



## Mineralização de C e de N na palhada de cana-de-açúcar<sup>(1)</sup>.

**Carina Sayuri Yamaguchi<sup>(2)</sup>; Nilza Patrícia Ramos<sup>(3)</sup>; Adriana Marlene Moreno Pires<sup>(3)</sup>; Henrique B. Vieira<sup>(4)</sup>; Rafael T. Hirano<sup>(5)</sup>; Raffaella Rossetto<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos de projeto entre Embrapa Meio Ambiente e Petrobrás. <sup>(2)</sup> Mestranda; Instituto Agrônomo de Campinas; Campinas, São Paulo; carinasy@gmail.com; <sup>(3)</sup> Pesquisadora; Embrapa Meio Ambiente; <sup>(4)</sup> Técnico A; Embrapa Meio Ambiente; <sup>(5)</sup> Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Viçosa; <sup>(6)</sup> Pesquisadora; Apta Piracicaba.

**RESUMO:** A biomassa vegetal que permanece em cima do solo após a colheita pode representar, em longo prazo incremento de matéria orgânica no solo e redução da necessidade de reposição de nutrientes via fertilizantes minerais. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar a mineralização de C e de N em diferentes quantidades de palhada da cana-de-açúcar ao longo de um ciclo de cultivo. Os tratamentos avaliados correspondem aos níveis 25% - 50% - 75% e 100% (respectivamente 2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha<sup>-1</sup>) de palhada remanescentes da colheita da cana-de-açúcar (variedade RB-845210), distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. A avaliação da liberação de carbono e de nitrogênio foi realizada utilizando-se o método do “saco de serrapilheira” (“Litter bag”). Por meio dos resultados foi possível concluir que a dinâmica da mineralização do carbono na palha de cana-de-açúcar é influenciada pelo nível desta biomassa, embora ao final do ciclo as taxas de mineralização do C (70%) se tornem semelhantes para todos os níveis de palhada estudados. O nitrogênio inicialmente fica imobilizado na biomassa. Ao final do ciclo, em função da redução da relação C/N, este elemento começa a ser disponibilizado.

**Termos de indexação:** litter bag, biomassa, degradação.

### INTRODUÇÃO

O aproveitamento de resíduos é uma das premissas para a melhor conservação dos recursos naturais e conseqüentemente para o incremento no desempenho ambiental de um produto (PNMC, 2008). Baseado no sucesso desta iniciativa, o setor sucroenergético agora se prepara para o aproveitamento da palha, palhço ou palhada da cana-de-açúcar, tanto para aumento da geração de energia elétrica, como para obtenção de etanol de segunda geração (Dias et al., 2009).

Um potencial benefício que merece destaque refere-se à contribuição nutricional para a cultura e de incremento da matéria orgânica do solo em função da reciclagem de nutrientes contidos na palhada e do processo de decomposição de sua

fração orgânica, respectivamente (Oliveira et al., 1999). O processo de reciclagem dos nutrientes, em longo prazo, tende a reduzir a necessidade de reposição via fertilizantes minerais, com destaque para o nitrogênio, considerando que outros resíduos utilizados na cana (vinhaça e torta de filtro) não aportam quantidades expressivas desse nutriente (Vian et al. 2007; Rossetto et al., 2008).

Nota-se com o exposto o amplo campo a ser explorado no tema mineralização do C e do N da palhada de cana-de-açúcar e sua contribuição ambiental, agrônômica e econômica para os ciclos subsequentes de cultivo. Assim, a presente pesquisa avaliou a mineralização de C e de N em diferentes quantidades de palhada da cana-de-açúcar ao longo de um ciclo de cultivo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em área experimental localizada em Araras-SP, em Latossolo Vermelho Amarelo (Santos et al., 2006) e precipitação total de 1573 mm entre setembro de 2011 e julho de 2012. Esta iniciativa fez parte do projeto em andamento “*Manejo Sustentável da Palhada de Cana-de-Açúcar para Otimização da Produção de Energia*” resultante da parceria técnico científica entre a Petrobrás e a Embrapa.

### Tratamentos e amostragens

A cana-de-açúcar, variedade RB-845210 foi utilizada como material vegetal do estudo, sendo o efeito da palhada remanescente da colheita da segunda soca ‘2010-2011’ sobre a cana da terceira soca ‘2011-2012’ o foco da pesquisa. Os tratamentos corresponderam aos níveis 25% - 50% - 75% e 100% (respectivamente 2,8 - 5,7 - 8,5 - 11,3 t ha<sup>-1</sup>) de palhada remanescentes da colheita da cana-de-açúcar, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas se constituíram de oito linhas de 15 m de comprimento (espaçamento 1,5 m), ocupando uma área total de 180 m<sup>2</sup>, sendo 117 m<sup>2</sup> de área útil.

A avaliação da liberação de carbono e de nitrogênio nos tratamentos foi realizada na biomassa seca determinada pelo método do “saco de

serrapilheira” (“*Litter bags*”), adaptado de Bocok & Gilbert (1957); com coletas (2 repetições) realizadas aos 42, 106, 162, 225 e 281 dias após a instalação do experimento no campo.

Os *litter bags* foram confeccionados em material plástico nas dimensões 0,75 m x 0,50 m, com malha de 15 mm, seguindo metodologia de Fortes (2010). Estes foram preenchidos com quantidades definidas de massa seca de palhada (**Figura 1**).



**Figura 1** *Litter bags* contendo palhada de cana-de-açúcar em quantidades correspondentes aos tratamentos, mantidos sobre a superfície após a colheita.

Os teores de carbono e de nitrogênio foram determinados pelo método de combustão por via seca (Método de Dumas), por meio de um analisador elementar de C e de N (TruSpec CN LECO®). Após sua determinação, estes foram multiplicados pelos respectivos valores de massa seca orgânica já obtida após a secagem, obtendo-se assim a quantidade de carbono e de nitrogênio (kg ha<sup>-1</sup>) para cada coleta e tratamento.

Os dados foram apresentados na forma de taxas (%) de mineralização de C e de N. A taxa de mineralização consistiu na porcentagem mineralizada, em um tempo determinado, em relação ao valor obtido no tempo zero.

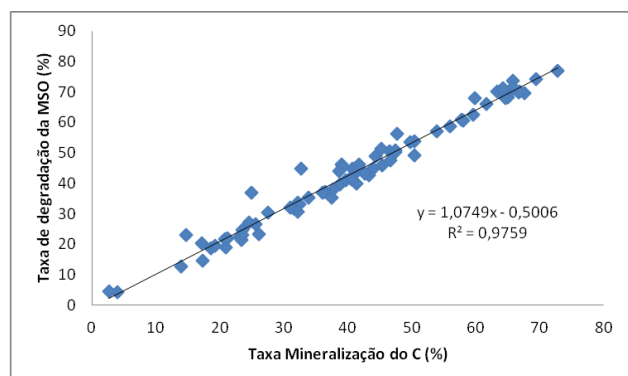
### Análise estatística

Os dados referentes às taxas de degradação e mineralização foram submetidos à análise de variância, usando-se o pacote computacional Sistema de Análise de Variância (Sisvar), ajustado por análise de regressão para os efeitos dos níveis de palhada e dias após a instalação, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A degradação da palhada da cana-de-açúcar da variedade RB-845210 foi alterada em função dos diferentes níveis de biomassa mantidos sobre o solo e do seu tempo de permanência no campo. Este resultado reforça a necessidade de melhor entendimento a respeito da degradação da palhada antes de recomendações específicas de manejo desta biomassa.

A interação positiva entre estes fatores também foi observada para a mineralização do carbono e do nitrogênio. Este comportamento semelhante (Figura 2) entre a degradação da biomassa e a mineralização do carbono já era esperado tendo em vista que a quantidade de C presente na palhada de cana varia entre 38 - 45% (Galdos et al, 2010). Considerando-se esta correlação significativa e altamente positiva também encontrada por outros autores (Campos, 2003) optou-se por explorar a mineralização do carbono neste resumo.



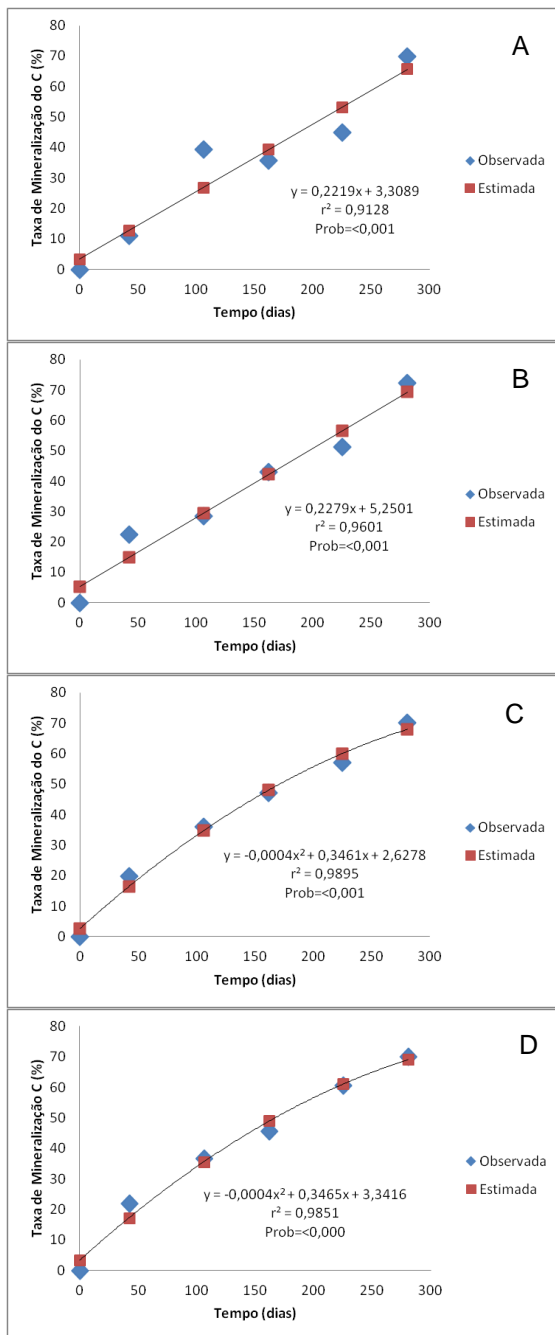
**Figura 2** Correlação entre as taxas de degradação de massa seca orgânica (MSO) e de mineralização de C.

### Mineralização do Carbono

Para os tratamentos com menor quantidade de palha (**Figura 3A e 3B**), o comportamento da taxa de mineralização do carbono em função do tempo foi explicado pelo modelo linear. Já para os tratamentos com maiores níveis de palha, o modelo quadrático foi o mais adequado (**Figura 3C e 3D**). Portanto, para os tratamentos com 75 e 100% de palhada (valores superiores a 8 t ha<sup>-1</sup>) foi observada a estabilização da taxa de mineralização, o que não se notou nos demais tratamentos. Vitti et al (2010), Fortes (2010) e Oliveira (1999) trabalhando com níveis superiores a 10 t ha<sup>-1</sup> de palhada de cana-de-açúcar também observaram que o modelo quadrático foi o que melhor representou a taxa de mineralização de carbono.

Embora o comportamento da taxa tenha sido diferente conforme o tratamento notou-se que após 225 dias de avaliação os efeitos não se sustentaram e ao final do experimento (281 dias) não foi observada diferença na taxa de mineralização do carbono entre os tratamentos, com média final de 70,6% (Figura 3). Portanto, tem-se que apenas 30%, ou seja, menos da metade do total aportado não mineralizou durante um ciclo de cultivo. Vale ressaltar que embora a taxa seja a mesma, esta representa uma porcentagem em relação à palha

inicial, ou seja, as quantidades de palha remanescentes são crescentes conforme aumentamos o nível de palhada.



**Figura 3** Taxa de mineralização do C. (A) 25% de palha equivalente a 2,8 t/ha. (B) 50% de palha equivalente a 5,7 t/ha. (C) 75% de palha equivalente a 8,5 t/ha. (D) 100% de palha equivalente a 11,3 t/ha.

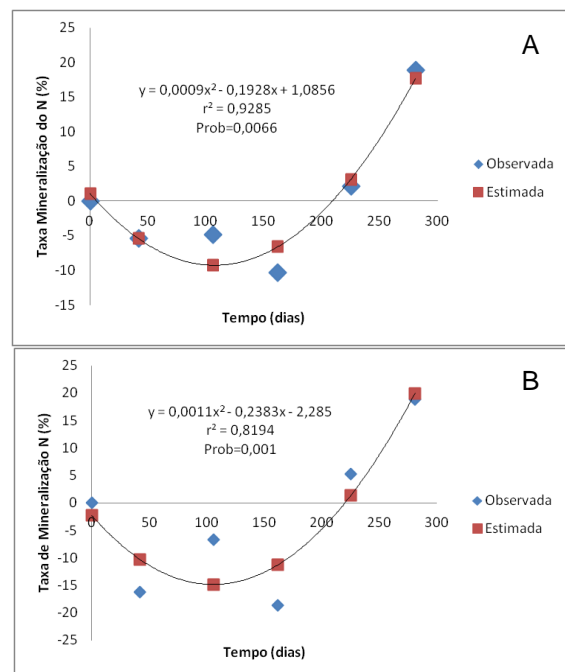
#### Taxa de mineralização do N

Analisando-se os desdobramentos da interação entre níveis de palhada e tempo de mineralização do

N optou-se por trabalhar com os efeitos do tempo dentro de cada tratamento para se verificar justamente a imobilização e liberação deste elemento. Para os tratamentos com menor quantidade de palha (25 e 50%), os dados de taxa de mineralização do N foram melhor ajustados ao modelo linear, enquanto as maiores quantidades de palha (75 e 100%) foram melhor ajustadas pelo modelo quadrático (**Figura 4**). Nestes dois tratamentos notou-se que até os 162 dias foi observada a imobilização de N, evidenciada por meio dos valores negativos obtidos para a taxa de mineralização.

A relação C:N inicial da palha utilizada neste estudo era igual a 101. Outros estudos, como o de Oliveira et al. (1999), nos quais a palha de cana-de-açúcar apresentava valor inicial de relação C:N próximo a 100, não ocorreu mineralização líquida desse elemento em função da decomposição do material vegetal. Vitti et al. (2008) citam que o aproveitamento do N da palhada é baixo no primeiro ano em função do lento processo de mineralização desse nutriente.

Aos aproximadamente 210 dias, a mineralização passou a ser favorecida e a palha começou a funcionar como fonte de N no sistema edáfico. A relação C:N da palha neste período era, em média, igual a 37.



**Figura 4** Taxa de mineralização do N. (A) 75% de palha equivalente a 8,5 t/ha. (B) 100% de palha equivalente a 11,3 t/ha.



Portanto, como a palhada da cana-de-açúcar apresenta relação C:N alta, no início do processo de degradação espera-se que o N seja mantido na massa vegetal em decomposição (ocorrendo concentração de N), enquanto a quantidade de C orgânico vai diminuindo, resultando na redução da relação C:N. Nesse caso, a palhada não constitui fonte expressiva de N para a cana, pelo menos em ciclo subsequente ao seu depósito sobre o solo, tal qual verificado neste estudo.

Resultados como estes são importantes para um melhor entendimento da dinâmica da decomposição dos resíduos culturais da cana-de-açúcar, auxiliando na gestão do uso de fertilizantes, uma vez que vários nutrientes são disponibilizados ao solo e para a própria planta, inclusive o N, podendo, assim, ocorrer a reposição mineral em médio e longo prazo (Trivelin et al., 1996). Um dos principais desafios para os próximos anos é a determinação de como ocorre o processo de decomposição da palhada e de mineralização/disponibilidade de N ao longo de diversos ciclos produtivos, incluindo-se os efeitos de nova deposição de palhada sobre àquelas remanescentes sobre o solo e provenientes de cortes anteriores da cana e que devem estar em diferentes graus de estabilização do processo.

## CONCLUSÕES

A dinâmica da mineralização do carbono na palha de cana-de-açúcar é influenciada pelo nível desta biomassa, embora ao final do ciclo as taxas de mineralização do C (70%) se tornem semelhantes para todos os níveis de palhada estudados.

O nitrogênio inicialmente fica imobilizado na biomassa. Ao final do ciclo, em função da redução da relação C:N, este elemento começa a ser disponibilizado.

## AGRADECIMENTOS

À Embrapa Meio Ambiente. Ao CNPq pela bolsa concedida. À Usina São João. À toda equipe que colaborou com esse trabalho.

## REFERÊNCIAS

BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*, v. 9, p. 179-85, 1975.

CAMPOS, D. C. Pontencialidade do sistema de colheita sem queima de cana-de-açúcar para sequestro de carbono, 2003, Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola) na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-Sp, 2003.

CANTARELLA, H.; TRIVELLIN, P.C.O.; VITTI, A.C. Nitrogênio e enxofre na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T; ABDALLA, S.R.S.; VITTI, G.C. (Ed.). Nitrogênio e enxofre na agricultura Brasileira. Piracicaba: International plant nutrition institute, 2007. p. 355-413.

DIAS, M. O. S.; ENSINAS, A.V.; NEBRA, S. A.; FILHO, R.M.; ROSELL, C. E.V.; MACIEL, M. R. W. Production of bioethanol and other bio-base materials from sugarcane bagasse: Integration to conventional bioethanol production process. *Chem. Eng. Res. & Design*, v. 87, PP. 1206-1216, 2009.

FORTES, C. Produtividade de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e da decomposição da palhada em ciclos consecutivos. 2010, 153 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) CENA-USP, Piracicaba, 2010.

GALDOS, M. V.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; PAUSTIAN, K.; VAN ANTWERPEN, R. Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth. *Plant and Soil*, The Hague, v. 326, p. 243-259, 2010.

OLIVEIRA, M. W.; TRIVELIN, P. C. O.; PENATTI, C. P.; PICCOLLO, M. C. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. *Pesq. Agropec. Bras.*, v. 34, p. 2359-2362, 1999.

PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, Governo Federal Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, PNMC, Brasília, dezembro de 2008.

ROSSETTO, R.; KORNDORFER, G.H.; DIAS, F.L. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. In: Marques, M.O.; Mutton, M.A.; Nogueira, T.A.R.; Tasso Jr., L.C.; Nogueira, G.A.; Bernardi, J.H. *Tecnologias na Agroindústria Canavieira*. FCAV, Jaboticabal, SP. p. 125-139. 2008.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da (Ed). *Sistema brasileiro de classificação do solos*. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio do aquamônio-15N e uréia-15-N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, n.2, p. 89-99, 1996.

VIAN, C. E. F.; PAVANI, A. A.; HANASHIRO, M. M.; OLIVEIRA, D. R. M. S.; SOUZA, M. I. F.; MARIN, F. R. Análise da expansão da agroindústria canavieira no centro-sul do Brasil. *Cadernos de Ciência & Tec.*, v. 24, n. 1/3, p. 11-39, j2007.

VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C. O.; CANTARELLA, H., FARONI, C. E.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; TRIVELIN, M. O.; TOALIARI, J. G. Mineralização da palhada e desenvolvimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados à adubação nitrogenada de plantio. *Rev. Bras. de Ciên. do Solo*, v. 32, n. esp., p. 2757-2762, 2008.