

Influência da temperatura e umidade do solo nos fluxos de CH₄ e CO₂ após aplicação de cama-de-aviário em área minerada

Gustavo Conforti Ventura Mayrink⁽²⁾; Dener Márcio da Silva Oliveira⁽³⁾; João Ramyller Sanderval de Oliveira Almeida⁽⁴⁾; Rafael Silva Santos⁽⁵⁾; Ivo Ribeiro da Silva⁽⁶⁾; Evandro Luís Mendes Ramos⁽⁷⁾

⁽²⁾ Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; gustavo.mayrink@ufv.br; ⁽³⁾ Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁴⁾ Estudante de Graduação em Engenharia Florestal; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁶⁾ Estudante de Graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁷⁾ Analista Ambiental; Companhia Brasileira de Alumínio.

RESUMO: A atividade agropecuária é a principal fonte de gases de efeito estufa no Brasil, destacando-se atualmente a adubação com resíduos da produção animal. O trabalho objetivou-se em avaliar interferência da temperatura e umidade do solo nos fluxos de CO₂ e CH₄ após aplicação de cama-de-aviário (CM). O estudo foi conduzido em São Sebastião da Vargem Alegre – MG em DIC com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas receberam as doses de CM (0, 10, 20 e 40 Mg/ha) e fosfato natural reativo (2,5 Mg/ha), as sub-parcelas receberam ou não o cultivo da braquiária. Avaliaram-se as emissões logo após os tratamentos e dez meses após. Fez-se a avaliação dos fluxos através de câmaras estáticas PVC conectadas a um espectrômetro de cavidade ressonante tipo *ring-down*, que determinava as concentrações de CO₂ e CH₄ na câmara durante 10 minutos. A umidade e temperatura do solo foram monitoradas por um sensor EC-5. Calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis e o fluxo gasoso. A umidade não se correlacionou com a emissão de ambos os gases provavelmente devido à sua baixa variação. A temperatura do solo correlacionou com a emissão de CH₄ na primeira avaliação e com CO₂ na segunda avaliação na sub-parcela sem cultivo, tal fato pode ser explicado pela adição de energia ao sistema que pode ter favorecido a atividade microbológica do solo. Conclui-se que a temperatura e a umidade do solo não se correlacionam de maneira clara com a emissão de CO₂ e CH₄.

Termos de indexação: adubação orgânica, gases de efeito estufa, mineração de bauxita.

INTRODUÇÃO

O aquecimento global e as alterações climáticas ocorridas nas últimas décadas têm desencadeado diversos debates científicos e sua principal causa tem sido relacionada ao aumento na emissão dos chamados gases de efeito estufa (GEE). Quantitativamente, os dois principais GEE são o

dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄), apesar das baixas concentrações do CH₄ na atmosfera, esse possui um potencial de causar efeito estufa 23 vezes maior em relação ao CO₂ (Snyder et al., 2008).

Apesar dos já comprovados benefícios da aplicação desses insumos ao solo (baixo custo, alta carga de nutrientes, melhorias físicas ao solo, maior retenção de água, CTC, etc.), a utilização de altas doses e o manejo inadequado destes resíduos podem resultar em grandes incrementos na emissão de GEE, seja diretamente pela decomposição do material aportado ou indiretamente pela melhoria do ambiente edáfico favorecendo as trocas gasosas entre o sistema solo-atmosfera.

Com o intuito de mitigar as emissões GEE é necessário um conhecimento prévio dos fatores que controlam sua produção e difusão. Características do solo, como conteúdo de matéria orgânica, umidade, temperatura, potencial de redução e pH são algumas das possíveis variáveis que controlam a emissão destes gases.

Estudos relatam a interferência da temperatura e umidade do solo na dinâmica de emissão de CO₂ e CH₄, porém trabalhos referentes ao efeito da aplicação de resíduos animais aos solos tropicais são escassos e muitas vezes contrastantes.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a interferência das variáveis temperatura e umidade do solo na emissão de CH₄ e CO₂ após aplicação de diferentes doses de cama-de-aviário (CM) em área pós-minerada de bauxita.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área e montagem do experimento

O experimento foi conduzido em São Sebastião da Vargem Alegre-MG em área recém minerada para bauxita sob concessão da Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas mediam 12m² onde foram aplicadas doses de CM (0, 10, 20 e 40 Mg/ha;

a lança), enquanto as sub-parcelas receberam ou não o cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Todas as parcelas receberam fosfato natural reativo (2,5 Mg/ha; em linha). A CM e o fosfato natural foram incorporados manualmente. Antes de ser aplicada, a CM foi caracterizada quimicamente. Vinte dias após a aplicação dos tratamentos, a braquiária foi semeada em sulcos com 0,25 m de espaçamento (50 kg de sementes viáveis/ha).

Avaliações das emissões de CO₂ e CH₄

As emissões foram avaliadas em dois períodos: após a aplicação da CM (1° ao 15° após a aplicação) e após o segundo corte (1° ao 38° dia após o corte), contemplando os períodos nos quais as condições edafoclimáticas maximizaram as emissões. Na primeira avaliação, objetivou-se mensurar as alterações nas emissões de GEE decorrentes da aplicação da CM. Na segunda avaliação, além da interferência da adubação orgânica, almejou-se verificar o efeito braquiária nas emissões de GEE. O intervalo entre as expedições em cada período de amostragem variou de acordo com as variações no padrão de emissões observadas e oscilações climáticas.

A avaliação dos fluxos foi feita através de câmaras estáticas de cloreto de polivinil (PVC) com dimensões de 0,25 m de altura e 0,25 m de diâmetro, que consistem de bases fixas de PVC instaladas previamente e caps móveis dotados de septo de borracha na parte superior. Imediatamente após o fechamento das câmaras, foram acopladas aos septos dos caps conexões que estabeleceram um fluxo gasoso entre a câmara e um espectrômetro de cavidade ressonante tipo *ring-down* (CRDS, G2131-i, Picarro, Sunnyvale, CA), que determinava as concentrações de CO₂ e CH₄ no interior da câmara durante 10 minutos.

Durante as amostragens dos gases, o monitoramento da umidade e temperatura do solo (0,05 m) foi feito em triplicata por meio de um sensor EC-5 (DecagonDevices Inc., Pullman, WA).

Análise estatística

Testou-se a interferência da umidade e temperatura nas emissões diárias de CO₂ e CH₄ utilizando-se o coeficiente de correlação de Pearson.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito da Umidade do solo

A umidade do solo é um fator limitante no processo de decomposição de matéria orgânica. A umidade do solo atua favorecendo a respiração

heterotrófica devido às melhorias no ambiente solo, proporcionando inicialmente uma maior emissão de CO₂, porém em níveis de umidade elevados, observa-se um decréscimo no fluxo de CO₂ (Costa, 2005) devido ao caráter redutor adquirido pelo solo nessas condições. O contrário ocorre com as emissões de CH₄, pois as bactérias metanogênicas requerem condições altamente reduzidas para seu crescimento (Mosier et al., 2004).

A umidade do solo não se correlacionou significativamente com as emissões de CO₂ em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 1). Assim como no presente trabalho, Escobar (2008) mencionou não haver correlação significativa entre o efluxo de CO₂ e a umidade do solo. Além disso, segundo Borges et al. (2006) a umidade do solo não foi um bom indicador do efluxo de CO₂ do solo.

Ao contrário do esperado, a emissão de CH₄, assim como a do CO₂, também não se correlacionou significativamente com o conteúdo de água do solo, sendo significativas apenas em duas ocasiões (Tabela 1). Tal resultado é contrário ao Yang & Chang (1998) que obtiveram correlação entre a produção de metano e a umidade do solo.

O efeito da umidade na redução da oxidação de CH₄ é geralmente atribuído a formação de microsítios de anaerobiose, o que segundo Glastel & Stahr (2001) já são suficientes para ocorrer emissão de metano, e à lenta difusão do CH₄ até a superfície das células bacterianas metanotróficas, reduzindo a sua oxidação (Yamulki & Jarvis, 2002).

Além de características intrínsecas do solo e do clima, a produção de metano é influenciada por fatores relacionados ao manejo do solo e disponibilidade de carbono. Nas parcelas que receberam adubação orgânica, a adição da fonte orgânica de fácil decomposição e grande carga de nutrientes pode ter favorecido a população heterotrófica do solo a qual é majoritariamente aeróbia, o que por sua vez pode ter resultado no consumo rápido do O₂ difundido no solo reduzindo sua concentração proporcionando um ambiente redutor favorável ao desenvolvimento e atividade da população metanogênica do solo.

Observou-se baixa variação nos valores de umidade do solo entre os tratamentos nos dois períodos de avaliação das emissões, outro aspecto que pode explicar a pouca influência dessa variável nos fluxos de CO₂ e CH₄ do solo.

Efeito da Temperatura do solo

A temperatura é um fator determinante na aceleração das reações bioquímicas de degradação de resíduos orgânicos no solo, portanto, espera-se uma correlação entre esta variável e as emissões



de CO₂. Contrariando as expectativas, as emissões de CO₂ estiveram correlacionadas com a temperatura somente no segundo período de avaliação nas sub-parcelas sem o cultivo da braquiária e que receberam aplicação de CM (Tabela 1).

Esperava-se verificar esse efeito nas sub-parcelas com planta, pois a respiração das raízes é sensível a variações na temperatura do solo (Uchida et al., 2010). Porém, como o observado por Liu et al. (2007), a presença da palha diminui as variações de temperatura no solo, o que pode explicar o ocorrido.

A ausência de cobertura do solo permitiu uma maior incidência de radiação na superfície, o que pode ter resultado em maior oscilação de sua temperatura afetando diretamente a atividade da população heterotrófica do solo, uma vez que a sua respiração tende a responder a aumentos de temperatura favorecendo assim as emissões de CO₂ (Smith et al., 2003). Tal resultado assemelha-se ao Dias (2006), onde o autor encontrou relação linear positiva entre efluxo de CO₂ e a temperatura do solo.

A temperatura do solo correlacionou-se significativamente com a emissão de CH₄ somente no primeiro tempo de avaliação, sendo significativo para o segundo tempo apenas em duas situações. Além do aumento de substratos para a metanogênese, acréscimos na temperatura pouco interferem na atividade dos microrganismos metanotróficos, em decorrência da baixa energia de ativação requerida por essas bactérias (Mosier et al., 2004), determinando acréscimo líquido no efluxo de CH₄ pelo solo.

Hellebrand et al. (2003) obtiveram maiores emissões de metano em temperaturas do solo mais altas, deixando clara a interação entre as variáveis, o que corrobora com os resultados obtidos no primeiro tempo do presente experimento. Já Escobar (2008) não encontrou correlações significativas ao avaliar essas variáveis.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a umidade e temperatura não se correlacionaram de maneira clara com as emissões de metano e dióxido de carbono no presente experimento, não havendo tendências de comportamento.

Outras variáveis interferiram na atividade microbiológica, controlando as emissões destes gases de maneira significativa, reduzindo a importância das variáveis em estudo.

Diante disto, fazem-se necessários estudos complementares para elucidar quais variáveis mais

se correlacionam com as emissões dos gases metano e dióxido de carbono.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro para a publicação do trabalho.

Agradecem também à Sociedade de Investigações Florestais, ao Nutree, à CBA – Votorantim e ao Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS

BORGES, O.P.J.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J.S.; VOURLITIS, G.L. Estimativa de Q10 por meio do efluxo de CO₂ no solo na estação seca numa floresta tropical de transição amazônica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 3:117-121, 2006.

COSTA, F.S. Estoque de Carbono orgânico e efluxos de dióxido de carbono e metano de solos em preparo convencional e plantio direto no subtropical brasileiro. 2005. 128 f. Tese 88 (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DIAS, J.D. Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de florestas nativa da Amazônia. 2006. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ESCOBAR, L.F. Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de manejo em solo do planalto médio do Rio Grande do Sul. 2008. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

GLATZEL, S. & STAHR, K. Methane and nitrous oxide exchange in differently fertilized grassland in southern Germany. *Plant Soil*, 231:21-35, 2001.

HELLEBRAND, H. J.; KERN, J.; SCHOLZ, V. Long-term studies on greenhouse gas fluxes during cultivation of energy crops on sandy soils. *Atmospheric Environment*, 37:1635–1644, 2003.

LIU, X.J.; MOSIER, A.R.; HALVORSON, A.D.; REULE, C.A.; ZHANG, F.S. Dinitrogen and N₂O emissions in arable soils: Effect of tillage, N source and soil moisture. *Soil Biology & Biochemistry*, 39:2362–2370, 2007.

MOSIER, A.; WASSMANN, R.; VERCHOT, L.; KING, J.; PALM, C. Methane and nitrogen oxide fluxes in tropical agricultural soils: sources, sinks and mechanisms. *Environment, Development and Sustainability*, 6:11–49, 2004.

SMITH, K.A.; BALL, T.; CONEN, F.; DOBBIE, K.E.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science*, 54:779–791, 2003.

SNYDER, C. S.; BRUULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L. Melhores práticas de manejo para minimizar emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso de fertilizantes. *Informações Agronômicas*, 121:13-14, 2008.

UCHIDA, Y.; HUNT, J.E.; BARBOUR, M.M.; CLOUGH, J.C.; KELLIHER, F.M.; SHERLOCK, R.R. Soil properties and presence of plants affect the temperature sensitivity of carbon dioxide production by soils. *Plant Soil*, 337:375–387, 2010.

YAMULKI, S.; JARVIS, S.C. Short-term effects of tillage and compaction on nitrous oxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, methane and carbon dioxide fluxes from grassland. *Biology and Fertility of Soils*, 36:224–231, 2002.

YANG, S.S., CHANG, H.L. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, Amsterdam, 1:69-80, 1998.

Tabela 1 -Coeficiente de correlação de Pearson entre as emissões de CO₂ (mg C/h/m²) eCH₄ (µg C/h/m²),e a temperatura (T °C)e umidade do solo (m³/m³) no momento da leitura nos dois períodos de amostragem (P1 e P2).*, **: significativo a 5 e a 1%, respectivamente. n.s.: Não significativo.

Dose (Mg/ha)	P1	P2 Com Planta	P2 Sem planta
Temperatura do solo e CO₂			
0	0,303 ^{n.s.}	0,344 ^{n.s.}	0,0971 ^{n.s.}
10	-0,546 [*]	0,425 ^{n.s.}	0,743 ^{**}
20	-0,195 ^{n.s.}	-0,112 ^{n.s.}	0,528 [*]
40	0,0808 ^{n.s.}	-0,271 ^{n.s.}	0,458 [*]
Umidade do solo e CO₂			
0	0,186 ^{n.s.}	-0,268 ^{n.s.}	0,029 ^{n.s.}
10	0,698 ^{n.s.}	-0,291 ^{n.s.}	-0,282 ^{n.s.}
20	0,285 ^{n.s.}	-0,099 ^{n.s.}	0,295 ^{n.s.}
40	-0,157 ^{n.s.}	0,400 ^{n.s.}	0,05 ^{n.s.}
Temperatura e CH₄			
0	0,655 [*]	-0,172 ^{n.s.}	-0,285 ^{n.s.}
10	0,732 ^{**}	-0,204 ^{n.s.}	-0,504 [*]
20	0,802 ^{**}	-0,449 [*]	-0,26 ^{n.s.}
40	0,602 ^{**}	0,173 ^{n.s.}	-0,388 ^{n.s.}
Umidade do solo e CH₄			
0	-0,275 ^{n.s.}	0,253 ^{n.s.}	0,138 ^{n.s.}
10	0,459 [*]	0,682 ^{**}	0,426 ^{n.s.}
20	0,0617 ^{n.s.}	0,377 ^{n.s.}	0,187 ^{n.s.}
40	-0,119 ^{n.s.}	0,348 ^{n.s.}	0,116 ^{n.s.}