



Fluxo de CO₂ em área pós mineração de bauxita em processo de recuperação com espécies florestais na Zona da Mata mineira⁽¹⁾.

Fernanda Daniele de Almeida Valente⁽²⁾; Marllon Fialho de Castro⁽³⁾; Bruno Eustáquio Cirilo Silva⁽³⁾; Hiran Fernandes Vilas Boas⁽³⁾; Ivo Ribeiro da Silva⁽⁴⁾; Teógenes Senna de Oliveira⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da CAPES e Convênio UFV/SIF/CBA.

⁽²⁾ Estudante de pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa; Viçosa, Minas Gerais; fdalmeidaufv@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Estudante de graduação em Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; ⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas; Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO: A melhoria da qualidade do solo é um dos grandes desafios das áreas em processo de recuperação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o fluxo de CO₂ em áreas em processo de recuperação pós-mineração de bauxita utilizando-se diferentes coberturas florestais, adição ou não de serapilheira e diferentes adubações. As coberturas florestais testadas foram eucalipto, angico e um plantio misto de 16 espécies florestais nativas da região. Foram instaladas câmaras de PVC com ausência e presença de serapilheira para coleta dos gases. Esta coleta foi realizada nos tempos de 0, 10, 20 e 40 minutos após o fechamento das câmaras. A determinação dos gases foi realizada em analisador de gases CRDS (cavity ring-down spectroscopy; Picarro, Sunnyvale, CA). Os resultados mostraram que, após 4 anos, de instalação dos tratamentos não houve diferenças estatísticas entre coberturas florestais em relação ao fluxo de CO₂. Todavia, os tratamentos com deposição de serapilheira apresentaram os maiores fluxos de CO₂, comparativamente aos tratamentos com ausência de serapilheira.

Termos de indexação: áreas degradadas, florestas plantadas, gases de efeito estufa.

INTRODUÇÃO

Solos degradados pela atividade de mineração possuem limitações para o estabelecimento e regeneração natural da cobertura vegetal, uma vez que a camada superficial é removida (Machado et al., 2013; Mukhopadhyay et al., 2013), ficando o subsolo com baixos teores de nutrientes e matéria orgânica (Littlefield et al., 2013) e, conseqüentemente, baixa fertilidade. Este ecossistema artificial formado após a lavra da bauxita pode ser classificado como o extremo da degradação ambiental, pois as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo foram profundamente alteradas (Salomão et al., 2006; Shrestha & Lal, 2011). Neste contexto, o *input* de C e sua permanência em formas estáveis no solo é extremamente relevante para a melhora destas

propriedades. Alguns trabalhos tem mostrado o potencial de florestas plantadas em sequestrar carbono em sua biomassa e também na matéria orgânica do solo (Lima et al., 2006; Pultronik et al., 2009; Vergütz et al., 2010; Leite et al., 2010).

A quantificação dos fluxos de CO₂ de áreas em processo de recuperação podem, no curto prazo, fornecer informações relevantes sobre a eficiência das práticas de manejo adotadas. Assim, este trabalho teve como objetivo comparar o fluxo de CO₂ em área em processo de recuperação pós mineração com três coberturas florestais em comparação com área remanescente de mata atlântica em estágio secundário de regeneração e uma área sem planta.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de São Sebastião da Vargem Alegre, Zona da Mata de Minas Gerais, em área onde houve a extração de bauxita pela Companhia Brasileira de Alumínio – Votorantim Metais. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico. A vegetação natural representada por remanescentes de Mata Atlântica. O clima da região é do tipo Cwa, segundo a classificação do Köppen, com verões quentes e chuvosos e estação seca bem definida e precipitação e temperatura médias anuais de 1.200 mm e 20 °C, respectivamente.

O experimento de recuperação de área minerada com espécies florestais foi instalado oito meses (março de 2011) após a reconfiguração da área, utilizando o delineamento em blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com três repetições, sendo os blocos experimentais alocados entre terraços. As parcelas (40 m x 18 m) receberam as diferentes coberturas arbóreas, sendo os dois primeiros tratamentos compostos exclusivamente, cada um, por Eucalipto (*Eucaliptus urograndis*, híbrido oriundo do cruzamento entre *Eucaliptus grandis* e *Eucaliptus urophylla*) (PE) e Angico Vermelho (*Anadenanthera peregrina*) (PA). A terceira cobertura vegetal testada envolve 16 espécies florestais nativas da região (PM). As



subparcelas (10m x 18 m) receberam os tratamentos de adubação. Seis meses antes da implantação do experimento, toda a área recebeu aplicação de uma adubação básica (2,0 t/ha de calcário dolomítico e 30,0 t/ha de cama de aviário - testemunha). No plantio, os tratamentos de adubação consistiram na aplicação de 30 t/ha de cama de frango, 3 t/ha de calcário dolomítico (80% de PRTN) e de 0,75 t/ha de fosfato natural reativo Bayóvar para as parcelas com PE e PA, e 1,5 t/ha para o PM. Vale ressaltar, que a adubação de plantio foi aplicada nas covas, linhas e entrelinhas de plantio.

Para estimativa do fluxo de CO₂ foram instaladas, no solo, a 5 cm de profundidade câmaras feitas em PVC nas dimensões de 0,20 m de altura por 0,30 m de diâmetro com bases fixas, e tampas móveis dotadas de borracha na parte superior. As câmaras foram instaladas em triplicata, abaixo dos coletores de serapilheira (tratamento com exclusão de serapilheira - SS) e fora dos coletores de serapilheira, na linha e entrelinha de plantio (tratamento sem exclusão de serapilheira - CS). Foram também instaladas câmaras em áreas adjacentes cobertas com mata nativa em estágio secundário de regeneração e em área sem planta. O gás emitido foi coletado com auxílio de seringas de 60 mL nos tempos 0, 10, 20 e 40 minutos após o fechamento das câmaras para posterior leitura em analisador de amostras gasosas CRDS (cavity ring-down spectroscopy; Picarro, Sunnyvale, CA). No momento da coleta dos gases foram também determinadas a temperatura e a umidade do solo.

As medições dos gases de efeito estufa foram realizadas 46 meses após o plantio das espécies florestais. Para o cálculo do fluxo de CO₂ utilizou-se a equação abaixo:

$$\text{Fluxo} = (\Delta Q/\Delta t) \times M \times (PV/RT) \times 1/A$$

Em que, $\Delta Q/\Delta t$: coeficiente angular (ppm/s), obtido do ajuste das concentrações ao longo do tempo; M: massa molar (g/mol); P: pressão (1 atm); V: volume (L); R: constante dos gases (0,08205746); T: temperatura (K); A: área (m²).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em parcelas subdivididas com três repetições e as médias testadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando o fluxo de CO₂ dos tratamentos com deposição de serapilheira das coberturas florestais e a mata atlântica em estágio secundário de regeneração, utilizada como área de referência, observou-se que as coberturas florestais

apresentaram fluxo de cerca 35 mg m⁻² h⁻¹, ou seja, 60% em relação ao apresentado pela mata remanescente, após 4 anos de implantação do experimento (**Figura 1**). Isto pode ser um indicativo de que a área degradada pela atividade de mineração está caminhando no processo de recuperação, porém, outros fatores devem ser avaliados para se ter uma resposta conclusiva.

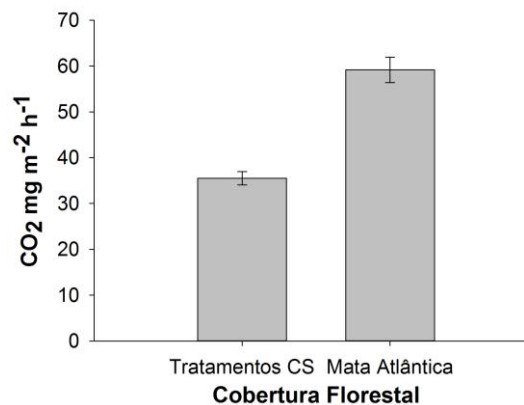


Figura 1 – Fluxo de CO₂ (mg m⁻² h⁻¹) para tratamentos de cobertura florestal e presença de serapilheira (CS) e remanescente de mata atlântica. Barras representam o desvio padrão em torno da média.

Analisando os tratamentos onde a deposição da serapilheira foi excluída e uma área de referência sem adição de cobertura florestal, observa-se que a implantação das espécies florestais favoreceu o fluxo de CO₂ cerca de quatro vezes em relação a área sem planta, onde a emissão de CO₂ não chega a 5,5 mg m⁻² h⁻¹ (**Figura 2**).

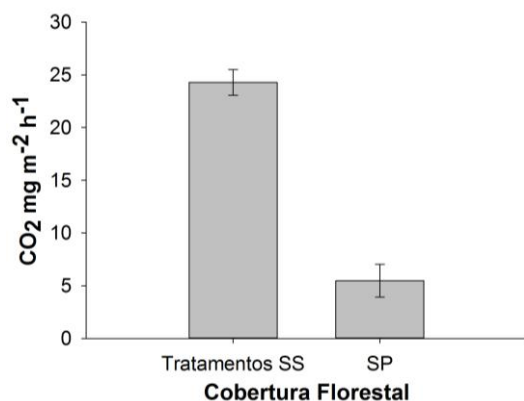


Figura 2 – Fluxo de CO₂ (mg m⁻² h⁻¹) para os tratamentos com cobertura florestal e ausência de serapilheira (SS) e área de referência sem planta (SP). Barras representam o desvio padrão em torno da média.



Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de adubação, bem como entre as três coberturas florestais estudadas (PE, PA e PM) quanto ao fluxo de CO₂ pelo teste de Tukey (P<0,05) (**Figura 3**). Porém, foi observado que existem diferenças significativas entre os tratamentos com e sem serapilheira, independentemente da espécie florestal estudada. Os tratamentos com deposição de serapilheira apresentaram valores de fluxo de CO₂ significativamente maiores em relação aos tratamentos onde a deposição de serapilheira não aconteceu (**Figura 3**). Este maior fluxo de CO₂ nos tratamentos com deposição de serapilheira se deve a maior oferta de substrato lábil para a microbiota do solo, resultando em uma maior atividade microbiana nessas áreas, o que implicou maiores fluxos de CO₂. De acordo com Davidson et al. (2002), a deposição da serapilheira exerce relevante influência sobre o fluxo de CO₂, assim, qualquer fator que altere essa deposição pode afetar a taxa de respiração e o balanço de carbono.

CONCLUSÕES

As três coberturas florestais estudadas não diferiram entre si em relação a emissão de CO₂ após 4 anos de implantação do experimento.

Os tratamentos onde houve a deposição de serapilheira apresentaram maior emissão de CO₂ em relação aos tratamentos com remoção de serapilheira.

O remanescente de mata atlântica utilizado como referência foi a área que apresentou maior emissão de CO₂ em relação a todas as outras áreas estudadas.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Viçosa, a CAPES e a Votorantim Metais/CBA.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, M. A. C. et al. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronosseqüências de reabilitação após a mineração de bauxita. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:621-632, 2008.

DAVIDSON, E.A., SAVAGE, K. & VERCHOT, L.V. Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113:21-37, 2002.

LEITE et al. Alterations of soil chemical properties by eucalyptus cultivation in five regions in the Rio Doce

Valley. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:821-831, 2010.

LIMA et al. Soil organic carbon dynamics following afforestation of degraded 15 pastures with eucalyptus in southeastern Brazil. *Forest Ecology and Management*, 235:219-231, 2006.

LITTLEFIELD, T. et al. Factors controlling carbon distribution on reforested minelands and regenerating clearcuts in Appalachia, USA. *Science of the Total Environment*, 465:240-247, 2013.

MACHADO, N. A. M. et al. Growing *Eremanthus erythropappus* in crushed laterite: A promising alternative to topsoil for bauxite-mine revegetation. *Journal of Environmental Management*, 129:149-156, 2013.

MUKHOPADHYAY, S.; MAITI, S. K. & MASTO, R. E. Use of Reclaimed Mine Soil Index (RMSI) for screening of tree species for reclamation of coal mine degraded land. *Ecological Engineering*, 57:33-142, 2013.

PARROTA, J. A. & KNOWLES, O. H. Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: Example for Brazilian Amazon. *Ecological Engineering*, 17:219-239, 2001.

PULROLNIK, K. et al.. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1125-1136, 2009.

SILVA, R. R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campo das Vertentes – MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:1585-1592, 2010.

SALOMÃO, R. P. et al. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e promovendo alimento e renda para a comunidades da Amazônia Setentrional. *Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 1:65-78, 2006.

SHRESTHA, R. K. & LAL, R. Changes in physical and chemistry properties on soil after surface mining reclamation. *Geoderma*, 161:168-176, 2011.

VERGUTZ, L. et al. Mudanças na matéria orgânica do solo 28 9 causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34:43-57, 2010.

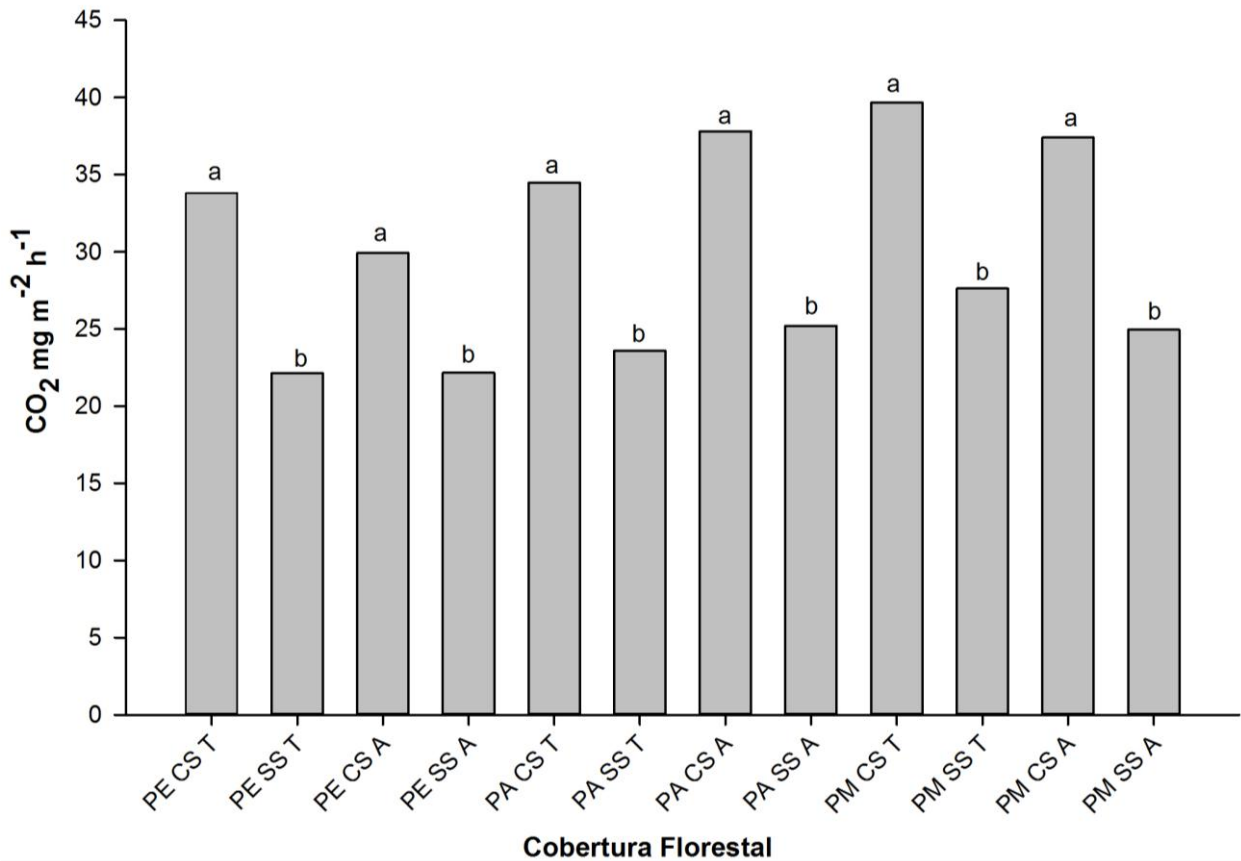


Figura 3 – Fluxo de CO₂ (mg m⁻² h⁻¹) para os tratamentos com cobertura florestal (PE – plantio de eucalipto; PA – plantio de angico; PM – plantio misto, adubados (A) e não adubados (T), com (CS) e sem serapilheira (SS)). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste deTukey (P < 0,05).