

## **Desempenho de Leguminosas Tropicais Perenes como Plantas de Cobertura do Solo**







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

ISSN 1676-6709

Maio/2007

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 20**

## **Desempenho de Leguminosas Tropicais Perenes como Plantas de Cobertura do Solo**

José Guilherme Marinho Guerra  
José Antônio Azevedo Espindola  
Adriano Perin  
Marcelo Grandi Teixeira  
Dejair Lopes de Almeida  
Renato Linhares de Assis

*Seropédica – RJ*

*2007*

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](http://www.cnpab.embrapa.br)

e-mail: [sac@cnpab.embrapa.br](mailto: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 Félix (Bibliotecária)

Expediente:

Revisores e/ou ad hoc: Bruno José Rodrigues Alves e Sérgio Miana de Faria

Normalização Bibliográfica: Dorimar dos Santos Félix

Editores eletrônicos: Marta Maria Gonçalves Bahia

1ª impressão (2007): 50 exemplares

G934d Guerra, José Guilherme Marinho

Desempenho de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo / José Antônio A. Espíndola, Adriano Perin, Marcelo G. Teixeira, Dejair L. de Almeida, Renato L. de Assis. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 39 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agrobiologia, ISSN 1676-6709; 20).

1. Leguminosa tropical. 2. Cobertura do solo. 3. Adubação verde. I. Espíndola, J. A. A., colab. II. Perin, A., colab. III. Teixeira, M. G., colab. IV. Almeida, D. L. de, colab. V. Assis, R. L. de, colab. VI. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). VII. Título. VIII. Série.

CDD 583.74

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 20, p. 329-335, 1988.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M.; RONDON, M. A.; ALARCON, H. F. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Colombia. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 801-808, 1997.

UNDI, M.; KAWONGA, K. C.; MUSEENDO, R. M. Nutritive value of maize stover/pasture legume mixtures as dry season supplementation for sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 40, p. 261-267, 2001.

VANCE, E. D.; BROOKS, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 19, p. 703-707, 1987.

XAVIER, D. F.; SOUTO, S. M.; FRANCO, A. A.; CARVALHO, M. M. Nodulação e desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em diferentes condições de adubação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, p. 399-405, 1993.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo.** 2001. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, p. 791-796, 2003.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Formação de cobertura viva de solo com amendoim forrageiro a partir de diferentes densidades e espaçamentos entre sulcos de plantio.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000a. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 38).

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 207-213, 2004.

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. **Agronomia**, Seropédica, v. 34, p. 38-43, 2000b.

SHEARER, G. B.; KOHL, D. H. N<sub>2</sub>-fixation in field settings: estimations based on natural <sup>15</sup>N abundance. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 13, p. 699-756, 1986.

SIEVERDING, E. **Vesiculo-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrossystems.** Eschborn: Technical Cooperation/Federal Republic Germany, 1991. 371 p.

SOUZA, F. A.; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. M. R. da; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivos sobre o potencial de inoculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, p. 1913-1923, 1999.

## SUMÁRIO

Resumo .....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Características de algumas leguminosas tropicais perenes.....	8
Avaliação de leguminosas para cobertura viva do solo submetidas a diferentes fontes de P e manejo da biomassa aérea após o corte.....	15
Avaliação de leguminosas para cobertura viva do solo submetidas a diferentes espaçamentos e densidades de plantio.....	29
Conclusões.....	33
Referências Bibliográficas .....	34

JORGE, L. A. C.; CRESTANA, S. SIARCS 3.0: novo aplicativo para análise de imagens digitais aplicado à Ciência do Solo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1., SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia, S.P. **Resumos...** Águas de Lindóia: USP/SLCS/SBCS, 1996. CD-ROM.

LOURENÇO, A. J.; MATSUI, E.; DELISTOIANOV, J.; BOIN, C.; BORTOLETO, O. Efeito de leguminosas tropicais na matéria orgânica do solo e na produtividade do sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 263-268, 1993.

MARTINS, C. E.; AMARAL, F. A. L.; COSER, A. C. Comportamento de espécies e ecótipos de estilósantes submetidos a diferentes níveis de saturação de alumínio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, p. 194-204, 1993.

McLAUGHLIN, M. J.; ALSTON, A. M.; MARTIN, J. K. Measurement of phosphorus in the soil microbial biomass: a modified procedure for field soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 18, p. 437-443, 1986.

MITIDIARI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988. 198 p.

OCIO, J. A.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. Field incorporation of straw and its effects on soil microbial biomass and soil inorganic N. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 23, p. 171-176, 1991.

ORTEGA, F. El humus de los suelos de Cuba. I. Suelos derivados de esquistos ácidos. **Ciências de la Agricultura**, La Habana, v. 17, p. 63-89, 1983.

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, 2005a. p. 435-451.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Evaluation of perennial herbaceous legumes with different phosphorus sources and levels in a Brazilian Ultisol. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Wallingford, v. 20, p. 56-62, 2005b.

ESPINDOLA, J. A. A.; OLIVEIRA, S. J. C. R.; CARVALHO, G. J. A. ; SOUZA, C. L. M.; PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. **Potencial alelopático e controle de plantas invasoras por leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 8 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 47).

FRANCO, A. A.; NEVES, M. C. P. Fatores limitantes à fixação biológica de nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Ed.) **Microbiologia do solo**. Campinas: SBCS, 1992. p. 219-230.

GRAVINA, G. A. **Diversidade, densidade de propágulos infectivos e capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares (FMA), em solo sob leguminosas herbáceas perenes**. 1998. 124 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A. Métodos químicos e físicos. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 267-292.

JENSEN, L. S.; MUELLER, T.; MAGID, J.; NIELSEN, N. E. Temporal variation of C and N mineralization, microbial biomass and extractable organic pools in soil after oilseed rape straw incorporation in the field. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 29, p. 1043-1055, 1997.

## Desempenho de Leguminosas Tropicais Perenes como Plantas de Cobertura do Solo\*

José Guilherme Marinho Guerra<sup>1</sup>  
José Antonio Azevedo Espindola<sup>1</sup>  
Adriano Perin<sup>2</sup>  
Marcelo Grandi Teixeira<sup>1</sup>  
Dejair Lopes de Almeida<sup>3</sup>  
Renato Linhares de Assis<sup>1</sup>

### Resumo

Resultados de pesquisa sobre a avaliação de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura do solo são apresentados no presente trabalho. Inicialmente, dois experimentos foram conduzidos para determinar o desempenho agrônômico de leguminosas tropicais perenes submetidas a diferentes fontes e doses de fósforo e ao manejo da biomassa aérea após o corte, assim como para avaliar o impacto dessas espécies sobre algumas características do solo. A partir desses resultados, dois outros experimentos foram instalados para avaliar o efeito de diferentes espaçamentos e densidades de plantio sobre a cobertura do solo e a acumulação de nutrientes por amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) e galáxia (*Galactia striata*). Foram conduzidas avaliações da produção de biomassa e da acumulação de N, P e K das leguminosas, assim como da capacidade de fixar nitrogênio biologicamente dessas espécies. Amostras de solo foram coletadas para a determinação de características químicas (relacionadas à fertilidade e a qualidade da matéria orgânica do solo) e biológicas (relacionadas à biomassa microbiana do solo e a população de fungos micorrízicos arbusculares nativos). Amendoim forrageiro, cudzu tropical, siratro (*Macroptilium atropurpureum*) e galáxia apresentaram resultados promissores quanto à capacidade de cobertura do terreno e ao desempenho produtivo. A cobertura do solo foi mais eficiente para os seguintes espaçamentos e densidades: 50 cm com 8 plantas m<sup>-1</sup> para amendoim forrageiro e 25 cm com 10 plantas m<sup>-1</sup> para cudzu tropical ou galáxia. O amendoim forrageiro apresentou os maiores teores de nitrogênio derivado da fixação biológica durante a estação chuvosa. Por sua vez, cudzu tropical elevou os teores de C orgânico do solo quando comparado ao amendoim forrageiro. Quanto aos aspectos biológicos do solo, amendoim forrageiro promoveu elevação dos teores de C e P microbianos, enquanto os maiores teores de N microbiano foram associados a siratro. Destaca-se ainda que a manutenção da biomassa aérea das leguminosas após cada corte na superfície do terreno aumentou os teores de C e N microbianos. Essa forma de manejo da biomassa aérea também promoveu aumento no número de propágulos infectivos (NPI) dos fungos

\* Trabalho realizado com auxílio financeiro da FAPERJ e da Embrapa

1 Embrapa Agrobiologia, BR 465, km 7, CEP: 23890-000, Seropédica, RJ.

2 Centro Federal de Educação Tecnológica de Rio Verde, Rod. Sul Goiana, km 1, C.P. 66, CEP 75901-970, Rio Verde/GO

3 Sítio Barra do Santa Teresa, RJ 116, km 100, CEP: 28660-000, Bom Jardim, RJ.

micorrízicos arbusculares nativos, sendo que amendoim forrageiro aumentou os valores de NPI em relação ao siratro. Os resultados obtidos evidenciaram o potencial de uso das leguminosas tropicais perenes avaliadas como plantas de cobertura do solo.

**Termos para indexação:** adubos verdes, arranjo populacional, fertilização fosfatada, plantas de cobertura.

## Evaluation of Tropical Perennial Legumes Used as Soil Cover Crops

### Abstract

The present report aims to show research results from the evaluation of tropical perennial legumes used as soil cover crops. Two trials were conducted to study the agronomic performance of tropical perennial legumes with different phosphorus sources and levels, and residue management after harvest, as well as its effect on some soil characteristics. Two other trials were conducted to evaluate the effects of different levels of row spacing and planting densities on the soil coverage and shoot accumulation of nutrients by forage groundnut (*Arachis pintoii*), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*) and galactia (*Galactia striata*). The legumes species were evaluated for dry matter production, shoot accumulation of N, P and K, and the potential of nitrogen fixation. Soil samples were collected for determination of chemical (related to soil fertility and quality of soil organic matter) and biological characteristics (related to soil microbial biomass and indigenous arbuscular mycorrhizal fungi population). Forage groundnut (*Arachis pintoii*), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*) and galactia (*Galactia striata*) showed promising results for soil coverage capacity and yields. The best soil coverage was obtained with the treatments: 50 cm spacing with 8 plants m<sup>-1</sup> for forage groundnut, and 25 cm spacing with 10 plants m<sup>-1</sup> for tropical kudzu or galactia. The greater contribution of biological nitrogen fixation (BNF) during the rainy season was related to forage groundnut. Tropical kudzu increased soil organic C contents when compared to forage groundnut. In relation to soil biological characteristics, forage groundnut promoted higher microbial C and P contents, while siratro increased microbial N. Keeping the shoot in the soil surface as a mulch increased microbial C and N contents. It also promoted a higher number of infective propagules (NIP) for indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. Forage groundnut increased the number of NIP in relation to siratro. The results have shown the potential of tropical perennial legumes as soil cover crops.

**Index terms:** green manures, population arrangement, phosphate fertilization, cover crops.

BRYAN, H. H.; ABDUL-BAKI, A. A.; REEVES, J. B. III; CARRERA, L. M.; KLASSEN, W.; ZINATI, G.; CODALLO, M. Perennial *Arachis* spp. as a multipurpose living mulch, ground cover and forage. **Journal of Vegetable Crop Production**, Binghamton, v. 7, p. 113-116, 2001.

BUSSCHER, W. J.; REEVES, D. W.; KOCHHANN, R. A.; BAUER, P. J.; MULLINS, G. L.; CLAPHAM, W. M.; KEMPER, W. D.; GALERANI, P.R. Conservation farming in southern Brazil: using cover crops to decrease erosion and increase infiltration. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 51, p. 188-192, 1996.

CANELLAS, L. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; REZENDE, C. E.; CAMARGO, P. B.; ZANDONADI, D. B.; RUMJANEK, V. M.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G.; BRAZ-FILHO, R. Organic matter quality in a soil cultivated with perennial herbaceous legumes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, p. 53-61, 2004.

COSTA, M. B. B. (Coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, p. 139-147, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (Seropédica, RJ). **Banco de dados de leguminosas para adubação verde**. Disponível em: <<http://intranet2.cnpab.embrapa.br/leguminosas/busca.asp>> Acesso em: 21 nov. 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p.339-347, 1998.

- O cultivo das leguminosas tropicais perenes e seu manejo mostrou-se capaz de influenciar características químicas e biológicas do solo tais como o teor de matéria orgânica, a biomassa microbiana e a população de fungos micorrízicos arbusculares nativos.

## Referências Bibliográficas

---

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, p. 175-185, 1995.

ANJOS, J. R. N.; KITAJIMA, E. W.; CHARCHAR, M. J. A.; MARINHO, V. L. A. Infecção natural de *Arachis pintoi* por "Peanut Mottle Virus" no Brasil Central. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 71-74, 1998.

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 Agronômico de Campinas, 1983. 48 p. (Instituto Agronômico de Campinas. Boletim Técnico, 78).

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. Part 2. p. 595-624. (Agronomy, 9).

BROOKES, P. C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D. S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 17, p. 837-842, 1985.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 14, p. 319-329, 1982.

## Introdução

---

O uso de leguminosas como plantas de cobertura do solo revela-se como uma estratégia importante para aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, trazendo benefícios para o solo e as culturas. Dentre as vantagens relacionadas a essa prática agrícola, podem ser citados o aporte de biomassa às áreas cultivadas (ESPINDOLA et al., 2005a); o fornecimento de N através do processo de fixação biológica (THOMAS et al., 1997); a reciclagem de nutrientes presentes em camadas profundas do solo (COSTA, 1993); a proteção do solo contra a erosão, amenizando o impacto ocasionado pelas chuvas intensas (BUSSCHER et al., 1996); e o controle de plantas espontâneas (ESPINDOLA et al., 2001).

As leguminosas herbáceas perenes mostram-se particularmente interessantes como plantas de cobertura em áreas de pomares (BRYAN et al., 2001), uma vez que tais espécies podem ser semeadas/plantadas e mantidas como cobertura viva do solo através de roçadas periódicas, dispensando a necessidade de novas compras de sementes ou mudas. Além do consórcio com espécies frutíferas, as leguminosas herbáceas perenes podem ainda ser empregadas como plantas forrageiras (UNDI et al., 2001), tendo sua biomassa aérea removida da área cultivada para a alimentação de animais. Dessa forma, torna-se necessário o entendimento do efeito do tipo de manejo da biomassa aérea sobre a fertilidade do solo.

A identificação de espécies de leguminosas adequadas para as condições edafoclimáticas de cada região mostra-se essencial para garantir a eficiência dessas plantas de cobertura. Problemas como a sensibilidade a solos com reduzida fertilidade e o ataque por fitopatógenos são citados por diversos autores (MARTINS et al., 1993; ANJOS et al., 1998). Dentre os nutrientes que podem limitar o desenvolvimento das leguminosas, o fósforo merece destaque não somente por ser um elemento essencial ao desenvolvimento das plantas, mas também pela sua importância no processo da fixação biológica de nitrogênio (FRANCO & NEVES, 1992). Assim, a fertilização fosfatada representa uma estratégia que pode favorecer o desenvolvimento das leguminosas herbáceas perenes.

Um aspecto importante para a formação de cobertura viva do solo por estas espécies é o seu estabelecimento. Segundo PERIN et al. (2000a), o estabelecimento da cobertura viva é influenciado pela taxa de cobertura das leguminosas herbáceas perenes, que se mostra lenta inicialmente, quando comparada a de leguminosas anuais, o que torna necessários cuidados que assegurem a supressão da vegetação espontânea, até que as plantas se estabeleçam. A determinação de arranjos populacionais adequados pode contribuir para se alcançar maior eficiência na implantação de plantas de cobertura (PERIN, 2001).

Apesar das vantagens descritas para o uso de leguminosas herbáceas perenes como coberturas vivas, ainda existem poucas informações disponíveis sobre essa prática agrícola. O objetivo do presente trabalho é apresentar resultados de pesquisa sobre a avaliação de leguminosas tropicais perenes como plantas de cobertura, assim como seus efeitos sobre características químicas e biológicas do solo. Também são apresentadas características que auxiliam na identificação e no manejo destas espécies.

### **Características de algumas leguminosas tropicais perenes**

Algumas características das leguminosas têm relação direta com sua aplicação como coberturas vivas do solo. Quanto ao ciclo, todas as espécies apresentadas nesta publicação são perenes, ou seja, mantêm suas folhas durante o período de floração, formando uma cobertura permanente do solo.

O hábito de crescimento também deve ser considerado ao se escolher leguminosas que serão empregadas como plantas de cobertura do solo. As leguminosas herbáceas perenes geralmente apresentam hábitos de crescimento ereto, volúvel ou rastejante. As leguminosas de hábito de crescimento ereto possuem caule de crescimento vertical, enquanto as de hábito volúvel apresentam caule alongado, flexível e que se enrola em suportes ou outras plantas. Finalmente, aquelas de hábito rastejante crescem e se desenvolvem paralelamente ao solo.

Com relação às sementes, devem ser observadas a dormência e o tamanho. Algumas sementes de leguminosas tropicais perenes

Tabela 18. Produção de biomassa e acúmulo de N, P e K na parte aérea de amendoim forrageiro, considerando diferentes densidades de plantio, por ocasião de diferentes cortes<sup>1</sup>.

Densidade (plantas m <sup>-1</sup> )	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	N acumulado -----	P acumulado (kg ha <sup>-1</sup> )-----	K acumulado
<b>1º Corte</b>				
2	3,08 b <sup>2</sup>	99,07 b	5,86 b	44,90 b
4	3,46 b	109,13 b	6,67 b	51,08 ab
8	3,44 b	105,64 b	6,70 b	49,91 ab
16	4,22 a	136,15 a	8,52 a	61,92 a
<b>2º Corte</b>				
2	5,20 c	134,28 b	7,70 c	52,75 b
4	6,06 bc	155,25 ab	10,14 b	61,34 ab
8	6,38 ab	164,88 a	11,58 ab	62,91 ab
16	7,14 a	182,78 a	12,37 a	72,04 a
<b>3º Corte</b>				
2	4,39 b	142,36 b	7,60 c	61,23 b
4	5,11 ab	168,20 ab	10,13 b	79,17 ab
8	5,39 a	180,94 a	11,32 ab	86,62 a
16	5,80 a	194,16 a	12,57 a	96,43 a

<sup>1</sup>Adaptado de: PERIN et al. (2000a); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### **Conclusões**

- As leguminosas amendoim forrageiro, cudzu tropical, siratro e galáxia apresentaram resultados promissores quanto à capacidade de cobertura do terreno e bons desempenhos produtivos. Amendoim forrageiro apresentou os mais elevados teores de N derivado da fixação biológica durante a estação chuvosa do ano.

- A cobertura do solo pelo amendoim forrageiro foi mais eficiente quando se usou o espaçamento de 0,50 m entre sulcos com a densidade de 8 plantas m<sup>-1</sup>, enquanto o espaçamento de 0,25 m com 10 plantas m<sup>-1</sup> se mostrou mais adequado para a cobertura do solo pelas espécies cudzu tropical e galáxia.

mais eficientes para a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes em cudzu tropical e galáxia, por possibilitarem maior economia de sementes durante o plantio.

Tabela 17. Produção de biomassa e acúmulo de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia, considerando diferentes densidades de plantio, por ocasião do primeiro corte das plantas<sup>1</sup>.

Densidade (plantas m <sup>-1</sup> )	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	N acumulado ----- (kg ha <sup>-1</sup> )-----	P acumulado (kg ha <sup>-1</sup> )	K acumulado
5	2,54 b <sup>2</sup>	68,07 b	4,94 a	23,47 b
10	3,37 a	90,03 a	5,70 a	31,50 a
15	3,36 a	82,11 ab	5,93 a	32,72 a
20	3,28 a	84,84 ab	5,83 a	31,47 a

<sup>1</sup>Adaptado de: PERIN et al. (2004); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para o amendoim forrageiro, avaliado no segundo experimento, os maiores valores de produção de biomassa e acúmulo de N, P e K foram proporcionados pela densidade de 16 plantas m<sup>-1</sup> por ocasião do primeiro corte (Tabela 18). Por ocasião do segundo e terceiro cortes, constatou-se que as diferenças proporcionadas inicialmente pela densidade diminuem progressivamente com o passar do tempo. Dessa forma, por ocasião do terceiro corte, a densidade de 4 plantas já não difere de 8 e 16 plantas m<sup>-1</sup>, exceto para acúmulo total de P nas plantas. O comportamento observado possivelmente decorre das características botânicas da espécie, visto que a formação de estolões permite a multiplicação de gemas e o aumento dos pontos de emissão da parte aérea, possibilitando que, ao longo do tempo, a produção de biomassa torne-se independente da densidade de plantio. Portanto, o emprego da densidade de 8 plantas m<sup>-1</sup> no espaçamento de 50 cm mostra-se adequada para a formação de cobertura viva com amendoim forrageiro.

apresentam tegumento enrijecido, o que implica na ocorrência de dureza. Nesses casos, recomenda-se o tratamento com água quente à temperatura de 90°C, por uma hora. Outras características das sementes destas espécies que devem ser levadas em consideração são massa e tamanho reduzidos, o que implica em cuidados especiais ao se realizar seu plantio. Tais sementes devem ser semeadas em terrenos bem preparados, ficando cobertas por uma fina camada de terra.

São apresentadas abaixo características de algumas das principais leguminosas tropicais perenes que podem ser empregadas como cobertura viva do solo (MITIDIERI, 1988; COSTA, 1993; EMBRAPA, 2006):

a) Amendoim forrageiro (*Arachis pintoï*): Hábito de crescimento rastejante. Seu crescimento ocorre através de estolões. Os folíolos apresentam forma ovalada e, geralmente, não ocorre desfolhamento natural. As flores ocorrem isoladamente ou em ráceros, sendo amarelas, branco-amareladas ou alaranjadas. Os frutos são formados abaixo da superfície do terreno, dando origem a vagens subterrâneas com paredes grossas, contendo de uma a seis sementes sem dureza; sua reprodução pode ser feita por mudas ou sementes. O peso de 100 sementes é 14 g.

Esta espécie é originária da América do Sul. O amendoim forrageiro tem média tolerância ao frio e à seca, e baixa tolerância às condições de encharcamento. Cresce bem em solos ácidos, de baixa a média fertilidade. Tem exigência moderada quanto a fósforo, sendo, no entanto, eficiente na absorção deste elemento.

b) Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*): Hábito de crescimento volúvel. Os caules são longos e apresentam pêlos marrons. As folhas são formadas por três folíolos, os quais também podem ter pêlos. As flores são pequenas, de cor azul ou violeta, dispostas em racemos. Suas vagens são achatadas e pilosas, com cinco a dez sementes que apresentam dureza. O peso de 100 sementes é 3,5 g.



Foto 1. Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*)

Esta espécie é originária da América do Sul, apresentando boa adaptação a locais úmidos. Não tolera geadas. Mostra-se menos exigente em termos de fertilidade que a maioria das leguminosas.



Foto 2. Calopogônio (*Calopogonium mucunoides*)

c) Centrosema (*Centrosema pubescens*): Hábito de crescimento volúvel. As folhas são formadas por três folíolos, de forma ovalada.

estabelecimento e, conseqüentemente, de maior competição com a vegetação espontânea. Além disso, a rapidez na cobertura do solo minimiza a erosão (ALVARENGA et al., 1995).

Tabela 15. Tempo após o plantio de amendoim forrageiro para se atingir 50% da cobertura do solo ( $T_{1/2}$ ), de acordo com diferentes densidades de plantio.

Densidade (plantas m <sup>-1</sup> )	Amendoim forrageiro $T_{1/2}$ (dias)
2	125
4	103
8	84
16	68

Adaptado de: PERIN et al. (2003).

Quanto à produção de biomassa e acúmulo de nutrientes no primeiro experimento para cudzu tropical e galáxia, houve, por ocasião do primeiro corte, maior produção de biomassa e acúmulo de N, P e K no espaçamento de 25 cm (Tabela 16).

Tabela 16. Produção de biomassa e acúmulo de N, P e K na parte aérea de cudzu tropical e galáxia, considerando diferentes espaçamentos, por ocasião do primeiro corte das plantas<sup>1</sup>.

Espaçamento entre sulcos (cm)	Biomassa (Mg ha <sup>-1</sup> )	N acumulado	P acumulado	K acumulado
		----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----		
25	3,43 a <sup>2</sup>	87,22 a	6,04 a	32,65 a
50	2,84 b	75,86 b	5,20 b	26,01 b

<sup>1</sup>Adaptado de: PERIN et al. (2004); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Ao avaliar as densidades de plantio para aquelas espécies, notou-se que a maior produção de biomassa e os maiores acúmulos de N e K foram evidenciados nas densidades de 10, 15 e 20 plantas m<sup>-1</sup> (Tabela 17). Com base nesses resultados, é possível recomendar o espaçamento de 25 cm e a densidade de 10 plantas m<sup>-1</sup> como os

Em ambos os experimentos, procederam-se avaliações da taxa de cobertura do solo (antes do primeiro corte), produção de biomassa aérea e seus teores de N, P e K, conforme descrito anteriormente.

Os resultados obtidos permitem destacar, quanto à avaliação da cobertura do solo, conduzida no primeiro experimento, que o tempo em dias após o plantio para se atingir 50% da cobertura do solo ( $T_{1/2}$ ) variou de 47 dias (no espaçamento de 25 cm com 20 plantas  $m^{-1}$ ) até 79 dias (no espaçamento de 50 cm com 5 plantas  $m^{-1}$ ) para a espécie galáxia (Tabela 14).

Tabela 14. Tempo após o plantio de cudzu tropical e galáxia para se atingir 50% da cobertura do solo ( $T_{1/2}$ ), de acordo com diferentes espaçamentos e densidades de plantio.

Espaçamento entre sulcos (cm)	Densidade (plantas $m^{-1}$ )	Cudzu tropical	Galáxia
		$T_{1/2}$ (dias)	
25	5	72	71
25	10	68	62
25	15	65	52
25	20	60	47
50	5	82	79
50	10	74	71
50	15	69	64
50	20	66	65

Fonte: PERIN et al. (2004).

Já para cudzu tropical, os valores de  $T_{1/2}$  variaram de 60 dias (no espaçamento de 25 cm com 20 plantas  $m^{-1}$ ) até 82 dias (no espaçamento de 50 dias com 5 plantas  $m^{-1}$ ). Por sua vez, no segundo experimento, não foram observados efeitos de espaçamento para a cobertura do solo pelo amendoim forrageiro. Os valores de  $T_{1/2}$  relacionados à densidade de plantio dessa leguminosa variaram de 68 dias (na densidade de 16 plantas  $m^{-1}$ ) até 125 dias (na densidade de 2 plantas  $m^{-1}$ ) (Tabela 15). Essas diferenças de 22 dias para cudzu tropical, 32 dias para galáxia e 57 dias para amendoim forrageiro mostram-se extremamente importantes pelo fato das plantas se encontrarem na fase inicial de

As flores são grandes e dispostas em racemos, com cor azulada, branca, rósea ou violeta. Suas sementes apresentam dureza. O peso de 100 sementes é 3,4 g.

É originária da América do Sul, mas se encontra disseminada por outras regiões tropicais do mundo. Caracteriza-se como uma espécie rústica, com razoável resistência à seca e mostra-se pouco sensível a pragas e doenças, mas não tolera condições de frio e encharcamento. Desenvolve-se bem em solos de reduzida fertilidade, embora apresente maior produção de biomassa em solos férteis.



Foto 3. *Centrosema* (*Centrosema pubescens*)

d) Cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*): Hábito de crescimento volúvel. As folhas são formadas por três folíolos, de cor verde na superfície superior, e prateadas na inferior. As flores são violetas ou brancas, distribuídas em racemos e com maturação desuniforme. Suas vagens são de coloração verde quando novas e pretas quando secas, contendo cerca de 10 a 12 sementes com dureza. O peso de 100 sementes é 1,2 g.

É originário da Ásia, apresentando boa resistência ao sombreamento, o que favorece sua adoção como planta de cobertura do solo em áreas com fruteiras. Cresce melhor em locais úmidos e com temperatura elevada. Tolerância a solos ácidos e deficientes em fósforo e cálcio.



Foto 4. Cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*)

e) Cunhã (*Clitoria ternatea*): Hábito de crescimento volúvel. Folhas com cinco a nove folíolos. Flores grandes, isoladas, de cor azul ou branca. As vagens são lineares, com 5 a 10 cm. As sementes são pegajosas e apresentam dureza. O peso de 100 sementes é 4,8 g.

Tabela 13. Número de propágulos infectivos de FMA nativos sob cobertura de leguminosas tropicais perenes<sup>1</sup>.

Leguminosa	Número de propágulos infectivos	
	Manejo da biomassa aérea	
	Manutenção	Remoção
Amendoim forrageiro	802 Aa <sup>2</sup>	361 Ab
Cudzu tropical	584 ABa	251 ABb
Siratiro	269 Ba	167 Bb

<sup>1</sup>Fonte: GRAVINA (1998); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### **Avaliação de leguminosas para cobertura viva do solo submetidas a diferentes espaçamentos e densidades de plantio**

Dois outros experimentos foram realizados na área experimental da Embrapa Agrobiologia, visando avaliar diferentes espaçamentos e densidades de plantio para leguminosas herbáceas perenes empregadas como cobertura viva do solo.

No primeiro experimento, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em fatorial 2 x 2 x 4, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de duas espécies (cudzu tropical e galáxia), dois espaçamentos entre sulcos de plantio (25 e 50 cm) e quatro densidades (5, 10, 15 e 20 plantas m<sup>-1</sup>). As dimensões das parcelas foram de 2,0 x 2,0 m. Foram realizados dois cortes das leguminosas perenes, aos 5 e aos 12 meses após o plantio.

No segundo experimento, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em fatorial 2 x 4, com quatro repetições avaliando-se somente a espécie de amendoim forrageiro. Os tratamentos constaram de dois espaçamentos entre sulcos de plantio (25 e 50 cm) e quatro densidades (2, 4, 8 e 16 plantas m<sup>-1</sup>). As dimensões das parcelas foram de 2,0 x 2,0 m.

Tabela 11. Carbono, nitrogênio e fósforo microbianos em solo capinado ou sob cobertura de leguminosas tropicais perenes<sup>1</sup>.

Atributo	Tratamentos			
	Capina	Amendoim forrageiro	Cudzu tropical	Siratro
C microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	243,9 b <sup>2</sup>	324,5 a	213,7 b	203,1 b
N microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	36,2 c	44,2 b	45,4 b	55,9 a
P microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	9,1 b	10,8 a	7,9 c	7,6 c

<sup>1</sup> Adaptado de: DUDA et al. (2003); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 12. Carbono, nitrogênio e fósforo microbianos em solo submetido a diferentes manejos da biomassa aérea<sup>1</sup>.

Atributo	Manejo da biomassa aérea	
	Manutenção	Remoção
C microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	262,8 a <sup>2</sup>	229,9 b
N microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	46,9 a	43,9 b
P microbiano (mg kg <sup>-1</sup> )	8,9 a	8,8 a

<sup>1</sup> Adaptado de: DUDA et al. (2003); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O estudo sobre o número de propágulos infectivos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) nativos do solo permitiu detectar aumento daquele valor quando se realiza a manutenção da biomassa aérea na superfície do terreno após cada corte das plantas, quando comparado à remoção do material vegetal (Tabela 13). Dentre as leguminosas, amendoim proporcionou maior número de propágulos infectivos de FMA em relação ao siratro. Esse processo tem sido apontado como uma estratégia de manejo interessante dos fungos micorrízicos arbusculares nativos (ESPINDOLA et al., 1998; SOUZA et al., 1999), levando-se em consideração que o uso de inoculantes de FMA em larga escala ainda é restrito pela baixa disponibilidade desse insumo.

Esta espécie é originária da Ásia, encontrando-se disseminada em diversas regiões do mundo. É resistente à seca e pouco sensível a pragas e doenças. Necessita de umidade, mas não tolera encharcamento. Cresce melhor em solos de média a alta fertilidade.



Foto 5. Cunhã (*Clitoria ternatea*)

f) Estilosantes (*Stylosanthes guianensis*): Hábito de crescimento ereto. As folhas são formadas por três folíolos, de forma ovalada ou lanceolada. Flores de cor amarela. As sementes são pegajosas e apresentam dureza. O peso de 100 sementes é 0,2 g.

Esta espécie é originária da América Central e do Sul. É capaz de sobreviver a longos períodos de seca. Não apresenta grande exigência em relação à fertilidade do solo, mostrando-se capaz de extrair nutrientes como fósforo, mesmo em solos com reduzidos teores deste nutriente.

g) Galáxia (*Galactia striata*): Hábito de crescimento volúvel. As folhas são trifolioladas, sendo os folíolos lanceolados. Suas flores apresentam cor violácea ou branca, sendo distribuídas em racemos. As sementes apresentam dureza, com peso de 100 sementes igual a 3,4 g.

Esta espécie é originária da América Central e do Sul. Mostra-se tolerante à geada, a seca e ao fogo. É pouco exigente em termos de fertilidade do solo, mas não tolera condições de encharcamento.

h) Siratro (*Macroptilium atropurpureum*): Hábito de crescimento volúvel. Suas folhas são trifolioladas, com folíolos laterais e ovais. As flores apresentam cor roxo-escuro, sendo distribuídas em racemos. Suas sementes apresentam dureza, com peso de 100 sementes igual a 1,4 g.

É originário da América do Norte. Cresce bem em temperaturas acima de 21°C. É sensível a geadas e apresenta certa tolerância à seca, mas não se adapta a terrenos encharcados. É resistente a nematóides, mas pode ser atacado por oídio. É uma espécie rústica, mas não se mostra muito tolerante à acidez do solo.



Foto 6. Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)

Tabela 10. Relação C/N e abundância isotópica de <sup>13</sup>C de ácidos húmicos em solo sob cobertura de leguminosas tropicais perenes e gramínea com diferentes manejos da biomassa aérea, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm<sup>1</sup>.

Espécie	Relação C/N	Delta <sup>13</sup> C
<u>0-5 cm</u>		
Amendoim forrageiro – man. <sup>2</sup>	11,0	- 19,16 ± 0,01
Amendoim forrageiro – rem. <sup>3</sup>	11,6	- 18,55 ± 0,02
Cudzu tropical – man.	11,0	- 20,97 ± 0,03
Cudzu tropical – rem.	11,3	- 18,16 ± 0,04
Siratro – man.	10,9	- 21,77 ± 0,02
Siratro – rem.	11,3	- 20,15 ± 0,04
<i>Panicum maximum</i>	13,2	- 17,30 ± 0,01
<u>5-10 cm</u>		
Amendoim forrageiro – man.	11,0	- 17,38 ± 0,01
Amendoim forrageiro – rem.	11,4	- 17,38 ± 0,40
Cudzu tropical – man.	11,3	- 18,56 ± 0,09
Cudzu tropical – rem.	11,8	- 19,97 ± 0,03
Siratro – man.	11,7	- 18,92 ± 0,54
Siratro – rem.	12,1	- 19,27 ± 0,29
<i>Panicum maximum</i>	12,7	- 16,74 ± 0,28

<sup>1</sup>Adaptado de: CANELLAS et al. (2004); <sup>2</sup>man. = manutenção da biomassa aérea; <sup>3</sup>rem. = remoção da biomassa aérea.

#### d) Características biológicas do solo

Considerando-se a biomassa microbiana do solo, foi possível observar no primeiro experimento que amendoim forrageiro aumentou os teores de C e P microbianos, enquanto o teor para N microbiano foi favorecido pela leguminosa siratro (Tabela 11). Por sua vez, observou-se também efeito do manejo da biomassa aérea sobre C e N microbianos. A manutenção da biomassa aérea na superfície do terreno após cada corte resultou em aumento da biomassa microbiana do solo (Tabela 12). Os resultados descritos respaldam aqueles obtidos por outros autores quanto aos efeitos da utilização de plantas de cobertura sobre a biota do solo (OCIO et al., 1991; JENSEN et al., 1997).

Tabela 9. Teor de carbono nos ácidos fúlvicos ( $C_{AF}$ ), ácidos húmicos ( $C_{AH}$ ) e huminas ( $C_H$ ) e relação ácido húmico/ácido fúlvico (AH/AF) em solo sob cobertura de leguminosas tropicais perenes e gramínea, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm<sup>1</sup>.

Espécie	$C_{AF}$	$C_{AH}$	$C_H$	AH/AF
	----- (g kg <sup>-1</sup> ) -----			
	<u>0-5 cm</u>			
Amendoim forrageiro	2,24 a <sup>2</sup>	0,53 ab	6,51 a	0,24 b
Cudzu tropical	1,45 b	0,48 b	4,42 a	0,33 a
Siratro	1,83 ab	0,63 a	4,76 a	0,34 a
<i>Panicum maximum</i>	1,43	0,78	4,21	0,55
	<u>5-10 cm</u>			
Amendoim forrageiro	2,19 a	0,81 a	5,87 a	0,37 a
Cudzu tropical	1,49 b	0,35 b	5,68 a	0,23 b
Siratro	2,04 a	0,55 ab	4,68 a	0,27 b
<i>Panicum maximum</i>	1,25	0,86	5,24	0,69

<sup>1</sup>Adaptado de: CANELLAS et al. (2004); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Avaliação de leguminosas para cobertura viva do solo submetidas a diferentes fontes de P e manejo da biomassa aérea após o corte

Os estudos foram realizados na área experimental da Embrapa Agrobiologia, situada no município de Seropédica, na região da Baixada Fluminense. A região climática caracteriza-se pela elevação da temperatura média do ar e início do período chuvoso em outubro, estendendo-se até março. No período de junho a agosto, há uma queda na temperatura e na precipitação. Já os meses de abril e setembro são considerados de transição. O solo das áreas experimentais é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo.

Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo visando avaliar o desempenho de oito leguminosas na cobertura do solo, na produção de biomassa, no acúmulo de nutrientes e seu impacto sobre características químicas e biológicas do solo.

No primeiro experimento foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em fatorial 5 x 4, com três repetições. Foram avaliadas cinco leguminosas: amendoim forrageiro (*Arachis pintoii*), acesso BR-14951 seção estolonífera; calopogônio (*Calopogonium mucunoides*); cudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*); estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), e siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Cada uma dessas espécies recebeu diferentes fontes e doses de fósforo (ausência de adubação fosfatada, 44 e 88 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicados como rocha fosfática e 44 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicados como superfosfato triplo). As parcelas foram subdivididas para a manutenção ou retirada desse material da área cultivada após cada corte. As dimensões das parcelas foram de 3,0 x 7,0 m, enquanto as subparcelas corresponderam à metade desta área.

Avaliações da taxa de cobertura do solo foram realizadas com auxílio do programa SIARCS 3.0 (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo) conforme descrito por JORGE & CRESTANA (1996).

Os dois primeiros cortes de calopogônio, cudzu tropical, estilosantes e siratro foram feitos aos 5 e 9 meses após o plantio. Devido à realização do replantio, o amendoim forrageiro foi cortado pela primeira vez aos 7 meses. Depois dos dois primeiros cortes, as leguminosas calopogônio e estilosantes foram eliminadas das avaliações posteriores devido, respectivamente, ao ataque maciço de ácaros e à sensibilidade ao corte. O corte realizado no estilosantes foi feito na altura de 10 cm acima do solo, abaixo do ponto de rebrota, o que afetou a sobrevivência desta espécie. As espécies remanescentes foram cortadas ainda aos 12, 21, 24, 35 e 38 meses após o plantio, perfazendo um total de seis cortes para amendoim forrageiro e sete cortes para cudzu tropical e siratro.

No momento de cada corte, foram coletadas amostras da parte aérea das leguminosas para a determinação da produção de biomassa e dos teores de N, P e K. Essas amostras foram secas em estufa à temperatura de 65°C até alcançarem peso constante, sendo então moídas. O procedimento para a análise de N na biomassa baseou-se no método recomendado por BREMNER & MULVANEY (1982), enquanto P e K foram determinados a partir da digestão nítrico-perclórica (BATAGLIA et al., 1983). A determinação do P foi feita por colorimetria através da formação da cor azul do complexo fosfato-molibdato em presença de ácido ascórbico, e do K por fotometria de chama (EMBRAPA, 1997).

Aos 24 meses após o plantio, no final da estação chuvosa, foram coletadas amostras de parte aérea das leguminosas que receberam adubação com superfosfato triplo, visando quantificar a fixação biológica de nitrogênio (FBN) através do método da abundância natural de <sup>15</sup>N (SHEARER & KOHL, 1986). Como testemunhas não fixadoras, foram utilizadas *Panicum maximum* cv. KK 16 e *Brachiaria arrecta* nas parcelas originalmente cultivadas com calopogônio.

Foram coletadas amostras compostas de solo aos 30 meses após o plantio em diferentes profundidades (0-5, 5-10 e 10-20 cm), visando avaliar o efeito das coberturas vivas sobre a fertilidade do solo (EMBRAPA, 1997). As amostras relativas às profundidades de 0-5 e 5-10 cm foram ainda submetidas ao fracionamento da matéria

Tabela 8. Teor de carbono orgânico, P disponível e K trocável em solo sob cobertura de leguminosas tropicais perenes, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm<sup>1</sup>.

Prof. (cm)	Amendoim forrageiro			Cudzu tropical			Siratro		
	C (g kg <sup>-1</sup> )	P ----(mg dm <sup>-3</sup> )----	K	C (g kg <sup>-1</sup> )	P ----(mg dm <sup>-3</sup> )----	K	C (g kg <sup>-1</sup> )	P ----(mg dm <sup>-3</sup> )----	K
0-5	7,0 Ab	5,8 Aa	53,0 Aa	8,1 Aa	5,6 Aa	59,0 Aa	7,7 Aab	4,9 Aa	57,0 Aa
5-10	6,9 Bb	4,5 Ba	28,0 Ba	7,2 Ba	4,4 Ba	40,0 Ba	7,1 Bab	4,1 Ba	27,0 Ba
10-20	5,1 Cb	4,0 Ca	21,0 Ba	6,0 Ca	3,9 Ca	30,0 Ba	5,3 Cab	3,9 Ca	25,0 Ba

Fonte: <sup>1</sup>ESPINDOLA et al. (2005b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas (entre espécies) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O fracionamento da matéria orgânica do solo realizado também no primeiro experimento, aos 30 meses após sua implantação, revela o predomínio de frações de ácido fúlvico em todos os tratamentos, uma vez que as relações ácido húmico/ácido fúlvico foram menores que 1 para todas as leguminosas (Tabela 9). De acordo com ORTEGA (1983), os ácidos fúlvicos são compostos com grau de oxidação mais alto que os ácidos húmicos, e seus elevados teores nos solos podem ser decorrentes da oxidação parcial da matéria orgânica, ocasionando relativo enriquecimento dessa fração.

A relação C/N e a abundância isotópica de <sup>13</sup>C dos ácidos húmicos isolados são apresentadas na Tabela 10. A relação C/N dos ácidos húmicos foi baixa, encontrando-se entre 10,9 e 13,2, o que indica a possibilidade de uso desses compostos como fonte de energia para a biota do solo. Por sua vez, a análise da abundância isotópica de <sup>13</sup>C mostra que houve incorporação de material humificado ao solo cultivado com as leguminosas durante o período experimental. Os valores médios de delta <sup>13</sup>C dos ácidos húmicos para as parcelas de *Panicum maximum* foram de -17,02 ± 0,28, enquanto nas parcelas ocupadas com leguminosas constatou-se -19,13 ± 0,38. A contribuição de materiais orgânicos provenientes das leguminosas para os ácidos húmicos foi maior na camada superficial (0-5 cm) do solo.

### c) Características químicas do solo

A avaliação da fertilidade do solo feita no primeiro experimento, aos 30 meses após sua implantação, permitiu detectar interações significativas entre as leguminosas e as diferentes profundidades para os valores de pH e os teores de Al e Ca + Mg (Tabela 7). O solo onde o siratro foi cultivado apresentou maiores valores de pH e menores teores de Al na camada de 0-5 cm quando comparado aos do amendoim forrageiro e do cudzu tropical. Nessa mesma camada, também foram observados aumentos nos teores de Ca + Mg para todas as leguminosas, quando comparados com aqueles das demais profundidades.

Tabela 7. Valor de pH e teor de Al e Ca + Mg trocáveis em solo sob cobertura de leguminosas tropicais perenes, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm<sup>1</sup>.

Prof. (cm)	Amendoim forrageiro			Cudzu tropical			Siratro		
	pH	Al ---(mmolc dm <sup>-3</sup> )---	Ca+Mg	pH	Al ---(mmolc dm <sup>-3</sup> )---	Ca+Mg	pH	Al ---(mmolc dm <sup>-3</sup> )---	Ca+Mg
0-5	4,5 Ab <sup>2</sup>	1,3 Cb	42,0 Ab	4,5 Ab	1,5 Ba	41,0 Ab	5,0 Aa	0,1 Bc	47,0 Aa
5-10	4,3 Ba	2,0 Aa	35,0 Bb	4,5 Aa	1,6 Ab	38,0 Ba	4,5 Ba	1,6 Ab	39,0 Ba
10-20	4,5 Aa	1,5 Bb	35,0 Ba	4,5 Aa	1,4 Cc	36,0 Bb	4,5 Ba	1,6 Aa	36,0 Ca

<sup>1</sup>Fonte: ESPINDOLA et al. (2005b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas (entre espécies) não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Nessa mesma avaliação, os teores de carbono orgânico, P e K do solo mostraram um decréscimo em profundidade (Tabela 8). Em valores médios, cudzu tropical proporcionou um acúmulo de matéria orgânica (12,1 g kg<sup>-1</sup> de solo) estatisticamente superior àquele apresentado pelo amendoim forrageiro (10,8 g kg<sup>-1</sup> de solo). O efeito benéfico do cudzu tropical sobre a matéria orgânica do solo também foi constatado por LOURENÇO et al. (1993), repercutindo em maior produtividade das espécies de interesse comercial cultivadas em rotação com essa leguminosa.

orgânica do solo, conforme descrito por GUERRA & SANTOS (1999), e analisadas quanto à relação C/N e abundância isotópica de <sup>13</sup>C dos ácidos húmicos, de acordo com CANELLAS et al. (2004). Para essas duas últimas avaliações, foram coletadas ainda amostras de solo nas parcelas ocupadas inicialmente com calopogônio e onde posteriormente foi implantado *Panicum maximum* cv. KK 16.

Com relação à biomassa microbiana do solo, foram coletadas amostras de solo aos 38 meses após o plantio na profundidade de 0-10 cm, nos seguintes tratamentos: coberturas vivas (área capinada, originalmente ocupada pelo estilosantes; amendoim forrageiro; cudzu tropical; e siratro), doses de fósforo (0 e 88 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicados como rocha fosfática) e formas de manejo da biomassa aérea (manutenção ou retirada do material vegetal sobre a área cultivada após cada corte). As determinações de C microbiano basearam-se nas metodologias descritas por VANCE et al. (1987) e TATE et al. (1998), enquanto as de N microbiano seguiram o procedimento proposto por BROOKES et al. (1985). Por sua vez, os teores de P microbiano foram determinados de acordo com BROOKES et al. (1982) e McLAUGHLIN et al. (1986).

Aos 22 meses após o plantio, foram coletadas amostras de solo para a implantação de bioensaio para a quantificação do número de propágulos infectivos através do bioensaio do Número Mais Provável (NMP), conforme metodologia descrita por SIEVERDING (1991).

No segundo experimento, foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso, dispostos em fatorial 4 x 2, com quatro repetições. Foram avaliadas quatro leguminosas: amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), cultivar Amarillo; centrosema (*Centrosema acutifolium*); galáxia (*Galactia striata*) e mucuna cinza (*Mucuna pruriens*).

De forma análoga ao experimento anterior, estas leguminosas foram avaliadas na ausência e presença de adubação de superfosfato triplo, na dose de 45 kg de P ha<sup>-1</sup>, aplicados por ocasião do plantio. A leguminosa anual mucuna cinza foi incluída no experimento como uma referência para a produção de biomassa.

As dimensões das parcelas foram de 6,0 x 2,5 m.

Foram realizados quatro cortes das leguminosas perenes, aos 5, 12, 15 e 24 meses após o plantio.

Procederam-se avaliações da taxa de cobertura do solo (antes do primeiro corte), produção de biomassa aérea e seus teores de N, P e K, conforme descrito no experimento anterior.

Com relação aos resultados obtidos nesses dois experimentos, pode-se destacar:

### a) Cobertura do solo

Os resultados relativos ao período de tempo necessário para a completa cobertura do terreno pelas leguminosas avaliadas nos primeiro e segundo experimentos são apresentados na Tabela 1. Nota-se que, para as leguminosas herbáceas perenes, esse período variou de 92 dias após o plantio para centrosema até 264 dias após o replantio para amendoim forrageiro acesso BR-14951. O desenvolvimento mais lento do amendoim forrageiro pode estar relacionado à época de seu replantio, com menores temperaturas e precipitações. Observou-se um comportamento diferenciado da leguminosa anual mucuna cinza que, ao contrário das demais espécies, apresentou crescimento inicial vigoroso, cobrindo plenamente o terreno aos 37 dias após o plantio.

Convém salientar que as menores velocidades de cobertura do terreno promovidas pelas espécies perenes têm implicações práticas para sua introdução em pomares, principalmente no que diz respeito ao controle de plantas espontâneas. O consórcio entre tais leguminosas e culturas perenes pode implicar ainda na ocorrência de competição por recursos como água, luz e nutrientes, o que torna necessária a adoção de práticas de manejo específicas. Dentre essas práticas, destaca-se a realização de coroamento das culturas de interesse econômico, especialmente quando consorciadas com leguminosas de hábito volúvel.

Tabela 5. Acúmulo de N, P e K na parte aérea de leguminosas tropicais anual e perenes por ocasião de diferentes cortes<sup>1</sup>.

Leguminosa	Acúmulo de nutrientes na parte aérea			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte
	<u>N acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</u>			
Amendoim forrageiro	30 c <sup>2</sup>	76 c	67 c	80 b
Centrosema	85 b	141 a	137 a	94 b
Galáxia	64 b	118 b	72 b	117 a
Mucuna cinza	202 a	---	---	---
	<u>P acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</u>			
Amendoim forrageiro	1,4 c	4,4 b	4,6 c	5,1 b
Centrosema	4,8 b	7,9 a	9,1 a	5,4 b
Galáxia	4,6 b	4,6 b	7,1 b	8,2 a
Mucuna cinza	11,2 a	---	---	---
	<u>K acumulado (kg ha<sup>-1</sup>)</u>			
Amendoim forrageiro	16,7 c	39,0 b	36,1 b	41,4 b
Centrosema	36,1 bc	67,8 a	65,9 a	34,9 b
Galáxia	38,2 b	38,2 b	41,9 a	69,7 a
Mucuna cinza	70,6 a	---	---	---

<sup>1</sup>Adaptado de: PERIN et al. (2000b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Tabela 6. Proporção e quantidade de N fixado por hectare determinadas pelo método da abundância natural de <sup>15</sup>N em leguminosas tropicais perenes, com o emprego de diferentes testemunhas não fixadoras, em corte realizado aos 24 meses após o plantio<sup>1</sup>.

Leguminosa	Proporção de N fixado		Quantidade de N fixado	
	<i>P. maximum</i> <sup>3</sup>	<i>B. arrecta</i> <sup>3</sup>	<i>P. maximum</i>	<i>B. arrecta</i>
	-----(%)-		----- (kg ha <sup>-1</sup> )-----	
Amendoim forrageiro	90,8 a <sup>2</sup>	88,6 a	159,9 a	158,0 a
Cudzu tropical	84,2 b	78,5 b	107,9 a	100,2 a
Siratro	68,7 c	59,8 c	70,5 a	61,9 a

<sup>1</sup>Fonte: ESPINDOLA et al. (2005b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05); <sup>3</sup>Testemunhas não fixadoras usadas para estimativa da fixação biológica de nitrogênio.

e acúmulo de N, P e K quando comparados ao da mucuna cinza. A exceção foi o amendoim forrageiro que, apesar de ser uma espécie perene, não conseguiu superar a biomassa e o acúmulo de nutrientes alcançados pela mucuna cinza.

Tabela 4. Produção de biomassa na parte aérea de leguminosas tropicais anual e perenes por ocasião de diferentes cortes<sup>1</sup>.

Leguminosa	Produção de biomassa na parte aérea ------(Mg ha <sup>-1</sup> ) -----			
	1º Corte	2º Corte	3º Corte	4º Corte
Amendoim forrageiro	1,0 c <sup>2</sup>	2,5 b	2,4 b	2,6 b
Centrosema	2,7 b	4,4 a	4,7 a	2,9 ab
Galáxia	2,8 b	4,3 a	3,3 b	3,6 a
Mucuna cinza	5,4 a	---	---	---

<sup>1</sup>Fonte: PERIN et al. (2000b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Os resultados obtidos nos dois experimentos evidenciam o elevado potencial de produção de biomassa e acúmulo de nutrientes pelas leguminosas amendoim forrageiro, cudzu tropical, galáxia e siratro. É importante lembrar ainda que parte considerável do N acumulado na parte aérea dessas espécies provém do processo de fixação biológica, conforme mostrado na Tabela 6. Observaram-se maiores teores de N fixado para o amendoim forrageiro, sendo que os valores médios obtidos para essa leguminosa superaram as demais em até 28%. Pode-se observar que as leguminosas aportaram ao sistema, dependendo da espécie, valores entre 62 a 160 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Cabe destacar ainda que, em ambos os experimentos, a adubação fosfatada não proporcionou aumento de produção em nenhuma das espécies avaliadas. XAVIER et al. (1993) encontraram resultados semelhantes para calopogônio e estilosantes, que não sofreram influência de diferentes tratamentos de adubação mineral na produção de biomassa. Isso evidencia a adaptação dessas leguminosas para solos com reduzida fertilidade.

Tabela 1. Período de tempo necessário para a cobertura completa do terreno por leguminosas tropicais perenes<sup>1</sup>.

Leguminosa	Época de plantio	Período necessário para a cobertura do solo (dias)
Amendoim forrageiro cv. Amarillo	Dezembro/1996	114
Amendoim forrageiro acesso BR-14951	Maio/1995	264
Calopogônio	Fevereiro/1995	106
Centrosema	Dezembro/1996	92
Cudzu tropical	Fevereiro/1995	106
Estilosantes	Fevereiro/1995	135
Galáxia	Dezembro/1996	114
Mucuna cinza	Dezembro/1996	37
Siratro	Fevereiro/1995	106

<sup>1</sup>Adaptado de: ESPINDOLA et al. (2005a); PERIN et al. (2000b).

## b) Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes

Com relação ao primeiro experimento, os dados obtidos durante o primeiro ano indicam maior produção de biomassa pelo estilosantes e maior acúmulo de N, P e K pelo cudzu tropical (Tabelas 2 e 3). Nos anos seguintes, amendoim forrageiro superou as demais leguminosas quanto à matéria seca, N e P acumulados.

A partir do segundo ano de cultivo, foi detectada diminuição na produção de biomassa e acúmulo de nutrientes no amendoim forrageiro submetido à remoção da biomassa aérea (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Produção de biomassa na parte aérea de leguminosas tropicais perenes em relação ao manejo da biomassa, em vários anos após o plantio<sup>1</sup>.

Leguminosa	Produção de biomassa aérea	
	Manutenção	Remoção
------(Mg ha <sup>-1</sup> )-----		
	<u>1º Ano</u>	
Amendoim forrageiro	13,1 Ca <sup>2</sup>	12,6 Ca
Calopogônio	5,6 Da	5,6 Da
Cudzu tropical	15,2 Ba	15,3 Ba
Estilosantes	19,3 Aa	19,4 Aa
Siratro	12,3 Ca	12,7 Ca
	<u>2º Ano</u>	
Amendoim forrageiro	15,0 Aa	11,7 Ab
Cudzu tropical	9,4 Ba	8,3 Ba
Siratro	6,1 Ca	6,2 Ca
	<u>3º Ano</u>	
Amendoim forrageiro	5,5 Aa	4,1 Ab
Cudzu tropical	3,4 Ba	2,8 Ba
Siratro	3,7 Ba	3,5 ABa
	<u>4º Ano</u>	
Amendoim forrageiro	6,0 Aa	4,0 Ab
Cudzu tropical	4,0 Ba	3,4 Aa
Siratro	4,0 Ba	4,0 Aa

<sup>1</sup>Fonte: ESPINDOLA et al. (2005b); <sup>2</sup>Valores seguidos de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

É importante destacar que houve um comportamento diferenciado entre as espécies avaliadas, pois apenas o amendoim forrageiro foi afetado pelo manejo. Isso pode ser explicado pela queda natural de folhas observada nos tratamentos cudzu tropical e siratro, o que possivelmente atenuou o efeito causado pela remoção da biomassa aérea sobre o estoque de nutrientes do solo. Dessa forma, a remoção da biomassa aérea de amendoim forrageiro para práticas

como a produção de feno somente se torna viável quando os nutrientes do solo são repostos por fertilização.

Tabela 3. Acúmulo de N, P e K na parte aérea de leguminosas tropicais perenes em relação ao manejo da biomassa, em vários anos após o plantio<sup>1</sup>.

Leguminosa	Acúmulo de nutrientes na parte aérea (kg ha <sup>-1</sup> )					
	N acumulado		P acumulado		K acumulado	
	man. <sup>2</sup>	rem. <sup>3</sup>	man. <sup>2</sup>	rem. <sup>3</sup>	man. <sup>2</sup>	rem. <sup>3</sup>
	<u>1º Ano</u>					
Amendoim forrageiro	354,9 Ba <sup>4</sup>	341,4 Ba	22,5 Ca	21,9 Ca	93,7 BCa	87,4 BCa
Calopogônio	139,7 Ca	139,7 Ca	11,4 Da	11,4 Da	45,0 Ca	45,0 Ca
Cudzu tropical	438,9 Aa	421,4 Aa	32,8 Aa	30,6 Aa	208,1 Aa	170,9 Aa
Estilosantes	354,3 Ba	366,4 Ba	28,2 Ba	26,2 Ba	188,8 Aa	181,8 Aa
Siratro	358,7 Ba	349,4 Ba	26,7 Ba	26,7 Ba	141,6 Ba	128,4 Ba
	<u>2º Ano</u>					
Amendoim forrageiro	406,0 Aa	320,0 Ab	27,1 Aa	20,0 Ab	92,2 Aa	63,7 Ab
Cudzu tropical	270,6 Ba	233,1 Ba	17,4 Ba	16,1 ABa	79,8 ABa	66,2 Aa
Siratro	187,0 Ca	178,6 Ba	12,2 Ba	11,9 Ba	57,2 Ba	58,5 Aa
	<u>3º Ano</u>					
Amendoim forrageiro	179,7 Aa	129,8 Ab	10,4 Aa	7,3 Ab	42,3 Aa	23,5 Ab
Cudzu tropical	98,2 Ba	77,9 Ca	5,9 Ba	4,8 Aa	25,6 Aa	18,9 Aa
Siratro	109,6 Ba	102,9 Ba	6,0 Ba	5,6 Aa	32,3 Aa	28,6 Aa
	<u>4º Ano</u>					
Amendoim forrageiro	181,5 Aa	123,5 Ab	12,9 Aa	10,4 Ab	52,8 Aa	23,5 Ab
Cudzu tropical	129,0 Ba	102,7 Aa	9,0 Ba	7,2 Bb	44,9 Aa	30,8 Aa
Siratro	121,5 Ba	115,8 Aa	9,0 Ba	8,5 ABb	52,7 Aa	48,5 Aa

<sup>1</sup>Fonte: ESPINDOLA et al. (2005b); <sup>2</sup>man. = manutenção da biomassa aérea; <sup>3</sup>rem. = remoção da biomassa aérea; <sup>4</sup>Valores seguidos de letras iguais maiúsculas na coluna e minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

No segundo experimento, observou-se que a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes das espécies perenes, por ocasião do primeiro corte, mostraram-se estatisticamente inferiores àqueles da mucuna cinza (Tabelas 4 e 5). A relevância de tal observação reside no fato dessa leguminosa ser uma espécie anual e de ciclo curto. Todavia, ao final de 12 meses após o plantio, os somatórios de ambos os cortes das espécies perenes produziram maior biomassa