

Fitomassa, distribuição de raízes e aporte de nitrogênio e fósforo por leguminosas cultivadas em aléias em solo de baixa fertilidade ⁽¹⁾

Altamiro Souza de Lima Ferraz Júnior⁽²⁾, Sonia Regina de Souza⁽³⁾, Elvia Mariam Lis Martinez Stark⁽⁴⁾ Manlio Silvestre Fernandes⁽⁴⁾

⁽¹⁾Aceito para publicação em

⁽²⁾ Universidade Estadual do Maranhão, Departamento de Química e Biologia, São Luis, Caixa Postal 3004, MA. aferrazjr@yahoo.com

⁽³⁾⁽⁴⁾ UFRRJ/Departamento de Química e Departamento de Solos, BR 465, km 7, Seropédica, RJ-Brasil, CEP. 23851-000 soniabq@ufrj.br

Recebido em 11 de julho de 2005

Resumo

O cultivo de leguminosas, para utilização como adubo verde, vem sendo uma promissora alternativa à adubação tradicional. Duas espécies nativas (*Clitoria fairchildiana* e *Inga edulis*) e duas exóticas (*Leucaena leucocephala* e *Cajanus cajan*) foram cultivadas em um Argissolo Vermelho Amarelo, em consócio com arroz. Foi avaliado o estabelecimento das leguminosas, as características do sistema radicular, a produção de fitomassa e o fornecimento de nutrientes. Foram observadas diferenças significativas no estabelecimento das leguminosas. A *Clitoria fairchildiana* produziu a maior massa seca (12,4 t ha⁻¹). As quatro espécies apresentaram baixa densidade de raízes na camada de 0-60 cm de profundidade (18,9%), indicando baixo potencial de competição com a cultura consorciada.

Palavras chaves: adubo verde, cultivo em aléias, sistema agroflorestal

Phytomass, Root Distribution and Input of Nitrogen and Phosphorus by Leguminous in Alley Cropping in Low Fertility Soil

Abstract

Cropping leguminous for use as green manure is a promising alternative to the traditional fertilization. Two native species (*Clitoria fairchildiana* and *Inga edulis*) and two exotic (*Leucaena leucocephala* and *Cajanus cajan*) were cultivated in an Argisol, with rice in a alley cropping system. It was evaluated the establishment of the leguminous, the characteristics of this root system, biomass production and supply of N and P. Significant differences were observed in the establishment of the leguminous. *Clitoria fairchildiana* produced the largest dry mass (12.4 t ha⁻¹). The four species presented low density of roots in the 0-60 cm soil layer (18.9%), indicating a low potential for competition with the intercropped culture.

Key words: green manure, alley cropping, agroforestry system

Introdução

O uso de leguminosas arbóreas ou arbustivas como adubo verde e cobertura morta para uma cultura consorciada, tem sido avaliado em diferentes condições edafo-climáticas. Esse sistema agroflorestal denominado “cultivo em aléias” é indicado como uma alternativa viável e de baixo custo para a agricultura itinerante praticada em países em desenvolvimento (Alegre & Rao, 1996).

Resultados promissores com o cultivo em aléias vêm sendo obtidos em regiões de solos férteis na Nigéria, Quênia, Etiópia e Austrália (Xu *et al.*, 1993; Akinnifesi *et al.*, 1999; Lupwayi *et al.*, 1999). Entretanto, em solos ácidos os resultados são contraditórios. De acordo com Szott *et al.* (1991), esse sistema quando testado em solo ácido apresenta baixo potencial de ciclagem de nutrientes e não permite a sustentabilidade de produção da cultura consorciada. Portanto, o insucesso de experimentos com o sistema de cultivo em aléias resulta em grande parte da utilização de espécies arbóreas inadequadas para solos com características adversas (Szott *et al.*, 1991; Alegre & Cassel, 1996).

As leguminosas arbóreas interagem com a cultura consorciada via sistema radicular e via dossel. Como esse sistema de cultivo visa tirar o máximo proveito dos atributos de espécies arbóreas, convém que as espécies selecionadas apresentem características favoráveis em ambos os estratos (Ferraz Jr. *et al.*, 1997). Em relação ao sistema radicular, as árvores devem apresentar alto potencial de nodulação e fixação biológica de N_2 ; serem portadoras de raízes profundas e pouco extensas nas camadas superiores (0 a 30 cm), com arquitetura que resulte em baixa competição com a cultura consorciada (Akinnifesi *et al.*, 1999). Quanto à parte aérea, espera-se elevada produção de fitomassa e velocidade de rebrota, associada a elevados teores de nutrientes nos ramos e maior qualidade dos resíduos orgânicos (baixos teores de polifenóis e ligninas e baixa relação C/N) (Sanginga *et al.*, 1995; Vanlauwe *et al.*, 1996). Esta seleção deve envolver genótipos comprovadamente eficientes e adaptados às condições edafo-climáticas locais.

Nesse sentido, realizou-se um experimento visando comparar, em condições de cultivo em solo de baixa fertilidade natural no Estado do Maranhão,

quatro espécies de leguminosas, sendo duas exóticas - leucena (*Leucaena leucocephala*) e guandu (*Cajanus cajan*) e duas espécies nativas - ingá (*Inga edulis*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*). Foram analisadas a facilidade de estabelecimento, características do sistema radicular, produção de fitomassa e teores e aporte de N e P por meio dos ramos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campus da Universidade Estadual do Maranhão, em São Luís, Maranhão, nordeste do Brasil (2° 31' Sul e 44° 16' a Oeste). Na área experimental predominava um Argissolo Vermelho Amarelo, textura arenosa média, de baixa fertilidade (Tabela 1). No ano anterior à instalação do experimento a área recebeu 2 t . ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT de 65%. Sementes de *L. leucocephala*, *I. edulis*, *C. fairchildiana* e *C. cajan* foram cultivadas em sulcos de 5 cm e adubadas com 60 kg ha⁻¹ de P. (superfosfato triplo) e 40 kg . ha⁻¹ de K (cloreto de potássio). Utilizou-se espaçamento de 0,5 x 0,5 m em linhas duplas alternadas, espaçadas em distâncias de 4 m. Cada parcela foi composta de três conjuntos de linhas duplas de leguminosas com dimensões de 14 x 14 m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos (controle; aléias de *C. fairchildiana*; aléias de *I. edulis*; aléias de *L. leucocephala*; aléias de *C. cajan*) e cinco repetições.

No primeiro ano efetuou-se a poda dos ramos de leguminosas a 1,5 m de altura. A partir do segundo ano, cultivou-se arroz entre os conjuntos de linhas duplas das leguminosas. A produção de grãos de arroz não foi afetada pelo cultivo em aléias ficando em torno de 3.000 kg ha⁻¹, tanto para cultura solteira quanto para o cultivo consorciado. Foram realizados quatro podas/ano, rebaixando-se as copas das leguminosas para 0,5 m de altura. Para efeito de cálculo da fitomassa produzida, a primeira e última linha de leguminosas de cada parcela foram eliminadas e os ramos podados descartados.

Toda a massa vegetal produzida foi pesada no campo e duas sub-amostras compostas de aproximadamente 500 g por parcela foram obtidas. O restante da fitomassa foi distribuído nas parcelas, entre as linhas duplas das leguminosas. As sub-

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental.**Table 1.** Chemical composition of the soil

Horiz.	Características Químicas (Argissolo textura arenosa média)											
	Ca	Mg	K S Al (mmolc dm ⁻³)			H+Al	T	P g dm ⁻³	pH (CaCl ₂)	C g kg ⁻¹	V %	m
A1	2	3	1,2	6,2	3	33	49,2	7	4,3	12,0	27	18,5
A2	3	2	0,5	5,5	4	36	45,5	3	4,1	3,0	12	42,1
AB	4	5	0,5	9,5	7	41	57,5	1	4,0	3,0	16	42,4
BA	3	2	0,4	5,4	7	41	53,4	-	4,1	3,0	10	61,4
BT	4	4	0,5	8,5	5	24	37,5	1	4,2	2,0	23	37,0
BC	4	5	0,5	9,5	4	24	37,5	1	4,2	1,0	25	27,5

Tabela 2. Percentagem de sobrevivência e diâmetro do tronco de leguminosas arbóreas avaliados no segundo ano após o plantio.**Table 2.** Survive percentage and breath diameter of leguminous tree, at the second year after transplant

Leguminosa	Sobrevivência (%)	Diâmetro do tronco (cm)
Ingá (<i>Inga edulis</i>)	67,49c	2,39b
Leucena (<i>Leucaena lecocephala</i>)	63,44c	2,70b
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	79,75 b	3,93a
Sombreiro (<i>Clitoria fairchildiana</i>)	96,42 a	4,06a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

amostras foram secas em estufa para a determinação da massa seca e, em seguida procedeu-se às determinações analíticas de nitrogênio e de fósforo, segundo Tedesco (1982).

No terceiro ano foram feitas avaliações da taxa de sobrevivência das espécies por meio da contagem do número de plantas por parcela (número de covas plantadas e número de sementes germinadas por cova e o número de plantas que emergiram em cada cova), além das características das raízes das leguminosas, conforme descrito por Akinnifesi et al. (1999). Na extremidade de cada parcela no segundo bloco, foram abertas trincheiras com 2 x 1 x 1,5 m iniciando-se na direção da 1ª linha de leguminosas e estendendo-se até o centro da parcela. Para melhorar a visibilidade das raízes no perfil, as paredes da trincheira foram pulverizadas com água. Utilizou-se o método do mapeamento do perfil descrito por Bohm (1979). Na parede do perfil colocou-se um quadro de 1 x 1 m subdividido em quadrantes de 10 x 10 cm. As raízes das árvores foram separadas em

função dos diâmetros: <1 mm; 1-2 mm; 2-5 mm; 5-10 mm; 10-20 mm e > 20 mm, com auxílio de um paquímetro, sendo contadas em seguida.

Foram medidos também os diâmetros dos caules das árvores (a 5 cm de altura do solo) com auxílio de um paquímetro, no terceiro ano de cultivo.

Resultados e Discussão

Estabelecimento das leguminosas

O plantio de sementes diretamente no campo permitiu um bom estabelecimento das leguminosas *Clitoria*, *Inga* e *Cajanus*. A maior taxa de sobrevivência foi a da *Clitoria* (96,4 %) e a menor a da *Leucaena* (63,4 %) (Tabela 2). A alta mortalidade da *Leucaena* pode ser atribuída à maior suscetibilidade dessa espécie ao ataque de formigas cortadeiras e herbívoros.

Blair et al. (1990) relatam problemas semelhantes com *Leucaena* em sistema de cultivo em aléias no

Tabela 3. Distribuição relativa das raízes finas ($\varnothing < 2$ mm) no perfil do solo e distribuição relativa das raízes por classe de diâmetro das quatro espécies de leguminosas, avaliadas no terceiro ano.

Table 3. Distribution of fine root ($\varnothing < 2$ mm) in the soil profile and relative distribution of root in class of diameter of four leguminous at the third year.

	<i>Inga edulis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Clitoria fairchildiana</i>
Profundidade (cm)	Distribuição vertical das raízes finas ($\varnothing < 2$ mm) (%)			
0-30	10,26	11,19	30,88	9,96
30-60	10,26	8,86	37,50	32,30
60-90	64,10	58,04	36,76	37,46
90-120	29,06	41,72	13,97	19,24
120-150	5,13	7,69	3,68	0,69
Total absoluto (nº m ⁻²)	117 ± 25,2	429 ± 91,7	136 ± 25,2	291 ± 44,6
Diâmetro das raízes (mm)	Distribuição das raízes por classe de diâmetro (%)			
< 1	68,60	73,91	49,57	71,46
1-2	17,44	15,54	21,00	11,81
2-5	11,62	8,95	22,68	12,68
5-10	1,74	1,58	2,52	2,59
10-20	0,58	0	1,26	1,44
>20	0	0	3,34	0

estabelecimento dessa leguminosa.

A *Clitoria* e a *Cajanus* apresentaram os maiores diâmetros de caule e maior percentagem de sobrevivência (Tabela 2). A *Inga* embora seja uma espécie nativa apresentou desenvolvimento bastante lento.

Distribuição vertical das raízes das árvores

Observou-se um maior número de raízes nas parcelas com *Leucaena* (429 raízes m⁻²), enquanto que a parcela com *Inga* apresentou poucas raízes (117 raízes m⁻²) (Tabela 3). Embora a *Leucaena* não seja uma espécie de boa adaptação a solos ácidos (Kang *et al.*, 1990), a aplicação de calcário, antes da instalação do experimento, pode ter favorecido o crescimento das raízes dessa espécie. Alta densidade de raízes de *L. leucocephala* tem sido relatada na literatura (Rao *et al.*, 1999).

Na camada de 0 a 30 cm de profundidade a abundância relativa de raízes variou de 9,96 % para a *C. fairchildiana* a 30,88 % para a *Leucaena* (Tabela 3). Na média, estes resultados são inferiores àqueles observados por Akinnifesi *et al.* (1999), que obtive-

ram abundância relativa de raízes de 13 espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas variando de 26,1 a 76, 7 % na camada de 0 a 30 cm de um Alfisol na Nigéria. Schroth & Zech (1995) verificaram que as raízes de *Gliricidia sepium* contribuíram com 27 % da fitomassa de raízes nos primeiros 10 cm e 33 % até os 50 cm de profundidade. Considerando-se a profundidade de 0-60 cm do perfil do solo, onde se concentra a maior proporção de raízes das culturas anuais consorciadas em sistema de cultivo em aléias (Akinnifesi, 1999), as densidades de raízes observadas neste experimento foram da seguinte ordem: *Leucaena* (20,1%), *Inga* (20,5%), *Clitoria* (42,3%) e *Cajanus* (68,4%). Esses valores são próximos àqueles observados por Schroth & Zech (1995) em aléias de *Gliricidia sepium* durante a estação chuvosa e inferiores àqueles observados por Akinnifesi *et al.* (1999); esses autores relatam densidades de raízes, de 13 espécies arbóreas e arbustivas, superiores a 40 %, na camada de 0-60 cm.

A alta densidade de raízes da espécie *Cajanus* (68,4 %) na camada de 0-60 cm observadas neste experimento, pode ser atribuída à alta adição de

Tabela 4. Produção de massa seca dos ramos de quatro leguminosas arbóreas utilizadas em sistema de cultivo em aléias, total de quatro cortes.

Table 4. Dry weight of branches from four leguminous tree used in the alley cropping system after four cutting

Leguminosas Arbóreas	Matéria seca (t ha ⁻¹)			
	1º. ano	2º. ano	3ª. ano	4º. ano
<i>Inga edulis</i>	0,00b	0,88c	3,21b	3,27c
<i>Leucaena lecocephala</i>	0,04b	3,50b	6,39a	8,21b
<i>Cajanus cajan</i>	0,97a	8,50a	3,55b	2,43c
<i>Clitoria fairchildiana</i>	0,22b	6,98a	7,64a	12,40a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5. Teores de N e P dos ramos de quatro leguminosas arbóreas e N e P adicionados através da poda dos ramos das leguminosas utilizadas em sistemas de cultivo em aléias durante quatro anos.

Table 5. N and P concentration in the branches of leguminous tree and N and P added after cut the branches in the alley cropping system during four years

Leguminosas	1º. ano		2º. ano		3º. ano		4º. ano	
	N	P	N	P	N	P	N	P
Teores de N e P dos ramos de quatro leguminosas arbóreas (g kg⁻¹)								
<i>I. edulis</i>	-	-	23,53 b	1,82 b	29,45 ab	1,66 b	35,38 b	1,50 b
<i>L. leucocephala</i>	29,70a	2,00b	28,05 ab	1,84 b	38,76 a	1,97ab	49,47 a	2,11 a
<i>C. cajan</i>	32,30a	3,20a	34,13 a	2,40 a	38,39 a	2,28 a	42,65 ab	2,17 a
<i>C. fairchildiana</i>	29,40a	2,10b	30,77 a	1,93 b	34,67 a	1,83 b	38,57 b	1,73 b
N e P adicionados através da poda dos ramos das leguminosas (kg ha⁻¹)								
<i>I. edulis</i>	0 b	0 b	20,71 d	1,60 d	94,37 b	5,33a	115,69b	4,91b
<i>L. leucocephala</i>	1,19b	0,08 b	98,18 c	6,44 c	247,67a	12,59ab	402,29a	17,32a
<i>C. cajan</i>	31,33a	3,10 a	290,10a	20,4 a	136,28 b	8,09 bc	151,41b	8,62b
<i>C. fairchildiana</i>	6,47 b	0,46 b	214,77b	13,47 b	264,88 a	13,98a	471,35a	21,45a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%.

fitomassa através da poda dos ramos, o que deve ter favorecido o aumento da disponibilidade de nutrientes e das condições físicas do solo, propícias ao crescimento do sistema radicular (Lehmann & Zech, 1998), ou ainda em função desta planta bianual ter atingindo o ápice de crescimento. As baixas densidades de raízes de *Inga*, *Clitoria* e *Leucaena* na camada de 0-60 cm sugerem um menor potencial de competição dessas espécies com a cultura anual

consorciada, nos dois primeiros anos do estabelecimento do cultivo em aléias.

Distribuição das raízes das leguminosas de acordo como o diâmetro.

A maior parte das raízes das quatro espécies de leguminosas testadas pode ser classificada como finas (diâmetro inferior a 2 mm). A contribuição dessas

raízes foi a seguinte: *Clitoria* (83,21%), *Leucaena* (89,45%) *Cajanus* (70,57%) e *Inga* (86,04%) (Tabela 3). Esses valores são condizentes com aqueles observados em outros trabalhos. Akinnifesi *et al.* (1999) e Friday *et al.*, (2001) observaram percentagens de raízes finas variando de 43,1% em *Tetrapleura tetraptera* a 99,9% em *Triplochiton scleroxylon*, sendo que a maioria das outras 11 espécies testadas apresentou percentagem de raízes finas superior a 90%. No presente estudo, a maior proporção de raízes superiores a 2 mm de diâmetro foi observada em *Cajanus cajan*, o que pode ter ocorrido em função dessa espécie se encontrar no final do ciclo vegetativo.

Produção de Fitomassa e Ciclagem de Nitrogênio e Fósforo

As leguminosas apresentaram grande variabilidade na produção de fitomassa no decorrer de quatro anos. A *Cajanus* por ser uma leguminosa bianual atingiu o ponto de corte logo no primeiro ano de plantio, e apresentou maior produtividade de matéria seca, sendo essa produção superior àquela relatada por Schroth *et al.* (1992). O declínio de produção no ano terceiro ano é explicado pelo final do ciclo dessa espécie. O baixo desempenho da *Cajanus* no quarto ano (Tabela 4), pode ser atribuído ao replantio realizado no final do período chuvoso do terceiro ano.

Clitoria e *Leucaena* apresentaram comportamentos semelhantes, pois tiveram baixa produção de fitomassa no primeiro ano, mas atingiram altas produtividades, principalmente no terceiro e quarto anos, sendo que a *Clitoria* superou a *Leucaena* em todos os anos. Isso reflete a melhor adaptação dessa espécie às condições edafo-climáticas experimentais, considerando ser esta uma espécie nativa do Maranhão (Tabela 4).

Tem sido relatada na literatura produção de fitomassa seca e ramos de *Leucaena* em torno de 6 a 8 t.ha⁻¹.ano⁻¹ (Akinnifesi, 1999; Mafra *et al.*, 1998). Em relação a *Clitoria*, praticamente não existem trabalhos disponíveis na literatura sobre a produção de fitomassa em sistema de cultivo em aléias. Os altos valores obtidos, principalmente no terceiro e quarto anos, nas condições deste experimento, sugerem um grande potencial dessa leguminosa para utilização em sistemas agroflorestais.

O *Inga* apresentou a menor produção de matéria

seca dos ramos entre as leguminosas (Tabela 4). A produção de fitomassa foi muito baixa principalmente nos dois primeiros anos. A partir do terceiro ano a produtividade alcançou aproximadamente 3 t ha⁻¹ ano⁻¹. Alegre & Rao (1996) e Szott *et al.* (1991) trabalhando com essa espécie em solos ácidos da Amazônia peruana, obtiveram produtividade de matéria seca em torno de 2 a 4 t ha⁻¹ ano⁻¹. Embora a leguminosa *Inga* também seja nativa do Maranhão, o crescimento dessa planta foi bastante inferior àquele observado para a *Clitoria* (Tabela 4). Isto provavelmente ocorreu devido ao *Inga* ser mais exigente quanto à disponibilidade de água no solo, o que não ocorreu nas condições deste experimento.

Em relação aos teores de N e P os ramos do *Inga* apresentaram valores significativamente inferiores comparados às demais espécies. As espécies *Cajanus*, *Clitoria* e *Leucaena* praticamente não diferiram quanto aos teores de N e P, sendo que a *Cajanus* apresentou nos ramos teores de P superiores às demais espécies nos anos 1, 2 e 3 (Tabela 5). Isto pode ser explicado pela maior eficiência de extração de P por essa leguminosa. Segundo Ae *et al.* (1990), as raízes de *Cajanus* exsudam ácidos que hidrolisam formas não disponíveis de fósforo, ligadas às frações de óxidos de ferro e alumínio. Uma vez que praticamente não ocorreram variações significativas nos teores de N dos ramos das leguminosas testadas (Tabela 5), as grandes diferenças observadas em relação ao N adicionado ao sistema pode ser atribuído à velocidade diferencial de crescimento e produção de fitomassa das plantas. Isto é particularmente visível em *Cajanus* e *Clitoria* (Tabela 4). Na primeira, a produção de massa vegetal decaiu a partir do segundo ano (1997), enquanto que para *Clitoria* ocorre um aumento contínuo de produção de fitomassa ao longo dos quatro anos.

A quantidade de nutrientes adicionada com a poda dos ramos das leguminosas *Cajanus*, *Clitoria* e *Leucaena* foi maior a partir do terceiro ano (Tabela 5). Essas quantidades adicionadas estão de acordo com as observadas por Alegre & Rao, 1996 e Mafra *et al.*, 1998, utilizando leguminosas da mesma espécie. A quantidade de N e P fornecida por essas três leguminosas, potencialmente poderia suprir a necessidade desses nutrientes para culturas de baixa demanda como o arroz de sequeiro (Szott *et al.*, 1991), no entanto também deve se considerada a qualidade do

material vegetal, o que implicará na velocidade de liberação desses nutrientes.

Conclusões

A leguminosa *Clitoria fairchildiana* mostrou-se a mais apropriada ao sistema de cultivo em aléias, por apresentar rápido estabelecimento, baixa competição do sistema radicular com raízes de culturas anuais e altos aportes de fitomassa e nitrogênio. Por outro lado, a *Inga edulis* seria a menos indicada, por apresentar baixa produção de fitomassa e conferir baixa adição de N e P. Portanto, em solo de baixa fertilidade natural as leguminosas contribuem principalmente com aporte de N ao sistema, com apenas pequena quantidade de P ciclado. Entretanto, os resultados apresentados se referem apenas ao estabelecimento e comportamento inicial de um cultivo em aléias avaliado por quatro anos, e as conclusões são preliminares, sendo necessário um acompanhamento por maior período para recomendações mais precisas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo suporte financeiro que permitiu o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YSOHIHARA, T.; JOHNSANSEN, C. Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. **Science**, V. 248, p.477-480, 1990.
- AKINNIFESI, F.K.; KANG, B.T.; LADIPO, D.O. Structural root form and fine root distribution of some woody species evaluated for agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, V.42, p. 121-138, 1999.
- ALEGRE, J.C.; CASSEL, D.K. Dynamics of soil properties under alternative systems to slash-and-burn. **Agriculture Ecosystems Environment**, V.58, p.39-48, 1996.
- ALEGRE, J.C.; RAO, M.R. Soil and water conservation by contour hedging in the humid tropics of Peru. **Agriculture Ecosystems Environment**, V.57, p.17-25, 1996.
- BLAIR, G.; CATCHPOOLE, D.; HORNE, P. Forage tree legumes: their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. **Advances in Agronomy**, V. 44, p. 155-223, 1990.
- BOHM, W. Methods of studying root systems. In: **Ecological Studies**, ed. Springer -Verlag, Berlin, 1979. 215p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo**. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Boletim de Pesquisa, n.35, Rio de Janeiro, 1986.
- FERRAZ JR, A.S.L.; SOUZA, S.R; FERNANDES, M.S Ciclagem de nutrientes em sistema de cultivo em aléias. **Pesquisa em Foco**, V. 32, n.5, p.7-29, 1997.
- FRIDAY, J.B.; FOWNES, J.H. A simulation model for hedgerow light interception and growth. **Agricultural and Forest Meteorology**, V. 108, p. 29-43, 2001
- KANG, B.T.; REYNOLDS, L.; ATTA-KRAH, A.N. Alley farming. **Advances in Agronomy**, V. 43, p.315-359, 1990.
- LEHMANN, J.; ZECH, W. Fine root turnover of irrigated hedgerow intercropping in Northern kenya. **Plant and Soil**, V. 198, p. 19-31, 1998.
- LUPWAYI, N.Z.; HAQUE, I.; SAKA, A.R.; SIAW, D.E.K.A. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian highlands. II. Maize yields and nutrient uptake. **Biology Fertility Soils**, V.28, p. 196-203, 1999.
- MAFRA, A. L.; MIKLOS, A.A.; VOCURCA, H.L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.22, p.43-48, 1998.

RAO, M.R.; MAFONGOYA, P.L.; KWESIGA, F.R.; MAGHEMBE, J.A. Nutrient cycling in agroforestry systems of the semi-arid tropics of Africa. **Annals of Arid Zone**, V. 38, n. 3, p. 275-307, 1999.

SANGINGA, N.; VANLAUWE, B.; DANSO, S.K.A. Management of biological N₂ fixation in alley cropping systems: estimation and contribution to N balance. **Plant and Soil**, V. 174, p. 119-141, 1995.

SCHROTH, G.; ZECH, W. Root length dynamics in agroforestry with *Gliricidia sepium* as compared to sole cropping in the semi-deciduous rainforest zone of West Africa. **Plant and Soil**, V. 170, p.297-306, 1995.

SCHROTH, G.; ZECH, W.; HEIMANN, G. Mulch decomposition under agroforestry conditions in a sub-humid tropical savanna processes and influence of perennial plants. **Plant and Soil**, V. 147, p.1-11, 1992.

SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; SANCHEZ, P.A. Agroforestry in acid soils of humid tropics. **Advances in Agronomy**, V. 45, p.275-301, 1991.

TEDESCO, M.J. **Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de planta por digestão H₂O₂ - H₂SO₄**. UFRGS, Apostila, 1982. 23p.

VANLAUWE, B.; NWOKE, O.C.; SANGINGA, N.; MERCKX, R. Impact of residue quality on the C and N mineralization of leaf and root residues of three agroforestry species. **Plant and Soil**, V. 182, p. 221-231, 1996.

XU, Z.H.; MYERS, R.J.K.; SAFFIGNA, P.G. Nitrogen fertilizer in leucaena alley cropping. II. Residual value of nitrogen fertilizer and leucaena residues. **Fertility Research**, V. 3, p.1-8, 1993.