



## Emissões de CO<sub>2</sub> na cultura da soja sob dois sistemas de manejo do solo na savana de Roraima ao longo do tempo<sup>(1)</sup>.

**Ariane Evald<sup>(2)</sup>; Ithalo de Castro Espindola<sup>(3)</sup>; Valdinar Melo Ferreira<sup>(4)</sup>; Luciana da Silva Barros<sup>(5)</sup>, Ronilson José Pedroso Amorim<sup>(6)</sup>; Daniel Barroso Januário<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do CNPq, CAPES e FINEP.

<sup>(2)</sup> Mestranda de Agronomia da Universidade Federal de Roraima (UFRR), Boa Vista, Roraima; [arianeevald@gmail.com](mailto:arianeevald@gmail.com); <sup>(3)</sup> Graduando em Agronomia, UFRR; [ithalo\\_espindola@hotmail.com](mailto:ithalo_espindola@hotmail.com); <sup>(4)</sup> Professor Associado, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFRR, Boa Vista, Roraima, [valdinar@yahoo.com](mailto:valdinar@yahoo.com); <sup>(5)</sup> Doutoranda da Rede Bionorte, Coordenação Roraima, UFRR, Boa Vista, Roraima, [luciana.barros@ifrr.edu.br](mailto:luciana.barros@ifrr.edu.br); <sup>(6)</sup> Graduando em Agronomia, UFRR; [rjpaboy@hotmail.com](mailto:rjpaboy@hotmail.com); [barrosoufr@hotmail.com](mailto:barrosoufr@hotmail.com)

**RESUMO:** As emissões de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) do solo estão associadas a atividade microbiana, respiração de raízes, decomposição dos resíduos vegetais e oxidação da matéria orgânica do solo. Objetivou-se avaliar com no presente estudo o efluxo de CO<sub>2</sub> em dois sistemas de manejo do solo e diferentes estágios fenológicos da cultura soja na savana roraimense. A área experimental consiste de uma área de estudo de longa duração, na qual foi instalada no ano de 2007 dois sistemas de preparo do solo (convencional e plantio direto) e em 2008 iniciou-se a rotação de culturas, (soja + milho + feijão + milho) + soja + milho), com quatro repetição, em delineamento em blocos inteiramente casualizados. O experimento foi avaliado na rotação de cultura de 2014/2015, durante o ciclo da cultura da soja. Para a implantação desta, foi feito calagem (120 kg ha<sup>-1</sup> de calcário) e adubação de 20 kg ha<sup>-1</sup> N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Para realizar as medidas de CO<sub>2</sub> foi utilizado um sistema de fluxo de CO<sub>2</sub> automático (LI-COR 8100 A), acoplado sobre colares de PVC, previamente inseridos a 4 cm de profundidade e 6 cm acima da superfície do solo. O sistema convencional de manejo do solo apresentou maior emissão de CO<sub>2</sub> em relação ao plantio direto. A fase produtiva da cultura da soja proporcionou maior efluxo de CO<sub>2</sub> comparado aos demais estágios fenológicos da cultura.

**Termos de indexação:** respiração real do solo, manejo sustentável, efeito estufa.

### INTRODUÇÃO

As emissões de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) do solo estão associados a atividade microbiana, respiração de raízes, decomposição dos resíduos vegetais e oxidação da matéria orgânica do solo (MOS) (Ryan; Law, 2005), constituindo assim, um importante componente do ciclo do carbono.

Segundo Lokupitiya & Paustian (2006) as atividades agrícolas são responsáveis por cerca de

20% de emissões de gases do efeito estufa. Onde as intensas atividades de preparo do solo têm provocado aumento, principalmente nos períodos iniciais ao preparo, nas taxas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo para a atmosfera, este advém, principalmente pela aceleração da decomposição da matéria orgânica do solo, que encontrava-se no interior dos agregados do solo, os quais são rompidos com o preparo convencional, desta forma, parte do carbono anteriormente protegido em seu interior, torna-se mais suscetível à mineralização, devido a sua exposição à ação microbiana, favorecida pela maior oxigenação do solo e a temperaturas mais elevadas (La Scala et al., 2008; Schwartz et al., 2010). No entanto, para Six et al. (2006), após um curto período, as frações lábeis da MOS são reduzidas, e conseqüentemente diminuindo a atividade microbiana do solo. Práticas de preparo do solo, com revolvimento intenso, incrementa as emissões de CO<sub>2</sub>, via um aumento na porção da matéria orgânica lábil, antes protegida nos agregados dos solos, havendo assim mudança nas taxas de mineralização do carbono do solo (Teixeira et al., 2010).

Em contrapartida ao preparo convencional, o plantio direto, por preservar os resíduos culturais na superfície do solo, tem sido apontado como uma estratégia importante para o sequestro de carbono (Lal, 2007).

Os diferentes estágios fisiológicos das culturas também influenciam a taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, tendo em vista que as taxas de respiração mudam com a idade e o estágio de desenvolvimento da planta, as quais são bastante influenciadas pela temperatura do ar, níveis de oxigênio, dentre outros fatores (Lacerda et al., 2007).

A temperatura e a umidade do solo são as variáveis que melhor correlacionam com as mudanças nas emissões de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo (Panosso et al., 2009; Silva-Olaya et al., 2013).

O efeito de práticas de manejo de solo sobre as emissões de C na forma de dióxido de carbono (C-CO<sub>2</sub>) necessita de melhor entendimento, tendo em vista a identificação de um sistema com potencial de



reter C atmosférico no solo e contribuir para a mitigação do aquecimento global (Costa et al., 2008).

Com base no exposto, objetivou-se avaliar o efluxo de CO<sub>2</sub> em dois sistemas de manejo com diferentes estágios fenológicos da cultura soja na savana roraimense.

## MATERIAL E MÉTODOS

Experimento foi conduzindo em área de campo natural de savana, sobre Latossolo Amarelo Distrófico (Benadetti, 2011) na área experimental da Universidade Federal de Roraima, Campus Cauamé, Boa Vista, Roraima, coordenadas de referência 3° 52' 17"-N e 60° 42' 40" W Clima do tipo Aw (Köppen), com precipitação média anual de 1650 mm (Araújo, 2005). Instalado em 2007, sem histórico de cultivos anteriores. Foram implantados dois sistemas de manejo do solo: Plantio Convencional (SPC) e Plantio Direto (SPD), com programas de manutenção distintos, conforme o sistema de plantio. Os quais receberam a calagem nas doses de 1, 2, 3 e 4 toneladas de calcário, distribuídas em faixas de 3 x 25 m (75m<sup>2</sup>) e incorporado a 25 cm de profundidade. Dentro de cada faixa foram distribuídos os tratamentos com potássio de 3 x 5 m (15 m<sup>2</sup>) com as dosagens de 40, 80, 140, 180 e 260 de kg ha<sup>-1</sup> na forma de K<sub>2</sub>O, com aplicação de ½ no plantio e ½ aos 40 dias após a germinação das culturas.

Antes da cultura principal (soja), foi implantado milho que recebeu 60 Kg de K<sub>2</sub>O e 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg de N. Aos 50 dias após germinação o milho foi incorporado ao solo com grade aradora para implantação do sistema de plantio convencional e dessecado para introdução do sistema plantio direto. Na cultura da soja foi utilizado inoculante específico (*Bradyrhizobium japonicum*) e a variedade cultivada é BRS tracajá. A adubação com fósforo consistiu de 40 kg/ha de fosfato natural e 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de superfosfato simples, incorporado no sulco de plantio. Após a colheita da soja em setembro de 2007, foi deixado a vegetação espontânea desenvolver-se e em março de 2008 foi dessecada e semeado milho nos dois sistemas para produção. Em maio de 2008 foi feito o segundo plantio da soja nos dois sistemas obedecendo a mesma adubação realizada no primeiro plantio. Neste mesmo ano, após a retirada da soja cada subárea foi dividida em quatro blocos com área de 180 m<sup>2</sup> (30m x 3m) com espaçamento de 1,00 m entre blocos os quais foram divididos em quatro parcelas medindo 15 m x 3 m (45 m<sup>2</sup>), iniciando o sistema de rotação de culturas nos dois sistemas, o qual consistiu em: soja + milho + (feijão + milho) + soja + milho. Para este trabalho o período de avaliação ocorreu durante o ciclo da cultura da soja no período de 2014/2015.

Para a implantação desta, foi realizado a calagem (1200 kg ha<sup>-1</sup> de calcário) e adubação, utilizando 500 kg ha<sup>-1</sup> da formulação comercial 4-14-8, correspondendo em 20 kg ha<sup>-1</sup> N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

## Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em arranjo fatorial 2 x 6 com quatro repetições. O primeiro fator foram os sistemas de manejo (SPC e SPD) e segundo as leituras de CO<sub>2</sub> em diferentes estágios fenológicos: duas leituras na fase vegetativa (13 e 22 dias após o plantio, respectivamente), uma leitura na floração (36 dias após o plantio), uma leitura na formação da vagem (43 dias após o plantio), uma na granação dos grãos (64 dias após o plantio) e a última leitura no ponto de maturação de colheita (104 dias após o plantio). Em cada leitura de CO<sub>2</sub> também foi aferido a temperatura e umidade dos pontos, no entanto, por problemas experimentais na quinta e sexta leitura não foi possível aferir a umidade do solo.

Para realizar as medidas de CO<sub>2</sub> foi usado um sistema de fluxo de CO<sub>2</sub> automático (LI-COR 8100 A), acoplados sobre colares de PVC, previamente inseridos a 4 cm no solo, com 6 cm acima da superfície do solo.

## Análise estatística

Os testes foram submetidos a análise de variância, sendo aplicado o teste Tuckey para as comparações de média e análise de regressão para representação de gráfico com resultados quantitativos. Para auxiliar nas análises estatísticas utilizou-se o programa computacional SISVAR versão 5.4 (Ferreira, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) apontam para diferença significativa entre os sistemas de manejo avaliados (P<0,05) e uma diferença significativa (P<0,01) entre os efluxos de CO<sub>2</sub> durante os estágios fenológicos da cultura. Ainda é possível observar que não houve correlação entre os estágios fenológicos e os sistemas de manejo de solo.

No tratamento sistema de manejo foi observado maior média de emissão de CO<sub>2</sub> no manejo convencional (SPC), com média de 3,01 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>, conforme a (Tabela 2) em relação ao plantio direto. Este resultado corrobora com a literatura, onde tem se observado maior emissão de CO<sub>2</sub> em sistema de convencionais, haja visto que com a aração e gradagem a ação microbiana sobre a MOS é estimulada, pelo aumento da aeração, maior contato solo resíduo e desestruturação dos agregados. (Imaguti, et al. 2015).



O sistema plantio direto vem sendo apontado como um sistema de manejo a ser adotado com o intuito de mitigar as emissões de CO<sub>2</sub>, visto que tal sistema tem apresentado, em experimento de longa duração, maiores incrementos de C orgânico total no solo em relação ao manejo convencional (Costa et al., 2008).

Já estágio fenológico de maior efluxo de CO<sub>2</sub> ocorreu durante a granação dos grãos (3,65 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>) e o de menor foi durante a fase de colheita (1,89 μmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>). Tal resultado pode ser explicado pelo demanda energética da planta na absorção de nutrientes na fase produtiva, haja visto que no momento da granação dos grãos a cultura apresenta maior atividade metabólica, proporcionando assim uma maior respiração das raízes, refletindo em maior emissão de CO<sub>2</sub> (Taiz; Zeiger, 2013). No entanto, quando a cultura encontra-se em período de colheita, fase de senescência, as atividades metabólicas já estão reduzidas, apresentando assim baixa respiração pelas raízes, conseqüentemente menor emissão de CO<sub>2</sub>.

## CONCLUSÕES

O sistema convencional de manejo do solo apresentou maior emissão de CO<sub>2</sub> em relação ao plantio direto.

A fase produtiva da cultura da soja proporcionou maior efluxo de CO<sub>2</sub> comparado aos demais estágios fenológicos da cultura.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, CAPES e FINEP pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

BENEDETTI, U. G.; VALE-JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. et al. Gênese, química e mineralogia de solos derivados de sedimentos plioleustocênicos e de rochas vulcânicas básicas em Roraima, norte Amazônico. R. Bras. Ci. Solo, 35:299-312, 2011.

COSTA, F. DE S.; ZANATTA, J. A.; BAYER, C. Emissão de gases de efeito estufa em agroecossistemas e potencial de mitigação. IN: SANTOS, G. DE A.; SILVA, L. S. DA; CANELLA, L.P.; CAMARGO F. A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. rev. E atual. Porto Alegre: Metropole, 2008.

COSTA, F. DE S.; BAYER, C.; ZANATTA, J. A. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. R. Bras. Ci. Solo, 32:323-332, 2008.

FERREIRA, D. F. Versão do programa computacional Sisvar. Dex UFLA, versão 5.4, 2010.

IMAGUTI, J. L.; MOITINHO M.R; TEIXEIRA, D. D. B.; et al. Preparo do solo e emissão de CO<sub>2</sub>. Temperatura e umidade de solo em áreas canavieiras. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 19, n.5, p. 497 – 504, 2015.

LACERDA, C. F. de; FILHO, J. E.; PINHEIRO, C. B. Fisiologia Vegetal. Fortaleza. Ceará, 2007.

LAL, R. Soil Science and the Carbon Civilization. Science Society of America Journal, Madison, v.71, p.1425-1437, 2007.

LA SCALA, N.; LOPES, A.; SPOKAS, K.; et al. Short-term temporal changes of soil carbon losses after tillage described by a firstorder decay model. Soil Tillage & Research, Amsterdam, v.99, p.108-118, 2008.

LOKUPITIYA, E.; PAUSTIAN, K. Agricultural Soil Greenhouse Gas Emissions: A Review of National Inventory Methods. Journal of Environmental Quality. v. 35, p. 1413–1427. 2006. doi:10.2134/jeq2005.0157.

PANOSSO, A. R.; RIBEIRO, C. E. R.; ZANINI, J. R.; et al. Variabilidade espacial da emissão de CO<sub>2</sub>, da temperatura e umidade de um Latossolo desprovido de vegetação sob diferentes lâminas de molhamento. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 30, n. 4, p.1017-1034, 2009.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; MENDES, I. C.; et al. Biomassa Microbiana do Solo: Fração mais Ativa da Matéria Orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. C. Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em Sistemas Conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados – MS, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006, 163-198 p.

SCHWARTZ, R. C.; BAUMHARDT, R. L.; EVETT, S. R. Tillage effects on soil water redistribution and bare soil evaporation throughout a season. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 110, n. 2, p. 221–229, 2010.

SILVA-OLAYA, A. M.; CERRI, C. E. P.; LA SCALA JR., et al. Carbon dioxide emissions under different soil tillage systems in mechanically harvested sugarcane. Environmental Research Letters, Bristol, v. 8, n. 1, p.1-8, 2013.

SIX, J.; FREY, S. D.; THIES, R. K.; et al. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. Soil Science Society America Journal, Madison, v. 70, n. 2, p.555-569, 2006.

RYAN, M.G. & LAW, B.E. Interpreting, measuring and modeling soil respiration. Biogeochemistry, 73:3-27, 2005.

Tabela 1. Resumo da análise de variância (Quadrados médios) para a emissão de CO<sub>2</sub> na cultura da soja na savana de Boa Vista, Roraima.

| FV                         | GL | Quadrados médios |  |
|----------------------------|----|------------------|--|
|                            |    | CO <sub>2</sub>  |  |
| Manejo do solo             | 1  | 2,48*            |  |
| Leitura de CO <sub>2</sub> | 5  | 3,15**           |  |
| Manejo x Leitura           | 5  | 0,21ns           |  |
| Blocos                     | 3  | 0,93ns           |  |
| Resíduos                   | 33 | 0,35             |  |
| CV%                        |    | 21,48            |  |

\*\* e ns. Significativo a 1% e não significativo, respectivamente a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2. Valores médios para a de emissão de CO<sub>2</sub> na cultura da soja em diferentes manejos do solo.

| Manejo do solo | Leituras        |      |      |      |      |      | Média  |
|----------------|-----------------|------|------|------|------|------|--------|
|                | 1               | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |        |
|                | CO <sub>2</sub> |      |      |      |      |      |        |
| PC             | 2,46            | 3,22 | 2,88 | 3,50 | 4,05 | 2,00 | 3,01 a |
| PD             | 2,20            | 2,31 | 2,76 | 3,03 | 3,26 | 1,80 | 2,56 b |
| Média          | 2,33            | 2,77 | 2,82 | 3,26 | 3,65 | 1,89 |        |

Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Valores médios de temperatura e umidade durante as leituras na cultura da soja nos tipos de manejo do solo (PC e PD).

| Manejo do solo | Leituras    |       |       |       |       |       | Média |
|----------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                | 1           | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |       |
|                | Umidade     |       |       |       |       |       |       |
| PC             | 12,89       | 22,21 | 20,58 | 14,68 |       |       | 17,59 |
| PD             | 15,54       | 12,94 | 17,45 | 15,15 |       |       | 15,27 |
|                | Temperatura |       |       |       |       |       |       |
| PC             | 30,2        | 28,44 | 28,48 | 27,35 | 27,86 | 27,75 | 28,35 |
| PD             | 28,6        | 30,15 | 28,29 | 28,25 | 27,23 | 27,52 | 28,34 |

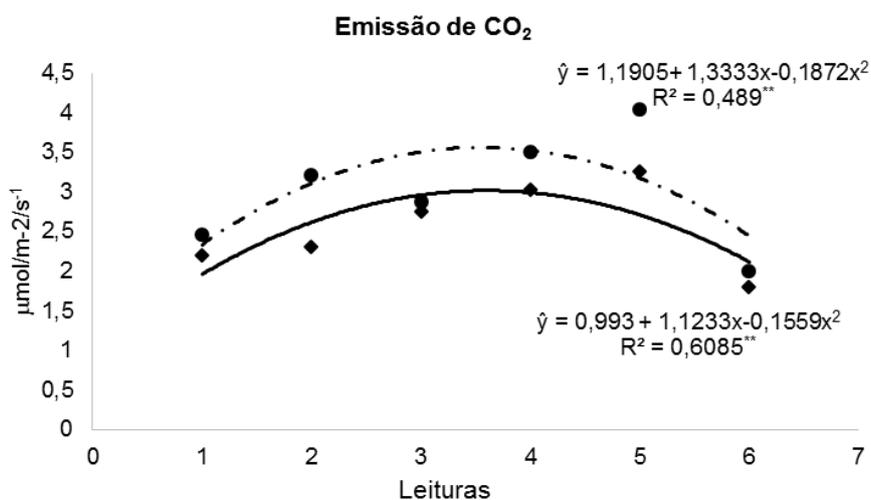


Figura 01: Médias de emissão de CO<sub>2</sub> dos sistemas de manejo do solo na cultura da soja em diferentes estágios vegetativos.