

DECOMPOSIÇÃO DAS PODAS DAS LEGUMINOSAS ARBÓREAS *Gliricidia sepium* E *Acacia angustissima* EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

DECOMPOSITION OF LEGUME TREE *Gliricidia sepium* AND *Acacia angustissima* IN AGROFORESTRY SYSTEMS

Patrícia Diniz de Paula¹ Eduardo F. C. Campello² José Guilherme Marinho Guerra³
Gabriel de Araújo Santos⁴ Alexander Silva de Resende⁵

RESUMO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) trazem benefícios múltiplos e constituem uma alternativa para minimizar a degradação ambiental e alcançar um desenvolvimento sustentável, devido à diversidade de espécies que os compõe. O presente estudo avaliou a contribuição das leguminosas arbóreas, *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima*, cultivadas em aleias intercaladas com banana (*Musa* sp.) e açaí (*Euterpe oleraceae*), na implantação de Sistema Agroflorestal. Comparou-se a produção de biomassa e ciclagem de nutrientes no SAF, com a leguminosa herbácea *Pueraria phaseoloides* e adubação nitrogenada. O SAF foi implantado em maio de 2004, no Campo Experimental da Embrapa Agrobiologia, em Seropédica - RJ. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco tratamentos, constituídos das leguminosas acácia-angustíssima (*Acacia angustissima*), kudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*), gliricídia (*Gliricidia sepium*) dispostas nas entrelinhas da banana e do açaí; além de adubação nitrogenada com ureia, e cobertura viva oriunda da vegetação espontânea. Para quantificar a produção de biomassa e liberação de N, P, Ca, Mg e K *in situ* foram cortadas as leguminosas e roçado o kudzu-tropical e a vegetação espontânea. As determinações da matéria seca remanescente, liberação de nutrientes, constantes de decomposição e os tempos de meia-vida dos resíduos vegetais foram realizadas acondicionando-se 50 g de material fresco em *litterbags*, dispostos na superfície do solo, tomando-se amostras aos 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60 e 75 após o início do experimento. *Acacia angustissima* e kudzu-tropical apresentaram maior produção de biomassa seca, igual a 10,8 Mg ha⁻¹. Os resíduos da gliricídia resultaram em maiores constantes de decomposição, nas duas estações do ano.

Palavras-chave: cultivo em aleias; adubação verde; *Musa* sp.

ABSTRACT

The Agroforestry Systems (SAFs) bring multiple benefits and they are an alternative to minimize environmental degradation, and to achieve a sustainable development, due to greatest diversity of species. This study evaluated the contribution of the leguminous trees, *gliricidia sepium* and *Acacia angustissima*, grown in alley cropping of banana (*Musa* sp.) and “açaí” palm (*Euterpe oleraceae*) used as green manure in the implantation of an Agroforestry Systems. They were compared the production of biomass, nutrients cycling, nitrogen intake, activity and diversity of soil fauna, and banana productivity in the SAF, and with

- 1 Engenheira Agrônoma, Dr^a., Coordenadora Setorial de Vigilância Fitossanitária do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento do Rio de Janeiro, Alameda São Boaventura, 100, Casa 36 sob. Fonseca, CEP 24120-191, Niterói (RJ), Brasil. patdiniz2000@yahoo.com.br
- 2 Engenheiro Florestal, Dr., Chefe Geral da Embrapa Agrobiologia, Rod. BR 465, km 47, CEP 23851-970, Seropédica (RJ), Brasil. campello@cnpab.embrapa.br
- 3 Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rod. BR 465, km 47, CEP 23851-970, Seropédica (RJ), Brasil. gmguerra@cnpab.embrapa.br
- 4 Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto do Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rod. BR 465, km 47, CEP 23851-970, Seropédica (RJ), Brasil. gasantos@ufrj.br
- 5 Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Agrobiologia, Rod. BR 465, km 47, CEP 23851-970, Seropédica (RJ), Brasil. alex@cnpab.embrapa.br

Recebido para publicação em 20/10/2009 e aceito em 1/08/2013

the usage of the legume *Pueraria phaseoloides* and nitrogen fertilization. The SAF implantation occurred in May 2004, at the Research Center of Embrapa Agrobiologia, in Seropédica, Rio de Janeiro State. The following year it was planted the forest African mahogany specie (*Kaya senegalensis*), at the centre of the legumes alleys. The experimental design was of randomized blocks with five treatments and four repetitions. The treatments consisted of the leguminous trees arranged between the lines of bananas and the “açai” palm, and they were: acacia angustissima (*Acacia angustissima*), tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides*), and gliricídia (*Gliricídia sepium*); besides application of nitrogen as urea and spontaneous vegetation. To quantify the production of biomass, and the release of N, P, Ca, Mg and K, the legumes branches were cut and the kudzu tropical and spontaneous vegetation were mowed, in the rainy and dry seasons. The determination of remaining dry matter, releasing of nutrients, decomposition rates, and half life time of plant residues were held to 50 grams of fresh material from litterbags, placed on the soil surface, sampled at 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60 and 75 days after the installation of the experiment. *Acacia angustissima* and kudzu tropical showed higher dry biomass, 9.5 and 10.8 Mg ha⁻¹, respectively. The gliricídia residues showed the highest decomposition rates, in the two year seasons.

Keywords: alley cropping; green manure; *Musa sp.*

INTRODUÇÃO

Os Sistemas Agroflorestais (SAFs) fazem parte de uma das correntes da agroecologia onde o componente arbóreo insere-se aos agroecossistemas tornando-os, do ponto de vista ambiental, mais próximos dos sistemas agrícolas sustentáveis.

A formação de um arranjo agroflorestal deve ser criteriosa, para que as culturas de interesse agrônomo expressem seu potencial de produção, assegurando renda ao produtor.

Os SAFs podem apresentar desenhos ou arranjos simples, com poucas espécies por unidade de área, ou complexos, com grande diversidade de espécies, cujos benefícios nem sempre são fáceis de quantificar. Podem, ainda, basear-se na sucessão natural das florestas, desde as pioneiras, passando pelas secundárias, até atingir as espécies clímax, ou apenas se caracterizar por consórcios ou cultivos em aleias, desde que se faça presente o componente florestal em conjunto com as espécies agrícolas (VIVAN, 1998).

A gliricídia (*Gliricidia sepium*) é uma leguminosa arbórea, resistente à seca, que vem sendo cultivada como fonte de forragem e lenha em propriedades rurais, em razão de sua alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (BALA et al., 2003) e de produzir biomassa, em condições de baixa disponibilidade hídrica. É uma planta que pode ser capaz de melhorar a fertilidade do solo e de aumentar a produtividade das culturas agrícolas associadas, quando usada como adubo verde (BARRETO e FERNANDES, 2001), por isso, essa espécie pode ser ideal para o cultivo em aleias.

A acácia-angustíssima (*Acacia angustissima*), por tratar-se de uma leguminosa que apresenta rápido crescimento, associada às elevadas taxas de sobrevivência, bem como a altos teores de N, tem despertado o interesse para uso em sistemas silvipastoris (LOCATELLI et al., 1992).

A capacidade de produção de resíduos da parte aérea de cada espécie modifica-se com a fase de desenvolvimento da planta ou do ecossistema florestal, supondo-se o aumento na produção de serapilheira em função do aumento da idade da floresta, até que atinja a maturidade ou clímax (GONZALEZ e GALLARDO, 1986).

A bananeira é uma espécie cultivada normalmente em grandes sistemas monoculturais e também de forma extrativista, em locais adjacentes às áreas de proteção ambiental, em áreas de capoeiras e de mata ciliar, aparentemente mostra adaptabilidade quando em consórcio com espécies arbóreas. Além disso, se configura como uma das culturas mais importantes do estado do Rio de Janeiro, sendo produzida na maior parte dos municípios fluminenses.

O presente trabalho objetivou avaliar a contribuição das leguminosas arbóreas, *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* cultivadas em aleias intercaladas com a cultura da bananeira, utilizadas como adubo verde na implantação de um Sistema Agroflorestal.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi implantado em área pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária (EMBRAPA), no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (CNPAB), localizado no município de Seropédica (coordenadas 22°45'S e 43°42'W e altitude de 33 m), estado do Rio de Janeiro, Brasil. O clima é do tipo Aw, conforme a classificação de Köppen. O solo é do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo EMBRAPA (2006). A implantação do SAF ocorreu em abril do ano de 2004. Antes do plantio das espécies foi realizada uma aração e a marcação de 20 parcelas com dimensões de 12 x 12 m cada, totalizando 2880 m² de área experimental. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados com 5 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos constituíram-se de aleias de leguminosas dispostas nas entrelinhas de bananeiras (*Musa sp.*) e de açaizeiros (*Euterpe oleraceae*) e foram: acácia-angustíssima (*Acacia angustissima*); gliricídia (*Gliricidia sepium*); kudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*); além de um tratamento que constou de vegetação espontânea com adubação nitrogenada das bananeiras e vegetação espontânea. A vegetação espontânea é formada pelo capim-colonião (*Panicum maximum*).

As mudas das bananeiras foram transplantadas em outubro de 2005, no espaçamento de 3 x 3 m, correspondendo a 16 plantas de bananeira por parcela, em um total de 320 plantas em toda a área experimental. Para aferição das análises foram utilizadas na área útil, quatro plantas de bananeira por parcela. Em novembro de 2006 foi plantada a espécie florestal mogno-africano (*Kaya senegalensis*), no centro das aleias de leguminosas, correspondendo a um indivíduo por parcela. No plantio do açaí e das leguminosas, que ocorreu em abril de 2004, foi feita uma adubação com 100 g de fosfato de rocha (30 kg ha⁻¹ P₂O₅) e 10 g de FTE-BR12 na cova de cada cultura. No plantio das bananeiras foi realizada adubação com 5 kg de esterco bovino por cova (120 kg N total ha⁻¹), sendo esta adubação repetida três meses após o plantio, mantendo-se a mesma dose e tendo sido realizada em cobertura. Em agosto de 2006, foi realizada a adubação de cobertura com 300 g de termofosfato (66,6 kg ha⁻¹ P₂O₅) e 50 g de sulfato de potássio (27,8 kg ha⁻¹ K₂O) em todos os tratamentos, e de 45 g de ureia (22,5 kg ha⁻¹ N) apenas nas parcelas referentes ao tratamento com N sintético, baseando-se na análise do solo e na recomendação de adubação para a cultura da bananeira no estado do Rio de Janeiro (ALMEIDA et al., 1988).

As leguminosas arbóreas foram podadas na

altura de 1 m do solo, separando-se folhas e galhos. O kudzu-tropical e a vegetação espontânea foram roçados em uma área de 1 m², delimitada com auxílio de um quadro de PVC com dimensões de 1 x 1 m. Subamostras da biomassa fresca foram coletadas, secas em estufa de ventilação forçada de ar, a 65°C, para determinação da biomassa seca. As amostras foram processadas em moinho tipo Willey (peneira de 2 mm), e encaminhadas ao laboratório para determinação de N, P, K, Ca e Mg.

A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foi iniciada após o corte da parte aérea das plantas, nos anos de 2005 e 2006. Logo após o corte, foram retiradas amostras para a determinação da biomassa seca e fresca e dos teores de N, P, K, Ca e Mg. A avaliação da decomposição dos resíduos vegetais foi realizada acondicionando-se 50 g de material fresco em sacolas confeccionadas com tela plástica (*litterbags*) com abertura de malha de 4 mm, permitindo assim a passagem de microrganismos e alguns invertebrados. As sacolas foram dispostas na superfície do solo e as taxas de decomposição e liberação de nutrientes foram monitoradas através de coletas realizadas aos 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 60 e 75 dias após a instalação no campo. Em cada data de coleta, a quantidade remanescente das sacolas foi levada ao laboratório, sendo retiradas as partículas de solo. Após esta etapa, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, e levadas à estufa de ventilação forçada de ar, a 65°C, até o material alcançar massa constante para determinação de massa seca.

O material seco foi processado em moinho do tipo Willey (abertura de peneira de 20 mm). Foi então realizada a análise de N de acordo com o método preconizado por Bremner e Mulvaney (1982). 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 espectrofotometria de absorção atômica EMBRAPA (1997). As determinações de Ca e Mg foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica (BATAGLIA et al., 1983). A decomposição dos resíduos e liberação de nutrientes seguiu o modelo exponencial simples utilizado por Rezende et al. (1999).

Em que: X = quantidade de matéria seca remanescente após um período de tempo t; X₀ = quantidade de matéria seca inicial; k = constante de

decomposição; t = tempo em dias.

$$X = X_0 e^{-kt}$$

Reorganizando-se os termos desta equação, é possível calcular a constante de decomposição ou valor k:

$$k = \ln(X/X_0)/t$$

O tempo de meia-vida é outro parâmetro importante na avaliação da decomposição de resíduos vegetais, expressando o período de tempo, em dias, necessário para que metade do material se decomponha, ou para que metade dos nutrientes contidos nesses resíduos seja liberada. De acordo com Rezende et al. (1999), é possível calcular o tempo de meia-vida através da equação:

$$t_{1/2} = \ln(2)/k$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados relativos à produção de biomassa e liberação de nutrientes encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

O maior acúmulo de biomassa ocorreu no ano de 2005, quando foi realizada a primeira poda, após um ano da implantação do experimento. No ano seguinte foram feitas três podas, nos meses de março, junho e outubro. Na poda realizada no mês de março foram verificados maiores acúmulos que nos outros meses, possivelmente por ter sido realizada no final da estação chuvosa, favorecendo assim o maior acúmulo de massa verde nas leguminosas.

Na primeira poda realizada em maio de 2005, a *Acacia angustissima* e o kudzu-tropical (*Pueraria phaseoloides*) apresentaram maiores produções de biomassa seca, 9,5 e 10,8 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 1), quando comparadas com a *Gliricidia sepium* e a vegetação espontânea, na mesma época.

Na poda realizada em março de 2006, as leguminosas *Acacia angustissima*, gliricídia e kudzu-tropical apresentaram maiores valores de biomassa fresca, 9,75; 15,5 e 16,5 Mg ha⁻¹, respectivamente, quando comparadas com a vegetação espontânea (Tabela 2). No mês de junho, os valores de biomassa não diferiram entre as leguminosas e vegetação espontânea. Já no mês de outubro o kudzu-tropical se destacou com maiores valores de biomassa fresca e seca, 23,30 e 7,32 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

Em relação à composição química dos resíduos vegetais da parte aérea, a avaliação realizada no ano de 2005 mostrou que as leguminosas apresentaram maiores teores de N e Ca (Tabela 1). Como não houve grandes variações em relação aos teores de C, os valores calculados para a relação C:N foram consequentemente maiores para a vegetação espontânea, composta basicamente por capim-colonião (*Panicum maximum*).

Segundo Espíndola (2001), o aporte da biomassa e a decomposição dos resíduos das leguminosas, pode ser uma fonte de carbono e nutrientes para a biota do solo e posteriormente para as plantas, destacando a importância da sincronização entre a liberação de nutrientes

TABELA 1: Produção de biomassa seca, relação C/N e teores de nutrientes, das folhas três diferentes leguminosas e vegetação espontânea em um SAF, por ocasião da estação seca, em maio de 2005, no município de Seropédica - RJ.

TABLE 1: Production of dry biomass, relationship C / N and nutrient content of leaves the three different legumes and spontaneous vegetation in an SAF at the dry season in May 2005 in Seropédica - RJ.

Espécie	Biomassa Seca (Mg ha ⁻¹)	C/N Folhas	g/kg					
			Cálcio	Magnésio	Fósforo	Potássio	C	N
<i>Acacia angustissima</i>	9,5 a	11,2 c	10,71 b	2,65 c	1,57 a	11,37 b	52,70 a	35,00 a
<i>Gliricidia sepium</i>	5,8 b	15,7 bc	16,91 a	5,77 a	3,08 a	16,75 a	50,43 b	30,90 a
<i>Pueraria phaseoloides</i>	10,8 a ¹	20,0 b	13,33 b	3,82 b	1,44 a	12,62 b	51,36 a	29,50 a
Vegetação espontânea ⁽²⁾	3,8 b	40,0 a	5,12 c	3,25 bc	3,07 a	20,62 a	49,58 b	10,50 b

Em que: ¹Os valores representam médias de 4 repetições; médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5g.kg⁻¹ de probabilidade. ²Formada por capim-colonião (*Panicum maximum*).

TABELA 2: Produção de biomassa fresca e seca das folhas de três diferentes leguminosas e vegetação espontânea em um SAF, por ocasião da estação chuvosa, nos meses de março, junho e outubro de 2006, no município de Seropédica - RJ.

TABLE 2: Production of fresh and dry biomass of leaves of three legumes and spontaneous vegetation in a SAF, when the rainy season in march, june and october 2006, in Seropédica - RJ.

Espécies	Biomassa Fresca (Mg ha ⁻¹)				Biomassa Seca (Mg ha ⁻¹)			
	março	junho	outubro	total	março	junho	outubro	Total
<i>Acacia angustissima</i>	9,75 ab	6,00 a	6,67 b	22,42 b	4,05 a	2,16 a	2,59 b	8,80 b
<i>Gliricidia sepium</i>	16,50 a	4,30 a	2,70 b	23,50 b	4,53 a	0,90 a	0,65 b	6,08 b
<i>Pueraria phaseoloides</i>	15,50 a ¹	6,12 a	23,30 a	44,92 a	4,83 a	1,94 a	7,32 a	14,09 a
Vegetação espontânea ²	5,00 b	7,34 a	3,76 b	16,10 c	1,29 b	1,90 a	0,97 b	4,16 b

Em que: ¹Os valores representam médias de 4 repetições; médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5g kg⁻¹ de probabilidade. ²Formada por capim-colonião (*Panicum maximum*).

pelas plantas em consórcio e sua demanda pelas culturas principais. Esses nutrientes são liberados pela decomposição dos resíduos das árvores, por meio das podas. Kang et al. (1990) enfatizam que repetidas aplicações desse material aumentariam o conteúdo de matéria orgânica do solo e o sistema radicular profundo das árvores seria capaz de extrair nutrientes de camadas profundas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas através da ciclagem.

Barreto e Fernandes (2001), em um estudo nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe, relataram a grande contribuição da gliricídia para o cultivo em aleias, em função da produtividade de biomassa seca (de 5,8 Mg ha⁻¹, na média de quatro anos) e de alta riqueza nutricional, contribuindo com 160 kg ha⁻¹ por ano de N para o sistema. Essa leguminosa, assim como a acácia angustíssima, além de demonstrar uma expressiva produção de biomassa possui também uma extraordinária capacidade de rebrota.

Em relação aos teores de nutrientes, Silva et al. (2007) observaram valores de teores de N semelhantes aos apresentados na Tabela 1, para acácia angustíssima e gliricídia, 4,14 g kg⁻¹ e 2,93 g kg⁻¹, respectivamente, em um estudo realizado em Seropédica - RJ. Esses mesmos autores elaboraram um banco de dados, disponível em www.cnpab.embrapa.br/adubacao_verde, correlacionando a composição química e a velocidade de decomposição de plantas para adubação verde. Acessando-se esse mesmo banco de dados observa-se que os valores dos teores de nitrogênio para acácia angustíssima variaram entre 2,6 g kg⁻¹ e 3,83 g kg⁻¹; para gliricídia os valores de N estão

entre 2,5g kg⁻¹ e 3,85 g kg⁻¹ e para o kudzu-tropical estão entre 2,48 g kg⁻¹ e 3,68 g kg⁻¹, esses dados concordam com os valores de nitrogênio obtidos no presente estudo, 3,50 g kg⁻¹, 3,05 g kg⁻¹ e 2,95 g kg⁻¹ para acácia angustíssima, gliricídia e kudzu-tropical, respectivamente (Tabela 1).

A gliricídia e a canafístula apresentaram os valores de acúmulo de N em torno de 89 kg ha⁻¹ em um experimento com adição de P e de 74 kg ha⁻¹ no experimento sem adição de P, realizado por Queiroz et al. (2007).

Em Nova Guiné, ensaios foram realizados utilizando *Acacia angustissima* num sistema de cultivo em aléias intercalado com batata doce. Neste estudo, a *Acacia angustissima* supriu suficientemente o N, P, K para a cultura, mas, devido ao rápido crescimento da cultura sombreada, inibiu o rendimento do tubérculo (BROOK et al., 1993). Esse efeito também foi observado sobre o crescimento vegetativo da bananeira no presente trabalho.

A produção de biomassa das leguminosas *Acacia angustissima* e *Gliricidia sepium*, tanto quanto da *Pueraria phaseoloides* foi variável de um ano para outro e por vezes, superior ao relatado em outras pesquisas, demonstrando que essas espécies podem responder muito diversamente aos diferentes tipos de manejo e às diferentes condições edafoclimáticas.

Quanto aos tempos de meia-vida e às constantes de decomposição, observou-se que a decomposição dos resíduos foi ligeiramente mais lenta durante a estação seca (Tabela 3), devido, provavelmente, às condições climáticas associadas a menores precipitações pluviométricas durante

TABELA 3: Parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de matéria seca e tempos de meia-vida por ocasião dos cortes realizados durante a estação seca, e chuvosa, nos anos de 2005 e 2006, respectivamente, Seropédica - RJ.

TABLE 3: Parameters the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of dry matter and dry of half-life time of the cuts made during the dry season and rainy season in years 2005 and 2006, respectively Seropédica / RJ.

Espécies	Parâmetros da equação de decomposição		
	k (dia ⁻¹)	t _{1/2} (dias)	r ²
Estação Seca			
<i>Acacia angustissima</i>	0,007	93	0,66
<i>Gliricidia sepium</i>	0,029	24	0,86
<i>Pueraria phaseoloides</i>	0,020	34	0,87
Vegetação espontânea	0,013	50	0,73
Estação chuvosa			
<i>Acacia angustissima</i>	0,012	53	0,61
<i>Gliricidia sepium</i>	0,048	14	0,76
<i>Pueraria phaseoloides</i>	0,029	23	0,75
Vegetação espontânea	0,034	20	0,76

Em que: t_{1/2} = tempo de meia-vida.

esse período.

Na estação seca a gliricídia apresentou menor tempo de meia-vida e a acácia angustíssima o maior tempo, também observado na estação chuvosa, presumindo-se que estas leguminosas arbóreas diferenciam-se quanto à decomposição dos resíduos de suas respectivas biomassas (Tabela 3). Os valores para o kudzu-tropical e vegetação espontânea foram intermediários, variando apenas entre a estação seca e chuvosa.

A extração de nutrientes dos solos tropicais é bastante influenciada pelo regime hídrico do solo, devido ao efeito que a água exerce na decomposição da matéria orgânica e no transporte de nutrientes para a superfície das raízes. Além da precipitação total, a distribuição das chuvas ao longo do ano também influencia a taxa de deposição, verificando-se com frequência, uma maior taxa de deposição no período seco (SWAMY e PROCTOR, 1994). Esses mesmos autores advertem que além dos fatores ambientais inesperados que podem interferir na precisão dos resultados da queda de resíduos da parte aérea, a falta de uma metodologia padronizada também acarreta diferenças nesses valores, dificultando a comparação entre ecossistemas.

Segundo Correia e Andrade (1999), alguns trabalhos consideram apenas as folhas para

avaliar o aporte da serapilheira, enquanto outros incluem além das folhas, flores e frutos, galhos finos, galhos grossos e troncos, o que dificulta a comparação entre diferentes experimentos. Desse modo, Anderson e Ingram (1993) sugeriram, com o objetivo de padronizar estes estudos, considerar como componentes da serapilheira as seguintes frações: folhas, galhos com diâmetro menor que 2 cm, estruturas reprodutivas (flores e frutos) e refugo (fragmentos menores que 5 mm).

Considerando-se o tempo de meia-vida obtido na época seca, a liberação de N, P e K foi equivalente (Tabela 4).

A partir dos valores k, estabeleceu-se a seguinte ordem de liberação:

$$K > P > N > Mg > Ca$$

Os três principais indicadores utilizados para medir a decomposição da camada da serapilheira são a respiração do solo, o valor k, relacionado à quantidade de material que cai do dossel e a que está depositada sobre o solo (serapilheira), e as avaliações diretas, através das medidas da perda de massa em *litterbags* para o estudo da decomposição (ANDERSON e SWIFT, 1983).

Algumas críticas são atribuídas ao uso

do valor k em ecossistemas que não atingiram o equilíbrio entre o material depositado e o material decomposto (ANDERSON e SWIFT, 1983), podendo causar uma grande amplitude entre os diversos materiais testados em diferentes condições edafoclimáticas.

A velocidade de liberação de nutrientes dos resíduos culturais durante o processo de decomposição depende da localização e da forma em que esses nutrientes se encontram no tecido vegetal. O potássio, que se encontra em componentes não estruturais e na forma iônica no vacúolo das células das plantas (MARSCHNER, 1995), é rapidamente lixiviado logo após o manejo das plantas de cobertura, com pequena dependência dos processos microbianos.

No caso do fósforo, cuja maior parte encontra-se na planta, associada a componentes

orgânicos do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995), sua liberação está intimamente ligada ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo.

Os principais fatores que afetam a taxa de mineralização dos compostos orgânicos são as condições edafoclimáticas (temperatura, umidade, pH, teores de O_2 e de nutrientes no solo) e a qualidade do substrato (PAUL e CLARK, 1996).

A rápida liberação de K confirma os resultados de Schomberg e Steiner (1999), e pode ser atribuída ao fato de o K ser um elemento que não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (MARSCHNER, 1995). Schomberg e Steiner (1999) observaram que, com precipitações elevadas, houve maior liberação de K nas leguminosas do que nas gramíneas. Segundo esses autores, mecanismos físicos (chuva) e químicos (qualidade do resíduo) estão envolvidos na liberação

TABELA 4: Parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida por ocasião dos cortes realizados durante a estação seca, de três diferentes leguminosas e vegetação espontânea, Seropédica - RJ, 2005.

TABLE 4: Parameters of the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of N, P, K, Ca and Mg and half-life time at the cuts made during the dry season, three different pulses and spontaneous vegetation, Seropédica / RJ, 2005.

Espécies	Nutriente	k (dia ⁻¹)	$t_{1/2}$ (dias)	r^2
<i>Acacia angustissima</i>	N	0,016	43	0,76
<i>Gliricidia sepium</i>	N	0,032	21	0,91
<i>Pueraria phaseoloides</i>	N	0,015	44	0,79
Vegetação espontânea	N	0,014	58	0,69
<i>Acacia angustissima</i>	P	0,027	25	0,65
<i>Gliricidia sepium</i>	P	0,042	16	0,79
<i>Pueraria phaseoloides</i>	P	0,026	25	0,81
Vegetação espontânea	P	0,035	19	0,91
<i>Acacia angustissima</i>	K	0,040	14	0,82
<i>Gliricidia sepium</i>	K	0,064	10	0,85
<i>Pueraria phaseoloides</i>	K	0,046	15	0,86
Vegetação espontânea	K	0,051	13	0,80
<i>Acacia angustissima</i>	Ca	0,019	35	0,76
<i>Gliricidia sepium</i>	Ca	0,030	22	0,83
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Ca	0,015	45	0,75
Vegetação espontânea	Ca	0,012	54	0,72
<i>Acacia angustissima</i>	Mg	0,023	29	0,82
<i>Gliricidia sepium</i>	Mg	0,415	16	0,86
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Mg	0,019	35	0,78
Vegetação espontânea	Mg	0,016	43	0,77

Em que: $t_{1/2}$ = tempo de meia-vida.

do nutriente e que, em razão da elevada taxa de liberação de K dos resíduos culturais, parte dele poderá ser perdido no solo pela lixiviação. Nesse sentido, o K talvez seja o elemento cuja redução do prazo de implantação das culturas em sucessão seja mais importante para minimizar as suas perdas.

Ao contrário do que se observou para K, detectou-se longos tempos de meia-vida para Ca (Tabela 4). A lenta liberação desse nutriente deve-se, provavelmente ao fato do Ca ser um dos constituintes da lamela média da parede celular (TAIZ e ZEIGER, 1991), formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais.

Considerando-se a época seca, a gliricídia obteve os menores tempos de meia-vida em todos os nutrientes estudados, e a vegetação espontânea,

os maiores tempos de meia-vida para nitrogênio, cálcio e magnésio (Tabela 4).

Na liberação de fósforo e potássio, observaram-se menores valores para acácia angustíssima e kudzu-tropical (Tabela 4). O nitrogênio apresenta um ciclo dinâmico, ou seja, esse nutriente tem uma grande mobilidade no solo, enquanto o fósforo, que forma compostos menos solúveis em água, se move de modo mais lento de um compartimento para outro; desse modo, o P mostrou valores intermediários de velocidade de decomposição nas espécies avaliadas. Essa diferença entre as constantes de decomposição está associada ao modo como cada um desses nutrientes responde às condições edafoclimáticas e a ação da macrofauna do solo.

Considerando-se a avaliação realizada na

TABELA 5: Parâmetros da equação $X = X_0 e^{-kt}$ ajustada aos valores de N, P, K, Ca e Mg e respectivos tempos de meia-vida por ocasião dos cortes realizados durante a estação chuvosa, de três diferentes leguminosas e vegetação espontânea, Seropédica - RJ, 2006.

TABLE 5: Parameters of the equation $X = X_0 e^{-kt}$ adjusted the values of N, P, K, Ca and Mg and half-life time at the cuts made during the rainy season, three different pulses and spontaneous vegetation, Seropédica / RJ, 2006.

Espécies	Nutriente	k (dia ⁻¹)	t _{1/2} (dias)	r ²
<i>Acacia angustissima</i>	N	0,030	23	0,89
<i>Gliricidia sepium</i>	N	0,052	13	0,68
<i>Pueraria phaseoloides</i>	N	0,033	20	0,7
Vegetação espontânea	N	0,025	26	0,66
<i>Acacia angustissima</i>	P	0,028	24	0,86
<i>Gliricidia sepium</i>	P	0,055	12	0,64
<i>Pueraria phaseoloides</i>	P	0,005	25	0,72
Vegetação espontânea	P	0,014	18	0,72
<i>Acacia angustissima</i>	K	0,042	16	0,82
<i>Gliricidia sepium</i>	K	0,083	8	0,85
<i>Pueraria phaseoloides</i>	K	0,054	12	0,85
Vegetação espontânea	K	0,058	11	0,72
<i>Acacia angustissima</i>	Ca	0,011	60	ND ⁽²⁾
<i>Gliricidia sepium</i>	Ca	0,063	11	0,85
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Ca	0,030	22	0,72
Vegetação espontânea	Ca	0,032	21	0,70
<i>Acacia angustissima</i>	Mg	0,018	37	0,76
<i>Gliricidia sepium</i>	Mg	0,063	11	0,77
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Mg	0,029	23	0,73
Vegetação espontânea	Mg	0,036	19	0,72

Em que: t_{1/2} = tempo de meia-vida. ² ND = dados não ajustados ao modelo exponencial simples de acordo com análise de regressão (p < 0,05).

época seca, os tempos de meia-vida da liberação dos nutrientes foram menores em todas as espécies estudadas, quando comparadas com a época chuvosa (Tabela 5).

A gliricídia novamente demonstrou os menores tempos de meia-vida para todos os nutrientes estudados (Tabela 5).

Silva et al. (2007), em um estudo comparativo entre a composição química e a velocidade de decomposição e liberação de nitrogênio de folhas de dez espécies florestais, observaram também menores tempos de meia-vida na decomposição de massa seca para gliricídia e eritrina (*Erythrina poeppigiana*), 21 e 19 dias, respectivamente, e liberação de nitrogênio, com tempo de meia-vida 15 dias para ambas as espécies, quando comparadas com *Acacia auriculiformis*, *Acacia holosericea*, *Albizia guachapele*, *Abizia saman*, *Brachiaria decumbens*, *Inga semialata*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Syzygium cumini*.

Os autores também verificaram grande amplitude nas velocidades de decomposição das diferentes espécies, onde os valores referentes ao tempo de meia-vida variaram de menos de vinte dias, no caso da *Erythrina poeppigiana* a mais de 200, no caso de *Inga semialata* (SILVA et al., 2007).

Bentes-Gama et al. (2005), sugerem que os SAFs sejam mais divulgados entre os produtores com atenção à orientação técnica desde o momento de sua implantação.

Desse modo, a sincronização entre a demanda e a oferta de nutrientes em Sistemas Agroflorestais é um dos grandes desafios na condução dessa atividade. A gliricídia demonstrou ser uma leguminosa com maiores taxas de decomposição da biomassa seca e também na liberação de nutrientes, quando comparada com a acácia angustíssima, kudzu-tropical e vegetação espontânea. Por outro lado, os menores valores de taxa de decomposição apresentados pela acácia angustíssima podem ser interessantes, dependendo da cultura a ser consorciada com essa arbórea, a liberação mais lenta dos nutrientes poderá favorecer a médio e longo prazo o desenvolvimento da cultura consorciada.

CONCLUSÕES

Conclui-se que as leguminosas e a vegetação espontânea demonstraram diferentes padrões de decomposição dos resíduos, sendo que todas as espécies avaliadas apresentaram rápida liberação de

K e lenta liberação de Ca.

Sugere-se que as altas taxas de produção de biomassa da *Gliricidia sepium* e da *Acacia angustissima* podem favorecer em longo prazo o aumento da fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes para as culturas intercalares, e o tempo de meia-vida curto para *Gliricidia sepium* pode favorecer as culturas intercalares.

Ajustes no manejo de podas e nas densidades de consórcios com leguminosas arbóreas devem ser considerados para evitar possíveis competições com a cultura de interesse agrônômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. L. et al. **Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro**. Itaguaí: Ed. Universidade Rural, 1988. 179 p.
- ANDERSON, J. M. SWIFT, J. S. I. Decomposition in tropical forest. In: SUTTON, S. L. (eds.) **Tropical rain forest: ecology and management**. London: Blackwell Scientific, 1983. p. 287-309.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. 2nd ed. Wallingford: CAB International, 1993. 221 p.
- BALA, A. et al. Distribution and diversity of rhizobia nodulating agroforestry legumes in soil from three continents in the tropics. **Molecular Ecology**, v. 12, p. 917-930, 2003.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.
- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, Campinas, 1983. 41p. (Boletim Técnico, 78).
- BENTES-GAMA, M. de M. et al. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia ocidental, Machadinho d'Oeste- RO. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, 2005.
- BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen total. In: PAGE, A. L.; MILLER, R. A.; KEENEY, D. R., (Ed). **Methods of soil Analysis**. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 595-624, 1982. (Agronomy, 9).
- BROOK, R. M. Cultivo em aléias for sweet potato in Papua New Guinea. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports**, v. 11, p. 35-39. 1993.
- CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação

- de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A. e CAMARGO, F. A. O. (Org.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais 1**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.197-225.
- COSTA, G. S. **Ciclagem de nutrientes em uma área degradada revegetada com leguminosas arbóreas e em um fragmento florestal em crescimento secundário (capoeira)**. 1998. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212 p.
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- ESPÍNDOLA, J. A. A. **Avaliação de leguminosas herbáceas perenes usadas como cobertura viva do solo e sua influência sobre a produção de bananeira (Musa spp.)**. 2001. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2001.
- GONZÁLEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de edafología y agrobiología**. p. 1130-1157, 1986.
- KANG, B. T. et al. Alley farming. **Advanced Agronomy**, v. 43, p. 15-359, 1990.
- LOCATELLI, M. et al. Seleção de leguminosas para cultivo em "Alley-Cropping" sob condições de latossolo amarelo. In: MESA REDONDA SOBRE RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DE LEGUMINOSAS, 1991. Belém. **Trabalhos e recomendações**. Belém: EMBRAPA, CPATU/ GTZ, 1992. p.121-130.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1995. p. 229-312.
- PALM, C. A. et al. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 63-75, 2001.
- PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Dynamics of residue decomposition and soil organic matter turnover. In: **Soil Microbiology and Biochemistry**. 2nd ed. San Diego: Academic, 1996. p. 158-179.
- QUEIROZ, L. R. et al. Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N, P e K em leguminosas arbóreas no sistema de aleias, em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 383-390. 2007
- REZENDE, C. D. et al. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 54, n. 2, p. 99-112, 1999.
- SCHOMBERG, H. H.; STEINER, J. L. Nutrient dynamics of crop residues decomposing on a fallow notill soil surface. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, n. 3, p. 607-613, 1999.
- SILVA, G. T. A. et al. de. **Correlação entre a composição química e a velocidade de decomposição de plantas para adubação verde visando a elaboração de uma base de dados**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 51 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Agrobiologia).
- SWAMY, H. R.; PROCTOR, J. Litterfall and nutrient cycling in four rain forests in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. **Global Ecology and Biogeography Letters**. Oxford, v. 4, p.155-165, 1994.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Califórnia: The Benjamin/Cummings Publishings Company, 1991. 565 p.
- VIVAN, J. L. **Agricultura e Florestas: princípios de uma interação vital**. Guaíba: Agropecuária, 1998. 207 p.