



PESQUISAS COM ADUBOS VERDES EM ROTAÇÃO COM CANA-DE-AÇÚCAR NO POLO CENTRO SUL DA APTA

Edmilson José Ambrosano⁽¹⁾, Gabriela Cristina Salgado⁽²⁾, Guilherme Bovi Ambrosano⁽²⁾, Fábio Luis Ferreira Dias⁽¹⁾, Fabricio Rossi⁽³⁾, Silvio Tavares⁽¹⁾, Raquel Sachs⁽¹⁾, Sérgio Alves Torquato⁽¹⁾, César Augusto Santana⁽⁴⁾

RESUMO

Com o objetivo de determinar o efeito da rotação de cultivos na produtividade da cana-de-açúcar foram desenvolvidos oito experimentos, sendo sete na sede do Polo Centro Sul em Piracicaba e um na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Tietê. Um total de dezenove espécies de plantas adubos verdes e alimentícias foram estudadas e sua composição química determinada, além da sua capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio, relação C:N e infecção natural por fungo micorrizicos arbusculares. Foi determinado também nos estudos a produtividade da cana e a ocorrência natural da broca-da-cana. Os experimentos foram desenvolvidos no período de 2000 a 2013 em três ambientes de produção nos solos Nitossolo, e argissolo vermelho do Pólo Centro Sul da APTA em Piracicaba, SP e Argissolo vermelho-amarelo em Tietê. Foram cultivadas dezenove espécies de Fabaceas: Amendoins (*Arachis hypogaea* L.) IAC-Tatu e IAC-Caiapó, Crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.) IAC-1, Mucuna-preta (*Mucuna aterrimum* Piper and Tracy), Soja (*Glycine max* L. Merrill) IAC-23, Girassóis (*Helianthus annuus* L.) IAC-Uruguai e IAC-larama, Feijão-mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), Mucuna-cinza (*Mucuna cinerea* L.), Mucuna-Verde (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. verde), Guandus (*Cajanus cajan* L.) IAC-Fava Larga e Guandu IAC-Anão, Mucuna-Anã (*Mucuna deeringiana*), Crotalária-mucronata (*Crotalaria mucronata*), Crotalária-Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Crotalária-breviflora (*Crotalaria breviflora*), Crotalária-spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Feijão-De-Porco (*Canavalia ensiformis*), e Lablabe (*Dolichos lablab*). Guandu IAC-Fava larga; Lablabe, Feijão-de-porco, Crotalária-juncea IAC-1 e Girassol IAC-Uruguai foram às espécies que apresentaram maior produção de fitomassa seca, sendo superiores as médias encontradas na literatura. Os adubos verdes da família da fabaceae apresentaram maiores teores de N e P. Os adubos verdes estudados têm um grande potencial para serem utilizados em sistemas de rotação em áreas de implantação ou reforma da cana-de-açúcar que aumentou em média 25 toneladas de colmos por hectare.

Palavras-chave: rotação, adubação verde, nutrientes

SUMMARY

In order to determine the effect of crop rotation on yield of sugarcane were developed eight experiments, seven at the South Pole Center head office in Piracicaba and the

⁽¹⁾Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA/SAA, Rod SP 127 Km 30, CEP 13400-970, Piracicaba, SP. ambrosano@apta.sp.gov.br, fabio@apta.sp.gov.br, stavares@apta.sp.gov.br, raquelshacs@apta.sp.gov.br, storquato@apta.sp.gov.br

⁽²⁾ Universidade Estadual de São Paulo – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias 11, C.P 9, CEP13418-900, Piracicaba, SP. salgado.gc@gmail.com, elvis.o.rei.170@gmail.com

⁽³⁾ Universidade Estadual de São Paulo – FZEA/USP, Pirassununga, SP, fabricio.rossi@usp.br

⁽⁴⁾ Universidade Federal de São Carlos – CCA/ UFSCar, Araras-SP, cesar.santana.srpq@hotmail.com



Unit of Research and Development Tiete. A total of twelve species of green manures and food plants were studied and determined their chemical composition, as well as their symbiotic fixation capacity nitrogen, C:N ratio and natural infection by arbuscular mycorrhizal fungus. It was also determined in studies productivity of sugarcane and the natural occurrence of the sugarcane borer. The experiments were carried out from 2000 to 2013 in three production environments on Nitosol soils and red Argisol the South Pole Center APTA in Piracicaba, SP and red-yellow Argisol in Tiete. They were grown nineteen species of Fabaceae: Peanut (*Arachis hypogaea* L.) IAC-Tatu e IAC-Caiapó; *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.) IAC-1, Velvet bean (*Mucuna aterrimum* Piper and Tracy), Soybean (*Glycine max* L. Merrill) IAC-23, Sunflower (*Helianthus annuus* L.) IAC-Uruguai e IAC-Iarama, Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek), Velvet bean (*Mucuna cinerea* L.), Velvet bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. verde), Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) IAC-Fava Larga e Guandu IAC-Anão, Velvet bean (*Mucuna deeringiana*), *Crotalaria-mucronata* (*Crotalaria mucronata*), *Crotalaria-Ochroleuca* (*Crotalaria ochroleuca*), *Crotalaria-breviflora* (*Crotalaria breviflora*), *Crotalaria-spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*) and Lablab (*Dolichos lablab*). The Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) IAC-Fava Larga, Lablab (*Dolichos lablab*), Jack bean (*Canavalia ensiformis*), *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.) IAC-1, Sunflower (*Helianthus annuus* L.) IAC-Uruguai were the species with the highest production of dry matter, being higher than the average found in literature. Green manures fabaceae family have higher levels of N and P. These results confirm the potential use of the studied species in rotation systems in deployment areas or reform of sugarcane has increased on average 25 tons of stems per hectare.

Key words: rotation, Green manure, nutrients

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande potencial para produção de biocombustível, energia renovável, através do cultivo de oleaginosas e cana-de-açúcar (PERES, et al., 2005). Segundo mesmo autor, a busca por energias renováveis vem ganhando cada vez mais a atenção no mercado mundial, principalmente devido à grande dependência e o aumento do preço de combustíveis fósseis, que são uma energia não renovável e esgotável. Além das vantagens de mitigar as emissões do dióxido de carbono. No Brasil, em 2015, a produção de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 750 milhões de hectares sendo aproximadamente, 18,7% superior ao ano de 2014 (IBGE, 2016; MME/EPE, 2015).

Com o aumento da produção de cana-de-açúcar também cresce a preocupação com impacto dessa agricultura no solo e meio ambiente, fazendo-se necessário estudos com práticas agrícolas que visam melhorar a capacidade produtiva do solo, aumento da matéria orgânica do solo com efeitos positivos na agregação, estrutura e densidade do solo. Tais práticas podem ser alçadas com a adubação verde em sistema de rotação de culturas (SILVA, et al., 2014). Dentre os adubos verdes que podem ser utilizados em rotação destaca-se as leguminosas por terem a capacidade de fixação biológica de nitrogênio pela associação simbiótica com bactérias, que podem reduzir ou até mesmo substituir a adubação mineral (FILHO, et al., 2014).



OBJETIVOS

Apresentar resultados de estudos com adubos verdes em rotação com cana-de-açúcar no Polo Centro Sul da APTA no período de 13 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de um compilado de todos os trabalhos de cana-de-açúcar com adubos verdes realizados pela Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, Polo Centro-Sul, Piracicaba- SP. Abaixo segue as metodologias gerais que foram utilizadas nestes trabalhos.

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio - APTA, polo Centro-Sul em Piracicaba- SP (22°42'S, 47°38'W e 560 m de altitude), e em Tietê (23°07'S, 47°43'W e 538 m de altitude). No campo experimental de Piracicaba- SP foram utilizadas de duas áreas com solos classificados como Nitossolo e Argissolo Vermelho-Amarelo; na área experimental de Tietê o solo foi classificado como Argissolo Vermelho.

Em todos os oito experimentos foram utilizados o delineamento experimental de blocos ao acaso com 5 repetições. Os tratamentos variavam entre os experimentos no tocante a adubação verde utilizada, no total foram utilizadas 20 plantas de adubos verdes pertencente à família das Fabaceas: Amendoins (*Arachis hypogaea* L) IAC-Tatu e IAC-Caiapó, Crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.) IAC-1, Mucuna-preta (*Mucuna aterrimum* Piper and Tracy), Soja (*Glycine max* L. Merrill) IAC-23 e IAC Foscarim-31, Girassóis (*Helianthus annuus* L.) IAC-Uruguai e IAC-larama, Feijão-mungo (*Vigna radiata* L. Wilczek), Mucuna-cinza (*Mucuna cinerea* L.), Mucuna-Verde (*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. verde), Guandus (*Cajanus cajan* L.) IAC-Fava Larga e Guandu IAC-Anão, Mucuna-Anã (*Mucuna deeringiana*), Crotalária-mucronata (*Crotalaria mucronata*), Crotalária-Ochroleuca (*Crotalaria ochroleuca*), Crotalária-breviflora (*Crotalaria breviflora*), Crotalária-spectabilis (*Crotalaria spectabilis*), Feijão-De-Porco (*Canavalia ensiformis*), e Lablabe (*Dolichos lablab*).

Os experimentos foram conduzidos de entre os anos 2000 a 2013. Os adubos verdes ao completarem 110 dias foram coletados, planta inteira, em uma área útil central de 1 m² dentro de cada parcela. Uma vez as plantas coletadas e separadas as sementes foram levadas a estufa a 65°C até atingir peso constante para determinação da massa seca. Posteriormente, as amostras foram moídas e levadas ao laboratório CENA/USP para análise dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu. As sementes foram também pesadas para cálculo de sua produtividade.

Amostras do sistema radicular das plantas foram avaliadas quanto a taxa de colonização natural por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), o nível de colonização de micorrízica foi estimado após coloração das estruturas fúngicas (PHILIPS & HAYMAN, 1970).



A fixação biológica do nitrogênio (FBN) foi determinada através da metodologia da abundância natural de ^{15}N técnica do delta ($\delta^{15}\text{N}$) (SHEARER & KOHL, 1986).

Para a determinação da incidência da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) foram colhidos 10 colmos de acordo com a metodologia de Gallo et al. (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a produtividade da massa seca dos adubos verdes dos 8 experimentos, destacaram-se Guandu IAC-Fava larga; Lablabe, Feijão-de-porco, Crotalária-junceia IAC-1 e Girassol IAC-Uruguai que produziram em média 17,47; 15,23; 14,40; 14,12 e 13,11 t ha⁻¹, respectivamente. A produtividade destes adubos verdes foi acima da média esperada para região Sudeste (WUTKE, et al., 2014). Um outro grupo de adubo verdes que tiveram a produtividade de massa seca entre 5 a 9 t ha⁻¹ foram o Guandu IAC-anão, soja IAC-23, Mucuna-verde, Crotalária ochroleuca, Crotalária-mucronata, Mucuna-cinza, Crotalária-apectabilis, mucuna-preta, Girassol IAC-lamara. Os demais adubos verdes tiveram a sua produtividade abaixo de 4 t ha⁻¹.

Segundo Wutke et al. (204) a quantidade da massa seca produzida depende de diferentes fatores como a genética de cada espécie, adaptação edafoclimática, ciclo, época de semeadura, práticas culturais e fertilidade do solo.

Uma maior produção de matéria seca dos adubos verdes é importante por garantir maior cobertura do solo, melhor controle de daninhas, além da fixação biológica de nitrogênio por parte das leguminosas. Contudo, os adubos verdes não apenas fornecem nitrogênio mais também tem papel fundamenta na ciclagem de nutrientes do solo. Segue os teores de macronutrientes de alguns adubos verdes.

Tabela 1- Média dos teores de macronutrientes nos adubos verdes.

	N	P	K	Ca	Mg
	g kg ⁻¹				
Soja IAC-23	31,93	1,61	3,75	11,90	7,56
Feijão-de-porco	23,04	1,71	7,69	19,64	4,54
Guandu IAC-fava larga	17,50	1,64	7,77	5,85	2,47
Lablabe	12,93	1,15	8,72	12,44	3,51
Crotalária- júncea IAC-1	15,70	1,24	8,52	6,77	3,79
Girassol IAC-Uruguai	3,82	0,38	7,55	11,94	5,98

Estudos apontam que o cultivo de adubo verde enriquecimento dos propágulos dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo, e de que há relação da infecção natural por FMAs dos adubos verdes com a altura da cana-de-açúcar, quando os adubos verdes foram cultivados em pré-plantio da cana-de-



açúcar. (PANJA & CHAUDHURI, 2004; AMBROSANO, et al., 2010). Neste trabalho a crotalária ochroleuca, mucronata, e spectabilis foram os que apresentaram maior infecção de fungos micorrízicos arbusculares com uma porcentagem acima de 80%. O Guandu IAC-Fava larga; Feijão-de-porco, Crotalária-juncea IAC-1 e Girassol IAC-Uruguai, que apresentaram maior produção de massa seca, tiveram 38%, 76%, 59%, 54%, aproximadamente.

A menor relação C:N encontrada entre a família da Fabaceae foi a soja IAC-23, seguido pela mucuna-preta e cinza com valores de 13, 15, 20, aproximadamente. Dentre as leguminosas que apresentaram maior relação C:N foi Amendoim IAC-Tatu, e Feijão-mundo com valor aproximado de 33. O Girassol IAC-Uruguai e o IAC-larama tiveram relação C:N de, aproximadamente, 103 e 80. Estes últimos apresentaram valores mais elevados do que as leguminosas por não serem plantas fixadoras de nitrogênio. A relação C:N mostra a suscetibilidade dos resíduos a decomposição química e orgânica, dessa forma, resíduos que contenham baixas concentrações de N e altos conteúdos de lignina e polifenóis apresentam baixas taxa de decomposição e liberação lenta de nutrientes (CARVALHO et al., 2008; RHEINHEIMER et al., 2000). Feijão-Mungo, Amendoim IAC-Caiapó e a mucuna-preta, mucuna-cinza, mucuna-verde apresentaram a maior porcentagem de fixação biológica de nitrogênio (FBN) com 98%, 69%, 67%, 66%, 66%, aproximadamente.

A produtividade da cana foi maior quando cultivados em pré-plantio de mucuna-verde, mucuna-preta, Guandu IAC-fava larga com valores acima de 90 t ha⁻¹. Em média, a produtividade da cana-de-açúcar com cultivo de adubos verdes em rotação foi 6,52% superior ao cultivo de cana-de-açúcar sem a rotação.

A broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*) é uma das principais pragas dessa cultura, e causa perda de produtividade da cana e diminuição da pureza da cana. O ataque observado desta praga no experimento foi aproximadamente, 2%, concluindo que não houve interferência dos adubos verdes na infestação natural da broca na cana (AMBROSANO, et al., 2014).

CONCLUSÕES

Guandu IAC-Fava larga; Lablabe, Feijão-de-porco, Crotalária-juncea IAC-1 e Girassol IAC-Uruguai foram às espécies que apresentaram maior produção de fitomassa seca, sendo superiores as médias encontradas na literatura.

Os adubos verdes da família da fabaceae apresentaram maiores teores de N e P.

Os adubos verdes estudados têm um grande potencial para serem utilizados em sistemas de rotação em áreas de implantação ou reforma da cana-de-açúcar que aumentou em média 25 toneladas de colmos por hectare.

LITERATURA CITADA

AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade da cana-de-açúcar após o cultivo de leguminosa. **Bragantia**, v.70, n.4, p.810-818, 2011.



- AMBROSANO, E. J. et al. Produtividade de cana-de-açúcar em ciclos agrícolas consecutivos após pré-cultivo de espécies adubos verdes. **Revista de Agricultura**, v.89, n.3, p.232-251,2014.
- AMBROSANO, E. J. et al. Crop rotation biomass and arbuscular mycorrhizal fungi effects on sugarcane yield. **Scientia Agricola**, v.67, n.6, p. 692-701 nov/dez 2010.
- AMBROSANO, E. J. et al. Acumulo de biomassa e nutrientes por adubos verdes e produtividade da cana-planta em sucessão, em duas localidades de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.1, p.199-209, 2013.
- AMBROSANO, E. J. et al. Desempenho dos adubos verdes e da primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivados consorciadamente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.8, n.3, p.80-90, 2013.
- AMBROSANO, E. J. et al. The role Green manure nitrogen use by corn and sugarcane crop in Brasil. **Agricultural Sciences**. v.4, n.12, p.89-108. 2013
- Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE). **Balanco Energético Nacional**. 2015.
- MERCANTE, F. M. et al. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In: FILHO, O. F. de L. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 307-334.
- CARVALHO, A. M. de et al. Decomposição de resíduos vegetais em latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2831- 2838, 2008. Número especial.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro v.29 n.3 p.1-79 abril.2016.
- PANJA, B.N.; CHAUDHURI S. Exploitation of soil arbuscular mycorrhizal potential for AMdependent mandarin orange plants by precropping with mycotrophic crops. **Applied Soil Ecology**, Oxford, v.26, n.2, p.249-255, 2004.
- PERES, J.R.R.; JUNIOR, E. F.; GAZZONI, D. L. Biocombustíveis uma oportunidade para o agronegócio. **Revista de Política Agrícola**. n.1. 2005.
- RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 345-354, 2000.
- SANTOS, L. G. dos. et al. Estado nutricional da cultura do girassol submetida à adubação com fósforo e boro. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.6, n.11, p.1-14, 2010.
- SALGADO, G. C. et al. **Adubos verde com potencial de uso em rotação com cana-de-açúcar**. In: IX Workshop agroenergia. 2015
- TORQUATO, S. A. ; MARTINS, R. ; RAMOS, S. de F. Cana-de-açúcar no estado de São Paulo: eficiência econômica das regionais novas e tradicionais de produção. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.39, n.5, maio. 2009.
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A., WIDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendação para seu uso. In: FILHO, O. F. de L. et al. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014. p. 59-167.
- Boletim, IAC 200, 7ª Ed. Coord. AGUIAR A.T.E. et. al. **Instruções Agrícolas para a Principais Culturas Econômicas** (ISSN – 0375-1538) 452p., 2014.



X Workshop
Agroenergia
Matérias-Primas
22 e 23 de Junho de 2016
Centro de Convenções da Cana - IAC
Ribeirão Preto/SP

10 anos