

# Produtividade de colmos, índice de área foliar e acúmulo de N na soca de cana-de-açúcar em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L<sup>1</sup>

Willy Pedro Vasconcellos Prellwitz<sup>2</sup> e Fábio Cunha Coelho<sup>3</sup>

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do cultivo de *Crotalaria juncea* semeada nas entrelinhas da soca de cana-de-açúcar, na produtividade de colmos, no índice de área foliar e no acúmulo de N em cana de açúcar. A leguminosa foi semeada em faixas em delineamento em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. O tratamento em que duas linhas de crotalaria foram semeadas aos 51 dias após o corte da cana e cortada aos 110 dias após sua semeadura obteve produtividade média estatisticamente similar à daquela constatada no monocultivo da cana-de-açúcar com adubação de cobertura e com controle de plantas daninhas, mas superior à do tratamento em monocultivo não adubado e sem controle de plantas daninhas. Nos tratamentos consorciados com a leguminosa foram obtidos maiores teores de nitrogênio foliar do que naqueles em monocultivo.

**Palavras-chave:** Consórcio, sistema de produção, adubação verde.

## ABSTRACT

### Productivity of stalks, leaf area index and N accumulation in sugarcane rattons intercropped with *Crotalaria juncea* L.

The objective in this work was to evaluate the viability of the sowing of *Crotalaria juncea* L. in the inter-row of sugarcane rattons, and its effects on the productivity of stalks, leaf area index and accumulation of N. Strips of the crotalaria were sown between the sugar cane rows in randomized block design with nine treatments and four repetitions. The treatment in which the crotalaria was sown 51 days after the cut of the sugar cane and cut 110 days after sown gave average yield statistically similar to that observed in the monoculture of sugar cane without top dressing and with weed control. However, this average yield was higher than the obtained for the unfertilized treatment in sugar cane monoculture, but without weed control. In treatments with legume inter cropping there were higher leaf nitrogen contents than those in sugar cane monoculture.

**Key words:** Intercropping, system of production, green fertilization.

Recebido para publicação em 28/10/2010 e aprovado em 17/10/2011

<sup>1</sup>Parte do trabalho de Tese de Mestrado do primeiro autor da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestrando. Laboratório de Fitotecnia/CCTA/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-620, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. wpvp@oi.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, D.S. Laboratório de Fitotecnia/CCTA/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-620, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. fcoelho@uenf.br

## INTRODUÇÃO

A possibilidade de utilizar leguminosas em consórcio vem atender à demanda por alternativas à adubação nitrogenada e, além disso, obterem-se os benefícios de incremento dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo.

Com a utilização de adubos verdes em consórcio com a cana-de-açúcar pode-se suprir, em parte ou totalmente, os adubos nitrogenados (Xavier, 2002; Donizete, 2009; Trento Filho, 2009) os quais, por estarem atrelados ao aumento do preço do petróleo, têm custo muito alto. Além disso, as perdas de N por volatilização e também, por seu potencial de causar impactos ambientais negativos já justificariam a sua substituição. Atualmente há uma preocupação mundial na obtenção de processos geradores de energia limpa e, também, de melhoria dos já existentes com os quais seja favorecida a economia das reservas de petróleo. Ao mesmo tempo, são pesquisadas novas formas de utilização dos recursos naturais, evitando-se o desperdício, estando os fertilizantes nitrogenados incluídos entre os de demanda por grande quantidade de energia para sua produção.

Dentre as técnicas alternativas de adubação tem-se a adubação verde com plantas da família Fabaceae, nas quais, devido à associação com as bactérias do gênero *Rhizobium*, ocorre a fixação do nitrogênio atmosférico, sendo assim uma alternativa para a adubação nitrogenada. Dessa associação, resulta maior aporte de quantidades expressivas desse nutriente no sistema solo-planta (Perin *et al.*, 2003).

Com a utilização de adubos verdes nas entrelinhas da cana tem-se como objetivo principal o fornecimento de nitrogênio à cultura (Resende, 2000; Trento Filho, 2009) e, concomitantemente, todos os benefícios já conhecidos pela utilização da maioria das leguminosas: redução da erosão, ciclagem de nutrientes, redução de nematoides, supressão de plantas daninhas e aumento de produção.

Neste trabalho objetivou-se avaliar os efeitos do cultivo intercalar de *Crotalaria juncea* L. no índice de área foliar, no acúmulo de N e na produtividade de cana-de-açúcar no cultivo de soqueira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Abadia em Campos dos Goytacazes (RJ), 21°44' S e 41°14' W e altitude de 12 m, durante o período de setembro de 2008 a outubro de 2009.

A precipitação acumulada no período do experimento foi de 1.729,50 mm, e entre os meses de novembro de 2008 a abril de 2009 atingiu o acumulado de 1.196,20 mm. A temperatura média anual foi de 24,77 °C, sendo de 28,83 °C

a média das temperaturas máximas e 20,08 °C a média das temperaturas mínimas.

O solo foi classificado como Cambissolo Tm eutrófico argiloso, com adequada drenagem e textura argilo-siltosa. Os resultados das análises química e granulométrica da amostra de solo, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, foram, respectivamente: pH em H<sub>2</sub>O : 5,7 e 6,0; P disponível (mg dm<sup>-3</sup>) : 12,0 e 20,0; K<sup>+</sup> trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 1,0 e 0,8; Ca<sup>+2</sup> trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 43,2 e 35,9; Mg<sup>+2</sup> trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 32,5 e 19,1; Al<sup>+3</sup> trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : zero em ambas; H+Al<sup>+3</sup> (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 45,1 e 24,6; Na<sup>+</sup> trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 0,9 e 1,0; S-SO<sub>4</sub> (mg dm<sup>-3</sup>) : 9,0 e 14,0; B (mg dm<sup>-3</sup>) : 0,48 e 0,44; Cu (mg dm<sup>-3</sup>) : 1,06 e 1,11; Fe (mg dm<sup>-3</sup>) : 36,63 e 46,99; Mn (mg dm<sup>-3</sup>) : 17,40 e 15,37; Zn (mg dm<sup>-3</sup>) : 1,50 e 1,09; MO (g dm<sup>-3</sup>) : 29,5 e 18,3; C (g dm<sup>-3</sup>) : 17,1 e 10,6; SB (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 77,60 e 56,8; T (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) : 122,7 e 81,4; V (%) : 63 e 70; Argila (g dm<sup>-3</sup>) : 480 e 390; Silte (g dm<sup>-3</sup>) : 440 e 530; e Areia (g dm<sup>-3</sup>) : 80 e 80.

Os nove tratamentos foram compostos por uma ou duas linhas intercalares de *C. juncea*, duas épocas da semeadura da *C. juncea* (dias após o corte da cana – DAC) e com ou sem corte da leguminosa (dias após o semeio da *C. juncea* – DAS), além dos tratamentos com monocultivo da cana:

1. Duas linhas de *C. juncea* semeada aos 44 DAC e sem corte (2Cj44sc).
2. Duas linhas de *C. juncea* semeada aos 44 DAC e cortada aos 110 DAS (2Cj44cc).
3. Uma linha de *C. juncea* semeada aos 44 DAC e cortada aos 110 DAS (1Cj44cc).
4. Duas linhas de *C. juncea* semeada aos 51 DAC e sem corte (2Cj51sc).
5. Duas linhas de *C. juncea* semeada aos 51 DAC e cortada aos 103 DAS (2Cj51cc).
6. Uma linha de *C. juncea* semeada aos 51 DAC e cortada aos 103 DAS (1Cj51sc).
7. Monocultivo da cana-de-açúcar sem controle de plantas daninhas e sem adubação de cobertura (MC 0 0).
8. Monocultivo da cana-de-açúcar com controle de plantas daninhas e sem adubação de cobertura (MC H 0).
9. Monocultivo da cana-de-açúcar com controle de plantas daninhas e com adubação de cobertura (MC H A).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi composta por quatro linhas de cana-de-açúcar de 10 metros de comprimento com espaçamento de 1,30 m nas entrelinhas, totalizando 52 m<sup>2</sup>. A área útil (20,8 m<sup>2</sup>) foi correspondente às duas linhas centrais, sendo eliminado 1,0 m de cada extremidade da parcela.

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB73 9735, de hábito de crescimento ereto, indicada para solos da região de baixada e tabuleiro, com um grande teor de sacarose, de maturação média e período de utilização longo (Coest, 1986).

A colheita da cana-planta foi realizada em outubro de 2006 e a produtividade foi de 95 Mg ha<sup>-1</sup>. Após a primeira colheita, foram feitas a aplicação de herbicida (diuron + hexazinona) e a adubação em cobertura (300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 20-00-20). A colheita da primeira soca foi realizada em outubro de 2007 e a produtividade média foi de 70 Mg ha<sup>-1</sup>. Após a colheita, foi realizado o cultivo mecânico para eliminação das plantas invasoras e aplicou-se herbicida pré-emergente (diuron + hexazinona) e não foi feita a adubação de cobertura da soqueira. A colheita da segunda soca ocorreu entre os dias 09 e 12 de setembro de 2008 e a produtividade média foi de 48,95 Mg ha<sup>-1</sup>. Todas as colheitas foram realizadas manualmente e com queima prévia da palha.

Após a colheita da segunda soca, foi utilizado um cultivador para controlar as plantas daninhas e incorporar a palha da cana. No espaço intercalar às linhas de cana-de-açúcar foi semeada, sem adubação, a *C. juncea* nas datas 24 e 31 de outubro, correspondentes aos 44 e 51 dias após o corte da cana, respectivamente. Foram utilizadas duas linhas espaçadas em 0,40 m entre elas e, aproximadamente, 0,45 m da linha de cana ou uma linha espaçada 0,65 m da linha de cana. Em cada metro foram distribuídas, aproximadamente, 25 sementes de crotalária, com 70% de germinação. O corte das plantas de crotalária foi realizado manualmente na ocasião do seu florescimento aos 154 dias após o corte da cana, correspondendo a 110 e 103 dias após a semeadura da crotalária, para os tratamentos em que ela foi semeada aos 44 e 51 dias após o corte da cana, respectivamente. Nos tratamentos com manejo de plantas daninhas, foi feita a aplicação de herbicida pré-emergente à base de diuron + hexazinona na dose de 1,200 + 0,355 kg do i.a. ha<sup>-1</sup>. Nos tratamentos em que se fez a adubação de cobertura foram aplicados 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, tendo-se como fonte o formulado 20-00-20.

Na época que se efetuou o corte da *C. juncea*, quantificou-se o número de plantas por área útil para caracterização do estande final. Imediatamente antes do manejo da leguminosa, para interrupção do crescimento e deposição do material vegetal na superfície do solo, foram coletadas aleatoriamente 10 plantas, na área útil, para determinar a produção da fitomassa. As plantas de crotalária foram cortadas rente ao solo, sendo separadas as folhas do caule e embaladas em sacos de papel, devidamente identificados, e levadas ao laboratório para secagem em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas (Boaretto *et al.*, 1999).

Após este período, as amostras foram pesadas para determinação da matéria seca. Para o cálculo do N orgânico, foram utilizadas amostras de 0,10 g do material vegetal seco e moído (Linder, 1944; Jones *et al.*, 1991; Malavolta, 1997).

Foi estimado o índice de área foliar específico da crotalária conforme estudos de Huerta (1962) e Gomide *et al.* (1977). Foram retirados discos de 0,83 mm de diâmetro, os quais foram levados ao laboratório para secagem em estufa com ventilação forçada a 65 °C, por 72 horas (Boaretto *et al.*, 1999). Após este período, as amostras foram pesadas com auxílio de uma balança eletrônica com resolução de 1 mg e precisão de 5 mg para determinação da matéria seca. Com o peso dos discos e das folhas obteve-se a área foliar, conforme a equação:

$$AF = MST \cdot ATD \cdot MSD^{-1} \text{ (m}^2\text{)},$$

em que: MSD = matéria seca dos discos, ATD, = área total dos discos, e MST = matéria seca total das folhas. O índice de área foliar foi calculado pela equação:

$$IAF = AF/AS \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)},$$

em que: AS = 1/(PE/espacamento), AS = área de solo ocupada pelas plantas; e PE = plantas por metro.

Foram coletadas, aleatoriamente, 10 folhas de cana-de-açúcar da posição + 3 com 4 meses de idade, para obter o índice de área foliar da cana-de-açúcar, como determina Herman & Câmara (1999).

$$AF = C \times L \times 0,75 \times (N + 2), \text{ em que:}$$

AF = área foliar da cana;

C = comprimento da folha +3;

L = maior largura da folha +3;

0,75 = fator de forma;

N = números de folhas totalmente abertas e com pelo menos 20% de área verde; e

2 = fator de correção.

O índice de área foliar foi calculado pela equação:

$$IAF = AF/AS \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}, \text{ em:}$$

AF = área foliar; AS = 1/(PE/espacamento), em que AS = área de solo ocupada pelas plantas; e PE = plantas por metro. Das 10 folhas que foram utilizadas para se obter a AF aproveitaram-se os 20 cm medianos, como determina Gallo *et al.* (1962). Essas amostras foram encaminhadas ao laboratório e foram secas em estufa a 70 °C com circulação forçada de ar por 72 h e moídas em moinho tipo Wiley (com peneiras de 20 mesh). Para a determinação do N orgânico, usaram-se amostras de 0,10 g de material vegetal moído, que foram submetidas à digestão sulfúrica (Linder, 1944; Jones *et al.*, 1991; Malavolta, 1997). No extrato, dosou-se o N orgânico, utilizando o reagente de Nessler (Jackson, 1965).

Aos 150 dias após o corte da cana (DAC), foi feita a contagem do número de perfilhos na área útil. Por ocasião da colheita, foram tomados, ao acaso, 10 colmos de cana e, com o auxílio de uma trena, foi feita a medida da planta desde sua base, rente ao solo, até a inserção da folha +1. Nesses mesmos 10 colmos mediu-se também o diâmetro da base do colmo. Com o auxílio de um paquímetro, foi feita a medida na base do colmo, no terceiro nó, sem a presença da bainha da folha.

A produtividade de colmos foi determinada em pesagens e pela relação entre o peso e o número de colmos da área útil, sendo os resultados apresentados em kg colmo<sup>-1</sup> e, posteriormente, os dados foram extrapolados para megagramas por hectare.

Foi realizada a análise de variância pelo Teste F ( $p < 0,05$ ), de acordo com o delineamento estatístico de blocos ao acaso, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas), versão 8.0, desenvolvido pela FUNARBE, UFV, de Viçosa-MG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estande final da crotalaria semeada aos 51 DAC foi, aproximadamente, metade do semeado aos 44 DAC (Tabela 1), provavelmente devido ao estágio de desenvolvimento mais avançado da cana aos 51 DAC. Pode ter ocorrido influência negativa da cana-de-açúcar na sobrevivência das plantas de crotalaria, devido à competição interespecífica, pois o tratamento com uma linha de crotalaria semeada aos 44 dias após o corte da cana-de-açúcar (1Cj44cc) foi estatisticamente igual aos tratamentos com duas linhas de crotalaria semeada aos 51 DAC (2Cj51). Nos tratamentos 2Cj44cc e 2Cj44sc foram observados os maiores valores de produtividade de matéria seca de crotalaria.

Os valores de produtividade de matéria seca da crotalaria (Tabela 1) foram inferiores aos relatados na lite-

ratura, devido, principalmente, ao efeito de competição com a cultura principal e ao número de plantas estabelecidas na área.

Diversos autores confirmam a capacidade de produção de quantidades expressivas de fitomassa em cultivo solteiro. Perin *et al.* (2004) determinaram, aos 68 dias após a semeadura, valor de 9,34 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotalaria; valor inferior ao constatado por Duarte Junior & Coelho (2008) aos 92 dias (17,85 Mg ha<sup>-1</sup>). Alcântara *et al.* (2000), avaliando o efeito das leguminosas na recuperação da fertilidade de um latossolo Vermelho-Escuro degradado, determinaram produtividade de 6,5 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotalaria. Dourado *et al.* (2001) constataram produtividade de 11,30 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotalaria com adubação fosfatada e poda aos 105 dias após o plantio. Pereira *et al.* (2005), ao compararem densidade populacional (5, 10 20 e 40 plantas por metro linear) e épocas de semeadura (outono-inverno e primavera-verão) da *Crotalaria juncea*, constataram, na densidade de 40 plantas m<sup>-1</sup> e no espaçamento entrelinhas de 0,30 m, produtividades de 6,8 Mg ha<sup>-1</sup> e 10,7 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca, respectivamente nos períodos de outono-inverno e de primavera-verão. Essa produtividade de fitomassa foi obtida em sulcos espaçados de 0,30 m entre si, na densidade de 30 plantas m<sup>-1</sup> (época de corte 60 e 125 dias após a semeadura).

Ao considerar o teor de N na parte aérea da *Crotalaria juncea* (Tabela 2) nos tratamentos 2Cj44sc, 1Cj44cc e 2Cj51cc observam-se os resultados superiores, apesar destes não serem diferentes estatisticamente dos demais. Por sua vez, ao analisar o acúmulo do nutriente por hectare, verifica-se (Tabela 2) que, nos tratamentos 2Cj44sc e 2Cj44cc, houve maiores acúmulos evidenciando o efeito do maior valor de estande.

Vários autores quantificaram e atestaram a fixação de nitrogênio pelas crotalárias. Duarte & Coelho (2008) determinaram valores de N acumulados na matéria seca da crotalaria da ordem de 320 kg ha<sup>-1</sup> e Alcântara *et al.* (2000),

**Tabela 1.** Estande final e peso da matéria seca de folhas e caule por planta e de produtividade da matéria seca de *Crotalaria juncea*, L. em cultivo intercalar em soqueira de cana-de-açúcar RB73 9735

Tratamento	Estande final (1.000 plantas ha <sup>-1</sup> )	Matéria seca (g)		Matéria seca (Mg ha <sup>-1</sup> )
		Folhas	Caule	
2Cj44sc <sup>2</sup>	281,204 a <sup>1</sup>	39,11 a	188,40 a	6,380 b
2Cj44cc	273,557 a	58,44 a	260,55 a	9,020 a
1Cj44cc	150,721 b	46,23 a	218,13 a	3,940 c
2Cj51sc	122,714 bc	43,30 a	190,45 a	3,020 c
2Cj51cc	152,240 b	60,79 a	196,27 a	3,860 c
1Cj51cc	81,250 c	55,61 a	216,13 a	2,180 c
Média	176,872	50,58	211,74	4,733
CV (%)	15,11	26	25,06	33,1

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. <sup>2</sup>Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada.

de 136,2 kg ha<sup>-1</sup> Ambrosano *et al.* (2005) atestaram a viabilidade do aproveitamento do nitrogênio da adubação verde com a crotalária e concluíram que foram adicionados 195,8 kg ha<sup>-1</sup> de N. Resende (2000) concluiu que na *Crotalaria juncea*, aos 35 dias após o semeio intercalar na cana-planta, foram acumulados 38 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, três vezes mais que nos outros adubos verdes, e que, por estar sendo prejudicado o perfilhamento da cana, as plantas de crotalária foram cortadas aos 51 dias após a semeadura. No ano seguinte, as leguminosas foram novamente semeadas em consórcio com a primeira soca da cana e a crotalária não teve desempenho igual ao do ano anterior (24 kg ha<sup>-1</sup> aos 51 dias após o semeio) porque, segundo o autor, a densidade de semeadura foi inferior (20 plantas por metro), comparada à do ano anterior (27 plantas por metro). Os valores de N acumulado na matéria seca da crotalária, determinados neste trabalho, foram maiores porque as amostragens foram realizadas aos 103 e 110 DAS.

Para o índice de área foliar (IAF) não houve diferenças significativas entre os tratamentos 2Cj44sc, 2Cj44cc, 1Cj44cc e o tratamento 2Cj51sc, em que se constataram valores superiores (Tabela 3). O tratamento 2Cj44cc, apesar de não apresentar diferença significativa dos citados anteriormente, obteve IAF de 4,62 o que possivelmente resultou em sua maior produtividade de matéria seca de 9,020 Mg ha<sup>-1</sup> e, conseqüentemente, maior aporte de N (250 kg ha<sup>-1</sup>).

Ao analisar a variável altura de plantas (HAP), observa-se que as plantas de cana quando consorciadas tiveram, estatisticamente, valores superiores ao tratamento em monocultivo sem adubação de cobertura e sem aplicação de herbicida.. O que define a produtividade de um canavial é a arquitetura de cada dossel de planta, aliada a sua densidade populacional e ao seu arranjo espacial. À

**Tabela 2.** Teor de N na parte aérea e contribuição de N por plantas de *Crotalaria juncea*, L. em cultivo intercalar em soqueira de cana-de-açúcar RB739735

Tratamento	Teor de N (g kg <sup>-1</sup> )	Acúmulo de N (kg ha <sup>-1</sup> )
2Cj44sc <sup>2</sup>	29,75 a <sup>1</sup>	192 b
2Cj44cc	27,83 a	250 a
1Cj44cc	30,02 a	118 c
2Cj51sc	25,76 a	78 c d
2Cj51cc	29,79 a	116 c
1Cj51cc	27,47 a	60 d
Média	28,44	135
CV (%)	8,52	16,07

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. <sup>2</sup>Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada.

medida que se tem o crescimento da planta, sua área foliar também é aumentada até um valor ótimo e, a partir daí, com o autossombreamento provocado pelas folhas, inicia-se a redução da taxa fotossintética, pois ocorre o amarelecimento das folhas e sua morte. Inman-Bamber (1994) verificou o fechamento da cultura da cana-de-açúcar sombreando quase que completamente as entrelinhas quando o IAF é maior do que 4.

Nos tratamentos em que a cana-de-açúcar não foi consorciada observa-se que, quando não foi feito nenhum combate as plantas daninhas e nem adubação mineral de cobertura (MC 0 0), foram obtidas os menores valores em altura de planta (HAP), comprimento de folha (COF) e área foliar (AF), justificando-se, assim, o reduzido índice de área foliar (IAF) (Tabela 4). Pode se afirmar que nos tratamentos consorciados houve influência positiva do cultivo intercalar com a crotalária, pois os valores encontrados de HAP foram superiores aos dos tratamentos em monocultivo (MC H A, MC H 0 e MC 0 0), exceto em 1Cj51cc, que foi igual ao MC H 0. O que também fica demonstrado, por essa tabela, é que em MC H A determinou-se um IAF maior, confirmando-se o efeito da adubação de cobertura e do controle de plantas daninhas. E por fim pode-se demonstrar que os tratamentos consorciados resultaram em plantas com IAF similares ao tratamento MC H 0.

O teor médio de nitrogênio foliar na cana consorciada com crotalária foi 1,68 g kg<sup>-1</sup> mais elevado que o da média da cana em monocultivo que não foram adubados em cobertura (MC H 0 e MC 0 0) e 0,5 g kg<sup>-1</sup> a mais do que naquele com adubação de cobertura (MC H A) (Tabela 5). Com esse resultado constatou-se a contribuição da crotalária para a nutrição da cana quando em consórcio. Duarte Junior & Coelho (2008), avaliando os teores de nitrogênio na folha + 3 da cana planta cultivada sobre palhada de leguminosas, determinaram no tratamento em

**Tabela 3.** Índice de área foliar (IAF) e área foliar (AF) da *Crotalaria juncea* L. em cultivo intercalar em soqueira de cana-de-açúcar RB73 9735

Tratamento	IAF	AF m <sup>2</sup>
2Cj44sc <sup>2</sup>	3,66 ab <sup>1</sup>	0,09 a
2Cj44cc	4,62 a	0,13 a
1Cj44cc	2,98 ab	0,10 a
2Cj51sc	2,28 ab	0,11 a
2Cj51cc	2,09 b	0,11 a
1Cj51cc	1,88 b	0,12 a
Média	2,92	0,11
CV (%)	35,09	24,74

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. <sup>2</sup>Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada.

**Tabela 4.** Altura de plantas (HAP), comprimento de folha (COF), número de folha (NOF), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) de soqueira de cana-de-açúcar RB73 9735

Tratamento	HAP (cm)	COF (cm)	NOF	AF (m <sup>2</sup> )	IAF
2Cj44sc <sup>2</sup>	151,85 a <sup>1</sup>	1,38 ab	6,77 a	0,36 a	2,25 ab
2Cj44cc	146,75 ab	1,35 ab	6,90 a	0,34 a	2,16 ab
1Cj44cc	142,32 ab	1,35 ab	6,45 ab	0,33 a	2,45 ab
2Cj51sc	143,42 ab	1,35 ab	6,62 a	0,33 a	2,24 ab
2Cj51cc	141,00 b	1,37 ab	6,00 ab	0,33 a	2,39 ab
1Cj51cc	127,77 c	1,35 ab	6,57 a	0,33 a	2,14 b
MC 0 0	108,82 d	1,26 c	5,55 b	0,26 b	2,02 b
MC H 0	122,30 c	1,36 bc	6,20 ab	0,29 b	2,45 ab
MC H A	138,10 b	1,40 a	6,12 ab	0,39 a	2,85 a
Média	138,16	1,35	6,28	0,33	2,33
CV (%)	3,57	2,49	7,74	9,39	12,58

<sup>1</sup> Médias na coluna seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5%.<sup>2</sup> Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada; MC 0 0 significa monocultivo da cana-de-açúcar sem controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H 0 com controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H A com controle de plantas daninhas com herbicida e com adubação de cobertura.

que se utilizou crotalaria como planta de cobertura o valor de 18,4 g kg<sup>-1</sup> (adubação de plantio 00-20-60) e 18,7 g kg<sup>-1</sup> (adubação de plantio 00-00-00). Segundo Malavolta (1997), os teores adequados de N nas folhas da cana devem estar entre 19 e 21 g kg<sup>-1</sup>. Os teores verificados nas folhas de cana, neste experimento (Tabela 5), são inferiores aos recomendados para se obter elevada produtividade de cana.

Além disso, devido ao elevado custo dos adubos, é importante utilizar mais a adubação verde como fonte alternativa de fornecimento de N. O pouco efeito da adubação nitrogenada em termos de aumento do teor foliar de N pode ser explicado pelas perdas do N fertilizante por lixiviação de NO<sup>3</sup>, pela desnitrificação e pela volatilização de amônia do fertilizante.

Na cultura de cana-de-açúcar há elevada extração de nitrogênio, pois é necessário um acúmulo ao redor de 200 kg ha<sup>-1</sup> deste nutriente para se obter produtividade de 100 Mg ha<sup>-1</sup> em cana-planta, e entre 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de N nas socarias (Orlando Filho *et al.*, 1980). Diversos autores relatam o pouco efeito da adubação nitrogenada na cultura da cana (Carnaúba, 1989; Trivelin *et al.*, 1995; Gava *et al.*, 2001), apesar dela demandar grande quantidade de nitrogênio. Este nutriente contido nos colmos é exportado para a usina e a palha da cana, na maioria das vezes, é queimada para facilitar a colheita manual. Nesse sistema, com o cultivo contínuo de cana-de-açúcar, rapidamente pode ocorrer esgotamento das reservas de nitrogênio do solo, visto que as quantidades deste nutriente adicionadas anualmente raramente são maiores do que 80 kg ha<sup>-1</sup> nas socarias. Na cana-planta esse valor é inferior a 30 kg ha<sup>-1</sup> (Resende, 2000; Xavier, 2002). Algumas evidências, entretanto, são indicativas de que a cultura possui um sistema natural de reposição do N exportado do solo anu-

almente com os colmos (Olivares, 1997) e diversos autores atribuem esses resultados à fixação biológica de nitrogênio, com a qual se pode suprir apreciável parte da necessidade nitrogenada da cultura de cana (Resende, 2000; Polidoro *et al.*, 2001).

Não se constataram efeitos significativos ( $P \geq 0,05$ ) no comprimento e no diâmetro dos colmos nos tratamentos, os quais foram, em média, 2,12 m e 1,48 cm, respectivamente.

Os tratamentos não consorciados resultaram em valores estatisticamente iguais entre eles para números de

**Tabela 5.** Teor de nitrogênio na folha +3 da cana-de-açúcar da variedade RB73 9735, aos 154 dias após o corte, em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L.

Tratamento	Nitrogênio (g kg <sup>-1</sup> )
2Cj44sc <sup>2</sup>	15,31 a <sup>1</sup>
2Cj44cc	14,92 ab
1Cj44cc	14,85 ab
2Cj51sc	15,07 ab
2Cj51cc	14,62 abc
1Cj51cc	13,71 bc
MC 0 0	13,04 c
MC H 0	13,09 c
MC H A	14,26 abc
Média	14,32
CV (%)	4,63

<sup>1</sup> Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não são diferentes pelo teste de Tukey a nível de 5%.<sup>2</sup> Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada; MC 0 0 significa monocultivo da cana-de-açúcar sem controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H 0 com controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H A com controle de plantas daninhas com herbicida e com adubação de cobertura.

colmos por metro e, também, foram similares aos tratamentos consorciados menos no 2Cj44sc (Tabela 6). Isso pode ser atribuído à ausência de corte de crotalaria, resultando em mais competição interespecífica, com consequente redução no número de colmos de cana. As produtividades da cana nos tratamentos MC H A, 2Cj51cc, 2Cj44cc, MC H 0, MC H 0 e 1Cj44cc foram estatisticamente iguais. Ao se realizar o corte das plantas de crotalaria resultou nas produtividades mais elevadas de cana dos sistemas consorciados. Nestes tratamentos produziu-se tanto quanto naqueles em monocultivo de cana, em que se aplicaram 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. No tratamento 2Cj51cc a cana produziu 12,47 Mg ha<sup>-1</sup> a mais do que na testemunha absoluta (MC 0 0). As produtividades médias resultantes dos tratamentos MC H A, 2Cj51cc, 2Cj44cc e MC H 0 foram, respectivamente, 26,8%, 24,7%, 13,1% e 11,6%, superiores à produtividade do MC 0 0, mas não foram diferentes entre si. Resende (2000), avaliando o consórcio de quatro espécies de leguminosa (*C. juncea*, *C. spectabilis*, *Canavalia ensiformis* e *Mucuna deeringiana*) durante dois ciclos de produção de cana, chegou à conclusão que a *C. juncea* (cana-planta 73,2 Mg ha<sup>-1</sup> e primeira soca 58,2 Mg ha<sup>-1</sup>) e a *C. ensiformis* (cana-planta 75,2 Mg ha<sup>-1</sup> e primeira soca 58,2 Mg ha<sup>-1</sup>) influenciaram negativamente a produção de colmos em relação à testemunha. Com isso a testemunha, em que foi parcelada a adubação nitrogenada (50 kg + 50 kg ha<sup>-1</sup> de N), produziu na cana-planta 99,9 Mg ha<sup>-1</sup> e primeira soca 74,9 Mg ha<sup>-1</sup>. Neste trabalho, o autor evidencia a possibilidade de se utilizar o intercultivo com leguminosas menos agressivas,

**Tabela 6.** Número e produtividade de colmos de soqueira de cana-de-açúcar variedade RB73 9735 em cultivo intercalar com *Crotalaria juncea* L.

Tratamento	Nº de colmos (Colmos m <sup>-1</sup> )	Produtividade (Mg ha <sup>-1</sup> )
2Cj44sc	7,32 b <sup>1</sup>	24,30 d
2Cj44cc	12,18 a	43,17 abc
1Cj44cc	11,09 ab	37,04 abcd
2Cj51sc	10,49 ab	33,07 cd
2Cj51cc	13,34 a	50,45 ab
1Cj51cc	11,03 ab	35,21 bcd
MC 0 0	11,65 a	37,98 abcd
MC H 0	12,34 a	42,95 abc
MC H A	13,65 a	51,89 a
Média	11,45	37,03
CV (%)	14,55	17,42

<sup>1</sup>Médias na coluna seguidas por letras semelhantes não são diferentes pelo teste de Tukey a nível de 5%. <sup>2</sup>Numeral antes da sigla Cj significa nº de linhas de crotalaria semeadas na entrelinha da cana; numeral após a sigla significa quantos dias após o corte da cana a leguminosa foi semeada; MC 0 0 significa monocultivo da cana-de-açúcar sem controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H 0 com controle de plantas daninhas com herbicida e sem adubação de cobertura; MC H A com controle de plantas daninhas com herbicida e com adubação de cobertura.

como a *C. spectabilis*, à qual foram proporcionados os rendimentos superiores de colmos de cana (cana-planta 90,5 Mg ha<sup>-1</sup> e primeira soca 73,4 Mg ha<sup>-1</sup>), sendo a testemunha absoluta superada em 11% e com efeito equivalente à aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N-fertilizante.

No cultivo intercalar de leguminosas na cultura de cana-de-açúcar deve haver um foco diferente da adubação verde em que se define que as espécies mais indicadas para esta adubação são aquelas de produção de grande quantidade de matéria seca e acúmulo de nitrogênio com elevada contribuição da FBN, num espaço de tempo o mais curto possível (Resende, 2000). No tratamento MC H 0, apesar de não ter sido adubado, obteve-se produtividade semelhante à de MC H A (Tabela 6), indicativo da importância do controle das plantas daninhas, devido à interferência delas.

## CONCLUSÕES

Semear a crotalaria intercaladamente e efetuar o seu corte resultou nas maiores produtividades de cana nos sistemas consorciados. Estes tratamentos produziram tanto quanto aqueles com monocultivo de cana que receberam 80 kg ha<sup>-1</sup> de N e 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Semear crotalaria aos 51 dias após o corte da cana-de-açúcar e efetuar o seu corte produziu 12,47 Mg ha<sup>-1</sup> a mais que a testemunha absoluta; isto é, o tratamento em monocultivo de cana sem adubação de cobertura e sem controle de plantas daninhas.

Os tratamentos em consórcio intercalar obtiveram uma produtividade média de 4,73 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca de crotalaria, o que resultou em uma produção média de 135 kg ha<sup>-1</sup> de N.

As plantas de cana-de-açúcar dos tratamentos consorciados obtiveram os maiores valores de HAP e foram superiores aos dos tratamentos em monocultivo, exceto o MC H A, que não diferiu significativamente do monocultivo.

Os índices de área foliar da cultura da cana-de-açúcar foram estatisticamente iguais nos tratamentos consorciados e maiores do que os de monocultivo exceto o tratamento MC H A que foi igual. O índice de área foliar da cultura principal nos tratamentos consorciados foram estatisticamente iguais ao de monocultivo.

## REFERÊNCIAS

- Alcântara, FA de; Fantini Neto, AE; Paula, MB de; Mesquita, HA de & Muniz, JA (2000) Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35: 277-288.
- Ambrosano, EJ; Trivelin, PCO; Cantarella, H; Ambrosano, GMB; Schammas, EA; Guirado, N; Rossi, F; Mendes, PCD & Muraoka, T (2005) Utilization of nitrogen from green manure and mineral fertilizer by sugar cane. Scientia Agricola, 62:534-542.

- Boaretto, AE; Chitolina, JC; Raji, BVan; Silva, FC da; Tedesco, MJ & Carmo, CAF de S do (1999) Amostragem acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F.C. DA (org) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA – Embrapa comunicação para Transferência de tecnologia, 49-73.
- Carnaúba, BAA (1989) Eficiência de utilização e efeito residual da uréia - 15N em cana-de-açúcar (*Saccharum spp*), em condições de campo. Dissertação Mestrado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 193p.
- Coest (1986) Novas variedades RB para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo e regiões nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia. Instituto do açúcar e álcool (IAA). Programa nacional de melhoramento da cana-de-açúcar. Coordenadoria Regional Leste.
- Donizete, JA (2009) Adubação verde na implantação e reforma de canaviais. Disponível em: <[http://www.pirai.com.br/images/03\\_02\\_Gr.pdf](http://www.pirai.com.br/images/03_02_Gr.pdf)> Acessado em: 06 de novembro de 2011.
- Dourado, MC; Silva, TRB da & Bolonhezi, AC (2001) Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. Scientia Agricola, 58:287-293.
- Duarte Júnior, JB & Coelho, FC (2008) A cana-de-açúcar em sistema de plantio direto comparado ao sistema convencional com e sem adubação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 12:576-583.
- Gallo, J. R.; Alvarez, R.; Abramides, E. (1962) Amostragem em cana-de-açúcar, para fins de análise foliar. Bragantia, 21:899-921.
- Gava, GJC; Trivelin, PC; Oliveira, MW; Penatti, CP & Vitti, AC (2001) Perdas de amônia proveniente da mistura de vinhaça e uréia aplicada ao solo coberto ou descoberto por palha de cana-de-açúcar. Sociedade dos Técnicos Açucareiros Sucroalcooleiros do Brasil, 19:40-42.
- Gomide, MB; Lemos, OV; Tourino, D; Carvalho, MM; Carvalho, JG & Duarte, CS (1977) Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. Ciência Prática, 1:118-123.
- Herman, ER & Câmara, GM (1999) Um método simples para estimar a área foliar de cana-de-açúcar. Sociedade dos Técnicos Açucareiros Sucroalcooleiros do Brasil, 17:32-34.
- Huerta, AS (1962) Comparación de métodos de laboratorio y de campo para medir el area del cafeto. Cenicafé 13:33-42.
- Inman-Bamber, NG (1994) Sugarcane water stress criteria for irrigation and drying off. Field Crops Research, 89:107-122.
- Jones, ML; Wolf, B & Mills, HA (1991) A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Plant Analysis Handbook. Athens, Georgia, USA. Micro-Macro Publishing Inc., p. 213.
- Jackson, ML (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M. L. (Ed.). Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, Prentice Hall, p. 195-196.
- Linder, RC (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. Plant Physiology, 19:76-89.
- Malavolta, E (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 319p.
- Olivares, FL (1997) Taxonomia, ecologia e mecanismos envolvidos na infecção e colonização de plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.* Híbrido) por bactérias endofíticas do gênero *Herbaspirillum*. Tese Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 344p.
- Orlando Filho, J; Haag, HP & Zambello Junior, E (1980) Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB 41-76 em função de idade em solos do Estado de São Paulo. Boletim Técnico Planalsucar, 2:1-128.
- Pereira, AJ; Guerra, JGM; Moreira, VF; Teixeira, MG; Urquiaga, S; Polidoro, JC & Espindola, JAA (2005) Desempenho agrônomico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano. Comunicado Técnico n. 82, Centro Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo. 4 p.
- Perin, A; Guerra, JGM & Teixeira, MG (2003) Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38:791-796.
- Perin, A; Santos, RHS; Urquiaga, S; Guerra, JGM & Cecon, PR (2004) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39:35-40.
- Polidoro, JC (2001) O molibdênio na nutrição nitrogenada e na fixação biológica de nitrogênio atmosférico associada à cultura de cana-de-açúcar. Tese Doutorado Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 209p.
- Resende, AS de (2000) A fixação biológica de nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubo verde. Dissertação de Mestrado Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 145p.
- Trento Filho, E (2009) Consorciação intercalar em linha com crotalaria e feijão guandu anão na soqueira de cana-de-açúcar. Dissertação de Mestrado Universidade do Oeste Paulista, 28p.
- Trivelin, PCO; Victoria, RL & Rodrigues, JCS (1995) Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônio- 15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 30:1375-1385.
- Xavier, RP (2002) Adubação verde em cana-de-açúcar: influência na nutrição nitrogenada e na decomposição dos resíduos da colheita. Dissertação mestrado Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 108p.