



ACÚMULO DE NITROGÊNIO NA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS DUAS SOCAS CULTIVADAS COM DIFERENTES NÍVEIS DE PALHA NA REGIÃO DE GUAÍRA-SP

Rafael de Moura Dias⁽¹⁾, Rebeca Ramos⁽²⁾, Tamires Esther Ferreira⁽³⁾, Thiers Alves Vidal⁽⁴⁾, Paulo Rossi⁽⁵⁾, Rogério Palhares Alves⁽⁶⁾, Gustavo Villa Gomes⁽⁷⁾, Nilza Patrícia Ramos⁽⁸⁾

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o acúmulo de nitrogênio e a produtividade de colmos em cana-de-açúcar, após duas socas cultivadas com diferentes níveis de palha, na região de Guaíra-SP. O experimento foi conduzido entre 2012-2014, em área da Usina Açucareira Guaíra, município de Guaíra, SP, cultivada com a variedade RB 85-7515. Os tratamentos constituíram-se em cinco níveis de palha distribuídos por duas socas (2012-2013 e 2013-2014), sob delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Determinou-se, na colheita de 2014, a concentração (g kg^{-1}) e a quantidade de nitrogênio (kg ha^{-1}) acumulado nos diferentes componentes da planta (colmo, folhas verdes e folhas secas), bem como na palha (folhas verdes + folhas secas) e total. Também foi avaliada a produtividade final ou TCH. Houve efeito significativo da aplicação de diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar sobre a concentração de N no colmo, a quantidade total de N nas folhas verdes e na palha, além de TCH; sem efeito para as demais variáveis estudadas. Não se observou efeito positivo da maior concentração de nitrogênio para a formação de biomassa e para TCH. Não se verificou diferenças substanciais no TCH nos tratamentos acima de 69% da palha em campo. Conclui-se que a manutenção de níveis crescentes de palha de cana-de-açúcar em campo favorece a produtividade de colmos (TCH), sendo seu efeito mais pronunciado para o aporte médio de até $14,4 \text{ t ha}^{-1}$ ano, principalmente em safras com baixos índices pluviométricos. Há maior concentração de nitrogênio no colmo com a retirada total da palha, porém isto não se reverte em produtividade (TCH) da cana-de-açúcar. A produção de folhas verdes e conseqüentemente de palha é favorecida pela manutenção de níveis crescentes deste resíduo após a colheita.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* sp., recolhimento parcial, resíduo cultural

NITROGEN ACCUMULATION IN SUGAR CANE AFTER TWO RATOONS GROWN WITH DIFFERENT STRAW LEVELS

The study aimed to evaluate yield and accumulation of nitrogen in sugarcane stalk after two sugarcane ratoons grown under different straw levels in Guaíra-SP. The experiment was carried out from 2012 to 2014 inside Guaíra plant, the variety chosen was RB 86-7515. The treatments were five straw levels remaining from two ratoons (2012-2013 and 2013-2014). The experimental design was randomized block with four replications. After harvesting period in 2014, the following biometric

⁽¹⁾Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, USF, Campinas-SP; rafadias10@hotmail.com; ⁽²⁾Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, PUCC, Campinas-SP; rebramos10@hotmail.com; ⁽³⁾Mestranda em Agricultura FCA/UNESP; Botucatu, SP, tamires_esther_ferreira@hotmail.com ⁽⁴⁾Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária, FAJ, Jaguariúna-SP; thiersvidal.tv@gmail.com; ⁽⁵⁾ Eng. Agron. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, paulo.rossi@embrapa.br; ⁽⁶⁾ Técnico na Usina Açucareira Guaíra – UAG; ⁽⁷⁾ Eng. Agron, Diretor agrícola na Usina Açucareira Guaíra – UAG ⁽⁸⁾ Pesquisadora Dra, Embrapa Meio Ambiente -Jaguariúna - SP; nilza.ramos@embrapa.br



parameters were evaluated: nitrogen content (g kg^{-1}), amount of nitrogen (kg ha^{-1}) accumulated in different parts of the plant (stalk, green leaves and dry leaves) and yield or TCH (Mg stalk ha^{-1}). There was significant effect for applying different straw levels on nitrogen content in stalks, N total amount in green and dry leaves, besides TCH, no effect were noted for the other variables. Higher nitrogen content does not improve biomass production and yield. There was no difference in TCH for treatments grown above 69% straw. Maintaining increasing straw levels enhances yield, with its greatest effect for the average up to 14, 4 t ha^{-1} year of straw, mainly in season with low rainfall input. There is a higher concentration of nitrogen in stalk with the soil uncovered, but it does not turn into yield (TCH). The production of green leaves and straw is improved by raising levels of residue after harvest.

Key-words: *Saccharum officinarum* sp., partial recovering, crop residue

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar destaca-se entre as culturas que impulsionam o agronegócio brasileiro, sendo responsável em 2014 por R\$ 94,6 bilhão, o equivalente ao PIB de mais de 100 países segundo FMI (NovaCana, 2016). Sua contribuição não se restringe apenas ao fornecimento de açúcar, mas também como fonte energética, tanto de combustível líquido, como de eletricidade (Neves & Conejero, 2007), devido ao aproveitamento de seu colmo, bagaço e mais recentemente da palha (Goldemberg, 2007).

O uso energético da palha trouxe consigo a necessidade de adaptações ao atual sistema produtivo da cana-de-açúcar baseado na colheita crua, uma vez que exige a retirada deste resíduo do campo (Ramos *et al.* 2015). Assim, há décadas se usava a queima prévia na colheita, posteriormente convertida em colheita de cana-crua (sem queima) e com o uso da palha, se discute uma terceira fase produtiva, que envolve o recolhimento variável ou parcial deste resíduo. Segundo Vitti *et al.* (2007) há potencial de se produzir entre 10 e 30 Mg ha^{-1} de palha, a depender da variedade, soca, período de colheita, tratos culturais e qualidade do solo; indicando uma fonte extra de biomassa numa área explorada para colmos.

A retirada da palha e seus efeitos sobre o agrossistema da cana-de-açúcar ainda se encontra em estudo, mas já existem indícios de perdas na produtividade em longo prazo (Costa *et al.* 2014). Atribuída entre outros fatores ao empobrecimento do solo, pela redução da matéria orgânica e do nitrogênio (N) potencialmente ciclado a partir da palha. Trivelin *et al.* (1995) mencionam que para uma produtividade de 100 Mg ha^{-1} de colmo a cana-de-açúcar extrai cerca de 200 a 300 kg ha^{-1} de N. Assim, as atuais quantidades de N, fornecidas na adubação têm variado entre 1,0 e 1,2 kg de N para cada Mg de colmo produzido (Vitti *et al.* 2008), o que pode ser minimamente suficiente para suprir os colmos e voltar parcialmente, pela decomposição da palha, sem contar as perdas por lixiviação e volatilização (Cantarella *et al.* 2007). Por outro lado, estudos com ^{15}N mostram que a maior parte do N absorvido pela cana é oriundo do solo, assim, a contribuição dos fertilizantes



nitrogenados em relação ao N total absorvido varia apenas entre 10-16% (Gava *et al.* 2003) e de 3-15% para o N extraído dos resíduos culturais (Fortes *et al.* 2013).

A contribuição da palha para o acúmulo do N na cana-de-açúcar pode não ser muito expressiva em curto prazo, inclusive durante o processo de decomposição, e dependendo das condições climáticas e da qualidade residual, pode até imobilizar este elemento na biomassa microbiana, competindo com a cultura. Porém, em longo prazo a contribuição para os incrementos na matéria orgânica e nos estoques de carbono do solo (Galdos *et al.* 2010) são apontados como essenciais para a sustentabilidade. Diante do exposto, nota-se que um amplo campo a ser explorado envolvendo a retirada parcial da palha e os efeitos no agrossistema da cana-de-açúcar, inclusive o aproveitamento do N na planta e os efeitos na produtividade.

OBJETIVOS

Avaliar o acúmulo de nitrogênio e a produtividade de colmos em cana-de-açúcar, após duas socas cultivadas com diferentes níveis de palha, na região de Guaira-SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Guaira, SP, em canavial comercial da Usina Açucareira Guaira (UAG), na Fazenda Cruz Alta, cultivado com a variedade RB 85-7515. A instalação dos cinco níveis de palha estudados ocorreu após a colheita da cana-planta em nov-2012 e após a primeira soca em out-2013; sendo considerado no presente trabalho o efeito acumulado destas duas distribuições de palha sobre a colheita da cana-de-açúcar em out-2014. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (Santos *et al.* 2006), textura argilosa (481 g kg⁻¹ de argila e 415 g kg⁻¹ de areia) e declividade inferior a 4%. Os atributos químicos do solo correspondem as amostras coletadas da camada de 0-0,2m, sendo: pH= 5,5; M.O= 34 g dm⁻³; P_{res}= 6 mg dm⁻³; K= 1 mmol_c dm⁻³; Ca= 49,2 mg dm⁻³; Mg= 11,2 mmol_c dm⁻³; V%= 69,8 e S= 4 mg dm⁻³.

Os dados de precipitação mensal e médias históricas, para a região, encontram-se na Figura 1.

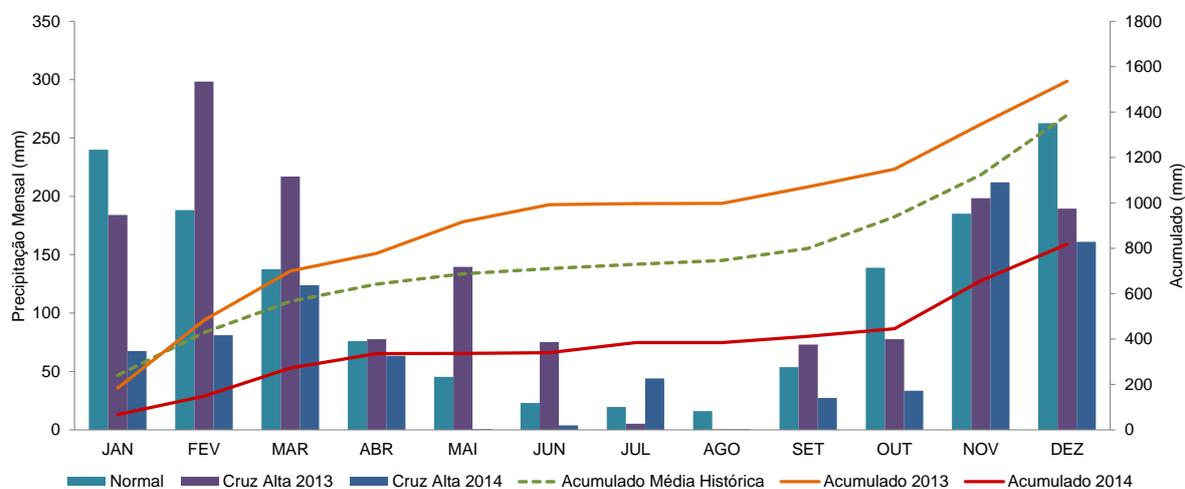


Figura 1. Precipitação pluvial observada durante a safra 2013-14 e as médias históricas normais, para Guaíra-SP.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em quatro repetições, sendo que na safra 2012-2013 os tratamentos receberam distribuição manual da palha, obtendo-se os níveis 0, 25, 50, 75 e 100% do total liberado na colheita, já na safra 2013-2014, a distribuição foi mecânica e os níveis de palha foram 0, 27, 56, 69 e 100%, conforme a regulagem dos extratores da colhedora (Ramos *et al.* 2015). As quantidades de palha mantidas sobre o solo, conforme os tratamentos, bem como os valores de nitrogênio adicionados na adubação de cobertura superficial, encontram-se na Tabela 1. Cabe destacar que a área recebeu 150 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em superfície, sem movimentação da palha, irrigação ou aplicação de vinhaça e torta de filtro.

Os parâmetros avaliados foram: a) concentração de N (g kg⁻¹), b) quantidade de N (kg ha⁻¹), acumulado nos diferentes componentes da planta (colmo, folhas verdes e folhas secas) e c) produtividade ou TCH (Mg colmo ha⁻¹) no momento da colheita da safra 2013-14. A concentração de N foi determinada por combustão via seca em analisador elementar TruSpec CN LECO®. A quantidade de N acumulado foi calculada para cada componente da planta pela equação $Y_{qtdeN} = [\text{biomassa seca (kg ha}^{-1}) \times \text{conc. de N (g kg}^{-1})]$ em kg ha⁻¹ (Gava *et al.* 2003). Também foi possível calcular a quantidade de N acumulada na palha (folhas verdes + folhas secas) e a total (colmo + folhas verdes + folhas secas). A TCH foi determinada a partir de três amostras de 3m² por parcela, usando-se o peso fresco dos colmos em t ha⁻¹.

Tabela 1. Distribuição de palha após a colheita; aporte potencial de nitrogênio (N pot. palha) e quantidade efetivamente disponibilizada de nitrogênio (N disp. palha) a partir deste resíduo, ao longo dos ciclos de 2012-13 e 2013-14. Guaíra-SP.

Níveis	Palha (kg ha ⁻¹)	N pot palha (kg ha ⁻¹)	N disp palha (kg ha ⁻¹)	Níveis	Palha (kg ha ⁻¹)	N pot palha (kg ha ⁻¹)	N disp palha (kg ha ⁻¹)	N total ²
0%	0	0	0	0%	0	0	0	0
25 %	4700	27	8	27 %	5900	31	-1 ¹	7



50 %	9400	53	9	56 %	12000	64	4	13
75 %	14100	80	17	69 %	14800	79	-6	11
100 %	18800	107	34	100%	21500	115	20	53

Cobertura (NH ₄ NO ₃)	100 kg ha ⁻¹	100 kg ha ⁻¹	200 kg ha ⁻¹
--	-------------------------	-------------------------	-------------------------

¹ Referente à imobilização do nitrogênio na palha da cana-de-açúcar.

² Nitrogênio total disponibilizado após as socas de 2012-13 e 2013-14.

Os resultados foram submetidos a análise de variância, e as médias comparadas por regressão com 5% de probabilidade, utilizando-se o pacote estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 é possível observar efeito significativo da manutenção de diferentes níveis de palha de cana-de-açúcar sobre a concentração de N no colmo, a quantidade total de N nas folhas verdes e na palha, além de TCH; sem efeito para as demais variáveis estudadas. Estas diferenças já denotam efeito da retirada parcial da palha sobre o acúmulo de N e produtividade.

A respeito da concentração de N no colmo, verificou-se um comportamento quadrático, com maior valor para o tratamento com solo descoberto (6,37 g kg⁻¹) decrescendo até o nível 77% (calculado pela equação) e voltando a aumentar até 100 % de palha mantida em campo. Por outro lado, a quantidade final de N acumulada no colmo não diferiu entre os níveis de palha estudados, indicando que houve diferenças na quantidade de biomassa seca final e possivelmente no tempo de maturação do colmo. A tendência foi de maior acúmulo de biomassa de colmo nos tratamentos com maiores níveis de palha, fato comprovado pela análise de TCH (Tabela 2), que apresentou comportamento linear e crescente em função do aumento na quantidade de palha mantida após a colheita. Não se verificou diferenças substanciais no TCH nos tratamentos acima de 69% da palha em campo.

As altas concentrações de N no colmo para os tratamentos sem palha se associam ao aproveitamento direto dos fertilizantes aplicados, sem imobilização pela palha (Fortes *et al.*, 2013). Esta condição poderia indicar melhor rendimento de açúcar, uma vez que não houve conversão para biomassa, porém, Camargo (1976) afirma que altas concentrações de N podem diminuir a concentração de sacarose no colmo e aumentar outros açúcares redutores de pouco interesse. No presente estudo não se observou efeito positivo de maior concentração de nitrogênio para a formação de biomassa e para o rendimento final de colmos (TCH). Considerando-se que cerca de metade do total de N extraído segue para o colmo (Trivellin *et al.* 1995), uma menor concentração indicaria também melhor aproveitamento e menor exportação pela colheita, com economia para o sistema.

Tabela 2. Concentração de N (g kg⁻¹), quantidade de N (kg ha⁻¹) e produtividade (TCH) obtida na safra 2013-14. Guaíra-SP.

Níveis	Conc. de N (g kg ⁻¹)	Quantidade de N (kg ha ⁻¹)	TCH (Mg ha ⁻¹)
--------	----------------------------------	--	----------------------------



	Colmo	F.Verde	F.Seca	Colmo	F.Verde	F.Seca	Palha ¹	Total ²	2013-14
0 %	6,37	10,15	4,52	93,7	7,6	32,2	39,8	133,5	57,1
27 %	5,89	10,52	3,88	93,1	10,8	33,4	44,2	137,2	67,3
56 %	5,23	10,48	3,92	88,4	15,9	36,0	51,8	140,2	66,2
69 %	4,71	10,45	4,12	85,3	19,9	36,5	56,4	141,7	72,3
100%	5,37	10,93	4,19	96,4	24,4	38,7	63,1	159,5	74,4
	$y=6,50-0,04x+0,0003x^2$ $r^2=0,95$	n.s.	n.s.	n.s.	$y=7,15+0,17x$ $r^2=0,99$	n.s.	$y=39,27+0,24x$ $r^2=0,99$	n.s.	$y=59,54+0,16x$ $r^2=0,87$

¹ Palha = folha verde + folha seca

² Total= folha verde + folha seca + colmo

A discussão a respeito das folhas verdes e da palha é semelhante ao colmo, sendo os resultados significativos atribuídos também ao maior acúmulo de biomassa e não às concentrações de N. Ambas tiveram comportamento linear e crescente em função do aumento nos níveis de palha no solo (Tabela 2); com valores finais de folhas verdes, no tratamento com 100% de palha, três vezes superior ao sem palha. A condição de estresse hídrico acima dos níveis históricos (Figura 1) possivelmente afetou o acúmulo de biomassa, sendo os tratamentos com níveis crescente de palha favorecidos pela manutenção da água no sistema, por maior período de tempo.

O estresse hídrico é fator determinante para a entrada da cana-de-açúcar em maturação (Gheller, 2001), que por sua vez impede a divisão e o alongamento celular (Farooq *et al.* 2009), cessa o crescimento da planta, principalmente das folhas fotossinteticamente ativas (folhas verdes) e inicia o acúmulo de sacarose nos entrenós (Camargo, 1976). Assim, pode-se inferir, que a manutenção de níveis crescentes de palha, mantém a água no sistema produtivo da cana-de-açúcar por maior período de tempo, favorecendo o acúmulo de biomassa e a produtividade.

O comportamento linear e crescente da quantidade de N pela palha foi consequência do componente folhas verdes (Tabela 2). Assim, no ciclo seguinte de corte haverá maior potencial de contribuição de N para o sistema, uma vez que a manutenção deste resíduo contribuirá com maior quantidade de N a ser ciclado. O fornecimento adicional do elemento para as socas seguintes, a partir da decomposição das folhas verdes, alimentará o estoque em longo prazo de nitrogênio no solo, além do incremento no teor de matéria orgânica, fundamental para a sustentabilidade do sistema.

CONCLUSÕES

A manutenção de níveis crescentes de palha de cana-de-açúcar em campo favorece a produtividade de colmos (TCH), sendo seu efeito mais pronunciado para o aporte médio de até 14,4 t ha⁻¹ ano, principalmente em safras com baixos índices pluviométricos.

Há maior concentração de nitrogênio no colmo com a retirada total da palha, porém isto não se reverte em produtividade (TCH) da cana-de-açúcar.

A produção de folhas verdes e consequentemente de palha é favorecida pela manutenção de níveis crescentes deste resíduo após a colheita.

LITERATURA CITADA



Camargo, P. N. Fisiologia de la caña de azúcar. México: Comisión Nacional de la Industria Azucareira/ Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar, 1976. 59p.

Cantarella, H. Nitrogênio. p. 375-470. In: Novais, R.F., Alvarez V., V.H., Barros, N.F., Fontes, R.L.F., Cantarutti, R.B, Neves, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do Solo. Viçosa, SBCS. 2007. 1017p

Costa, L.G., Marin, F.R., Nassif, D.S.P., Pinto, H.M.S., Lopes-Assad, M.L.R.C. Simulação do efeito do manejo da palha e do nitrogênio na produtividade da cana-de-açúcar. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient. Campina Grande: 18: 469-474, 2014.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, D., Fujita, D., Basra, S. M. A. Plant drought stress effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development., 29: 185-212, 2009.

Fortes, C., Ocheuze Trivelin, P. C., Vitti, A. C., Otto, R., Junqueira Franco, H. C., Faroni, C. E. Stalk and sucrose yield in response to nitrogen fertilization of sugarcane under reduced tillage. Pesq. Agropec. Bras. 48: 88–96, 2013.

Galdos, M.V., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., Paustian, K., Antwerpen, R. van. Simulation of sugarcane residue decomposition and aboveground growth. Plant Soil. 326: 243-59, 2010.

Gava, G. J. C., Triveli, P. C. O., Vitti, A. C., Oliveira, M. W. Recuperação do nitrogênio (15N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). R.Bras.Ci.Solo. 27: 621-630, 2003.

Gheller, A. C. A. Resultados da aplicação de maturadores vegetais em cana-de-açúcar, variedades RB72454 e RB835486 na região de Araras, SP. In: 4 Jornada Científica da UFSCar, 2001, São Carlos. Resumos... 2001.

Goldemberg, J. Ethanol for a sustainable energy future. Science, 315: 808-810, 2007.

Neves, M. F., Conejero, M. A. Sistema agroindustrial da cana: Cenários e agenda estratégica. Economia Aplicada, 11: 587-604, 2007.

Novacana.com. Marketing. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/marketing/sucroenergetico-supera-pib-100-paises-290514/>> Acesso: 01 abr. 2016.

Ramos, R., Stancatte, R., Vieira, H. B., Rossi, P., Degaspari, I., Gomes, G. V., Ramos N. P. Dinâmica de decomposição de palha sob taxas variadas de recolhimento em canavial de segunda soca – Guaíra – SP. In: Workshop DE Agroenergia, 9., Ribeirão Preto, 2015. Anais... Ribeirão Preto: APTA: IAC, 2015.

Trivelin, P.C.O., Victoria, R.L., Rodrigues, J.C. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e aplicado ao solo em complemento à vinhaça. Pesq. Agropec. Bras. 30: 1375-1385, 1995.

Vitti, A.C., Trivelin, P.C.O., Gava, G.J.C. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada ao nitrogênio residual da adubação e do sistema radicular. Pesq. Agropec. Bras, Brasília 42: 249-256, 2007.

Vitti, A.C., Trivelin, P.C.O., Cantarella, H., Franco, H.C.J., Faroni, C.E., Otto, R., Trivelin, M.O., Tovajar, J.G. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. R.Bras.Ci. Solo. 32: 2757-2762, 2008.