



## GEE e a sua Relação com os Sistemas de Produção no Bioma Mata Atlântica

Taline Antunes<sup>(1\*)</sup>; Reginaldo Barboza da Silva<sup>(1)</sup>, Ana Paula Contador Packer<sup>(2)</sup>,  
Jéssica Rosa<sup>(1)</sup>, Bárbara Morais<sup>(1)</sup>, Ariel Moraes Silveira<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup> Curso de Engenharia Agrônômica, Campus Experimental de Registro, Universidade Estadual Paulista (UNESP); Registro, SP, Brasil, 11900-000 (tantunes-18@outlook.com).

<sup>(2)</sup> Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, Brasil, 13820-000.

**RESUMO:** Os gases de efeito estufa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O) emitidos pelos solos são uma importante fonte de poluição ambiental, principalmente após a conversão de áreas de conservação (Mata Atlântica) em lavouras para produção com a implantação de práticas agrícolas. O objetivo da pesquisa foi quantificar impacto dos adubos nitrogenados empregados no monocultivo de bananeiras sobre o fluxo total de GEE, em solos de florestas remanescentes incorporadas ao processo produtivo. Para quantificar as trocas gasosas, foram instaladas câmaras estáticas em campo para coletar as repetições de amostras de doze coletas de GEE, em tempo pré-determinado, que foram analisadas por cromatografia gasosa. Os cálculos de adubação foram realizados de acordo com o IAC (1997). No presente estudo, a utilização de fontes de nitrogênio aumentou significativamente as emissões totais dos GEE, principalmente nos cenários sob monocultivo de bananeiras em comparação à mata nativa. A ureia foi a principal fonte de emissão de N<sub>2</sub>O entre os 7 e 15 dias após a primeira adubação nitrogenada. Os fluxos acumulados de CO<sub>2</sub> foram significativos entre o final da primeira e início da segunda adubação, que coincidiram com o período de redução da precipitação e aumento da temperatura do solo e do ar. As testemunhas apresentaram emissões negativas e positivas de CH<sub>4</sub>, presumido pela oxidação pelos microrganismos metanotróficos e possível competição de enzimas pelo NH<sub>4</sub><sup>+</sup> aos 18 dias do experimento.

**Termos de indexação:** Latossolo, bananeiras, Nitrogênio, ureia, Vale do Ribeira.

### INTRODUÇÃO

Os principais gases de efeito estufa (GEE) são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). As emissões do CO<sub>2</sub> são provenientes de mudanças no uso da terra (desmatamento), as do CH<sub>4</sub> provém de atividades agrícolas, enquanto as emissões de N<sub>2</sub>O devem-se principalmente à agricultura (IPCC, 2007).

Nas atividades agrícolas, os gases CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O devem ser considerados como importantes poluentes, devido ao seu potencial de aquecimento atingindo valores 296 vezes e 23 vezes, respectivamente,

maiores em relação ao CO<sub>2</sub>; as emissões totais, a agricultura contribui com aproximadamente 75% de CO<sub>2</sub>, com 94% de N<sub>2</sub>O e 91% de CH<sub>4</sub>, segundo Portela e Leite (2016).

Nos solos agricultáveis, a produção e emissão dos GEE são desencadeadas pelas atividades metabólicas dos microrganismos; estas são limitadas por diversos fatores abióticos como, luz, umidade, chuva, vento, temperatura, estrutura e textura do solo, disponibilidade de nutrientes, relação C/N, entre outros.

No que diz respeito à estrutura, textura e formação de bioporos (aeração pela ação mecânica dos microrganismos e raízes) do solo, vale destacar que a aeração do perfil é fundamental para a efetuação das trocas gasosas no sistema solo-atmosfera. Segundo Reinert e Reichert (2006), o espaço aéreo de 10% de macroporos é suficiente para arejar o solo e satisfazer a demanda respiratória no solo; a temperatura também é um fator determinante para que essas reações metabólicas ocorram, visto que quanto maior for a temperatura, maior será a catalisação dessas reações e maior a taxa de evaporação dos gases para a atmosfera.

Na agricultura, o nitrogênio (N) é um dos principais elementos minerais, requisitados em maior quantidade pelas plantas, além de ser o que mais limita seu crescimento. No entanto, a eficiência na utilização do N na agricultura, segundo Kissel et al. (1977), varia de 40 a 60%, sendo o restante perdido e constituindo-se numa importante fonte de poluição ambiental.

Esta temática assume grande importância em regiões como a do Vale do Ribeira/SP, visto que solos virgens são incorporados ao processo produtivo, especialmente àqueles que fazem parte de áreas de proteção como, por exemplo, florestas remanescentes do Bioma Mata Atlântica. Assim, neste tipo de cenário, a identificação das principais vias de perda de N, pode contribuir para adoção de estratégias ou práticas de manejo que possam mitigar as emissões de GEE. Foi objetivo deste trabalho avaliar as emissões de GEE e a sua relação com o uso de diferentes fontes nitrogenadas decorrentes da atividade da bananicultura em bioma da mata atlântica.

### MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa (**Figura 1**) foi conduzida na cidade de Registro/SP (24°26'S; 47°49'O), altitude em torno de 25 m. O clima da região, de acordo Köppen (Köppen e Geiger, 1928), é o Af, tropical úmido, com transição para o Cfa, sem estação seca definida, com temperatura média anual de 21°C, aproximadamente, e precipitação pluvial média anual de 1.700 mm. As emissões foram avaliadas em manchas de Latossolo Amarelo álico, LAa (EMBRAPA, 2006), cuja a classe textural variou de franco argilosa a franco argilo arenosa.



**Figura 1.** Localização das áreas e cenários onde a pesquisa foi conduzida. BE: bananal estabelecido. BN: bananal novo. MN: mata nativa.

Os estudos foram conduzidos em áreas exploradas pelo cultivo de bananeiras com diferentes cultivares e estágios de desenvolvimento, sendo um bananal estabelecido (BE) com idade de 33 anos sobre uma antiga área de chá, e um novo (BN), implantado há 2 anos sobre uma área de mata secundária. Uma terceira área, de mata nativa (MN), foi utilizada como referência para efeitos de comparação do impacto do uso/manejo de duas fontes nitrogenadas (sulfato de amônio e ureia). A combinação destes fatores, constituíram os tratamentos da pesquisa, os quais são descritos na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Tratamentos do experimento.

Uso/manejo	Presença de N	Fonte de N	Tratamentos
BE	Sim	Ureia	T1
	Sim	Sulfato de Amônio	T2
	Não	-	T3
BN	Sim	Ureia	T4
	Sim	Sulfato de Amônio	T5
	Não	-	T6
MN	Sim	Ureia	T7
	Sim	Sulfato de Amônio	T8
	Não	-	T9

Os gases foram coletados em quatro tempos pré determinados (0, 4, 8 e 12 minutos) após o fechamento das câmaras (num total de nove por área/cenário). Três repetições foram consideradas, computando, 27 câmaras empedadas no experimento. Nesta etapa da pesquisa foram realizadas doze coletas, totalizando um período de 50 dias. A determinação da concentração dos gases foi realizada no equipamento Shimadzu GC 2014 do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (LBA) da Embrapa Meio Ambiente

Para a realização dos cálculos da adubação, tomou-se como referência o boletim técnico 100 do

Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1997) para a cultura da bananeira, adequando a área da câmara (0,0707 m<sup>2</sup>) como a zona de adubação. A primeira adubação foi realizada no dia 09/01/2018, com 2,98g por câmara de sulfato de amônio, 2,12g por câmara de ureia, 1,01g por câmara de superfosfato triplo e 2,8g por câmara de cloreto de potássio; as diferentes fontes de N foram utilizadas nos respectivos tratamentos, e todas as câmaras receberam adubação de P e K, com exceção da testemunha. A segunda adubação foi realizada no dia 07/03/2018.

A sistematização dos dados foi feita por planilhas eletrônicas desenvolvidas especificamente para este estudo. Os dados inicialmente foram submetidos à análise descritiva, variância e teste F, respeitando-se as particularidades das fontes de variação (cenários, presença e ausência de N). Gráficos com barra de erros (erro padrão da média) foram empregados para demonstrar alterações dos atributos investigados. A construção de gráficos e diagramas foram obtidos por meio da versão demonstrativa do aplicativo Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de N aumentaram significativamente, nos três cenários, a emissão total dos GEE (**Figura 2**). Em MN, a ureia e sulfato de amônio, respectivamente, o impacto sobre o CO<sub>2</sub> se deu a partir dos 32 e 47 dias, cujos valores foram de 81,99 e 88,03 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub>. Para o N<sub>2</sub>O, o mesmo ocorreu a partir dos 7 e 15 dias, cujos valores foram de 4,70 e 5,44 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de N-N<sub>2</sub>O, respectivamente. Para o CH<sub>4</sub>, o impacto foi observado aos 7 e 11 dias, cujos valores foram de 7,20 e 0,03 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CH<sub>4</sub>.

Em BE o efeito significativo da ureia e sulfato de amônio sobre o CO<sub>2</sub> se deu aos 50 dias, com valores de 67,48 e 77,60 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub>, respectivamente. Para o N<sub>2</sub>O, o impacto se deu a partir dos 7 e 11 dias, com valores de 11,54 e 10,73 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de N-N<sub>2</sub>O. Para o CH<sub>4</sub>, o impacto se deu a partir dos 11 dias, com valores de 15,07 e -3,55 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CH<sub>4</sub>.

Em BN, o efeito da ureia e sulfato de amônio sobre o CO<sub>2</sub> também se deu aos 50 dias, cujos valores foram 72,48 e 84,41 g m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub>, respectivamente. Para o N<sub>2</sub>O, o impacto se deu aos 15 dias, cujos valores foram 40,02 e 43,25 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de N-N<sub>2</sub>O. Para o CH<sub>4</sub>, o impacto se deu aos 7 e 32 dias, cujos valores foram 8,37 e 11,31 mg m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> de C-CH<sub>4</sub>, respectivamente.

As emissões totais de CO<sub>2</sub> em MN apresentaram valores significativos, isso se deve a um possível aumento na atividade microbiana pelo maior teor de matéria orgânica do solo. De acordo com Marques et al. (2000), a adição de N (ureia) não provoca grande alterações na produção de dióxido de carbono, devido à disponibilidade imediata de resíduos energéticos aos microrganismos.

O aumento nos valores da emissão total de N<sub>2</sub>O promovidos pela ureia (T1, T4, T7) logo após a primeira adubação, se deve a ocorrência da volatilização. Essa reação ocorre após a hidrólise da



ureia, na presença da enzima urease (Cantarella e Montezano, 2010). De acordo com Longo e Melo (2005), a maior atividade desta enzima no solo é um indicativo de grande população de microrganismos ureolíticos. De acordo com estudo realizado por Corrêa et al. (2013), no bioma Cerrado, a presença de água e de nitrogênio no solo favoreceu o fluxo de para a atmosfera. Neste trabalho, a emissão de  $N_2O$  na presença de sulfato de amônio (T2, T5, T8), foi menor do que os resultados encontrados pelos respectivos autores.

Para o  $CH_4$ , todos os tratamentos apresentaram valores positivos e negativos de emissão, evidenciando a capacidade sumidouro do latossolo; resultados correlatos foram encontrados OLIVEIRA (2010). O fluxo total na testemunha foi negativo (T6 e T9), devendo-se, provavelmente, a oxidação por processos metanotróficos (BAGGS et al., 2006). Em MN, a partir dos 18 dias o seu aumento se deve ao possível acúmulo de  $NH_4^+$ , proveniente do sulfato de amônio que, pode ter causado competição com o  $CH_4$  pela enzima mono-oxygenase, a qual é responsável pela oxidação do mesmo (CHAN E PARKIN, 2001).

As emissões positivas de  $CH_4$  podem estar relacionadas com a diminuição da atividade dos microrganismos metanotróficos pela maior umidade do solo. Le Mer e Roger (2001) afirmam que a disponibilidade de  $O_2$  é o principal fator que limita o consumo desse gás no solo. Contudo, observou-se emissões positivas em T3 (ausência de N em BE), devendo-se, provavelmente, aos maiores valores de teor de água no solo.

## CONCLUSÕES

A utilização de fontes nitrogenadas em cultivos de bananeiras e, ou na conversão de remanescentes de mata atlântica em cultivos comerciais potencializam as emissões dos gases de efeito estufa.

As fontes nitrogenadas não interferem nas emissões totais de  $CO_2$ .

As emissões totais de  $N_2O$  são maiores na presença de ureia em todos os tratamentos, devido à alta volatilização desta fonte.

O latossolo, sob os diferentes uso/manejo apresenta efeito sumidouro de metano.

Em MN, após os 18 dias do experimento, o uso do sulfato de amônio contribuiu para o aumento significativo das emissões de metano.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão da bolsa PIBIC ao primeiro autor e a Embrapa Meio Ambiente pelo suporte às análises de cromatografia.

## REFERÊNCIAS

BAGGS, E.M.; CHEBII, J.; NDUFA, J.K. A short-term investigation of trace gas emissions following tillage and no-tillage of agroforestry residues in western Kenya. *Soil and Tillage Research*, v.90, p.69-76, 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2005.08.006>  
CANTARELLA, H.; MONTEZANO, Z.F. Nitrogênio e enxofre. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: IPNI -

Brasil, 2010. p. 5-46.

CARMO, J.B. et al., 2013. Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. *Global Change Biology Bioenergy* 5, 267-280.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS (Rio de Janeiro). Embrapa. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 1997. Disponível em:

<[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf)>.

Acesso em: 23 jun. 2018.

CORRÊA, R. S.; et al. **DISTRIBUIÇÃO DOS FLUXOS DE  $N_2O$  AO LONGO DO DIA EM LATOSSOLO VERMELHO NO CERRADO**. EBSH. 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100861/1/p153.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2018.

EMBRAPA (Brasília). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2006. Disponível em:

<<https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos.2006.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2018.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm

INTERGOVERNMENTAL PANNEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. *Climate change 2007: synthesis report*. Geneva: IPCC, 2007. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511546013>>. Acesso em: 30 jul. 2018

LE MER J.; ROGER, P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. *European Journal of Soil Biology*, v.37, p.25-50, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S1164-5563\(01\)01067-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01067-6)

LONGO, R.M. & MELO, W.J. Atividade da uréase em Latossolos sob influência da cobertura vegetal e da época de amostragem. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:645-650, 2005.

MARQUES, T. C. L. L. S. et al. Envolvimento de dióxido de carbono e mineralização de nitrogênio em latossolo vermelho-escuro com diferentes manejos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 35, n. 3, 2000.

OLIVEIRA, B. G. Vinhaça da cana-de-açúcar: fluxos de gases de efeito estufa e comunidades de *archaea* presente no sedimento do canal de distribuição. 2010. 97 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

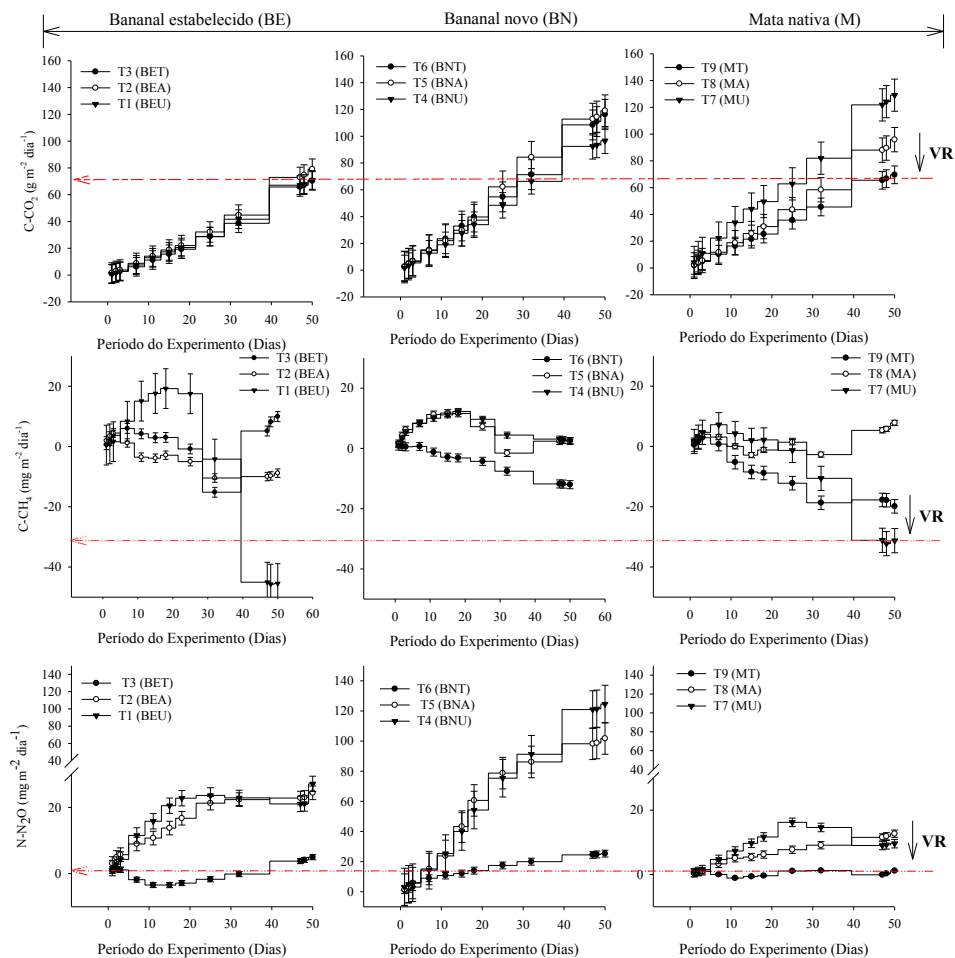
PORTELA, M. G. T.; LEITE, L. F. C. **EMISSIONES DE GEE PELA AGRICULTURA: O CASO DOS CULTIVOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**. *Revista Brasileira de Climatologia*. v. 18, jan/jun. 2016. Disponível em:

<<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/download/42393/28730>>. Acesso em: 20 set. 2018.

SigmaPlot (2000). *SigmaPlot 2000 for Windows*, version 11.0. San Jose, California, USA, SPSS, Incorporated.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. UFSM. 2006. Disponível em:

<[https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An\\_lise\\_da\\_zona\\_n\\_o\\_satu\\_rada\\_do\\_solo\\_texto.pdf](https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_satu_rada_do_solo_texto.pdf)>. Acesso em: 09 jul. 2018.  
TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, P.R. Banana. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C., ed. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. p.131-132. (Boletim Técnico, 100).



**Figura 2.** Fluxo acumulado de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O medidos nos diferentes cenários, na presença (T1, T2, T4, T5, T7 e T8) e ausência (T3, T6 e T9) de fontes nitrogenadas, durante o período estudado. VR é o valor de referência da quantidade total de GEE emitida pela mata nativa (MN), na ausência de fonte nitrogenada (T9).