



Adubação nitrogenada em cana-de-açúcar: efeito no carbono e nitrogênio da biomassa microbiana⁽¹⁾

Thales Meinel Schmiedt Sattolo⁽²⁾; Beatriz Nastaro⁽²⁾; Rafael Otto⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP (Processo 2014/05591-0) e do CNPq (477596/2013-4).

⁽²⁾ Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo; Piracicaba, SP; thales.sattolo@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo

RESUMO: A aplicação dos fertilizantes nitrogenados altera processos químicos e biológicos do solo, principalmente relacionados ao ciclo do C e do N. Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio em anos consecutivos nos processos de transformação do N do solo e na atividade microbiana. Amostras de solo da camada de 0 a 20 cm foram coletadas em dois experimentos que já recebiam adubações nitrogenadas sequenciais há dois ou três anos, nos seguintes tratamentos: T1 (Controle), T2 (Composto Orgânico, 100 kg ha⁻¹ N), T3 (Fertilizante mineral, 100 kg ha⁻¹ N) e T4 (Fertilizante mineral, 200 kg ha⁻¹ N). Amostras também foram coletadas em áreas adjacentes com mata nativa (T5). As amostras foram utilizadas em ensaios laboratoriais para avaliação da biomassa microbiana e respiração basal. Em ambos experimentos a fertilização nitrogenada afetou pouco os atributos microbiológicos do solo analisados, sendo o nitrogênio da biomassa microbiana aquele que demonstrou ligeira resposta. Condições edafoclimáticas e fatores como matéria orgânica, anos de cultivo e manejo dos resíduos sob o solo parecem ter maior influência na microbiologia do solo do que a fertilização nitrogenada. Conclui-se que as matas nativas de ambas áreas experimentais possuem originalmente melhores atributos microbiológicos do solo do que suas respectivas áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Termos de indexação: cana-de-açúcar, biomassa microbiana, atividade microbiana.

INTRODUÇÃO

Em agrossistemas, em geral, o fertilizante nitrogenado é o principal veículo de adição de nitrogênio e um dos insumos de maior importância pelo desempenho crescente na produtividade e pelo atendimento da demanda de alimentos (Cantarella et al., 2007).

As doses de N normalmente aplicadas em áreas de soqueira de cana-de-açúcar variam de 60 a 150 kg ha⁻¹ de N. Recentemente, tem-se observado aumento das doses de N aplicadas em áreas de colheita sem queima (cana-crua) (Rossetto et al.,

2009). Entretanto, mesmo em áreas de cana-crua, tem-se observado baixa resposta à adubação nitrogenada de soqueira, especialmente em áreas com uso de subprodutos orgânicos ou plantio de leguminosas em rotação (Otto et al., 2013; Mariano, 2015). Além disso, existem dúvidas se o N aplicado via fertilizantes minerais contribui para aumento ou diminuição do estoque de C e N no solo (Mulvaney et al., 2009; Khan et al., 2007). Ao mesmo tempo que a adição de N pode favorecer o acúmulo de C no solo devido ao aumento na produção de biomassa e resíduos culturais, o excesso de N pode favorecer o desenvolvimento microbiano e o processo de mineralização do N e C do solo. Experimentos de longa duração são necessários para avaliar esta questão e, até o momento, não existem estudos nessa linha feitos com a cultura da cana-de-açúcar.

Por outro lado, tem-se aumentado o uso de fertilizantes orgânicos em cana-de-açúcar, incluindo compostos orgânicos produzidos a partir dos subprodutos agroindustriais (torta de filtro, cinzas, vinhaça). Essa estratégia parece interessante para manutenção dos estoques de C e N no solo a longo prazo, uma vez que o uso de fertilizantes orgânicos tem contribuído para aumento do estoque de C no solo em áreas agrícolas (Ladha et al., 2011). Neste sentido, é importante avaliar o efeito da aplicação acumulada de fertilizantes nitrogenados, nas formas mineral e orgânica, nos processos de transformação do N do solo e na atividade microbiana.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos de adubação nitrogenada estão sendo conduzidos em talhões comerciais cultivados com cana-de-açúcar. Ambas as áreas pertencem à Usina São José da Estiva S/A – Açúcar e Álcool, no município de Novo Horizonte/SP. O clima da região é do tipo Aw segundo a Classificação Climática de Köppen, denominado tropical úmido, com estiagem no inverno e chuvas intensas no verão. As cultivares escolhidas foram a SP91-1285 e a CTC15, respectivamente plantadas nos talhões referentes aos experimentos A e B (EA e EB). O tipo de solo é um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média



(EA), e Latossolo Vermelho de textura média (EB).

Os experimentos foram implantados em Setembro de 2010 no EA e em Setembro de 2011 no EB. Os seguintes tratamentos foram instalados na implantação do experimento e repetidos anualmente: T1 (Controle), T2 (Composto Orgânico, 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ N), T3 (Fertilizante mineral, 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ N), T4 (Fertilizante mineral, 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ N) e T5 (Mata Nativa).

Cada unidade experimental é composta de oito linhas de cana-de-açúcar com 15 m de comprimento e espaçamento de 1,5 m, totalizando 180 m² por parcela. O fertilizante mineral utilizado foi o YaraBella™ Nitromag™, que apresenta combinação de nitrogênio nítrico e amoniacal (total de 27% de N), além de cálcio (4% Ca) e magnésio (2% Mg) na forma de dolomita, apresentando comportamento no solo muito semelhante ao do nitrato de amônio. O Composto Orgânico é obtido na própria Usina a partir da compostagem de subprodutos agroindustriais como torta de filtro, cinza de caldeira (fuligem) e outros materiais complementares como fosfato natural reativo.

A amostragem de solo foi realizada em maio de 2014 em ambas as áreas, ou seja, após três (EA) ou dois (EB) anos recebendo adubação nitrogenada acumulada. Portanto, nos tratamentos T2 e T3, as doses acumuladas de N foram de 300 e 200 kg ha⁻¹ para o EA e EB, respectivamente; para o T4, a dose acumulada foi de 600 e 400 kg ha⁻¹, respectivamente. Na amostragem de solo, foram coletadas quatro subamostras por parcela nas profundidades de 0-20 cm, as quais foram armazenadas em sacos de polietileno que permaneceram parcialmente abertos para manter a oxigenação. As amostras foram mantidas refrigeradas (± 4 °C) até a chegada ao laboratório. Imediatamente após a chegada ao laboratório iniciaram-se as seguintes avaliações: atividade microbiana pelo método da quantificação de C-CO₂ emitido pela respiração basal do solo conforme Alef (1995) e; biomassa microbiana de C e N através do método de fumigação-extração proposto por Jenkinson & Powlson (1976), seguindo com a determinação pelo método da oxidação com dicromato de potássio (Anderson & Ingram, 1993) e pelo método da reação com ninhidrina (Joergensen & Brookes, 1990), respectivamente. Além destes atributos, calculou-se o coeficiente metabólico (qCO₂), como índice auxiliar para inferir sobre a qualidade do solo (Anderson & Domsch, 1990). Uma subamostra foi seca em estufa (105 °C) para determinação da umidade do solo, permitindo apresentar os resultados em base seca.

Os efeitos dos tratamentos foram submetidos à análise de variância utilizando o teste F, ao nível de 95% de confiança. Posteriormente, para as causas

de variação significativas, foi aplicado o teste de Tukey ($p < 0,05$) comparando os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto no EA como no EB observa-se maior quantidade de C e N da biomassa microbiana (CBM e NBM) na mata nativa (Tabela 1), provavelmente por apresentar melhor qualidade da matéria orgânica neste solo (Gama-Rodrigues, 1999). Este resultado pode ser atribuído à maior biodiversidade da mata nativa quando comparada com sistemas agrícolas, constatada também nos trabalhos realizados por Souza et al. (2006), Gama-Rodrigues et al. (2008) e Silva et al. (2010). Os valores de CBM e NBM deste estudo foram próximos daqueles compilados por Dalal (1998).

No EA a aplicação de composto orgânico e de fertilizante mineral na dose de 100 kg ha⁻¹, foram capazes de elevar o NBM quando comparados com o controle e com a dose de 200 kg ha⁻¹ de N. Ou seja, doses intermediárias de N favoreceram o NBM, enquanto dose mais elevadas de N reduziram o NBM. Tal divergência pode ser explicada pelo fato de que a biomassa microbiana (BM) pode agir tanto como fonte quanto dreno de nutrientes, e isso dependerá das condições edafoclimáticas em estudo (Gama-Rodrigues, 1999).

A relação C/N da BM foi maior no controle, sendo reflexo da ausência de fertilização nitrogenada e também da diminuição contínua do N endógeno que foi extraído pela cana-de-açúcar ao longo das três safras anteriores. Com relação à atividade microbiana, não houve diferença estatística entre os tratamentos tanto para a emissão acumulada de CO₂ quanto para a média diária, refletindo da mesma forma no coeficiente metabólico, ou seja, mesmo com maior CBM em T5, sua elevada emissão de CO₂ fez com que se equilibrasse o qCO₂ entre todos os demais tratamentos. Resultados semelhantes foram observados por Dominy et al., (2002) em áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

Por outro lado, no EB, os maiores valores de CBM e NBM em T5 comparado aos demais tratamentos (Tabela 1) podem estar relacionados aos maiores teores de N-mineral, estando condizente com os resultados obtidos por Frazão et al. (2010), que avaliou os atributos microbiológicos de um Neossolo sob diferentes usos da terra. A ausência de resposta nos tratamentos adubados, tanto para os de natureza mineral (T3 e T4) quanto orgânica (T2), podem estar relacionados às considerações de Bünemann et al. (2006), que explica que outros fatores como a matéria orgânica, anos de cultivo e manejo dos resíduos sob o solo afetam diretamente a microbiologia do solo com um peso maior do que a própria fertilização.



Nesta área, os teores de N-mineral parecem influenciar também na emissão de CO₂, consequência da mineralização de substratos orgânicos, como folhas e raízes, constantemente depositados, resultando em maior ciclagem de nutrientes. O mesmo resultado foi encontrado por Silva et al. (2010) ao estudar diferentes tipos de manejo de um solo de cerrado. A esperada tendência do menor coeficiente metabólico para a mata nativa, conforme reportado em outros trabalhos (Silva et al., 2010; Gama-Rodrigues et al., 2008), não foi comprovada no presente estudo. Especula-se que este resultado se deve à elevada respiração basal quando comparada com o CBM, logo, esta pode estar sendo mineralizada, agindo como fonte de nutrientes, uma vez que além de um compartimento da matéria orgânica do solo, é também o mais ativo.

De forma geral, as doses acumuladas de fertilizantes nitrogenados ao longo de três e duas safras, respectivamente nos experimentos A e B, afetaram pouco os atributos microbiológicos destes solos. Vale ressaltar que as avaliações deste estudo foram efetuadas em um único momento no ciclo da cultura, cerca de oito meses após a última fertilização. Portanto, as adubações acumuladas realizadas nestas áreas não foram capazes de alterar os processos de transformação do N no solo, sendo interessante avaliar estas transformações em experimentos de mais longa duração. Além disso, considerando que os fertilizantes são uma fonte imediata de N para as plantas e microrganismos, sugere-se que estudos futuros avaliem estas transformações em épocas distintas após a aplicação dos fertilizantes ao solo.

CONCLUSÕES

No experimento A a fertilização nitrogenada não afetou significativamente os atributos microbiológicos do solo.

No experimento B a fertilização nitrogenada afetou significativamente apenas o nitrogênio da biomassa microbiana.

As áreas de mata nativa apresentaram atributos microbiológicos do solo superiores às áreas cultivadas com cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor (Processo 2014/02604-3) e bolsa de doutorado ao segundo autor (Processo 2013/17278-1).

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. *Methods in applied soil microbiology and biochemistry*. London, 1995, p. 214-219.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. *Soil Biology and Biochemistry*, 22:251-255, 1990.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S.I. *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. Oxfordshire:Wallingford, 1993. 221 p.
- BÜNEMANN, E. K.; SCHWENKE, G. D.; Van ZWIETEN, L. Impacts of agricultural inputs on soil organisms – a review. *Aust. Jou. Soil Res.* 44:379-406, 2006
- CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e; VITTI, G.C. In: *Simpósio sobre nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira*. 1.ed. São Paulo: Piracicaba, 2007. p. 355-412.
- DALAL, R. C. Soil microbial biomass-what do the numbers really mean? *Aust. Jour. Exper. Agriculture*, 38:649-665, 1998.
- DOMINY, C. S.; HAYNES, R. J.; van ANTWERPEN, R. Loss of soil organic matter and related soil properties under long-term sugarcane production on two contrasting soils. *Biol. Fertil. Soils*, 36:350-356, 2002.
- FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 135:161-167, 2010.
- GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1521-1530,2008.
- GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 1.ed. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 1999. p. 227-243.
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil – I. Fumigation with chloroform. *Soil Biol. Biochemistry*, 8:167-177, 1976.
- JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K₂SO₄ soil extracts. *Soil Bio. Biochemistry*, 22:1023-1027, 1990.
- KHAN, S.A.; MULVANEY, R.L.; ELLSWORTH, T.R.; BOAST, C.W. The myth of nitrogen fertilization for soil



carbon sequestration. *J. Environ. Qual.* 36: 1821–1832, 2007.

LADHA, J.K.; REDDY, C.K.; PADRE, A.T.; KESSEL, C.van. Role of nitrogen fertilization in sustaining organic matter in cultivated soils. *J. Environ. Qual.* 40: 1756-1766, 2011.

MULVANEY, R.L.; KHAN, S.A.; ELLSWORTH, T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J. Environ. Qual.* 38: 2295–2314, 2009.

OTTO, R., MULVANEY, R.L., KHAN, S.A., TRIVELIN, P.C.O. Quantifying soil nitrogen mineralization to improve fertilizer nitrogen management of sugarcane. *Biology and Fertility of Soil* 49:893–904, 2013.

ROSSETTO, R.; DIAS, F.L.F.; LANDELL, M.G.A.; CANTARELLA, H.; TAVARES, S.; VITTI, A.C.; PERECIN,

D. N and K fertilization of sugarcane ratoons harvested without burning. *Proceeding International Society Sugar Cane Technology, Veracruz*, v. 27, p. 1-8, 2010.

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N.; CARDOSO, E. L.; MOREIRA, F. M. S. CURTI, N.; ALOVISI, A. M. T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes-MG. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1585-1592, 2010.

SOUZA, E. D. DE; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; SILVA, C. A.; BUZETTI, S. Frações do carbono orgânico, biomassa e atividade microbiana em um Latossolo Vermelho sob cerrado submetido a diferentes sistemas de manejos e usos do solo. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 28:323–329, 2006.

Tabela 1 – Resultados das análises dos atributos microbiológicos nos experimentos A e B para os tratamentos controle, composto orgânico com 100 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (CO), fertilizante mineral com 100 e 200 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (FM 100 e 200) e mata nativa adjacente às áreas.

Tratam.	N-min	CBM	NBM	C/N	ΣCO ₂	CO ₂	qCO ₂
Experimento A							
(T1) Controle	5,7 a	408,5 b	10,0 b	41,6 a	104,6 a	0,09 a	2,2 a
(T2) CO100	6,3 a	381,2 b	17,1 a	22,4 b	113,4 a	0,10 a	2,6 a
(T3) FM100	7,5 a	424,7 b	19,9 a	21,5 b	139,6 a	0,12 a	2,9 a
(T4) FM200	8,2 a	364,7 b	12,4 b	29,6 b	112,3 a	0,10 a	2,7 a
(T5) Mata	9,4 a	508,7 a	16,9 a	30,3 b	172,0 a	0,15 a	2,9 a
Valor p	0,0949	0,0012	<0,0001	0,0002	0,1052	0,1052	0,5852
DMS	4,1	83,0	3,6	9,8	80,3	0,1	1,4
CV (%)	24,8	8,8	10,5	14,9	27,7	27,7	23,2
Experimento B							
(T1) Controle	5,9 b	343,9 b	6,8 c	52,5 a	176,1 b	0,15 b	4,5 b
(T2) CO100	7,3 b	390,0 b	12,7 bc	35,5 ab	154,8 b	0,13 b	3,5 b
(T3) FM100	6,7 b	368,4 b	14,1 b	26,4 ab	195,7 b	0,17 b	4,6 b
(T4) FM200	6,7 b	319,8 b	8,5 bc	39,7 ab	170,3 b	0,15 b	4,6 b
(T5) Mata	10,3 a	480,0 a	35,0 a	13,8 b	385,2 a	0,33 a	6,9 a
Valor p	0,0009	0,0005	<0,0001	0,0064	0,0001	0,0001	0,0051
DMS	2,4	83,8	6,8	26,4	110,6	0,09	2,3
CV (%)	14,6	9,7	19,5	34,9	22,7	22,7	20,7

N-min: nitrogênio mineral = NH₄⁺ + NO₂⁻ + NO₃⁻ (mg N kg⁻¹ solo seco); CBM: carbono da biomassa microbiana (µg C g⁻¹ solo seco); NBM: nitrogênio da biomassa microbiana (µg N g⁻¹ solo seco); C/N: relação C/N da biomassa microbiana; ΣCO₂: acúmulo de CO₂ emitido no período de 48 dias de incubação (µg C-CO₂ g⁻¹ solo seco); CO₂: média de CO₂ emitido no período de 48 dias de incubação (µg C-CO₂ g⁻¹ solo seco h⁻¹); qCO₂: coeficiente metabólico (µg C-CO₂ µg CBM⁻¹ h⁻¹ x 10⁻⁴); DMS: diferença mínima significativa para o teste de Tukey (α=5%); CV: coeficiente de variação (%); médias seguidas pela(s) mesma(s) letra(s) na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (α=5%).

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015