação dos microrganismos do solo na degradação de agrotóxicos orgânicos não-clorados e de herbicidas é o principal mecanismo atuante na remediação de solos contaminados. A associação entre os microrganismos do solo e as plantas na degradação de contaminantes é chamada de fitorremediação, essa técnica promove elevadas taxas de remediação, obtidas com utilização de plantas que, comprovadamente, aumentam a degradação microbiana de compostos orgânicos danosos ao solo (MARQUES et al., 2010).

O processo de degradação é mais intenso na rizosfera, a chamada rizodegradação, tendo grande importância a capacidade de modificação do pH na região da rizosfera, influenciado pela eliminação de prótons e, principalmente, pelos exsudatos radiculares, pela absorção de nutrientes através do sistema radicular, sendo que, modificações nos valores de pH podem acelerar a remediação dos herbicidas (SANTOS et al., 2007).

O comportamento das moléculas químicas no solo é dependente de três processos: retenção, transformação e, ou transporte (MELO et al., 2010). Dentre as características pertinentes ao solo, pode-se destacar o pH, a matéria orgânica, a textura e mineralogia, a temperatura e a umidade (LOURENCETTI et al., 2008). Devido ao grande número de fatores envolvidos é difícil prever o tempo exato para dissipação das moléculas (OLIVEIRA Jr et al., 2009). Os solos brasileiros normalmente têm valores de pH entre 4 a 6,5 e nestas condições o herbicida picloram se comporta como um ácido (pKa 2,3), e a maioria de

suas moléculas se encontra na forma aniônica. Nesta forma as moléculas são repelidas pelas cargas negativas presentes nos solos, o que faz com que este herbicida seja menos sorvido.

Dentre os indicadores microbiológicos de qualidade do solo, destacam-se a taxa respiratória (TR), a biomassa microbiana (BM) e o quociente metabólico (qCO_2). A TR do solo é a medida da produção de CO_2 resultante da atividade metabólica dos macro e microrganismos (DORAN & PARKIN, 1994). A atividade desses organismos no solo é considerada um atributo positivo para a qualidade do solo, sendo muito usada por ser mais genérica, englobar a atividade de comunidades e consórcios de microrganismos presentes no solo e ainda apresentar melhor reprodutibilidade (MOORMAN, 1994). Altas TR do solo podem indicar distúrbio ecológico (exemplo, aplicação de agrotóxicos) ou alto nível de produtividade do ecossistema solo (ISLAM & WEIL, 1998). A aplicação de agrotóxicos interfere (e.g. positiva ou negativamente) na atividade dos organismos do solo, propiciando a metabolização desses produtos pelos organismos e a capacidade dos agrotóxicos intoxicarem a biota do solo, respectivamente (SILVA, 2010).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do cultivo de *U. brizantha* após aplicação de picloram sob a atividade microbiana de solo em diferentes profundidades e valores de pH.

MATERIAL E METODOS

O trabalho foi conduzido em ambiente protegido no departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, durante o período de janeiro a julho de 2012. Foi utilizada uma amostra de um Latossolo Vermelho proveniente da região de Diamantina-MG com o seguinte resultado da análise química: pH (água) de 4,4; teor de matéria orgânica de 8,7 $daq\ kg^{-1}$; P e K de 3,0 e 39 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente; Ca, Mg, Al, H+Al e $CTC_{efetiva}$ de 1,1; 0,3; 1,4; 15,7 e 2,9 $cmol\ dm^{-3}$, respectivamente. Para adequação do substrato quanto à nutrição, foram aplicados 2,7 $g\ dm^{-3}$ da formulação 4-14-8 (N-P₂O₅-K₂O). A adubação complementar nitrogenada em cobertura foi realizada após 15 dias da emergência da cultura, na dose de 100,0 $mg\ dm^{-3}$ de uréia previamente dissolvida em água. As irrigações foram realizadas diariamente, de forma a manter o solo nos vasos sob mesma umidade.

Foram realizados dois experimentos sendo o primeiro em pH 4,5 e o segundo em pH 5,6. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os dois foram em esquema de parcelas subdivididas 2x2x4 sendo o primeiro nível com e sem *Urochloa brizantha*, o segundo nível as doses do herbicida (0, 240 $g\ ha^{-1}$ de picloram na formulação comercial Padron®) e como terceiro nível as profundidades avaliadas (0 a 10, 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm). Para adequar o solo aos valores requeridos de pH, na primeira amostra não se promoveu a correção, e na segunda aplicou-se o equivalente a 5,2 $t\ ha^{-1}$ de calcário dolomítico (PRNT = 80%). Os substratos para os ensaios foram umedecidos e incubados por 40 dias para reação do corretivo.

As unidades experimentais foram compostas de cano de PVC revestidas internamente com parafina, a fim de evitar a perda da água pelas paredes das colunas, sendo quatro anéis com 10 cm, totalizando 40 cm de altura, e 15 cm de diâmetro, e a extremidade basal (fundo) foi fechada por gaze e papel-filtro e apoiada sobre pratos para evitar a perda de água e herbicida por lixiviação. Após o preparo das colunas estas foram irrigadas e o herbicida picloram foi aplicado utilizando-se um pulverizador com pressão constante de 3 bar, acoplado a uma barra com dois

bicos tipo leque TT11002 e o volume de calda foi de 150 L ha⁻¹.

Um dia após a aplicação do herbicida, foi semeado seis sementes de *U. brizantha* por vaso, e posteriormente realizado o desbaste deixando-se duas plantas por coluna de PVC. As plantas foram cultivadas até a floração, que ocorreu aos 60 dias após emergência, momento que foi efetuada a coleta do solo rizosférico. Nessas amostras, estimou-se a taxa respiratória, o carbono da biomassa microbiana e o quociente metabólico.

Na avaliação da taxa respiratória, utilizou-se o método respirométrico de avaliação do C-CO₂ evoluído do solo, no qual amostras de 100 g de solo úmido (60% da capacidade de campo) e peneirado foram incubadas durante 15 dias em frascos hermeticamente fechados. O C-CO₂ liberado do solo foi carregado por fluxo contínuo de ar (isento de CO₂) até outro frasco contendo 100 mL de solução de NaOH 0,25 M. Após sete dias, estimou-se o C-CO₂ evoluído a partir da titulação de 10 mL da solução de NaOH com solução de HCl 0,1 M, preenchendo-se novamente os frascos com 100 mL de solução de NaOH 0,25 M. No controle da qualidade do ar carregado, utilizou-se frasco sem solo, servindo como amostra “em branco” em relação às demais. A temperatura do ar da sala de incubação foi de 25 ± 2 °C.

Após 7 dias de incubação, o solo foi retirado dos frascos, tomando-se 20 g de cada frasco para determinação do carbono da biomassa microbiana (CBM). Utilizou-se o método descrito por VANCE et al. (1987), modificado por ISLAM & WEIL (1998), no qual as amostras foram tratadas com radiação de microondas por tempo previamente calculado (60 s + 60 s), em vez da fumigação com clorofórmio. O CBM foi extraído das amostras (irradiadas e não-irradiadas) de solo com 80 mL da solução de K₂SO₄ 0,5 M; em seguida, as amostras foram submetidas à agitação por 30 minutos, em mesa agitadora horizontal, permanecendo em repouso durante mais 30 minutos. Após o repouso, as amostras foram filtradas em filtros de papel Whatman no 42. Em tubo digestor, tomaram-se 10 mL do filtrado, que foram adicionados aos reagentes: 2 mL de solução de K₂Cr₂O₇ 0,0667 M, 5 mL de H₃PO₄ concentrado e 10 mL de solução de H₂SO₄ 0,2 M. Posteriormente, os tubos foram aquecidos por 30 min a 100 °C, deixando-se esfriar em seguida. O volume foi completado para 100 mL, e adicionado o indicador difenilamina (cinco gotas); em seguida, procedeu-se a titulação com solução 0,033 mol L⁻¹ de (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ até mudança da cor azul-escura para verde. A partir dos valores obtidos da evolução do C-CO₂ e CBM, calculou-se o qCO₂ (µg g⁻¹ d⁻¹ de C-CO₂), dividindo-se a média diária do C-CO₂ evoluído do solo pelo CBM determinado no solo.

Os dados por não se adequarem a modelos de regressão foram exibidos em forma descritiva, sendo apresentado a média de cada tratamento e seu respectivo desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 foram alocados os gráficos referentes à taxa transpiratória (TR), carbono da biomassa microbiana (CBM) e quociente metabólico (qCO₂) de solos mantidos em pH 4,5 com e sem aplicação do herbicida picloram em diferentes profundidades.

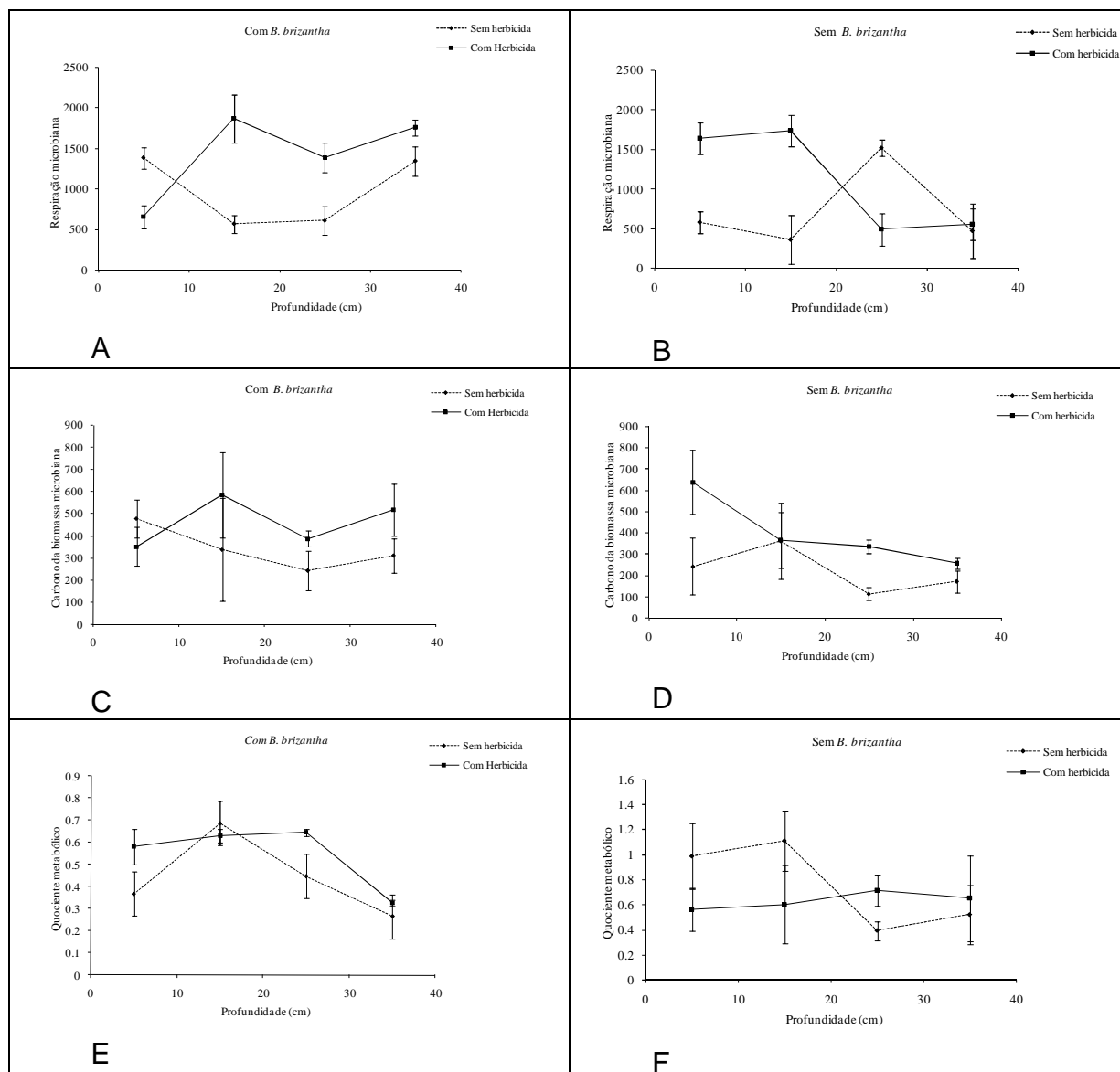


Figura 1. Taxa respiratória (TR - mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo), carbono da biomassa microbiana (CBM - µg CBM g⁻¹ de solo) e quociente metabólico (µg C-CO₂ µg⁻¹ CBM d⁻¹) de solos cultivados ou não com *U. brizantha* a pH 4,5; A) TR em solos cultivados com *U. brizantha*; B) TR em solos sem *U. brizantha*; C) CBM em solos cultivados com *U. brizantha*; D) CBM TR em solos sem *U. brizantha*; E) qCO₂ em solos cultivados com *U. brizantha*; F) qCO₂ em solos sem *U. brizantha*.

Os solos cultivados com *U. brizantha* na ausência do herbicida apresentaram maior TR na camada superficial do solo (0-10 cm), comparado ao tratamento onde o picloram foi aplicado. Nas profundidades de 10 a 40 cm as parcelas tratadas com picloram mostraram maior TR (Figura 1 A). Assim a maior taxa respiratória nas camadas mais profundas de solos tratados com o herbicida pode indicar um processo de degradação do picloram.

Nos solos onde não se cultivou a *U. brizantha* a TR foi maior na presença do herbicida na profundidade de 0 a 20 cm, sendo que, dos 20 aos 30 cm a situação se inverteu, sendo observado maior TR nos solos sem aplicação do produto (Figura 1 B). Importante salientar que solos cultivados com *U. brizantha* na ausência do

herbicida apresentaram maior TR na profundidade de 0-10 cm, reduzindo esses valores na profundidade 10-30 cm e voltando a aumentar de 30-40 cm (Figura 1 A).

Ao avaliar o CBM, verificou-se que, na profundidade de 0-10 cm as parcelas cultivadas com *U. brizantha* na ausência do produto mostraram maiores valores relacionadas a essa variável, comparada às parcelas com a aplicação do picloram, sem noto, diferir estatisticamente das mesmas. Entretanto nas profundidades de 20-40 cm na presença da forrageira observou-se maior CBM nos solos tratados com o picloram em relação aos solos não tratados (Figura 1 C).

Na ausência da *U. brizantha* solos tratados com o produto apresentaram maior CBM nos primeiros 10 cm, sendo que, os valores de CBM foram parecidos aos 15 cm e a partir dessa profundidade solos tratados com o herbicida tenderam a apresentar maior CBM, destacando-se que a partir de 15 cm de profundidade constatou-se decréscimo da CBM tanto para solos tratados com o produto quanto para solos livres da aplicação do mesmo (Figura 1 D). A aplicação de herbicidas pode alterar a biomassa microbiana do solo (BM), porém apresenta resposta variável e depende do herbicida aplicado, do tipo de solo, da espécie da planta e da microbiota e suas interações. A interação herbicida-solo-microrganismo é demonstrada em alguns trabalhos, onde, por exemplo, o atrazine não provocou alterações no BM de solo arenoso (GHANI et al., 1996) e, por outro lado, favoreceu o aumento do BM em solo argiloso e com alto teor de matéria orgânica (MORENO et al., 2007). Em ambos os trabalhos não houve o cultivo de plantas.

Com relação ao qCO_2 , constatou-se que na presença da forrageira solos tratados com o picloram tenderam a apresentar maiores valores referentes a essa variável para todas as profundidades avaliadas, para os dois tratamentos avaliados constatou-se incremento do qCO_2 na profundidade de 0-10 cm, sendo que, a partir da profundidade de 15 cm observou-se decréscimo nos valores dessa variável (Figura 1 E). Na ausência da forrageira verificou-se que na profundidade de 0-20 cm solo tratados com o herbicida mostraram menores qCO_2 e em maiores profundidades constatou-se que essa situação se inverteu onde os menores valores dessa variável foi observada para os solos isentos da aplicação do produto, embora não tenha apresentado diferença estatística (Figura 1 F).

Na Figura 2, foram alocados os gráficos referentes à TR, CBM e qCO_2 de solos corrigidos ao pH de 5,6 com e sem a aplicação do herbicida picloram em diferentes profundidades.

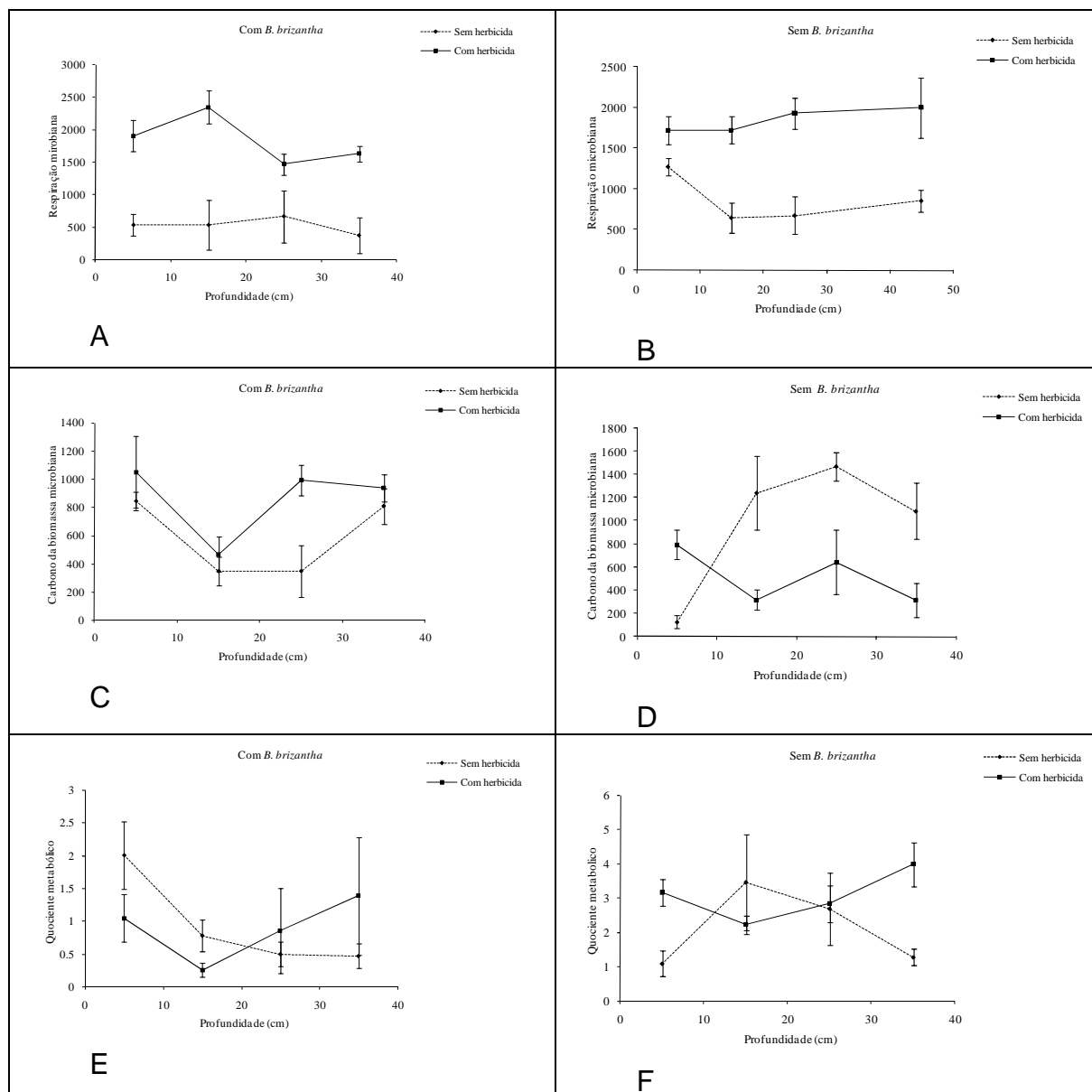


Figura 2. Taxa respiratória (TR - mg C-CO₂ 100 g⁻¹ solo), carbono da biomassa microbiana (CBM - µg CBM g⁻¹ de solo) e quociente metabólico (µg C-CO₂ µg⁻¹ CBM d⁻¹) de solos cultivados ou não com *U. brizantha* a pH 5,6. A) TR em solos cultivados com *U. brizantha*; B) TR em solos sem *U. brizantha*; C) CBM em solos cultivados com *U. brizantha*; D) CBM TR em solos sem *U. brizantha*; E) qCO₂ em solos cultivados com *U. brizantha*; F) qCO₂ em solos sem *U. brizantha*.

Segundo CHEUNG & BIGGAR (1974) acima de 95% das moléculas de picloram permanecem em estado aniônico a um pH acima de 5. Dessa forma as moléculas são menos adsorvidas pelas partículas de argila e de matéria orgânica do solo e estão presentes na solução do solo e mais susceptíveis à lixiviação. Esses resultados auxiliam no entendimento da dinâmica do herbicida e alerta para os efeitos de eventual calagem em áreas de pastagens que recebem aplicações do herbicida picloram.

Solos cultivados com *U. brizantha* e na ausência da mesma apresentaram na presença do herbicida maiores valores relacionados à TR para todas as

profundidades avaliadas (Figuras 2 A e 2 B). A maior TR pode indicar algum efeito do picloram na forrageira, aliada a lixiviação do herbicida com o aumento do pH, assim a morte de partes da planta pode levar ao incremento da biomassa microbiana aliada a maior taxa de consumo de matéria orgânica, sendo evidenciado pelo incremento da TR. MORENO et al. (2007) observaram que solos tratados com ametryn, atrazine e glyphosate apresentaram maiores taxas respiratórias em relação ao controle, indicando a possível metabolização desses herbicidas pela biota do solo.

As maiores TR e CBM observadas em ambos os níveis de pH avaliados na presença da forrageira para os tratamentos que receberam a aplicação do picloram pode indicar um processo de decomposição do mesmo, processo esse conhecido como fitoestimulação e rizodegradação. O ambiente rizosférico consiste na liberação de exsudados pelas plantas, garantindo assim a proliferação de microrganismos que serão responsáveis pela degradação do contaminante. Há o estímulo à atividade microbiana, promovido pela liberação de substâncias que atuam degradando o herbicida no solo, o que caracteriza, em algumas plantas, a aptidão rizosférica para a biorremediação desses compostos (SANTOS et al. 2007).

Na presença da *U. brizantha* solos tratados com o produto tenderam a apresentar mores valores de CBM em todas as profundidades, destacando-se que solos sem a aplicação do produto apresentaram maiores valores de CBM nas profundidades de 0-10 e 30-40 cm (Figura 2 C). Esse comportamento se deve ao provável fato de ocorrer maior acúmulo de raízes na parte inferior do recipiente. Assim, deve-se considerar a grande capacidade de crescimento em profundidade das raízes desta forrageira que em condições naturais podem ultrapassar 100 cm (ARAÚJO et al., 2011), e devido a limitação física imposta pelo tamanho do recipiente escolhido para cultivo. Assim, a raiz apresentou crescimento horizontal acumulando-se na base do vaso.

Na ausência da forrageira, solos tratados com o picloram mostraram maiores valores de CBM nos primeiros 10 cm de profundidade, no entanto esses valores se inverteram nas maiores profundidades, onde os solos isentos da aplicação do herbicida mostram maiores valores de CBM. Destacando-se também que solos não cultivados com a forrageira e sem aplicação do picloram mostraram incremento da CBM com o aumento da profundidade (Figura 2 D). SANTOS et al. (2005) avaliaram o efeito dos herbicidas fluazifop-p-butyl e fomesafen, isolados e em mistura, nos atributos biológicos de qualidade do solo cultivado com feijão (*Phaseolus vulgaris*) em sistema de cultivo convencional e plantio direto. Em ambos os cultivos constataram-se maiores reduções na biomassa microbiana do solo tratado com a mistura de fluazifop-p-butyl e fomesafen.

SANTOS et al. (2005), ao trabalharem com o fluazifop-p-butyl, atribuíram esse comportamento ao estresse e à limitação de crescimento de parte da população microbiana nas menores doses. Com o aumento da dose, esses autores constataram que o herbicida pode ter sido tóxico a parte da população de microrganismos, ocorrendo estímulo de crescimento de microrganismos saprófitas, insensíveis ao herbicida. Parte desse comportamento pode ser atribuída à redução da competição entre os microrganismos do solo, permitindo crescimento de outras populações. ZILLI et al. (2007) observaram redução do CBM em solo com aplicação de imazaquin, herbicida inibidor da enzima ALS, alterando também a composição das espécies que compõem as populações de microrganismos.

Solos cultivados com *U. brizantha* na presença do herbicida apresentaram menos valores de qCO₂ na profundidade de 0-20 cm, sendo que, com o aumento da

profundidade estes solos mostraram incremento nos valores dessa variável, superando os valores observados para os solos não tratados com o produto (Figura 2 E). Esses valores de qCO_2 elevados nas camadas superficiais e nas camadas mais profundas podem indicar distribuição do herbicida nas camadas do solo propiciado pela presença da forrageira. TUFFI SANTOS et al. (2008) relatam a capacidade da espécie *U. brizantha* em absorver e exudar glyphosate, comportamento que pode ocorrer com outras espécies do mesmo gênero e com outros herbicidas.

Já na ausência da forrageira, solos onde o produto não foi aplicado, houve tendência de incremento dos valores de qCO_2 , sendo esses valores superiores aos observados para os solos tratados com o picloram (Figura 2 F).

Constatou-se que em solos cultivados com *U. brizantha* em pH 4,5 a TR e o CBM foram maiores em solos tratados com o picloram, mesmo comportamento foi observado para os solos não cultivados com a forrageira, embora para o CBM não haja diferença estatística (Figuras 3 A e 3 B).

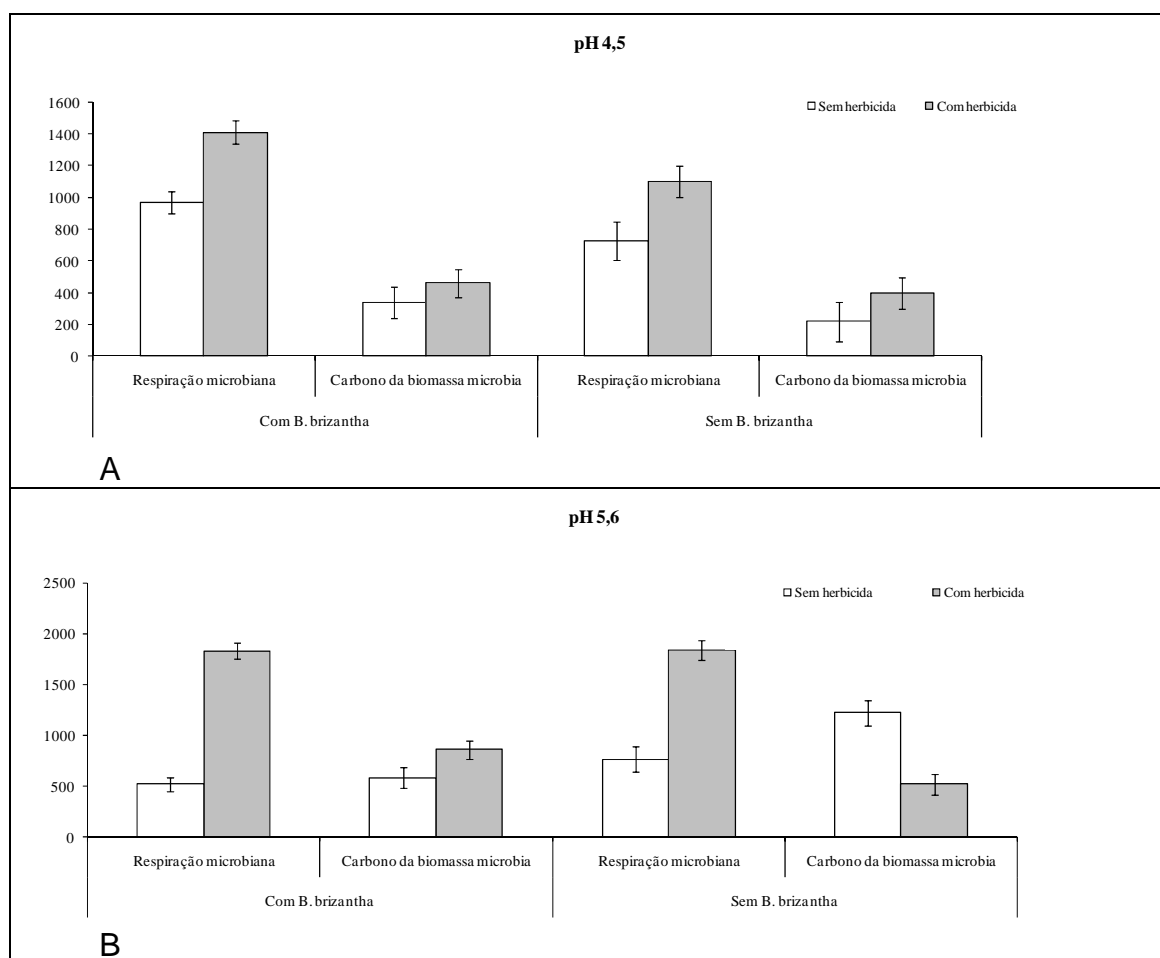


Figura 3. A) Taxa respiratória (TR - $mg\ C-CO_2\ 100\ g^{-1}$ solo) e carbono da biomassa microbiana (CBM - $\mu g\ CBM\ g^{-1}$ de solo) de solos cultivados ou não com *U. brizantha*, com e sem aplicação do picloram em pH 4,5; B) Taxa respiratória (TR) e carbono da biomassa microbiana (CBM) de solos cultivados ou não com *U. brizantha*, com e sem aplicação do picloram em pH 5,6.

Em solo (pH 4,5) cultivado com *U. brizantha*, verificou-se que o tratamento sem

herbicida mostrou menor valor de qCO_2 , sendo que, nos tratamentos sem o cultivo da forrageira observou-se que o foi qCO_2 superior nas parcelas sem aplicação do picloram, considerando também que os valores para essa variável foram superiores nos tratamentos onde a forrageira se encontrava ausente, porém estatisticamente a inversão não foi observada (Figura 4 A). Nos tratamentos onde o pH foi corrigido para 5,6, observou-se que solos cultivados com *U. brizantha* mostram menores valores de qCO_2 , sem que fosse observada diferença entre os tratamentos sem e com o herbicidas, já nos solos onde a forrageira se encontrava ausente, maiores valores de qCO_2 foram constatados, sendo que, as parcelas que receberam a aplicação do produto apresentaram maiores valores dessa variável em comparação aos solos isentos do herbicida (Figura 4 B).

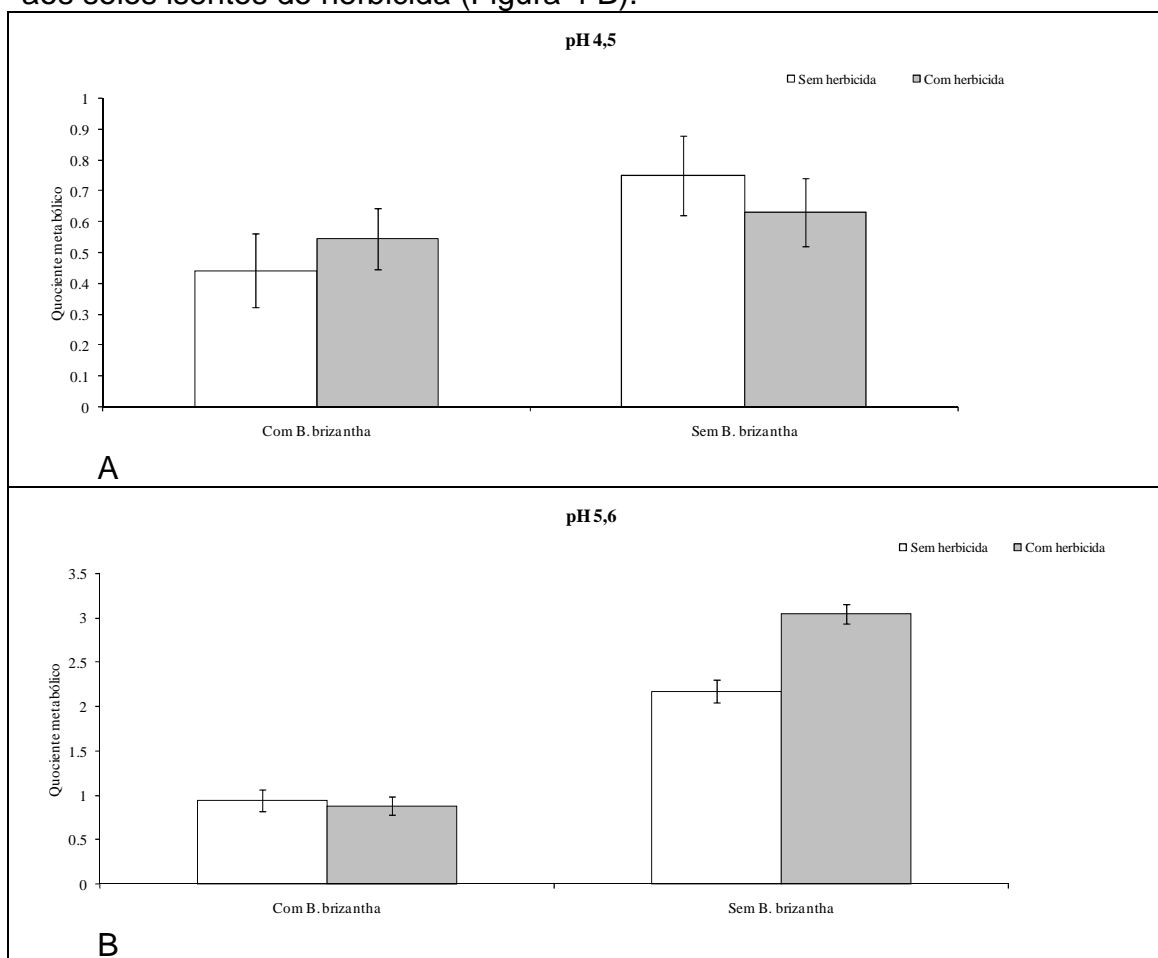


Figura 4. A) Quociente metabólico ($\mu g C-CO_2 \mu g^{-1} CBM d^{-1}$) de solos cultivados ou não com *U. brizantha*, com e sem aplicação do picloram em pH 4,5; B) Quociente metabólico ($\mu g C-CO_2 \mu g^{-1} CBM d^{-1}$) de solos cultivados ou não com *U. brizantha*, com e sem aplicação do picloram em pH 5,6.

O quociente metabólico (qCO_2) consiste na taxa respiratória por unidade de BM do solo, assim, maiores valores de qCO_2 sugerem condições desfavoráveis aos organismos do solo, e menores valores indicam maior eficiência da BM na utilização dos recursos do ecossistema, ou seja, menos carbono (C) é perdido como CO_2 e maior proporção de C é incorporada nas células microbianas (SAKAMOTO & OBO, 1994). O qCO_2 pode ser considerado o indicador mais adequado para avaliar o efeito das condições de estresse sobre a atividade da BM do solo (ANDERSON & DOMSCH, 1993).

CONCLUSÕES

De maneira geral solos onde o produto não foi aplicado tenderam a apresentar maior estabilidade nas camadas mais profundas quando comparado aos tratamentos que receberam o produto.

Solos cultivados com a forrageira na presença do picloram tenderam a apresentar maior qCO_2 , indicando ambientes menos estáveis, porém estes solos apresentaram os maiores valores de TR e CBM, o que pode indicar a ação de microorganismos na degradação do picloram.

Pode-se afirmar que nas maiores profundidades (20-40 cm) solos cultivados ou não com *U. brizantha* nos dois pH avaliados isentos da aplicação de herbicidas apresentaram maior estabilidade caracterizada pelos menores valores de qCO_2 .

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e suporte para a execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. P.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO_2 (qCO_2) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 25, n. 3, p. 393-395, 1993.

ARAUJO, E. A. et al. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta Amazônica**, v. 41, n. 1, p. 103-114, 2011.

CHEUNG, M. W.; BIGGAR, J. W. Solubility and molecular structure of 4-amino-3,5,6-trichloropicolinic acid in relation to pH and temperature. **J. Agric. Food Chem.**, v. 22, n. 2, p. 202-206, 1974.

D'ANTONINO, L. et al. Efeitos de culturas na persistência de herbicidas auxínicos no solo. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 371-378, 2009a.

D'ANTONINO, L. et al. Lixiviação do picloram em Argissolo-Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes valores de pH. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 589-600, 2009b.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. M. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-21. (Special Publication, 35).

GHANI, D. A. et al. Interactions between ^{14}C -labelled atrazine and the soil microbial biomass in relation to herbicide degradation. **Biol. Fert. Soils**, v. 21, n. 1, p. 17-22, 1996.

ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biol. Fert. Soils**, v. 27, n. 4, p. 408-416, 1998.

LOURENCETTI, C.; MARCHI, M. R. R.; RIBEIRO, M. L. Determination of sugar cane herbicides in soil and soil treated with sugar cane vinasse by solid-phase extraction and HPLC-UV. **Talanta**, v. 77, p. 701-709, 2008.

MARQUES, R.; AGUIAR, C. R. C.; SILVA, J. J. L. S. Desafios técnicos e barreiras sociais, econômicas e regulatórias na fitorremediação de solos contaminados. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2011.

MELO, C. A. D. et al. Lixiviação de sulfentrazone, isoxaflutole e oxyfluorfen no perfil de três solos. **Planta daninha**, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2010.

MINISTERIO DA AGRICULTURA PECUARIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 05 de mar. de 2013.

MOORMAN, T. B. Pesticide degradation by soil microorganisms: environmental, ecological and management effects. In: HATFIELD, J. L.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil Biology**. Effects on soil quality. Boca Raton: CRC Press, 1994. p. 121-169.

MORENO, J. L. et al. Effects of atrazine on microbial activity in semiarid soil. **Appl. Soil Ecol.**, v. 35, n. 1, p. 120-127, 2007.

OLIVEIRA, I. P. et al. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciênc. agrotec.**, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009.

SAKAMOTO, K.; OBO, Y. Effects of fungal to bacterial ratio on the relationship between CO₂ evolution and total soil microbial biomass. **Biol. Fert. Soils**, v. 17, n. 1, p. 39-44, 1994.

SANTOS, J. B. et al. Atividade microbiana do solo após aplicação de herbicidas em sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, v. 23, n. 4, p. 683-691, 2005.

SANTOS, L. B. O. et al. Determination of picloram in waters by sequential injection chromatography with UV detection. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 21, n. 8, p. 1530-1536, 2010.

SANTOS, R. S. M. et al. Componentes da parte aérea e raízes de pastagens de *Urochloa* spp. em diferentes idades após a reforma, como indicadores de produtividade em ambiente de cerrado. **Pesq. Agropec. Trop.**, n. 37, v. 2, p. 119-124, 2007.

SILVA, A. F. **A aplicação de agrotóxicos interfere positiva ou negativamente na atividade dos organismos do solo, propiciando a metabolização desses produtos pelos organismos e a capacidade dos agrotóxicos intoxicarem a**

biota do solo. 2010. 58f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, L. O. C. **Sorção, dessorção e lixiviação do ametryn e fitorremediação do picloram em solos brasileiros.** 2011. 54f. Tese (Doutorado em Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TUFFI SANTOS, L.D. et al. Exsudação radicular de glyphosate por *Urochloa decumbens* e seus efeitos em plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, v. 26, n. 2, p. 369-374, 2008.

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

ZILLI, J. E. et al. População microbiana em solo cultivado com soja e tratado com diferentes herbicidas em área de cerrado no Estado de Roraima. **Acta Amaz.**, v. 37, n. 2, p. 201-212, 2007.