

**Cultivo de *Crotalaria spectabilis* Intercalada ao
Café Arábica Plantado em Diferentes
Espaçamentos sob Manejo Orgânico**



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Cláudia Assunção dos Santos Viegas

Ernesto Paterniani

Hélio Tollini

Membros

Diretoria Executiva

Silvio Crestana
Diretor Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho

Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores Executivos

Embrapa Agrobiologia

José Ivo Baldani
Chefe Geral

Eduardo Francia Carneiro Campello
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Rosângela Stralio
Chefe Adjunto Administrativo



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-8498

Janeiro/2006

Documentos 208

Cultivo de *Crotalaria spectabilis* Intercalada ao Café Arábica Plantado em Diferentes Espaçamentos sob Manejo Orgânico

Marta dos Santos Freire Ricci
Bruno José Rodrigues Alves
Janaína Ribeiro Costa

Seropédica – RJ
2006

Exemplares desta publicação podem ser adquiridas na:

Embrapa Agrobiologia

BR465 – km 7

Caixa Postal 74505

23851-970 – Seropédica/RJ, Brasil

Telefone: (0xx21) 2682-1500

Fax: (0xx21) 2682-1230

Home page: www.cnpab.embrapa.br

e-mail: sac@cnpab.embrapa.br

Comitê Local de Publicações: Eduardo F. C. Campello (Presidente)
José Guilherme Marinho Guerra
Maria Cristina Prata Neves
Verônica Massena Reis
Robert Michael Boddey
Maria Elizabeth Fernandes Correia
Dorimar dos Santos Felix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Dejair Lopes de Almeida e Alexander Silva de Resende

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editoração eletrônica: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2006): 50 exemplares

R491c Ricci, Marta dos Santos Freire

Cultivo de *Crotalaria spectabilis* intercalada ao café Arábica plantado em diferentes espaçamentos sob manejo orgânico / Bruno José Rodrigues Alves, Janaína Ribeiro Costa. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 21 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 208).

ISSN 1517-8498

1. Café. 2. *Crotalaria spectabilis*. I. Alves, Bruno José Rodrigues, colab. II. Costa, Janaína Ribeiro, colab. III. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). IV. Título. V. Série.

CDD 633.73

Autores

Marta dos Santos Freire Ricci

Engenheira Agrônoma, PhD em Fitotecnia, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.

BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505, Cep 23851-970, Seropédica/RJ

e-mail: marta@cnpab.embrapa.br

Bruno José Rodrigues Alves

Engenheiro Agrônomo, PhD em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Agrobiologia

BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505, Cep 23851-970, Seropédica/RJ

e-mail: bruno@cnpab.embrapa.br

Janaína Ribeiro Costa

Engenheira Agrônoma, PhD em Genética e Melhoramento, Pesquisadora da Embrapa Agrobiologia.

BR 465, km 7 – Caixa Postal 74505, Cep 23851-970, Seropédica/RJ

e-mail: janaina@cnpab.embrapa.br

SAMINÉZ, T. C. de O.; RESENDE, F. V.; SOUZA, A. F.; CARVALHO, A. M. de. Comportamento de espécies de adubos verdes sob sistema orgânico de produção nas condições de verão dos cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, 2003. p. 273. Resumo n. 039. Suplemento 1.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, p. 507-512, 1974.

SHEARER, G.; KOHL, D. H. N_2 -fixation in field settings: estimations based on natural ^{15}N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, Rockville, v. 13, p. 699-756, 1986.

SILVA, J. A. A. da; VITTI, G. C.; STUCHI, E. S.; SEMPIONATO, O. R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja-pêra. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 24, p. 225-230, 2002.

PAVAN, M. A.; CHAVES, J. C. D.; SIQUEIRA, R.; ANDROCIOI FILHO, A.; COLOZZI FILHO, A.; BALOTA, E. L. High coffee population density to improve fertility of na oxisol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 459-465, 1999.

PEREIRA, A. J. **Produção de biomassa aérea e de sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes arranjos populacionais e épocas do ano.** 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L. Rendimento de grãos de soja influenciado pelo arranjo de plantas e níveis de adubação. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 89-92, 1998.

RESENDE, A. S. **A fixação biológica do nitrogênio (FBN) como suporte da produtividade e fertilidade nitrogenada dos solos na cultura de cana-de-açúcar: uso de adubos verdes.** 2000. 145 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

RESENDE, A. S.; QUESADA, D. M.; XAVIER, R. P.; GUERRA, J. G. M.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Uso de leguminosas para adubação verde: importância da relação talo/folha. **Agronomia**, Seropédica, v. 35, p. 71-76, 2001.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RICCI, M. dos S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C. de; OLIVEIRA, F. F. de. Growth rate nutritional status of na organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.

RICCI, M. dos S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. **Cultivo orgânico do café: recomendações técnicas.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 101p.

Apresentação

A preocupação crescente da sociedade com a preservação e a conservação ambiental tem resultado na busca pelo setor produtivo de tecnologias para a implantação de sistemas de produção agrícola com enfoques ecológicos, rentáveis e socialmente justos. O enfoque agroecológico do empreendimento agrícola se orienta para o uso responsável dos recursos naturais (solo, água, fauna, flora, energia e minerais).

Dentro desse cenário, a Embrapa Agrobiologia orienta sua programação de P&D para o avanço de conhecimento e desenvolvimento de soluções tecnológicas para uma agricultura sustentável.

A agricultura sustentável, produtiva e ambientalmente equilibrada apoia-se em práticas conservacionistas de preparo do solo, rotações de culturas e consórcios, no uso da adubação verde e de controle biológico de pragas, bem como no emprego eficiente dos recursos naturais. Infere-se daí que os processos biológicos que ocorrem no sistema solo/planta, efetivados por microrganismos e pequenos invertebrados, constituem a base sobre a qual a agricultura agroecológica se sustenta. As minhocas dentro deste contexto têm um papel muito importante na ciclagem de nutrientes, nas propriedades físicas do solo e interação com os microrganismos do solo.

O documento 208/2006 aborda o uso da *Crotalaria spectabilis*, como adubo verde, em café arábica plantado em diferentes espaçamentos sob manejo orgânico. Os adubos verdes com leguminosas vem sendo apontado como a melhor estratégia para aumentar a disponibilidade de N dos solos nos sistemas orgânicos já que promove o aporte de N via o processo de fixação biológica de N_2 , além promover a reciclagem de nutrientes pela decomposição da biomassa e estimular a atividade biológica e a diversidade da biótica edáfica. Os resultados obtidos mostram que a crotalaria foi responsável pela entrada de cerca de 40 Kg/ha de N no sistema via o processo de fixação biológica de nitrogênio e que o cultivo da leguminosa na entrelinha não afetou a produção do cafeeiro. Sugere ainda que a técnica é um alternativa viável para reciclar nutrientes que poderão ser usados no próximo ciclo da cultura após a decomposição da biomassa do adubo verde.

José Ivo Baldani
Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia

SUMÁRIO

1. Introdução.....	7
2. Material e Métodos.....	8
3. Resultados e Discussão.....	11
4. Conclusões.....	17
5. Referências Bibliográficas	18

CHAVES, J. C. D. Contribuições adicionais da adubação verde para a lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001. p. 2440-2448.

DE-POLLI, H. (Coord.). **Manual de adubação para o estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Universidade Rural, 1988. 179 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, A. M. de; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 71-79, 2005.

LEÔNIDAS, F. das C. Efeito de leguminosas em cafezal em produção em Rondônia. In: SEMINÁRIO PERSPECTIVAS DA CULTURA DO CAFÉ NA AMAZÔNIA, 2000, JI-Paraná, RO. **Anais...** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2000. p. 81-83. (Embrapa Rondônia. Documentos, 50).

MOREIRA, V. F. **Produção de biomassa de guandu a partir de diferentes densidades de plantio e cultivo de brócolos em faixas intercalares sob manejo orgânico**. 2003. 66 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

OKITO, A.; ALVES, B. R. J.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Isotopic fractionation during N₂ fixation by four tropical legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, p. 1179-1190, 2004.

A FBN foi responsável pela entrada de no máximo 42 kg ha⁻¹ de N no sistema;

O cultivo da *Crotalaria spectabilis* nas entrelinhas não afeta a produção do cafeeiro.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, B. J. R.; BAËTA, A. M.; ALVES, J. V. **Protocolo da Embrapa Agrobiologia para análise de nitrogênio em adubos orgânicos, solo e tecidos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1999. 17 p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 100).

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p. (IAC. Boletim Técnico, 78).

BRENES, L. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Turrialba, n. 70, p. 7-18, 2003.

CASTRO, C. M. de; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Green manuring as nitrogen source for eggplant under organic cropping system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, p. 779-785, 2004.

CHAVES, J. C. D. Modelo para utilização de adubos verdes em lavouras cafeeiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 25., 1999, Franca-SP. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: MA4/PROCAFÉ, 1999. p. 179-180.

CHAVES, J. C. D. Efeito de adubações mineral, orgânica e verde sobre a fertilidade do solo, nutrição e produção do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...** Brasília, DF: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. p. 1389-1392.

Cultivo de *Crotalaria spectabilis* Intercalada ao Café Arábica Plantado em Diferentes Espaçamentos sob Manejo Orgânico

Marta dos Santos Freire Ricci
Bruno José Rodrigues Alves
Janaina Ribeiro Costa

1. Introdução

O suprimento de nitrogênio (N) em quantidades suficientes para as culturas, com viabilidade econômica, é sem dúvida, um dos principais desafios para a agricultura orgânica, e por essa razão, aquele é o nutriente que mais limita a produtividade dentro do agroecossistema (BRENES, 2003). O cafeeiro, por exemplo, necessita de 175 a 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para produzir entre 20 e 60 sacas ha⁻¹ (RIBEIRO et al., 1999), sendo que os adubos permitidos pela legislação reguladora da agricultura orgânica apresentam baixa concentração de N (10 a 50 g kg⁻¹), tais como esterco, compostos orgânicos, farelos, tortas, entre outros (RICCI et al., 2002).

O uso de adubos verdes com espécies leguminosas vem sendo apontado como a melhor estratégia para aumentar a disponibilidade de N dos solos nos sistemas orgânicos (BRENES, 2003). Além do aporte de N via fixação biológica de N₂ (FBN), o cultivo dos adubos verdes nas entrelinhas do cafeeiro possibilita a reciclagem de nutrientes através da decomposição da biomassa produzida, bem como o aporte de matéria orgânica ao solo (CHAVES, 1999; RICCI et al., 2005), além de ampliar o uso da biodiversidade funcional dentro da propriedade.

Outros benefícios da adubação verde são o estímulo à atividade biológica e a diversidade da biota edáfica, a retenção dos nutrientes remanescentes de cultivos anteriores, a redução do processo erosivo, a introdução de hospedeiros alternativos para inimigos

naturais de pragas e doenças, além da possibilidade de supressão de espécies vegetais espontâneas (PEREIRA, 2004).

CHAVES (1999) avaliando a utilização de adubos verdes com diferentes hábitos de crescimento consorciado com a cultura do café, concluiu que leguminosas de ciclo curto, atendem à demanda nutricional do cafeeiro, pois apresentam máxima acumulação de biomassa e teor de nutrientes no período mais intenso de frutificação. De acordo com este autor, a adubação verde promove melhorias no ambiente radicular do cafeeiro, conduzindo a uma nutrição mais equilibrada, especialmente a nitrogenada (CHAVES, 2001).

Os objetivos do trabalho foram o de avaliar a produção de biomassa vegetal, a quantidade de nutrientes acumulados e de N, via FBN, pela *Crotalaria spectabilis* crescida nas entrelinhas do cafeeiro plantado em diferentes espaçamentos, e a sua influência na produção e nutrição dos cafeeiros e nas características químicas do solo.

2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da PESAGRO-RIO, no distrito de Avelar, em Paty de Alferes, RJ. A altitude local é de 507 m, e os valores médios anuais de precipitação e temperatura são 1.185 mm e 20,9°C, respectivamente, com período chuvoso de novembro a abril.

Foi utilizada uma área cultivada com café (*Coffea arabica*), cv. Catuaí amarelo (H-2077-2-5-86), com cinco anos de idade, cujo solo é classificado como Argisolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 1999), apresentando, no início do trabalho, as seguintes características químicas determinadas seguindo a metodologia utilizada pela EMBRAPA (1997): pH em água 5,7; Al^{+3} 0,0 $cmol_c dm^{-3}$; Ca^{+2} 2,9 $cmol_c dm^{-3}$; Mg^{+2} 1,3 $cmol_c dm^{-3}$; P trocável 57 $mg dm^{-3}$; e K^+ 164 $mg dm^{-3}$.

Em novembro de 2003, antes do início do plantio da crotalária, realizou-se a adubação anual do cafeeiro, constituída pela aplicação de 3 kg de esterco de cama de aviário por planta (teor médio de N

Tabela 5. Produção obtida de grãos 'cereja' (média de quatro repetições), em função dos fatores espaçamento e adubo verde, analisados isoladamente. Avelar, RJ, 2004.

Espaçamento ^{1/}	1ª colheita	2ª colheita	Total
	kg planta ⁻¹		
2,0 x 1,0 m	1,18 a	0,25 a	1,43 a
2,8 x 1,0 m	0,96 a	0,21 a	1,17 a
3,6 x 1,0 m	0,98 a	0,25 a	1,23 a
Adubo Verde			
Com AV	0,94 b	0,23 a	1,17 a
Sem AV	1,14 a	0,24 a	1,38 a
C.V. Parcela (%)	20,5	44,5	20,8
C.V. Subp. (%)	16,7	62,0	21,8

^{1/} Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P>0,05).

Os dados obtidos reforçam a idéia de que o cultivo de adubos verdes nas entrelinhas do cafeeiro é uma alternativa viável para reciclar nutrientes que poderão ser utilizados no próximo ciclo da cultura, após a decomposição da biomassa do adubo verde, além de possibilitar a entrada de N no sistema por meio da FBN.

4. Conclusões

A produtividade média de biomassa aérea produzida pela *Crotalaria spectabilis* aos 124 dias foi de 1,99 Mg ha⁻¹;

A maior produtividade de biomassa foi obtida quando duas linhas de crotalária foram cultivadas no espaçamento 2,8 x 1,0 m;

Os teores de nutrientes estocados pela crotalária não foram influenciados pelo espaçamento do cafeeiro;

O cultivo da crotalária nas entrelinhas do cafeeiro não alterou as características de solo avaliadas;

utilização da leguminosa proporcionou a entrada de N no sistema, o que de certa forma contribuiu para o balanço de N do sistema (CASTRO et al., 2004).

Tabela 4. Abundância natural de ^{15}N e contribuição da FBN pela *Crotalaria spectabilis* utilizada como adubo verde (AV) para o cafeeiro, e abundância natural de ^{15}N de plantas testemunhas, retiradas das entrelinhas dos cafeeiros e de folhas índices dos cafeeiros, no dia do corte do AV e 30 dias após. Avelar, RJ, 2004. ^{1/}

Espécie	Abundância natural de ^{15}N		% N derivado da FBN ¹
	Sem AV	Com AV	
Adubo verde (AV)	---	+ 4,10 (0,41)	47,9 (3,9)
Testemunhas (invasoras)	---	+ 9,00 (0,23)	---
Cafeeiro			
No dia do corte do AV	+ 12,01 (0,22)	+ 11,94 (0,22)	---
30 dias após o corte do AV	+ 12,12 (0,19)	+ 12,38 (0,20)	---

¹ Para o AV, representa a proporção do N acumulado pela planta derivado do processo simbiótico, estimada utilizando-se a abundância natural de ^{15}N das plantas testemunhas como referência da marcação do N do solo. No caso do cafeeiro, representa a entrada do N derivado da FBN originado da mineralização do N do adubo verde.

Com relação à produção de café, não houve interação significativa entre os fatores espaçamento e adubação verde. Porém, houve diferença para o fator adubo verde analisado isoladamente para a produção obtida na primeira etapa da colheita (abril de 2004), sendo a produção obtida na ausência do adubo verde significativamente maior à obtida na sua presença (Tabela 5), não havendo diferença, entretanto, na produção final (soma das duas etapas).

A ausência de resposta do cafeeiro quanto à produção obtida com e sem o cultivo de adubo verde nas entrelinhas pode ser considerado um resultado positivo, porque, pela mesma razão já discutida em relação aos teores de nutrientes no tecido foliar, permite concluir que o cultivo de um adubo verde associado ao cafeeiro não prejudicou o rendimento do cafeeiro, confirmando os resultados relatados por outros autores (CHAVES, 2000; LEÔNIDAS, 2000).

de 2,7%, segundo DE-POLLI, 1988) e de 100 g de farinha de ossos como fonte de P e Ca (20 % P_2O_5 solúvel em ácido cítrico; 1,5 % N; 22% de Ca).

Utilizou-se um delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos das parcelas foram constituídos por três espaçamentos do cafeeiro: 2,0 m entre linhas x 1,0 m entre plantas; 2,8 m x 1,0 m e 3,6 m x 1,0 m, sendo plantada uma muda por cova, e, nas subparcelas, avaliou-se dois níveis de adubação verde (com e sem).

No espaçamento 2,0 x 1,0 m, foi cultivada uma linha de adubo verde, semeada no centro das entrelinhas, e nos demais espaçamentos, duas linhas, semeadas no centro das entrelinhas em linhas eqüidistantes.

Como adubo verde, utilizou-se a crotalária (*Crotalaria spectabilis*), semeada em 18/11/2003, na densidade de 20 sementes por metro linear. As sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. (estirpe BR 2001 e BR 2003), aplicando-se 250 gramas do inoculante para cada 10 kg de sementes.

Aos 124 dias após a semeadura, a parte aérea da crotalária foi cortada rente ao solo e a estimativa da biomassa vegetal produzida foi feita coletando-se todo o material presente nas subparcelas dos espaçamentos avaliados, que corresponderam a áreas de, respectivamente, 3,0; 5,6 e 7,2 m². Toda biomassa vegetal presente na área amostrada foi coletada e pesada, e subamostras foram retiradas e secadas em estufa a 65°C para o cálculo do peso seco. O restante da biomassa foi deixada sobre a superfície do solo.

No mesmo dia do corte da crotalária, foram coletadas amostras compostas de folhas de cafeeiro, coletando-se 50 folhas, retiradas do terceiro ou quarto pares de folhas, a partir da extremidade de ramos do terço superior da planta (RICCI et al., 2005), bem como amostras de solos foram coletadas a 20 cm de profundidade e analisadas quanto aos valores de pH em água, P, K, Ca, Mg e carbono orgânico (EMBRAPA, 1997). Trinta dias após o corte da crotalária, foi feita nova amostragem de folhas do cafeeiro para

verificar a porcentagem do N derivado da FBN naquela cultura, proveniente da decomposição dos resíduos da crotalaria.

As amostras de folhas de café e de biomassa da crotalaria foram secas em estufa a 65°C com circulação de ar forçada, moídas e analisadas quanto aos teores de N, P, K, Ca e Mg. A determinação do N foi feita a partir da digestão sulfúrica e destilação (ALVES et al., 1999), e as de P, K, Ca e Mg, após digestão nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983).

A porcentagem de N derivada da FBN na crotalaria foi estimada pela técnica de abundância natural de ¹⁵N (SHEARER & KOHL, 1986), coletando-se, aos 124 dias após o plantio, amostras da leguminosa e de três espécies espontâneas não leguminosas como referência da abundância natural de ¹⁵N do N do solo disponível para as plantas. Para a quantificação da FBN, utilizou-se um valor médio de B (correção da discriminação isotópica de ¹⁵N devido a FBN) igual a -1,31, baseado no trabalho de OKITO et al. (2004) para crotalaria (neste caso, *Crotalaria juncea*) inoculada com a estirpe BR 2003. As amostras da leguminosa e das plantas referência foram finamente moídas para análise isotópica, utilizando-se um espectrômetro de massas Finnigan DeltaPlus, acoplado a um analisador CN Carlo Erba EA 1108 (Finnigan MAT, Bremen, Alemanha). As folhas do café, coletadas no dia do corte da crotalaria, e trinta dias após, foram processadas dessa mesma forma para análise da abundância natural de ¹⁵N.

A colheita do café foi realizada em duas etapas, a primeira em abril e a segunda em junho de 2004, coletando-se apenas os grãos maduros ou 'cereja', proveniente de seis plantas escolhidas ao acaso dentro da área útil das subparcelas.

A análise de variância dos dados foi feita pelo programa SISVAR versão 4.3, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, MG. Os dados foram testados quanto à normalidade e/ou homogeneidade dos erros. As médias foram comparadas pelo teste de SCOTT & KNOTT (1974) ao nível de 5% de significância.

espaçamento 3,6 x 1,0 m na presença da crotalaria do que na sua ausência (27,58 g kg⁻¹) (dados não apresentados).

Tabela 3. Teores de nitrogênio, cálcio, magnésio, fósforo e potássio (g.kg⁻¹) no tecido foliar do café (média de quatro repetições), em função dos fatores espaçamento e adubo verde, analisados isoladamente. Avelar, RJ, 2004.

Espaçamento ^{1/}	N	Ca	Mg	P	K
2,0 x 1,0 m	31,17 a	12,67 a	3,21 a	1,29 a	16,1 a
2,8 x 1,0 m	33,71 a	11,00 b	2,71 a	0,87 a	13,9 b
3,6 x 1,0 m	30,01 a	9,94 b	2,60 a	1,63 a	12,8 b
Adubo Verde					
Com AV	32,25 a	11,27 a	2,88 a	1,28 a	14,2 a
Sem AV	31,01 a	11,13 a	2,80 a	1,25 a	14,3 a
C.V. Parcela (%)	10,0	13,1	9,0	42,8	14,1
C.V. Subp. (%)	6,6	11,5	6,8	14,8	18,8

^{1/} Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P>0,05).

A Tabela 4 mostra os valores de abundância natural de ¹⁵N e contribuição da FBN pela *Crotalaria spectabilis*, que em média foi de 48% do N total acumulado na parte aérea das plantas (Tabela 4). Considerando-se o tratamento em que houve maior acúmulo de massa pela crotalaria, e um valor médio de 30 g kg⁻¹ de N nas folhas, conclui-se que a FBN foi responsável por uma entrada de no máximo 42 kg ha⁻¹ de N no sistema. Em um intervalo de 30 dias após o corte da leguminosa, período em que ocorre grande decomposição e liberação de N dos resíduos da cultura (RESENDE et al., 2001), não se observou diluição significativa na abundância natural de ¹⁵N das folhas do café, mantendo-se em cerca de 12 deltas, contra 4 deltas encontrados nos resíduos da leguminosa. Isso indica que não houve utilização detectável do N derivado da leguminosa pelo café, o que poderia ser explicado pela baixa produção e contribuição da FBN para a crotalaria. Além disso, considerando-se o fato dos resíduos terem sido deixados na superfície ao longo das entrelinhas do café deve ter contribuído para a dispersão do N mineralizado dos mesmos. Não obstante, a

A maior produtividade de biomassa aérea obtida no espaçamento 2,8 x 1,0 m pode estar relacionada às melhores condições de solo, explicada por PAVAN et al. (1999), resultando em uma maior produção de biomassa por unidade de área, demonstrando que para o cultivo de adubos verdes nas entrelinhas do cafeeiro, espaçamentos intermediários podem ser mais interessantes quando o objetivo é obter maior produção de biomassa e, conseqüentemente, aumentar a ciclagem de nutrientes.

Os teores de nutrientes acumulados pela crotalária (Tabela 1) não foram influenciados pelo fator espaçamento, concordando com observações feitas por MOREIRA (2003), para guandu (*Cajanus cajan*), em diferentes espaçamentos e densidades de plantio. Os teores estocados pela crotalária no presente estudo foram semelhantes aos citados por HEINRICHS et al. (2005); porém, pelo fato da *C. spectabilis* apresentar baixa produção de biomassa em relação a outras leguminosas, o seu potencial como recicladora de nutrientes torna-se baixo em relação a outras espécies de adubo verde, conforme demonstrado por SILVA et al. (2002).

A análise isolada do fator adubo verde mostrou que o cultivo da crotalária não alterou as características de solo avaliadas (Tabela 2). Considerando-se que a amostragem do solo foi realizada no dia do corte da crotalária e que esta possui um tempo de meia-vida de 45 dias (RESENDE, 2000), isto é, tempo necessário para decomposição de metade da biomassa original ou para liberar metade dos nutrientes, é possível que após a sua total decomposição os teores de nutrientes e o pH tenham sido alterados.

Quanto aos teores de nutrientes no tecido foliar do cafeeiro, houve influência do fator espaçamento sobre os teores de Ca e K (Tabela 3), sendo os maiores, encontrados quando o cafeeiro foi cultivado no menor espaçamento (2,0 x 1,0 m). Por outro lado, a análise isolada do fator adubo verde mostrou não haver diferença para nenhum dos nutrientes avaliados. Tais resultados podem ser considerados interessantes, porque descartam uma possível concorrência do adubo verde com o cafeeiro.

Houve interação entre os fatores somente para o teor de N nas folhas, tendo sido este significativamente maior (32,43 g kg⁻¹) no

Por não atenderem às pressuposições da análise de variância, o teor de Mg no tecido foliar do cafeeiro foi transformado em Log (X + 1), e as variáveis, produção, obtida na segunda fase da colheita e peso seco da biomassa da crotalária, transformadas em Log X.

3. Resultados e Discussão

A produtividade média de biomassa aérea seca da *Crotalaria spectabilis* após 124 dias da semeadura, foi de 1,99 Mg ha⁻¹ (média dos três espaçamentos). Dentre os espaçamentos avaliados, observou-se a seguinte ordem decrescente quanto à produtividade de biomassa: duas linhas de crotalária cultivada no espaçamento do cafeeiro de 2,8 x 1,0 m (2,89 Mg ha⁻¹) > duas linhas no espaçamento 3,6 x 1,0 m (1,75 Mg ha⁻¹) > uma linha no espaçamento 2,0 x 1,0 m (1,35 Mg ha⁻¹) (Tabela 1). Os valores obtidos neste trabalho estão muito próximos ao encontrado por SILVA et al. (2002), 2,46 Mg ha⁻¹, ao cultivarem esta espécie nas entrelinhas de citrus, porém inferiores ao observado por SAMINÊZ et al. (2003), ao cultivarem esta leguminosa como adubo verde em área de Cerrado (3,14 Mg ha⁻¹).

Tabela 1. Peso de biomassa seca (Mg ha⁻¹), produzida pela parte aérea de *Crotalaria spectabilis* cortada 124 dias após a semeadura (média de quatro repetições), teores de nutrientes acumulados na sua parte aérea (g kg⁻¹) e estimativa da quantidade de nutrientes reciclados em kg ha⁻¹ (valores entre parênteses). Avelar, RJ, 2004.

Espaçamento	P.Seco	N	P	K	Ca	Mg
2,0 x 1 m	1,35 c	18,89 a (25,5)	2,24 a (3,0)	5,25 a (7,1)	3,50 a (4,7)	0,68 a (0,9)
2,8 x 1 m	2,89 a	19,36 a (55,9)	2,19 a (6,3)	2,75 a (7,9)	2,36 a (6,8)	0,34 a (1,0)
3,6 x 1 m	1,75 b	20,78 a (36,4)	2,36 a (4,1)	4,00 a (7,0)	3,46 a (6,1)	0,58 a (1,0)
Média	1,99	19,68 (39,2)	2,26 (4,5)	4,00 (7,3)	3,11 (5,9)	0,53 (1,0)
C.V. (%)	20,3	30,0	33,7	47,8	28,9	42,6

^{1/} Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P>0,05).

Os valores mais baixos de biomassa aérea obtidos neste trabalho podem estar relacionados à baixa radiação solar recebida pela leguminosa devido ao sombreamento exercido pelos cafeeiros em todos os espaçamentos avaliados (Figura 1), o que prejudicou o crescimento e o desenvolvimento pleno da leguminosa, visto que a produção de biomassa vegetal por uma comunidade de plantas está relacionada ao grau de exploração da radiação solar (PEREIRA, 2004).

De acordo com PIRES et al. (1998), a máxima produção de biomassa vegetal depende também das condições de fertilidade do solo. A análise de variância demonstrou que o cultivo da crotalária nos espaçamentos menores do cafeeiro (2,0 x 1,0 m e 2,8 x 1,0 m), isto é, maior adensamento, proporcionou teores de P, Ca e Mg do solo significativamente maiores quando comparados aos encontrados no espaçamento 3,6 x 1,0 m (Tabela 2).

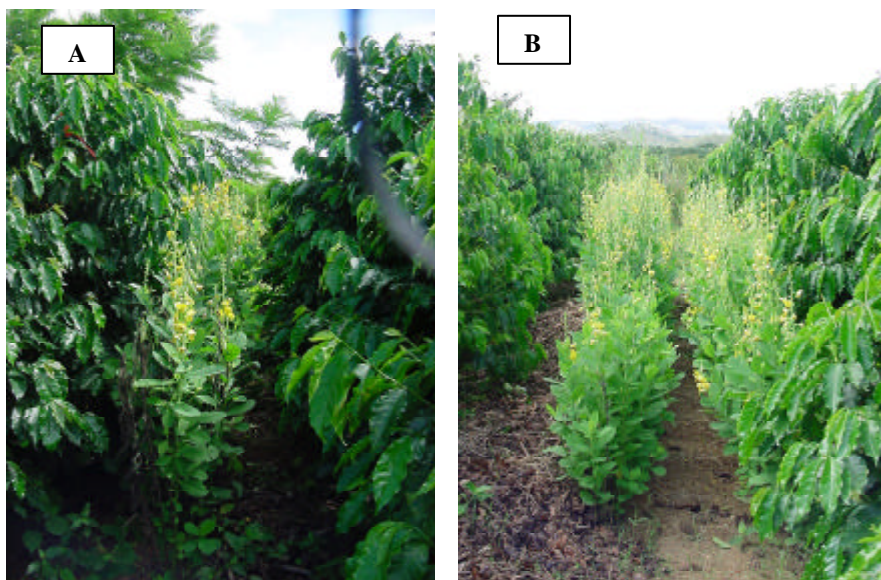


Figura 1. Detalhe da *Crotalaria spectabilis* cultivada na entrelinha do cafeeiro plantado no espaçamento 2,0 x 1,0 m (A) e 2,8 x 1,0 m (B).

Em um trabalho conduzido por PAVAN et al. (1999), estes autores concluíram que o adensamento de cafezais aumentou o pH, e

as concentrações de Ca, Mg e K trocáveis, do P disponível, do carbono orgânico, do teor de umidade e da colonização radicular por micorrizas. Para esses autores, o cultivo adensado de cafeeiros é um sistema alternativo para melhorar a fertilidade do solo, através da diminuição das perdas de compostos orgânicos e inorgânicos do sistema e do melhor manejo dos resíduos vegetais, com reflexo nos ciclos dos nutrientes.

Tabela 2. Valores médios de pH e teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e carbono orgânico do solo (média de quatro repetições), em função dos fatores espaçamento e adubo verde, analisados isoladamente. Avelar, RJ, 2004.

Espaçamento ^{1/}	pH	P	K	Ca	Mg	CO (%)
		mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		
2,0 x 1,0 m	5,30 a	27,8 b	131 a	2,65 a	2,65 a	0,814 a
2,8 x 1,0 m	5,30 a	39,0 a	153 a	2,69 a	2,69 a	0,879 a
3,6 x 1,0 m	5,11 a	22,6 b	128 a	2,08 b	2,08 b	0,850 a
Adubo Verde						
Com AV	5,24 a	29,7 a	139 a	2,45 a	2,45 a	0,848 a
Sem AV	5,23 a	29,9 a	135 a	2,49 a	2,49 a	0,848 a
C.V. Parcela (%)	3,3	37,3	25,5	17,9	17,9	10,6
C.V. Subp. (%)	2,9	29,8	25,7	8,1	8,1	5,9

^{1/} Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott (P>0,05).

Quanto maior a densidade de plantas no sulco de plantio do adubo verde, maior é a competição intraespecífica, ocasionando uma redução na produção de biomassa aérea (PIRES et al., 1998). Do mesmo modo, quanto menor for o espaçamento entre os sulcos de plantio, maior é a competição. Sendo assim, era de se esperar que o cultivo de duas linhas de crotalária em um espaçamento maior (3,6 x 1,0 m), resultasse em uma maior produção de biomassa aérea em função da menor competição intraespecífica. Entretanto, observou-se que a produtividade obtida foi 39,4% menor no espaçamento 3,6 x 1,0 m, tendo sido estatisticamente igual à obtida no espaçamento 2,0 x 1,0 m, quando uma linha foi cultivada (Tabela 1).