

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2
FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil

Fundamentos e Prática

Volume 2

2ª edição
revista e atualizada

Oscar Fontão de Lima Filho
Edmilson José Ambrosano
Elaine Bahia Wutke
Fabrício Rossi
José Aparecido Donizeti Carlos
Editores Técnicos

Embrapa

- DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas: anais**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. 1 CD-ROM.
- PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do café Apotá em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. **Bragantia**, v. 60, n. 3, p. 195-199, 2001.
- PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do cafeeiro Mundo Novo enxertado e submetido à adubação verde antes e após recepa da lavoura. **Bragantia**, v. 65, n. 1, p. 115-120, jan./mar. 2006.
- PEETERS, L. Y. K.; SOTO-PINTO, L.; PERALES, H.; MONTOYA, G.; ISHIKI, M. Coffee production, timber, and firewood in traditional and *Inga*-shaded plantations in Southern Mexico. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 95, n. 2/3, p. 481-493, May 2003. DOI: [10.1016/S0167-8809\(02\)00204-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00204-9).
- PONTES, T. M.; SANTOS, R. H. S.; JARAMILLO, C.; FARDIN, M. P.; SARMENTO, F.; GUSMÃO, L. A. Decomposição e liberação de nutrientes por resíduos de leguminosas para adubação verde de cafeeiro na Zona da Mata – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 4., 2006, Belo Horizonte. **Construindo horizontes sustentáveis: anais**. Belo Horizonte: Emater-MG, 2006. 1 CD-ROM.
- PREZOTTI, L. C.; ROCHA, A. C. da. Produtividade de café arábica em função da adubação mineral e orgânica em consórcio com calopogônio. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005. 1 CD-ROM.
- REYES-HERNANDEZ, A.; MANES-SUAREZ, A. B.; AGUILA-PADRON, Y.; CAIRO-CAIRO, P.; MACHADO DE ARMAS, J.; QUINONES- RAMOS, R. Efectos de los distintos sistemas de producción cafetaleros sobre las propiedades de un suelo ferralítico rojo de la localidad de Topes de Collantes. **Centro Agrícola**, v. 29, n. 2, p. 94-96, 2002.
- RICCI, M. dos S. F.; ALVES, B. J. R.; AQUAR, L. A.; MANOEL, R. M.; SEGRES, J. H.; OLIVEIRA, F. F. de; MIRANDA, S. C. de. **Influência da adubação verde sobre o crescimento, estado nutricional e produtividade do café (*Coffea arabica*) cultivado no sistema orgânico**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 29 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 153).
- RICCI, M. dos S. F.; COSTA, J. R.; PINTO, A. N.; SANTOS, V. L. da S. Cultivo orgânico de cultivares de café a pleno sol e sombreado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 4, p. 569-575, abr. 2006.
- RICCI, M. F.; MENEZES, M. B. Desenvolvimento do feijão-de-porco plantado para adubação verde do cafeeiro cultivado sob manejo orgânico e arborizado. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas: anais**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. 1 CD-ROM.
- RICCI, M. S. F.; AGUIAR, L. A. Influência da adubação verde sobre o crescimento, produtividade e teor de nitrogênio no tecido foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob manejo orgânico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. 1 CD-ROM.
- RICCI, M. S. F.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, S. C.; OLIVEIRA, F. F. Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agrícola**, v. 62, n. 2, p. 138-144, 2005.
- ROMERO, A. C.; JIMENEZ, F.; MUSCHLER, R. Crescimento de almácido de café con abono tipo bocashi y abono verde de *E. poeppigiana*. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, 19., 2000, San José. **Anais...** San José: Icafe: Promecafe, 2000. p. 173-179.
- SIQUEIRA, R. G.; LIMA, C. T. de A.; VARGAS, T. de O.; PEDROSA, A. W.; OLIVEIRA, C. S. de. Influência e efeito de espécies e manejo de adubos verdes no crescimento inicial do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Inovação científica, competitividade e mudanças climáticas: anais**. Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. 1 CD-ROM.
- SOUZA, F. L. A.; BARRELLA, T. P.; MOREIRA, G. M.; SANTOS, R. H. S.; PEREIRA, L. C.; GOULART, P. L.; FONTANÉTTI, A. Acúmulo de massa e decomposição de adubos verdes nas entrelinhas de café (*Coffea arabica*) cultivado no sistema orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 34., 2008, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Rio de Janeiro: Mapa: Procafé, 2008. p. 164-165.
- THEODORO, V. C. A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. Resposta de lavouras cafeeiras em transição agroecológica a diferentes manejos do solo. **Coffee Science**, v. 4, n. 1, p. 56-66, 2009.

Capítulo 20

Adubação verde no cultivo de hortaliças

José Guilherme Marinho Guerra
José Antonio Azevedo Espindola
Ednaldo da Silva Araújo
Marco Antônio de Almeida Leal
Antônio Carlos de Souza Abboud
Dejair Lopes de Almeida
Hélcio De-Polli
Maria Cristina Prata Neves
Raul de Lucena Duarte Ribeiro

Introdução

A introdução da técnica de adubação verde no cultivo de hortaliças pode proporcionar expressivos benefícios relacionados tanto à melhoria das características do solo quanto à nutrição e ao desempenho agrônômico dos cultivos comerciais. Infelizmente, essa técnica é pouco utilizada pelas propriedades agrícolas dedicadas ao cultivo de hortaliças.

Essa restrição decorre de vários motivos. Uma delas é a dificuldade que o agricultor encontra em compatibilizar, no tempo e no espaço, o emprego de adubos verdes com cultivos comerciais. Isso é particularmente evidente em unidades agrícolas de gestão familiar, sobretudo nas dedicadas ao cultivo de hortaliças. Essas unidades, que normalmente apresentam dimensões territoriais reduzidas, praticam a exploração intensiva durante todo o ano, com graus variáveis de diversificação, o que realmente dificulta a introdução da adubação verde.

Em trabalhos conduzidos junto com agricultores, foi possível constatar a satisfação pela superação das dificuldades supracitadas no que diz respeito à capacidade de cobertura e proteção do solo, proporcionada pelos adubos verdes, e de promoção da produtividade das hortaliças (Guerra et al., 2007). Essa constatação deve ser entendida como elemento motivador para a ampliação dos estudos e para a disseminação da adubação verde por agentes de desenvolvimento rural. Nesse sentido, o emprego de métodos de experimentação participativa, por parte de agricultores, extensionistas e pesquisadores, apresenta maior probabilidade de sucesso na apropriação dessa técnica.

A adubação verde, mesmo quando não proporciona ganhos imediatos de produtividade às hortaliças, acarreta benefícios importantes ligados ao manejo das lavouras, tais como: proteção do solo contra a erosão hídrica; adição de matéria orgânica, por meio do carbono (C) da biomassa vegetal produzida *in situ* e da ciclagem de nutrientes; atenuação de efeitos relacionados a variáveis climáticas; redução da infestação de populações de ervas de ocorrência espontânea; fonte de recursos alimentares e abrigo para inimigos naturais de pragas; controle de fitomoléstias de solo; e manutenção da diversidade funcional nas unidades de produção.

As espécies para adubação verde comumente sugeridas para áreas de cultivo de hortaliças, também chamadas de “plantas de cobertura de solo”, são predominantemente de ciclo anual; todavia, espécies perenes também podem ser utilizadas para esse fim. Dessa forma, o solo é mantido coberto ao longo de alguns meses ou durante todo o ano. Geralmente se utilizam espécies de alto potencial de produção de biomassa, que apresentem rusticidade e sejam manejadas em sistema de rotação ou em consórcio com as hortaliças. Depois da roçada dos adubos verdes, a palhada é incorporada ou mantida na superfície do solo (Espindola et al., 2005).

Entre as várias espécies que podem servir como adubos verdes, merecem destaque aquelas da família das leguminosas (Neves et al., 2008). Além de proporcionarem benefícios similares aos obtidos com espécies de outras famílias botânicas, as leguminosas são capazes de formar associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio (N) atmosférico, conhecidas genericamente como “rizóbios”. Como resultado da simbiose, quantidades expressivas de N, nutriente essencial às plantas cultivadas, tornam-se disponíveis após a roçada dos adubos verdes (Guerra et al., 2004). As leguminosas mais comumente disseminadas com essa finalidade, nas condições de clima tropical, são espécies anuais de crotalárias (*Crotalaria* spp.), mucunas (*Mucuna* spp.), feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), além da espécie semiperene guandu (*Cajanus cajan*) e da perene amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*).

Os resultados discutidos neste capítulo referem-se a trabalhos de pesquisa de caráter tecnológico, que buscam oferecer opções técnicas para subsidiar agentes de desenvolvimento e agricultores na tomada de decisão sobre quando e como fazer uso da adubação verde. Para tanto, são abordadas distintas modalidades e estratégias de manejo de plantas de cobertura do solo, enfatizando-se arranjos populacionais, rotações e consórcios, faixas intercalares, coberturas mortas e compostagem.

Arranjos e densidades populacionais de adubos verdes

O desempenho de leguminosas empregadas como adubos verdes pode ser afetado pela densidade e pelo espaçamento de plantio adotado para cada espécie. Isso tem implicações tanto nos aspectos quantitativos quanto qualitativos da produção da biomassa aérea e da acumulação de nutrientes, o que acarreta reflexos na velocidade da decomposição da palhada das plantas de cobertura de solo.

Moreira et al. (2003) demonstraram que o aumento da densidade de plantas de guandu nas linhas de semeadura e/ou a diminuição do espaçamento entre essas linhas acarretam a redução do diâmetro do caule e da produção de biomassa por planta. Isso resulta da competição por

água, luz e nutrientes entre as plantas. Contudo, a produção total de biomassa seca por hectare não sofre influência do adensamento populacional, o que evidencia um efeito compensatório por parte da leguminosa. Além disso, o teor de N na parte aérea das plantas, derivado do processo de fixação biológica, pouco varia em relação ao número de plantas por unidade de área, havendo, até mesmo, certa tendência a maior acumulação do nutriente (Tabela 1).

Tabela 1. Produtividade de biomassa aérea, teores de nitrogênio (N) total e derivado da fixação biológica de nitrogênio (FBN) em planta de guandu (*Cajanus cajan*), cultivadas em diferentes densidades populacionais, em Seropédica, RJ.

Densidade (plantas por m)	Matéria fresca (t ha ⁻¹)	Matéria seca	N-total (kg ha ⁻¹)	N-FBN
2	20,46a	7,93a	220,56a	113,71a
4	18,67a	7,45a	198,36a	117,84a
8	19,00a	7,65a	202,08a	125,97a
16	21,38a	8,10a	217,83a	134,86a

Médias seguidas de letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Moreira et al. (2003).

Resultado oposto se dá com *Crotalaria juncea*, em que a produção de biomassa aérea foi maximizada com o aumento da densidade de plantas e a redução do espaçamento entre sulcos de plantio, tanto no período de outono/inverno quanto de primavera/verão (Pereira et al., 2005). Segundo os autores, o maior acúmulo de biomassa seca no período de outono/inverno (6,8 t ha⁻¹) é alcançado com 30 cm entre os sulcos de semeadura e estande final de 40 plantas por metro linear; no período de primavera/verão, a máxima produção de biomassa aérea seca (10,7 t ha⁻¹) corresponde a linhas também espaçadas de 30 cm, porém, com 30 plantas por metro linear, nas condições da Baixada Fluminense, onde a ocorrência de chuvas se estende até maio e a temperatura é amena no inverno. Em relação à produtividade de sementes, Pereira et al. (2005) relatam que o desempenho de *C. juncea* é superior no período de outono/inverno, quando comparado ao período de primavera/verão.

Interessante destacar que guandu e *C. juncea* apresentam padrões de comportamento distintos, provavelmente em razão das alterações morfológicas da parte aérea. Enquanto guandu tem caule ramificado, *C. juncea* tem caule ereto, sem ramificações importantes. Assim, quando a competição interespecífica é alta em decorrência do aumento da densidade de plantas, o guandu apresenta redução no número e na biomassa de ramos laterais, e assume comportamento ereto.

O aumento da densidade populacional de guandu, embora não resulte em ganho de rendimento de biomassa, tem profundas implicações na morfologia da parte aérea, notadamente na diminuição do diâmetro do caule. Isso implica a presença de caules tenros, o que facilitaria o manejo da biomassa e a disponibilidade de nutrientes após a roçada e posterior decomposição das

plantas (Moreira, 2003). Por sua vez, *C. juncea* sofre pequena alteração da arquitetura por causa de modificações do espaçamento entre sulcos de plantio e da densidade de plantas (Pereira, 2004).

Dessa forma, os resultados apresentados endossam a importância do desenvolvimento de estudos agrônômicos que envolvam aspectos simples, como os arranjos populacionais relacionados ao manejo dessas plantas de cobertura, o que beneficiaria as hortaliças. Além disso, é necessário conhecer o aporte de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, bem como os efeitos sobre o solo, na forma de proteção contra a erosão hídrica e a infestação de plantas espontâneas.

Modalidades de manejo da adubação verde no cultivo de hortaliças

Considerando-se as particularidades de cada sistema agrícola, a adubação verde em hortaliças pode ser feita de diferentes formas, entre as quais se destacam: as rotações de culturas, os consórcios, os cultivos em faixas intercalares, as leguminosas perenes para cobertura do solo, as coberturas mortas (palhadas) e a aplicação de compostos orgânicos com resíduos de leguminosas.

Rotações de culturas

Nesse caso, o adubo verde é roçado e incorporado ou mantido em cobertura na superfície do solo, antecedendo o plantio da hortaliça em meio à palhada (Figura 1). O cultivo do adubo verde no período “das águas”, que coincide com temperaturas elevadas, favorece a obtenção de abundante biomassa vegetal. Pode-se programar o plantio do adubo verde de modo que ocupe apenas uma parte da área destinada ao cultivo de hortaliças a cada ano, a fim de não prejudicar a renda do agricultor, particularmente em unidades produtivas de pequena extensão territorial (Costa, 1993).

Outra opção consiste no cultivo de adubos verdes antes das hortaliças adaptadas às estações mais quentes do ano, tais como milho-verde, mandioca-de-mesa, batata-doce e quiabeiro. Estudo conduzido por Espindola et al. (1998) registrou o efeito benéfico dessa modalidade de adubação verde para a batata-doce (Tabela 2) cultivada em sucessão às leguminosas crotalária (*C. juncea*), feijão-de-porco (*C. ensiformis*), guandu (*C. cajan*) e mucuna-preta (*M. aterrima*). De modo geral, todas influenciaram positivamente na produtividade da hortaliça, em comparação com prévio pousio em área coberta pela vegetação espontânea, predominantemente constituída de grama-batatais (*Paspalum notatum* Flügge).



Foto: José Guilherme Marinho Guerra

Figura 1. Plantio direto de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica* 'Legacy') na palhada de crotalária (*Crotalaria juncea*).

Tabela 2. Produtividade de batata-doce (*Ipomoea batatas* 'Rosinha do Verdan') e teores de macronutrientes primários – nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) – acumulados na raiz tuberosa após o cultivo de leguminosas, pousio (vegetação espontânea) e ausência de vegetação, em Seropédica, RJ.

Tratamento	Produtividade ⁽¹⁾ (t ha ⁻¹)	Teor de macronutrientes		
		N	P	K
		(kg ha ⁻¹)		
<i>Crotalaria juncea</i>	15,62ab	26,63bc	5,48bc	42,08bc
Feijão-de-porco	18,71ab	42,45a	8,36a	55,45ab
Guandu	16,33ab	31,00ab	7,16ab	51,67ab
Mucuna-preta	20,09a	43,27a	8,00ab	64,87a
Vegetação espontânea	9,29c	16,05c	4,33c	29,00c
Ausência de vegetação	14,01bc	24,55bc	5,67abc	40,99bc

⁽¹⁾Valores referentes a biomassa seca de tubérculos.

Médias seguidas de letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Espindola et al. (1998).

Esse resultado se justifica pela elevada relação C:N apresentada pela vegetação espontânea (Tabela 3), o que provavelmente acarretou imobilização de N no solo durante o cultivo da batata-doce. Cabe salientar que, entre as leguminosas avaliadas, a mucuna-preta destacou-se das demais espécies, quando comparada à adubação verde com a área mantida em pousio. Isso ocorre, provavelmente, pelo fato de os adubos verdes terem sido cultivados no período de abril a outubro, quando, então, os dias são mais curtos, o que afeta marcadamente o crescimento, principalmente das espécies mais sensíveis ao fotoperíodo, como *C. juncea* e guandu, e implica menor produção de biomassa e acumulação de N (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade de biomassa seca e quantidade de nitrogênio (N) acumulado na parte aérea e nas raízes e relação C:N dos adubos verdes, em Seropédica, RJ.

Tratamento	Biomassa seca (t ha ⁻¹)		N total (kg ha ⁻¹)		Relação C:N	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
<i>Crotalaria juncea</i>	0,57b	1,13b	4,42b	17,85b	51,80b	27,49b
Feijão-de-porco	0,54b	4,34a	5,08b	105,16a	42,21b	16,53c
Guandu	0,59b	1,66ab	5,24b	39,70b	45,86b	17,05c
Mucuna-preta	0,21b	4,07a	2,02b	93,46a	42,89b	17,47c
Vegetação espontânea	18,36a	2,74ab	99,17a	27,52b	74,59a	38,80a

Médias seguidas de letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Espindola et al. (1998).

Ressalte-se que a adubação verde com *C. juncea*, guandu e feijão-de-porco, ao contrário do efeito observado com mucuna-preta, não conferiu ganho significativo de produtividade em relação à área capinada (ausência de vegetação). Todavia, é importante enfatizar que a ausência de cobertura vegetal ocasionará, em médio prazo, redução da fertilidade e consequente declínio do potencial produtivo do solo. Isso porque há uma conjunção de fatores que desencadeará processos que levarão à degradação da estrutura física, biológica e química do solo, em grande parte acelerados pela exposição aos processos erosivos.

As principais leguminosas utilizadas em rotação com hortaliças apresentam crescimento rápido, expressivo potencial de formação de biomassa e alta taxa de FBN. Além das espécies já mencionadas, a soja (*Glycine max*) pode ser uma alternativa. De acordo com Padovan et al. (2002), as cultivares de soja Celeste e Taquari produzem expressiva quantidade de biomassa da parte aérea, além de revelarem outras características agrônômicas vantajosas, como: precocidade, quantidades de nutrientes – N, P, K, cálcio (Ca) e magnésio (Mg) – acumulados na parte aérea e bom rendimento em sementes (Tabela 4).

A associação da rotação de culturas que abrange o emprego de adubos verdes com o sistema plantio direto mostra-se particularmente vantajosa para sistemas de produção de hortaliças.

Tabela 4. Ciclo, produtividade de biomassa aérea seca e de grãos e quantidade acumulada de nutrientes na parte aérea das cultivares de soja Taquari e Celeste, em Seropédica, RJ.

Cultivar	Ciclo (dias)	Biomassa seca (t ha ⁻¹)	Produção de grãos (t ha ⁻¹)	Macronutriente ⁽¹⁾ (kg ha ⁻¹)				
				N	P	K	Ca	Mg
Taquari	131	7,12	4,07	168	20	86	85	48
Celeste	135	8,33	2,94	223	28	112	103	51

⁽¹⁾Os valores representam coletas realizadas aos 81 dias após a emergência (formação das vagens).

Fonte: Adaptado de Padovan et al. (2002).

O transplântio direto de mudas na palhada de *C. juncea* tem se revelado uma prática adequada para berinjela (*Solanum melongena*) (Castro et al., 2005), brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) (Silva, 2002), couve-flor (*B. oleracea* var. *botrytis*) e repolho (*B. oleracea* var. *capitata*) (Pereira, 2007). Pereira (2007) demonstrou que 39% do N presente na palhada de *C. juncea* foi transferido para couve-flor cultivada em sistema plantio direto.

Em algumas situações, o cultivo de hortaliças após o adubo verde reduz ou dispensa a necessidade de fertilização orgânica complementar. Por exemplo, conforme se observa na Figura 2, Pereira (2007) constatou que o repolho plantado na palhada de *C. juncea* pode não responder à adubação orgânica de cobertura, principalmente em sistema plantio direto (Figura 2B). No entanto, esse manejo não deve ser generalizado. Por exemplo, Oliveira et al. (2003) observaram

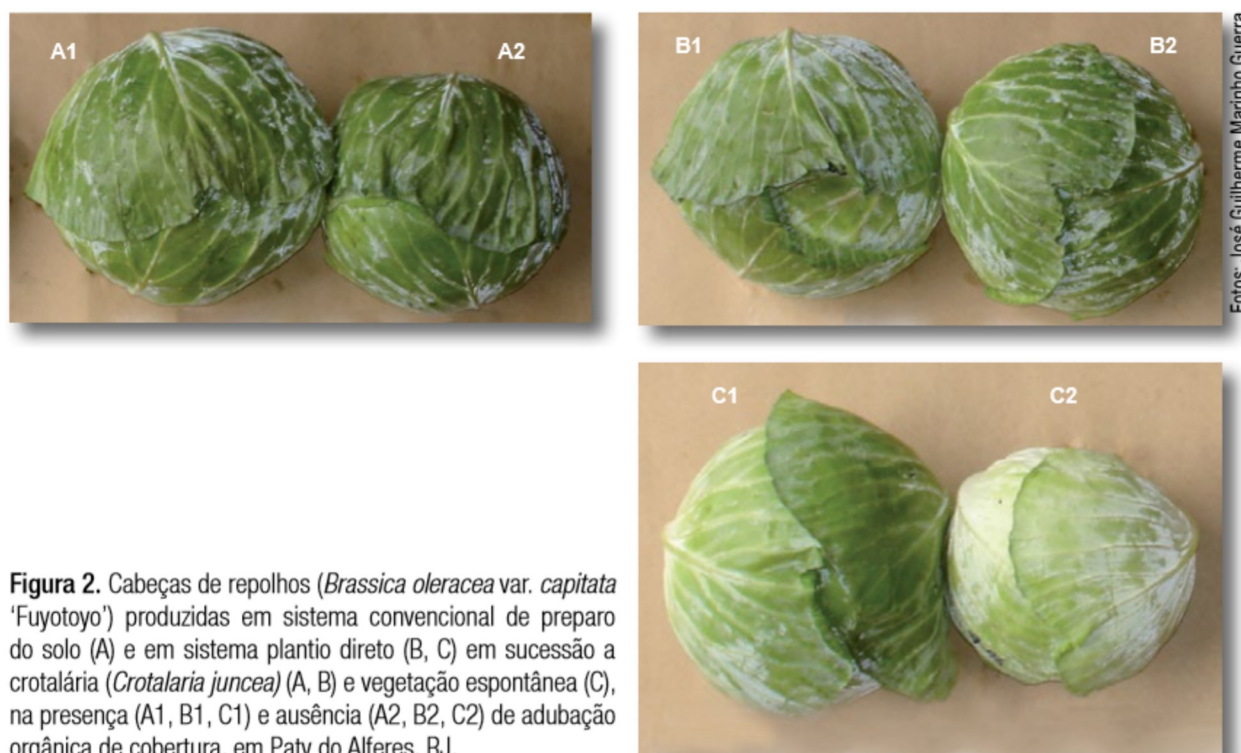


Figura 2. Cabeças de repolhos (*Brassica oleracea* var. *capitata* 'Fuyotoyo') produzidas em sistema convencional de preparo do solo (A) e em sistema plantio direto (B, C) em sucessão a crotalária (*Crotalaria juncea*) (A, B) e vegetação espontânea (C), na presença (A1, B1, C1) e ausência (A2, B2, C2) de adubação orgânica de cobertura, em Paty do Alferes, RJ.

em solo com textura arenosa, para essa mesma hortaliça, efeito complementar entre adubação verde e adubação orgânica de cobertura. Castro et al. (2005) verificaram que a suplementação com a cama de aviário também favoreceu a produtividade da berinjela em sistema plantio direto na palhada de *C. juncea*. Em solos com baixa fertilidade natural ou em culturas que exportam expressivas quantidades de nutrientes, como berinjela, provavelmente será preciso complementar técnicas de adubação verde (antes da cultura comercial) com adubação orgânica de cobertura.

Apesar das vantagens relativas à rotação entre leguminosas e hortaliças, sabe-se que a palha desses adubos verdes sofre rápida decomposição, especialmente sob condições tropicais (Ranells; Wagger, 1996). Isso pode resultar em reduzida sincronia entre a liberação de N desses resíduos e a demanda da cultura subsequente (Aita; Giacomini, 2003; Almeida et al., 2007). Para compensar tal limitação, pode-se empregar o pré-cultivo consorciado de leguminosas com espécies de famílias botânicas, como gramíneas e compostas, que constituem um coquetel de adubos verdes.

Conforme Almeida et al. (2007), a combinação de duas ou mais espécies de adubos verdes em sistema de rotação com hortaliças apresenta diversos benefícios: exploração de camadas diferenciadas do solo pelas raízes; melhoria da estrutura do solo; velocidade distinta de decomposição dos resíduos vegetais, aumentando a proteção ao solo; controle de ervas espontâneas; e intensificação da diversidade biológica nas unidades de produção.

Santos (2009) avaliou combinações de *C. juncea* com girassol (*Helianthus annuus*) e de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.)] com mamoneira [*Ricinus communis* (L.)]. A semeadura das plantas de cobertura foi feita em sulcos espaçados de 0,25 m, obedecendo à alternância entre si, nas densidades de 30, 20, 20 e 16 sementes por metro linear de *C. juncea*, girassol, sorgo e mamoneira, respectivamente. As associações estudadas proporcionaram aumento da produtividade do repolho cultivado em sucessão, no sistema plantio direto. Além disso, os consórcios *C. juncea*-girassol e *C. juncea*-sorgo favoreceram teores mais altos de N nas “cabeças” dessa hortaliça; porém, não diferiu do tratamento com a leguminosa em monocultivo (Tabela 5).

Resultados semelhantes também são relatados por Silva (2002), com o cultivo consorciado de leguminosas e gramíneas que formam palhada no plantio direto de brócolis, e por Pereira (2007), no plantio direto de couve-flor.

Consórcios

O adubo verde é semeado nas entrelinhas da hortaliça, em arranjos ou desenhos preestabelecidos (Figura 3). Esse manejo é particularmente interessante em pequenos estabelecimentos rurais, pois favorece o aproveitamento dos recursos naturais e do espaço físico para o cultivo das hortaliças.

Tabela 5. Produtividade da parte aérea e teor de nitrogênio (N) em repolho cultivado em sucessão a plantas de cobertura do solo, consorciadas ou em monocultivo, em sistema plantio direto e de manejo orgânico, em Paty do Alferes, RJ.

Pré-cultivo	Produtividade da parte aérea (t ha ⁻¹)	Teor de N (g kg ⁻¹)
Pousio ⁽¹⁾	4,10c	16,21b
<i>Crotalaria juncea</i>	6,30a	17,47a
Girassol	4,44b	15,84b
Sorgo	4,95b	15,41b
Mamoneira	5,15b	15,03b
<i>Crotalaria juncea</i> + girassol	6,44a	18,40a
<i>Crotalaria juncea</i> + sorgo	5,68a	17,45a
<i>Crotalaria juncea</i> + mamoneira	6,55a	16,60b
<i>Crotalaria juncea</i> + girassol + sorgo	5,91a	15,29b
<i>Crotalaria juncea</i> + girassol + mamoneira	5,33a	16,38b
<i>Crotalaria juncea</i> + mamoneira + sorgo	5,79a	17,46a
<i>Crotalaria juncea</i> + girassol + mamoneira + sorgo	4,75a	15,34b
Coefficiente de variação (%)	5,12	6,60

⁽¹⁾Vegetação espontânea roçada.

Médias seguidas de letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Fonte: Adaptado de Santos (2009).

Evitar qualquer tipo de competição entre hortaliças e adubos verdes consorciados é essencial. Em relação à água disponível, a competição não representa fator limitante quando o cultivo é irrigado. Caso contrário, é aconselhável roçar o adubo verde na prevalência de estiagens prolongadas. Quanto à competição por nutrientes, especialmente N, o uso de consórcios com leguminosas, eficazes no que se refere à fixação biológica, é capaz de amenizar o problema. No que diz respeito à luz, a competição pode ser contornada pela escolha de espécies de adubos verdes com porte e hábito de crescimento compatíveis com a hortaliça a ser cultivada, assim como pela seleção de épocas de plantio e espaçamentos mais adequados (Almeida et al., 2007).

Hortaliças de fruto, como a berinjela (Castro et al., 2004), e rizomatosas, como o taro (Oliveira et al., 2007), podem ser consorciadas com adubos verdes de hábito de crescimento ereto, como as crotalárias, o feijão-de-porco e o guandu. Resultados promissores quanto ao desempenho agrônomo são relatados para os consórcios de *C. juncea* com quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) (Ribas et al., 2002), berinjela (Castro et al., 2004), pimentão (*Capsicum annum*) (César et al., 2006) e taro (Oliveira et al., 2007).

Ajustes no manejo dos adubos verdes consorciados permitem eliminar os efeitos negativos da competição e maximizar benefícios. Como exemplo, Ribas et al. (2003) constataram ganhos na produtividade do quiabeiro de cerca de 20%, quando consorciado a *C. juncea*, leguminosa que foi

Fotos: José Guilherme Marinho Guerra



Figura 3. Hortaliças em consórcio com leguminosas: couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) e mucuna-anã (*Mucuna deeringiana*) (A); taro (*Colocasia esculenta*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) (B); milho-verde (*Zea mays*) e crotalária (C).

submetida a poda e a roçada subsequente, durante o ciclo da hortaliça. O manejo realizado nesse estudo apresenta duas estratégias de utilização da adubação verde em consórcio com hortaliças.

No diagrama esquemático (Figura 4), observa-se a evolução temporal do manejo da crotalária no consórcio com o quiabeiro, em contraposição ao monocultivo dessa hortaliça. A crotalária foi semeada um mês depois do transplântio do quiabeiro, em duas linhas intercalares às fileiras da hortaliça, e a palha foi mantida em cobertura sobre o terreno depois do corte. Aos 50 dias após a semeadura, procedeu-se à roçada da crotalária nos tratamentos correspondentes. Nos tratamentos com poda e roçada, essas operações foram feitas em linhas alternadas, ou seja, em uma rua procedeu-se à roçada, enquanto na outra foi realizada a poda na metade da altura da planta (0,80 m da superfície do terreno). Aos 80 dias após a semeadura da crotalária, procedeu-se à roçada das linhas onde haviam sido realizadas as podas, após a rebrota dessa leguminosa. Essas duas estratégias de manejo da leguminosa resultaram em incremento de produtividade de cerca de 10% e 20%, respectivamente, com uma roçada apenas e com a roçada e poda seguida de roçada depois da rebrota da crotalária (Tabela 6).

No caso das brassicáceas (brócolis, couve e repolho), é viável o consórcio com adubos verdes de hábito ereto e porte baixo, como a *C. spectabilis*, ou mesmo de porte volúvel, desde que

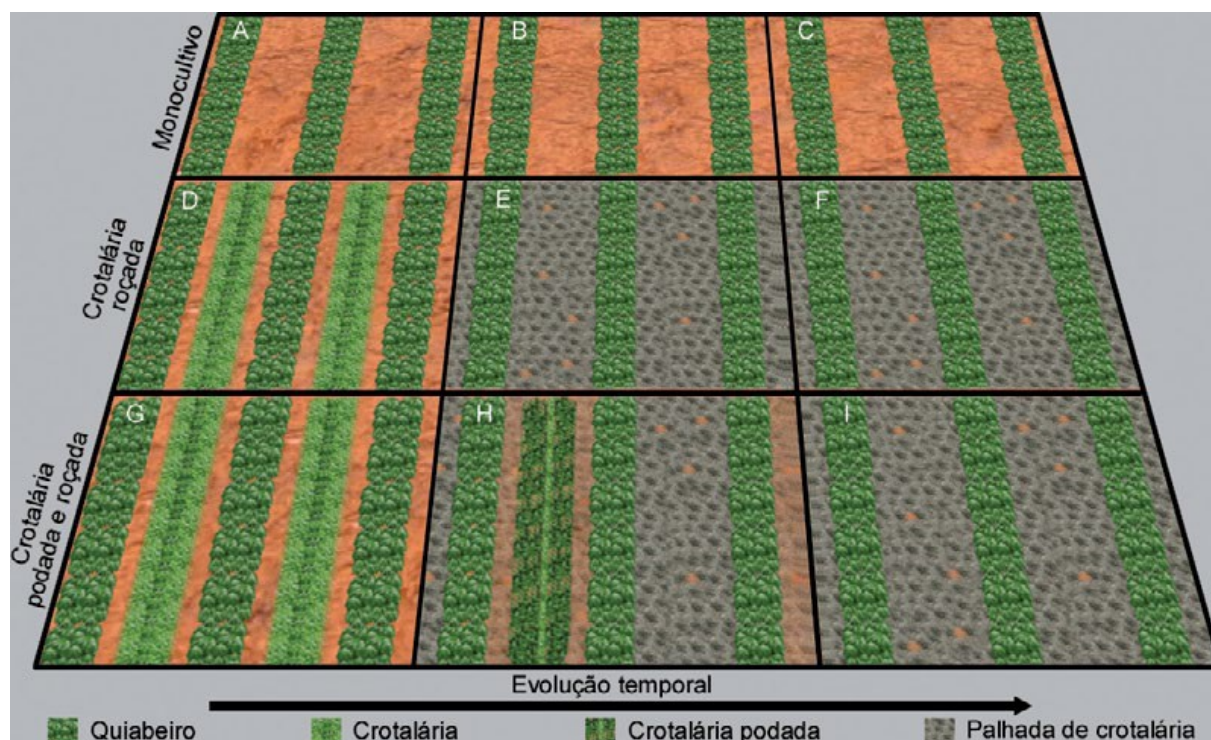


Figura 4. Diagrama ilustrativo da evolução temporal dos tratamentos. Monocultivo do quiabeiro (A, B, C); consórcio do quiabeiro com crotalária roçada (D, E, F); consórcio do quiabeiro com crotalária podada e roçada (G, H, I).

Fonte: Adaptada de Ribas et al. (2003).

Tabela 6. Produtividade e aumento de produtividade de quiabeiro em diferentes modos de consórcio com *Crotalaria juncea* em comparação com o monocultivo, em Seropédica, RJ.

Tratamento	Produtividade ⁽¹⁾ (t ha ⁻¹)	Ganho de produtividade (%)
Quiabeiro em monocultivo	30,62c	-
Quiabeiro em consórcio com crotalária – roçada	33,75b	10
Quiabeiro em consórcio com crotalária – podada e roçada	36,58a	19

⁽¹⁾Valores relativos a 33 colheitas de frutos.

Médias seguidas de letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Ribas et al. (2003).

a espécie tenha baixa agressividade, como a mucuna-anã (*M. deeringiana*). Silva (2006) estudou o consórcio de couve com essas duas leguminosas, e registrou aportes de biomassa aérea seca da ordem de 1,5 t ha⁻¹. A presença dessas leguminosas não resultou em ganhos quantitativos dos componentes de produtividade da hortaliça, mas propiciou ganhos de matéria orgânica, além de ter mantido o solo coberto, concorrido para reduzir a infestação de espécies espontâneas e aumentar o grau de diversificação vegetal na área, que culminou com o aumento da diversidade de insetos predadores de pulgões da couve (Resende et al., 2007). Além de aspectos espaciais

(consórcio), esse estudo incluiu aspectos temporais (rotação) da adubação verde. Na sucessão à couve, foi cultivado milho consorciado com *C. juncea* ou mucuna-cinza (*M. pruriens*): a crotalária foi semeada no mesmo dia, enquanto a mucuna, aproximadamente 50 dias após o milho. A introdução da mucuna, diferentemente da crotalária, visou beneficiar o cultivo subsequente, formado novamente por couve. Nessa situação, o crescimento inicial da mucuna é lento; por isso, não acarreta competição com o milho, e a leguminosa é posteriormente roçada, juntamente com o milho, aproximadamente aos 120 dias após a colheita de espigas verdes. Com essa estratégia, detectou-se aumento de produtividade da couve cultivada em sucessão, em torno de 110% em comparação com o monocultivo da hortaliça.

Uma estratégia semelhante pode ser aplicada à cultura do milho, por representar um papel facilitador na inserção da adubação verde (Risso, 2007), já que o milho é um cultivo amplamente utilizado nas unidades de gestão familiar, incluindo aquelas dedicadas ao cultivo de hortaliças, visando à produção de espigas verdes. Considerando-se esse fato e levando-se em conta que o manejo da lavoura de milho favorece a introdução de espécies companheiras consorciadas, nessa ocasião será possível semear o adubo verde. Além disso, as plantas de milho podem gerar quantidades expressivas de palha, e, conseqüentemente, matéria orgânica de qualidade para o sistema de produção.

Além de melhorar o desempenho produtivo de hortaliças, o consórcio com adubos verdes proporciona benefícios indiretos. Assim, Oliveira et al. (2004), em cultivo experimental de taro consorciado com *C. juncea*, demonstraram que o sombreamento foi capaz de reduzir a intensidade de queimaduras foliares causadas pelos raios solares. Até o quinto mês do ciclo da cultura, a redução foi de 100%. No oitavo mês, o sombreamento continuava protegendo as plantas, porém, com menor grau de eficiência (Tabela 7). Outro benefício apontado nesse mesmo estudo consistiu no controle da vegetação espontânea, especialmente quando o sistema plantio direto do taro foi empregado na palhada de aveia-preta (*Avena strigosa*).

Tabela 7. Incidência de queimaduras foliares em plantas de taro (*Colocasia esculenta*) aos quinto e oitavo meses após o plantio, em consórcio com crotalária-júncea (*Crotalaria juncea*), em Nova Friburgo, RJ.

Sistema de cultivo	5º mês	8º mês
Consórcio	0,00a	80,0a
Monocultivo	21,25b	100,0b
Coefficiente de variação (%)	38	39

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2004).

O consórcio com certos adubos verdes pode favorecer populações de inimigos naturais de insetos-pragas e o controle de fitopatógenos habitantes do solo. Resende et al. (2007) comprovaram que consórcios de couve com *C. spectabilis* e mucuna-anã contribuem para o aumento da

diversidade de predadores de pulgões. De modo geral, as leguminosas desempenham importante papel ecológico no agroecossistema, já que hospedam diversos artrópodes benéficos, o que contribui para a regulação de populações de fitoparasitas. De acordo com Ribas et al. (2002), a presença de *C. juncea* nas entrelinhas do quiabeiro acarretou significativa redução no nível de incidência de nematoides formadores de galhas radiculares, em comparação com o monocultivo (Figura 5).

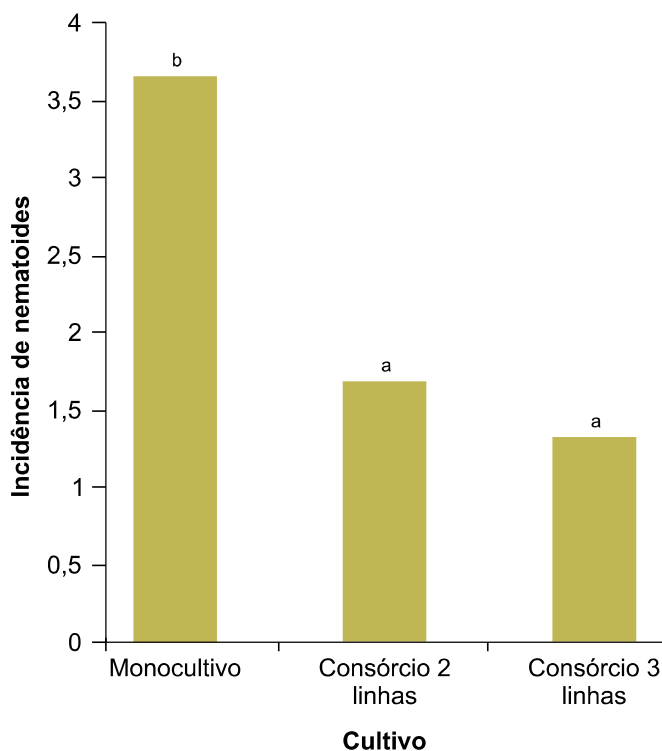


Figura 5. Incidência de galhas radiculares, formadas por fitonematoídes, em quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) plantado em monocultivo (monocultivo) ou consorciado com duas ou três linhas de crotalária (*Crotalaria juncea*) (consórcio de duas linhas e consórcio de três linhas).

Notas atribuídas na escala de 0 (ausência) a 5 (alta infestação). Colunas com letras iguais representam valores médios que não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Ribas et al. (2002).

Hortaliças de fruto e folhosas também podem ser consorciadas com adubos verdes perenes de hábito rastejante (Figura 6). Estudos relativos ao sistema plantio direto de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris*) (Oliveira et al., 2006a), alface (*Lactuca sativa* L.) (Oliveira et al., 2006b) e berinjela (Santos et al., 2006) em coberturas vivas de amendoim-forrageiro e grama-batatais, ambas com hábito rastejante, demonstraram que tal técnica pode, eventualmente, substituir o cultivo com preparo de solo convencional, e promover expressiva proteção ao solo, sem causar prejuízos à produtividade das hortaliças. Para o sucesso desses sistemas, torna-se necessário implementar ajustes relativamente simples, relacionados ao manejo da irrigação e da adubação, além dos cuidados necessários com as roçadas, de forma a reduzir, ou até mesmo eliminar, a competição exercida pelas coberturas vivas permanentes sobre as hortaliças.

Com esses estudos, evidenciou-se que as hortaliças apresentam desempenho agrônomo distinto, a depender da espécie utilizada para a formação da cobertura viva. Oliveira et al. (2006a) determinaram a produtividade de feijão-de-vagem, semeado diretamente em sulcos abertos nas coberturas vivas estabelecidas com amendoim-forrageiro e grama-batatais,



Figura 6. Berinjela cultivada em solo com cobertura viva formada por amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*), em Seropédica, RJ.

e compararam com a adubação orgânica de cobertura. O desempenho de feijão-de-vagem não diferiu do desempenho das duas coberturas vivas. Também não houve diferença entre as coberturas vivas e o cultivo em solo, que recebeu preparo motomecanizado com o auxílio de enxada rotativa. A produtividade de vagens verdes alcançou cerca de 20 t ha^{-1} , com a aplicação de 25 t ha^{-1} de cama de aviário parcelada em quatro épocas, aos 15, 22, 30 e 37 dias após a semeadura, equivalentes à aplicação, em cada época, de cerca de 310 g m^{-1} de sulco de cama de aviário.

Esses mesmos autores, conduzindo trabalho semelhante com alface-crespa (Oliveira et al., 2006b), mostraram que essa alface apresentou desempenho estatisticamente igual, quando se comparou a produção nessas coberturas vivas e a obtida em sistema tradicional de preparo de solo, com o transplântio das mudas para canteiros suspensos. Em relação à adubação de cobertura para obter a produção máxima, foram aplicados 48 g de cama de aviário por planta, cujas doses foram parceladas em três épocas, antes do transplântio das mudas e aos 15 e 30 dias, o que resultou em “cabeças” com cerca de 350 g por planta.

Em contrapartida, o comportamento da berinjela diferiu das duas espécies citadas. Santos et al. (2006) mostraram que a cobertura viva formada de grama-batatais competiu com a hortaliça, provavelmente por nutrientes, pelo fato de os sistemas de produção serem irrigados. Isso exigiu um nível de adubação orgânica de cobertura maior do que o empregado para o cultivo na presença de amendoim-forrageiro, bem como em relação à área cujo solo foi preparado. As produtividades máximas da berinjela alcançaram 56 t ha⁻¹ nas áreas com preparo de solo convencional e 61 t ha⁻¹ em sistema plantio direto na cobertura viva de amendoim-forrageiro. As doses de adubação orgânica de cobertura foram parceladas em seis épocas de aplicação (de 620 g e 480 g por planta de cama de aviário, respectivamente).

Por sua vez, na presença da cobertura viva com a grama-batatais, não se alcançou um nível de produtividade máximo, nem mesmo com a aplicação da maior dose de cama de aviário utilizada nesse estudo, equivalente a 720 g por planta. Além disso, enquanto na área com cobertura de amendoim-forrageiro foram realizadas colheitas de frutos comercializáveis, as quais se estenderam por 5 meses, na presença da cobertura de grama-batatais o período de colheita foi de apenas 4 meses, o que acarretou menor produtividade total na cobertura viva formada por essa gramínea.

Depreende-se desses resultados que há um amplo potencial a ser explorado em relação ao sistema plantio direto de hortaliças (transplântio, no caso de mudas) em coberturas vivas permanentes. O caráter inovador desse estudo remete à necessidade de serem feitas adaptações locais, a fim de garantir o sucesso da implantação e da condução dessa técnica. Tais cuidados decorrem do fato de as hortaliças apresentarem comportamentos distintos em resposta à espécie formadora da cobertura viva. De qualquer forma, independentemente da espécie de hortaliça cultivada, são necessários ajustes nas doses de adubação, principalmente nas de cobertura.

Contudo, o fato de uma espécie como a alface, tradicionalmente cultivada em canteiros após intenso preparo mecânico do solo, adaptar-se plenamente ao sistema plantio direto em coberturas vivas permanentes representa uma ruptura com um paradigma comum à olericultura relacionado às condições de manejo de solo.

A cobertura viva permanente formada por uma leguminosa, que no presente estudo foi o amendoim-forrageiro, se periodicamente roçada durante o ciclo de cultivo da hortaliça, pode reduzir a dependência do agricultor em relação a insumos externos, como esterco; mais especificamente, a dependência de fertilizantes nitrogenados, graças à elevada capacidade de fixação de N atmosférico dessa espécie (Espindola et al., 2006).

Cultivo entre faixas intercalares

Consiste no cultivo de hortaliças em aleias formadas entre as linhas de plantio de adubos verdes arbustivos ou arbóreos (Figura 7). Os adubos verdes são plantados em linhas simples ou



Figura 7. Hortaliças cultivadas entre faixas de guandú (A) e gliricídia (B), em Seropédica, RJ.

duplas, que constituem faixas com espaçamento variável. Periodicamente, realiza-se a poda dessas plantas; a biomassa resultante é, então, incorporada ao solo ou simplesmente distribuída na superfície do solo. Algumas espécies de leguminosas são adequadas à formação de faixas intercalares sob condições tropicais, com destaque para: leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), caliandra (*Calliandra* spp.), eritrina (*Erythrina* spp.) e guandú (*C. cajan*) (Espindola et al., 2004).

Um estudo de caso com gliricídia, com faixas espaçadas de 5 m, com 3 m entre as plantas em cada linha, revelou bom potencial de aporte de biomassa ao sistema. Segundo Espindola (informação verbal)¹, a poda das árvores resultou em 5 t ha⁻¹ de folhas e ramos finos (até 15 mm de diâmetro) e 17 t ha⁻¹ de ramos grossos (acima de 15 mm), valores esses referentes à matéria seca (Tabela 8). A quantidade de N acumulado nas folhas e nos ramos finos ultrapassou 200 kg ha⁻¹. O tempo de meia-vida desse material podado é de 21 dias (Silva et al., 2007), ou seja, a decomposição é acelerada, e isso o torna adequado para adubação verde de culturas de ciclo curto, como as hortaliças.

Tabela 8. Produtividade de biomassa aérea e acúmulo de nitrogênio em plantas podadas de gliricídia (*Gliricidia sepium*), cultivadas no espaçamento de 5 m x 3 m.

Parte aérea	Biomassa seca		Nitrogênio acumulado	
	(kg planta ⁻¹)	(t ha ⁻¹)	(g kg ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
Folhas + ramos finos (até 15 mm)	8,0	5,0	38,0	202,0
Ramos grossos (15 mm a 50 mm)	26,0	17,0	9,0	255,0

¹ Informação fornecida por José Antonio de Azevedo Espindola, Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, em 2009.

Outra espécie promissora para essa modalidade de adubação verde, embora pouco difundida no Brasil, é a flemíngia (*Flemingia macrophylla*) (Figura 8). Estudos conduzidos por Salmi (2008) constataram, ao final do primeiro ano de cultivo, produção de biomassa superior a 4 t ha⁻¹ na Baixada Fluminense e a 2 t ha⁻¹ na Região Serrana Fluminense. Nesse mesmo período, o acúmulo de N, P e K alcançou, respectivamente, 72,6 kg ha⁻¹, 4,4 kg ha⁻¹ e 33 kg ha⁻¹.



Figura 8. Taro (*Colocasia esculenta*) cultivado entre faixas de flemíngia (*Flemingia macrophylla*).

Oliveira et al. (2004) compararam sistemas de cultivo de taro entre faixas de guandu, com os seguintes tratamentos: a) cultivo entre faixas sem realização de poda; b) cultivo entre faixas com poda, com a biomassa mantida em cobertura do solo; e c) cultivo entre faixas com poda, com a biomassa removida da área. O guandu não podado revelou-se promissor, por promover maior proteção das plantas de taro contra queimaduras foliares provocadas pela radiação solar, com produtividade equivalente à do sistema de faixas podadas da leguminosa. Por sua vez, Moreira (2003) constatou que o cultivo de brócolis entre faixas de guandu acarreta queda no rendimento em inflorescências, quando comparado aos tratamentos com faixas podadas ou na ausência de faixas intercalares.

Em geral, o sistema de cultivo entre faixas pode ser especialmente importante para cultivos em áreas declivosas, que exigem maior controle dos processos erosivos. Nesse sentido, também podem ser utilizados em forma de cordões vegetais e na divisão de glebas para plantio (Figura 9).



Figura 9. Cordões de guandu (*Cajanus cajan*) utilizados na divisão de glebas de uma unidade familiar de produção de hortaliças na localidade do Brejal, em Petrópolis, RJ.

Cobertura morta

Consiste na utilização da palhada de gramíneas e/ou leguminosas, que formam uma camada protetora sobre o solo cultivado com hortaliças. As coberturas mortas, em geral, são obtidas de plantas produzidas em área distinta daquela do cultivo.

Oliveira (2005) avaliou diferentes espessuras de cobertura morta com palhadas de guandu e de capim 'Cameroon' (*Pennisetum purpureum*), no controle do nível populacional de plantas espontâneas e no desempenho agrônômico da alface, em dois ciclos consecutivos. Os melhores resultados foram obtidos com uma cobertura de 2,5 kg m⁻² de palhada. O material mais adequado, entre os estudados, correspondeu à palhada do guandu, pois, além de controlar eficientemente a vegetação espontânea, valendo para os dois ciclos de alface, disponibilizou expressiva quantidade de nutrientes durante sua rápida mineralização.

Oliveira et al. (2008), ainda com a cultura da alface, avaliaram o efeito de diferentes coberturas mortas sobre a reinfestação de ervas espontâneas, em sistema de cultivo orgânico. A redução da população de ervas espontâneas chegou a 83% nas parcelas com coberturas mortas, em comparação com aquelas sem qualquer tipo de cobertura. Novamente, em ciclos consecutivos de cultivo da alface nas mesmas parcelas experimentais, o diâmetro, a biomassa fresca e o teor de N foram, de maneira geral, superiores quando se empregaram palhas de leguminosas (Tabela 9).

Resultados similares foram encontrados por Santos et al. (2008) com relação ao uso de coberturas mortas formadas por meio de resíduos de palha de gliricídia e de guandu, na cultura da cenoura. Esses autores observaram que a cobertura morta formada por gliricídia e guandu proporcionou aumento da produtividade da cenoura de 20% e 24%, respectivamente, em comparação com o tratamento mantido sem cobertura morta sobre o solo. De acordo com os autores, o emprego das coberturas mortas formadas com palhas dessas leguminosas, além de proporcionar melhoria no desempenho produtivo e no padrão comercial da hortaliça, promoveu o controle eficaz da população de plantas espontâneas.

Tabela 9. Diâmetro, biomassa fresca e teor de nitrogênio (N) em alface colhida de sistema orgânico de cultivo em relação a diferentes coberturas mortas, em Seropédica, RJ⁽¹⁾.

Material (palhada)	Diâmetro (cm)	Biomassa fresca (g planta ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)
Cana-de-açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	28,7b	246,3b	29,8b
Bambu (<i>Bambuza</i> sp.)	28,0b	263,2b	32,4b
Capim-elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)	28,7b	279,4b	28,2c
Crotalária (<i>Crotalaria juncea</i>)	31,7a	366,0a	35,3a
Eritrina (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	31,6a	340,6a	35,8a
Gliricídia (<i>Gliricidia sepium</i>)	31,6a	347,9a	38,8a
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	29,5b	328,3a	32,3b
Mucuna-cinza (<i>Mucuna pruriens</i>)	30,8a	315,8a	36,5a
Controle (sem cobertura do solo)	26,3b	210,5b	27,8c
2° ciclo da cultura			
Cana-de-açúcar (<i>S. officinarum</i>)	20,8b	100,8c	26,0b
Bambu (<i>Bambuza</i> sp.)	25,2a	152,3b	25,8b
Capim-cameroon (<i>P. purpureum</i>)	21,4b	80,0c	25,2b
Crotalária (<i>C. juncea</i>)	26,8a	225,0a	30,3a
Eritrina (<i>E. poeppigiana</i>)	28,1a	214,5a	29,0a
Gliricídia (<i>G. sepium</i>)	28,5a	205,7a	29,3a
Guandu (<i>C. cajan</i>)	27,5a	212,8a	29,2a
Mucuna-cinza (<i>M. pruriens</i>)	25,5a	202,9a	28,0a
Controle (sem cobertura do solo)	18,8b	103,6b	23,7b

Valores seguidos de letras iguais, nas colunas relativas a cada ciclo de cultivo, não diferem pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2008).

Compostagem com resíduos de leguminosa

A estabilização e a formação de substâncias húmicas obtidas por materiais de origem vegetal ou animal são processos que ocorrem espontaneamente na natureza. A compostagem permite acelerar e direcionar esse processo visando à obtenção de fertilizantes e substratos orgânicos ricos em nutrientes e em húmus.

O cultivo de hortaliças, tradicionalmente, não prescinde da adubação orgânica, que é geralmente conduzida por meio do emprego de esterco, comumente oriundos de criações avícolas. No passado, ambas as explorações, denominadas hortigranjeiras, situavam-se em áreas definidas

como cinturões verdes, localizadas nas proximidades dos centros urbanos. Entretanto, as granjas migraram desses cinturões, acompanhando as lavouras extensivas de milho, no contexto da expansão da fronteira agrícola no País. Esse fato teve reflexo direto na disponibilidade de esterco de aves para a fertilização das hortaliças. Além disso, limitações relacionadas ao espaço físico e o caráter intensivo da olericultura nas unidades familiares muitas vezes inviabilizam produções integradas, que contemplassem a pecuária. Como consequência, há forte dependência externa em relação ao emprego de adubos orgânicos, o que onera os custos monetários da produção (Leal, 2006).

Nesse contexto, a compostagem conduzida com palhas vegetais representa uma alternativa promissora. Ela é baseada na conversão de energia solar em biomassa produzida in situ, posteriormente transformada em adubo orgânico. Souza (2006), trabalhando em um módulo experimental destinado ao cultivo orgânico de hortaliças, localizado em região com baixa disponibilidade de adubos orgânicos, desenvolveu um sistema pioneiro de obtenção de composto, que é baseado no emprego de palha de *P. purpureum* misturada ao esterco de cama de aviário. De acordo com os resultados apresentados por esse autor, a adubação com composto proporcionou bom desempenho produtivo das diversas hortaliças avaliadas.

Havendo disponibilidade local de palhas e de outros resíduos gerados na área agrícola, compostos com alta eficiência agrônômica podem ser obtidos por meio de misturas que combinem materiais com alta e baixa relação C:N. Nesse sentido, palhas de gramíneas e leguminosas são combinadas para obter compostos orgânicos de boa qualidade biológica, física e química. Leal (2006) mostrou que a confecção de compostos com mistura de palha picada de *P. purpureum* 'Napier' e *C. juncea*, nas proporções de 33% e 66% da leguminosa, resultaram em valores da relação C:N de, respectivamente, 14 e 13, aos 120 dias após o início do processo.

Os compostos com 33% e 66% de palha de *C. juncea* utilizados como substratos proporcionaram a obtenção de mudas de alface e beterraba com padrão comercial (Leal et al., 2007). Em relação ao tomate, esses autores observaram que as mudas foram mais vigorosas em substrato obtido com o uso de composto confeccionado com 66% de *C. juncea* (Tabela 10). Os compostos orgânicos obtidos das misturas de gramínea e leguminosa relatadas anteriormente, ou confeccionado exclusivamente com palha de *C. juncea*, substituíram integralmente a adubação orgânica de plantio, realizada com esterco bovino, para o cultivo de alface, beterraba e tomateiro (Leal, 2006).

A utilização de substratos e fertilizantes obtidos por meio do processo de compostagem de palhas de gramíneas e leguminosas misturadas reduz o risco de eventuais contaminações químicas e biológicas que podem estar presentes ao se utilizarem insumos trazidos de fora da unidade de produção, como estercos e outros subprodutos agropecuários. Essa estratégia assume maior relevância no cultivo de hortaliças, em regiões nas quais prevaleça reduzida disponibilidade de estercos.

Tabela 10. Altura, número de folhas, rendimento de biomassa fresca e seca na parte aérea de mudas de tomateiro aos 33 dias após a semeadura, em Seropédica, RJ.

Tratamento	Altura (cm)	Folhas (nº por planta)	Biomassa fresca de parte aérea	Biomassa seca de parte aérea
			(mg por planta da parte aérea)	
100% crotalária (C)	5,0d	4,9b	363,3d	33,7e
66% C + 33% Napier (N)	10,2a	5,7a	1.020,0a	119,2a
33% C + 66% N	7,3c	5,0b	553,3c	62,3b
100% N	2,3e	2,1c	20,0e	2,3d
33% C + 66% N + esterco bovino ⁽¹⁾	7,0c	5,0b	540,0c	62,5b
33% C + 66% N + biofertilizante ⁽²⁾	6,8c	5,0b	476,7c	53,8b
100N + biofertilizante ⁽²⁾	2,8e	2,0b	30,0e	2,9d
Controle (substrato comercial)	8,4b	4,8b	740,0b	104,5a
Coefficiente de variação (%)	4,5	4,9	8,6	11,0

⁽¹⁾Compostagem com inoculação com esterco bovino na dose de 5% da massa total. ⁽²⁾Compostagem com adição de 100 L de biofertilizante líquido diluído a 5%.

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna, não diferem, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Adaptado de Leal et al. (2007).

Recomendações práticas

Independentemente da espécie de hortaliça, a adubação verde é uma técnica que quase sempre proporciona algum tipo de benefício para a cultura econômica, tanto direta quanto indiretamente, por meio da melhoria das condições do solo. A definição da época de plantio do adubo verde em relação à hortaliça dependerá do hábito de crescimento do adubo verde e da velocidade de crescimento de ambas as espécies, ou seja, do adubo verde e da hortaliça.

O manejo da adubação verde em rotação é favorável para qualquer tipo de cultura, ao passo que, no consorciado, são favorecidas principalmente as hortaliças de frutos e as brassicáceas. No caso do cultivo em rotação, uma espécie de adubo verde, ou um coquetel de espécies, pode ser incorporado no solo após a roçada, visando ao plantio posterior, ou mantido em cobertura sobre a superfície do terreno, realizando-se o plantio direto da hortaliça na palhada. A manutenção da palhada na superfície retarda, de maneira geral, a germinação das sementes de plantas espontâneas, ao passo que a incorporação no solo tende a fornecer nutrientes mais rapidamente para a cultura em sucessão.

Os adubos verdes cultivados em rotação com hortaliças podem ser roçados no momento em que se observa o máximo desenvolvimento dessas plantas, quando normalmente ocorre alta acumulação de nutrientes na massa vegetal, e a roçada é feita por ocasião do florescimento, no

caso de leguminosas. Se a espécie de adubo verde for uma gramínea, a roçada deve ser feita na fase de grão leitoso.

Em princípio, a maioria das hortaliças pode ser cultivada com adubos verdes. Para tanto, diversas estratégias de consórcios podem ser adotadas. Algumas já são conhecidas, enquanto outras têm sido testadas experimentalmente. Nesse sentido, o adubo verde pode ser semeado nas ruas ou nas próprias linhas de cultivo da hortaliça; pode-se também formar aleias ou faixas intercalares às hortaliças, quando as espécies de adubos verdes apresentarem porte arbustivo ou arbóreo. No entanto, o ajuste fino é feito na própria unidade de produção.

A escolha do melhor espaçamento entre as espécies consorciadas deverá atenuar a competição originada pela presença do adubo verde em consórcio com a hortaliça e otimizar o benefício da adubação verde. De maneira geral, o adubo verde é semeado nas ruas da cultura principal, utilizando-se uma, duas ou três linhas, de acordo com o espaçamento da hortaliça. No caso de hortaliças para as quais são feitas diversas colheitas, a semeadura do adubo verde pode ser realizada em ruas intercalares ou em todas as ruas, desde que o adubo verde seja roçado em uma delas quando se inicia o processo de colheita.

Em termos gerais, recomendam-se os seguintes cultivos consorciados: a) hortaliças de frutos, como tomate, quiabe, jiló, berinjela e pimentão, consorciadas com espécies de hábito ereto, como crotalárias, feijão-de-porco e guandu; b) brássicas, como repolho, couve-de-folha, brócolis e couve-flor, consorciadas com espécies de hábito ereto e porte baixo, como *C. spectabilis*, ou prostradas menos agressivas, como mucuna-anã, ou rastejantes perenes, como amendoim-forrageiro; c) hortaliças rizomatosas, como o taro, consorciadas com espécies de hábito ereto, como crotalárias. Além desses exemplos, sugere-se o plantio do adubo verde quando o ciclo da cultura principal está se completando; por exemplo, de hortaliças folhosas, como alface e chicória, consorciadas com *C. juncea*, semeada no terço final do ciclo dessas culturas.

Considerações finais

O grande desafio relacionado ao emprego de adubação verde no cultivo de hortaliças consiste, sem dúvida, em estimular sua apropriação, rotineiramente, por parte dos agricultores. Os resultados apresentados neste capítulo evidenciam os benefícios que essa técnica pode proporcionar nas unidades de produção, notadamente quando conduzida por meio da utilização de espécies de leguminosas, que tanto podem anteceder o cultivo das hortaliças quanto podem estar consorciadas a elas.

Embora a adubação verde, por vezes, não se traduza em ganhos imediatos de produtividade das hortaliças, como mostrado em algumas situações experimentais, ela acarreta, em geral, benefícios importantes ligados ao manejo das lavouras, tais como: proteção do solo quanto à

erosão hídrica; adição de matéria orgânica por meio do C da biomassa vegetal produzida in situ e da ciclagem de nutrientes do solo e do N atmosférico; atenuação de efeitos relacionados a variáveis climáticas; redução da infestação de populações de ervas de ocorrência espontânea; fonte de recursos alimentares e abrigo para inimigos naturais de pragas; controle de fitomoléstias de solo; e manutenção da diversidade funcional nas unidades de produção.

Referências

- AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 601-612, jul./ago. 2003.
- ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Adubação verde. In: HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A. de; RESENDE, F. V. (ed.). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2007. p. 99-112. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- CASTRO, C. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D.; CARVALHO, J. F. Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 495-502, maio 2005.
- CASTRO, C. M.; ALVES, B. J. R.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 8, p. 779-785, ago. 2004.
- CÉSAR, M. N. Z.; RIBEIRO, R. de L. D.; MANERA, T. C.; PAULA, P. D.; POLIDORO, J. C.; GUERRA, J. G. M. **Desempenho de duas cultivares de pimentão sob manejo orgânico em consórcio com crotalária**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2006. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 85).
- COSTA, M. B. B. da. (coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.
- ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 174).
- ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 339-347, mar. 1998.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de (ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 435-451.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; ALMEIDA, D. L. de; URQUIAGA, S.; BUSQUET, R. N. B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 415-420, mar. 2006.
- GUERRA, J. G. M.; DEPOLLI, H.; ALMEIDA, D. L. Managing carbon and nitrogen in tropical organic farming through green manuring. In: BADEJO, M. A.; TOGUN, A. O. (org.). **Strategies and tactics of sustainable agriculture in the tropics**. Lagos: College Press, 2004. v. 2, p. 125-140.
- GUERRA, J. G. M.; NDIAYE, A.; ASSIS, R. L. de; ESPINDOLA, J. A. A. Uso de plantas de cobertura na valorização de processos ecológicos em sistemas orgânicos de produção na região serrana fluminense. **Revista Agrícolas: experiências em agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 24-28, mar. 2007.
- LEAL, M. A. de A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L. de. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 392-395, jul./set. 2007.

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. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

MOREIRA, V. F.; PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; GUEDES, R. E.; COSTA, J. R. **Produção de biomassa de guandu em função de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 5 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 57).

NEVES, M. C. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H. Optimizing the use of BNF in organic agriculture: advantages of the tropics. In: KÖPKE, U. (org.). **Organic agriculture in the tropics and subtropics**. Berlim: Isobar, 2008. v. 1, p. 1-16.

OLIVEIRA, F. F. de. **Utilização de cobertura morta com palha de leguminosas e gramíneas para o controle de ervas invasoras e no desempenho de alface (*Latuca sativa* L.) sob manejo orgânico**. 2005. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

OLIVEIRA, F. F. de; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. dos S. F.; CEDDIA, M. B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, p. 216-220, abr./jun. 2008.

OLIVEIRA, F. L. de; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. E. da; URQUIAGA, S.; ESPINDOLA, J. A. A. The use of sunn hemp as green manure intercropped with taro. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 4, p. 562-566, out./dez. 2007.

OLIVEIRA, F. L. de; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; RIBEIRO, R. de L. D. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de cama de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, v. 37, n. 2, p. 60-63, 2003.

OLIVEIRA, F. L. de; RIBEIRO, R. de L. D.; SILVA, V. V.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 638-641, jul./set. 2004.

OLIVEIRA, N. G. de; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M. Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 112-117, jan./mar. 2006b.

OLIVEIRA, N. G.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M. Feijão-vagem semeado sobre cobertura viva perene de gramínea e leguminosa e em solo mobilizado, com adubação orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 9, p. 1361-1367, set. 2006a.

PADOVAN, M. P.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. de L. D.; NDIAYE, A. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1705-1710, dez. 2002.

PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de *Crotalaria* L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *C. juncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema plantio direto**. 2007. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PEREIRA, A. J. **Produção de biomassa aérea e sementes de *Crotalaria juncea* a partir de diferentes densidades populacionais e épocas do ano**. 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PEREIRA, A. J.; GUERRA, J. G. M.; MOREIRA, V. F.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S.; POLIDORO, J. C.; ESPINDOLA, J. A. A. **Desempenho agrônômico de *Crotalaria juncea* em diferentes arranjos populacionais e épocas do ano**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 4 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 82).

RANELLS, N. N.; WAGGER, M. G. Nitrogen release grass and legume cover crop monocultures and bicultures. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 5, p. 777-782, Sept./Oct. 1996.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L. **Ocorrência de insetos predadores de pulgões em cultivo orgânico de couve em sistema solteiro e consorciado com adubos verdes**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 101).