

POTENCIALIDADE DO SISTEMA “ALLEY CROPPING” PARA RECUPERAÇÃO DE SOLOS ALTERADOS POR ATIVIDADES AGRÍCOLAS NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ-AÇU, PARÁ¹

Leonilde dos Santos ROSA²

Francisco de Assis OLIVEIRA³

Valter VELASCO⁴

Virgílica Eugênia Vasconcelos ALBÉRIO⁵

RESUMO: Dentre os sistemas agroflorestais existentes, pode-se destacar o sistema agrossilvicultural “alley cropping” (cultivo em faixa ou aléias), no qual espécies agrícolas são cultivadas entre faixas de espécies leguminosas arbóreas de rápido crescimento. Este sistema favorece a proteção da camada superficial do solo pela formação de uma cobertura morta, obtida com a poda do componente arbóreo, e que pode ser ainda incorporada ao solo como adubo verde. Assim, um desenho modificado do “alley cropping” composto pelas espécies *Inga edulis* (ingá cipó), e *Vigna unguiculata* var. IPEAN V-69 (caupi) foi utilizado visando definir um arranjo espacial que proporcionasse o mínimo de competição e o máximo de produtividade dos componentes estudados, em solos alterados por atividades agrícolas. Este experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, localizada no Município de Igarapé-Açu, situado entre as coordenadas geográficas: 0° 45' 15" e 1° 39' de latitude Sul e 46° 16' e 48° 15' de longitude Oeste. Foram avaliados a sobrevivência, o crescimento e a produção de fitomassa do *Inga*, assim como o rendimento de grãos do caupi. Para tanto, utilizou-se um delineamento experimental em blocos ao caso com sete repetições e quatro tratamentos: T1= *Inga* 4m x 1m + caupi; T2= *Inga* 6m x 1m + caupi; T3= *Inga* 4m x 2m + caupi e T4= monocultivo de caupi. Os dados obtidos mostraram que o espaçamento 4m x 1m foi o que apresentou melhores resultados em termos de sobrevivência, de produção de fitomassa do ingá e de rendimento de grãos de caupi. A espécie *Inga edulis*, devido ao seu padrão de resposta em termos de sobrevivência, crescimento e produção de fitomassa, apresenta-se como uma espécie promissora para ser utilizada em sistema “alley cropping” implantados em solos ácidos, assim como para recuperação de solos alterados por atividades agrícolas.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: “alley cropping”, *Inga edulis*, *Vigna unguiculata*; Crescimento, Sobrevivência, Fitomassa, Rendimento, Grãos.

POTENTIALITY OF THE ALLEY CROPPING SYSTEM TO REHABILITATE ALTERED SOILS BY AGRICULTURAL ACTIVITIES IN THE MUNICIPALITY OF IGARAPÉ-AÇU, PARÁ

ABSTRACT: Alley cropping is an agroforestry system in which food crops are cultivated in the alleys between hedges of fast growth tree species. This system favors the protection of the soil by pruning the tree component to form a mulch layer or to be incorporated as green manure. The experiment was carried out in the Experimental

¹ Aprovado para publicação em 11.12.2000

Projeto Financiado pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará - FCAP

² Engenheira Florestal, M. Sc, Professora Assistente da FCAP

³ Engenheiro Florestal, M. Sc., Professor Adjunto da FCAP

⁴ Engenheiro Agrônomo, Técnico da FCAP

⁵ Engenheira Florestal, Técnica da FCAP

Farm of the Faculty, of Agrarian Sciences, Igarapé-Açu, Pará, Brazil, in the coordinates of 0° 45' 15" and 1° 39' of South Latitude and 46° 16' and 48° 15' of West Longitude. An alley cropping with *Inga edulis* (ingá cipó) and *Vigna unguiculata* (caupí), variety IPEAN V-69, was used in a randomized block experimental design with four treatments ($T_1 = Inga$ spaced 4mx1m + caupí; $T_2 = Inga$ spaced 6mx1m + caupí; $T_3 = Inga$ spaced 4mx2m + caupí and $T_4 = caupí$) and seven replicates. The parameters of evaluation were the grain yield of caupí, survival index and biomass production of Inga. Inga spaced 4mx1m showed higher survival index, biomass production and grain yield of caupí. It was concluded that *Inga edulis* can be a promising component of alley cropping systems designed for reclamation of altered acid soils.

INDEX TERMS: *Inga edulis*, *Vigna unguiculata*, Growth, Biomass, Acid Tropical Soils, Amazon Basin.

1 INTRODUÇÃO

Levantamentos recentes realizados na Região Amazônica revelaram que 517 069 quilômetros quadrados de florestas apresentam-se alterados por atividades antrópicas (Inpe, 1997), sendo que boa parte dessa área encontra-se em estado avançado de degradação em decorrência das atividades florestais e agropecuárias.

Diante desse contexto, os sistemas agroflorestais-SAFs vêm sendo preconizados como uma alternativa viável para o uso sustentado da terra nessa região (Dubois, 1979; Galvão, 1979; Dubois, 1982; Fearnside, 1983) pois, quando comparados aos monocultivos, apresentam inúmeras vantagens tanto em termos ecológicos quanto do ponto de vista sócioeconômico (Dubois, 1979; Dubois, 1982; Combe, 1982; Young, 1988; Alvin, 1989; MacDicken & Vergara, 1990; Vilas Boas, 1991; Torquebau, 1990; Couto, 1987; Macedo & Camargo, 1994; Mashio, et al. 1994), sendo, portanto, indicados para evitar a degradação dos ecossistemas frágeis e complexos da Amazônia (Eden, 1982).

Trata-se, portanto, de uma tecnologia com enorme potencial para os trópicos úmidos (Sanches, 1979; Bruenig, 1986; Vergara, 1987; Salas, 1989; Silva, 1991), apropriada para conservação dos solos (Young, 1987; 1989), bem como promissora para geração de alimentos em países em desenvolvimento (Rocheleau & Raintree, 1987).

Dentre os sistemas agroflorestais existentes, pode-se destacar o sistema "alley cropping" (cultivo em faixa ou aléias), no qual espécies agrícolas são cultivadas entre faixas de espécies leguminosas arbóreas de rápido crescimento (Kang, 1993). Estas leguminosas arbóreas, por sua vez, são utilizadas como fonte de fitomassa e, na maioria dos casos, funcionam como espécies fixadoras de nitrogênio.

Para Kang & Wilson (1987), o cultivo em faixa é uma excelente opção agroflorestal para os trópicos úmidos e subúmidos. Ademais, esta técnica favorece a proteção da camada superficial do solo, pela formação de uma cobertura morta

obtida com a poda do componente arbóreo (Sanches, 1987; Kang & Wilson, 1987; Fernandes et al, 1994), a qual pode ser ainda incorporada ao solo como adubo verde (Kang, 1993).

Apesar desse sistema ter sido bastante estudado nestas últimas décadas, poucas são as pesquisas que examinam o efeito do espaçamento e, conseqüentemente, da largura das linhas ou aléias, no crescimento do componente arbóreo e na produção de grãos do componente agrícola. Assim, um desenho modificado do "alley cropping", composto pela espécie arbórea *Inga edulis* (ingá cipó) e a cultura agrícola *Vigna unguiculata* var. IPEAN V-69 (caupi), foi utilizado visando definir um arranjo espacial que venha permitir o mínimo de competição e o máximo de produtividade dos componentes estudados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA E CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, localizada no Município de Igarapé-Açu, situado entre as

coordenadas geográficas 0° 45' 15" e 1° 39' de latitude Sul e 46° 16' e 48° 15' de longitude Oeste. O clima desse município, segundo a classificação de KÖPPEN, é do tipo Am, com temperatura média mensal de 24,9°C, umidade relativa do ar em torno de 86% e precipitação média anual de 2 442 mm (Bastos, 1972).

A área de estudo apresenta-se parcialmente recoberta por florestas secundárias em diferentes estádios sucessionais, resultantes de atividades agrícolas. Nesta área predomina o solo Podzólico Vermelho-Amarelo (Tenório et al., 1999) com baixa fertilidade (Tabela 1).

2.2 PREPARO DA ÁREA E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A área destinada ao experimento, por ter sido inúmeras vezes cultivada, apresentava-se recoberta com floresta secundária jovem, contendo árvores de pequeno porte, o que permitiu que a mesma fosse apenas roçada. Após esta etapa, a área foi arada e, em seguida, gradeada, haja vista que a mesma apresentava-se bastante compactada.

O delineamento experimental utilizado nesta pesquisa foi blocos ao acaso, com quatro tratamentos: T1= ingá 4m x 1m

Tabela 1- Características física e química do solo da área experimental, coletado a uma profundidade 30 cm.

Características físicas (%)				Características químicas Meq/100g							
Areia Grossa	Areia Fina	Argila	Silte	Ca	Mg	K	Al	P (ppm)	C (%)	M.O (%)	pH (H ₂ O)
40	37	17	6	0,55	0,45	0,09	1,04	4,0	0,81	1,40	3,4

Fonte: Pesquisa de Campo

+ caupi; T2= ingá 6m x 1m + caupi; T3= ingá 4m x 2 m + caupi e T4= monocultivo de caupi; sendo sete o número de repetições. A área da parcela em cada bloco foi de 216 m² (18 m de comprimento por 12 metros de largura).

A instalação do experimento ocorreu no segundo trimestre de 1991, quando as mudas de ingá, produzidas em viveiro, apresentavam altura média de 30 centímetros. As mudas foram plantadas manualmente no campo, sem nenhum fertilizante químico. O caupi, por sua vez, foi plantado manualmente (duas a três sementes por cova) ao final do referido trimestre, entre as fileiras do ingá, no espaçamento de 50 cm por 30 cm, conforme recomendação de Aquino & Silva (1986). Vale ressaltar que as fileiras resultantes dos espaçamentos foram constituídas de apenas uma linha de ingá, diferindo, portanto, do "alley cropping" tradicional, que normalmente requer fileiras duplas de leguminosas.

As avaliações foram feitas aos 30 dias, 12 meses e 24 meses após a instalação do experimento. Os parâmetros analisados foram os seguintes: percentual de sobrevivência, percentual de plantas bifurcadas, crescimento em altura, diâmetro da base do caule e da copa e produção de fitomassa do ingá, e o rendimento de grãos de caupi. Os dados obtidos foram analisados por meio do estudo de correlação e regressão linear simples.

É importante esclarecer que, por razões operacionais, só foi possível realizar

o estudo de fitomassa 24 meses após a instalação do experimento. Nesta ocasião, as árvores de ingá foram podadas a uma altura de 90 centímetros, e seis árvores selecionadas de forma aleatória em cada tratamento foram utilizadas para a avaliação da fitomassa. Após a podagem, os ramos e as folhas obtidos destas árvores foram separados e, em seguida, pesados e levados à estufa à temperatura de 70°C para obtenção da matéria seca. O restante da fitomassa obtida da podagem das demais árvores foi colocado entre as linhas como cobertura morta, e só posteriormente a esta etapa o caupi foi plantado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CRESCIMENTO DO INGÁ EM ALTURA, DIÂMETRO DA BASE DO CAULE E DIÂMETRO DA COPA

Aos 24 meses de idade, o ingá apresentou, praticamente, o mesmo comportamento em termos de crescimento médio em altura nos três espaçamentos testados (T1 = 234 cm; T2= 229 cm; T3= 247 cm) e diâmetro da copa (T1 = 204 cm; T2 = 220 cm; T3 = 224 cm). Observa-se, porém, que o crescimento em diâmetro da base do caule (T1 = 4,6 cm; T2 = 4,8 cm; T3 = 5,6 cm) foi maior no espaçamento 4m x 2m, devido, provavelmente, à menor densidade de plantas por metro quadrado (Figura 1).

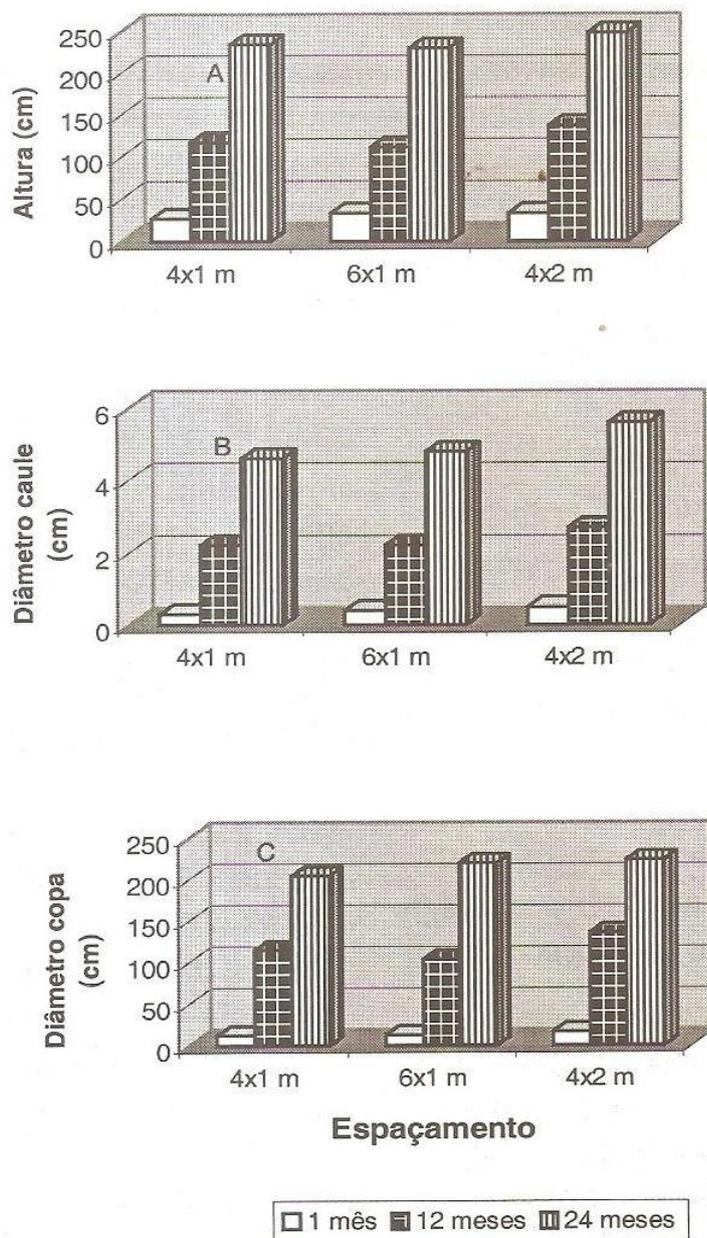


Figura 1- Crescimento em altura (A), diâmetro da base do caule (B) e da copa (C) do *Inga edulis*, em diferentes espaçamentos, no primeiro mês após o plantio e aos 12 e 24 meses.

A análise de correlação entre o crescimento do ingá e o tempo de avaliação (1, 12 e 24 meses) foi positiva em todos os três espaçamentos, tanto para a altura ($r = 0,95$) quanto para o diâmetro da base do caule ($r = 0,96$) e o diâmetro da copa ($r = 0,93$). Por outro lado, a correlação entre o crescimento em altura, diâmetro da base do caule e diâmetro da copa do ingá e o espaçamento foi positiva, porém baixa, com o coeficiente de correlação de 0,29, 0,41 e 0,26, respectivamente.

A análise de regressão linear para o crescimento em altura, diâmetro da base do caule e da copa em função do tempo indicou um bom ajuste ao modelo linear utilizado (Tabela 2). Significa dizer, portanto, que o crescimento do ingá, em geral, apresentou uma relação linear com o tempo, o mesmo não acontecendo com relação ao espaçamento.

Estudos realizados com o ingá, tanto em sistemas agroflorestais quanto em monocultivos, têm demonstrado que esta leguminosa, em geral, apresenta um rápido crescimento nos primeiros anos de

desenvolvimento. Smyth (1993), por exemplo, estudando o crescimento do ingá em sistema "alley cropping", observou que essa espécie alcançou em média 181 cm de altura e 1,95 cm de diâmetro da base do caule, aos 10 meses de idade. Ribeiro (1997), avaliando o comportamento dessa leguminosa em um sistema agrossilvicultural, verificou que o ingá, aos 32 meses de idade, apresentava em média 5,5 m de altura, 7,7 cm de diâmetro da base do caule e 2,86 m de diâmetro da copa. Por sua vez, no sistema de capoeira melhorada, o ingá aos 12 meses apresentou uma altura acima de 200 cm (Brienza Junior et al., 1998).

Na forma de monocultivo, Deus et al. (1993) verificaram que o ingá, a pleno Sol, já havia atingido o crescimento pleno após dois anos de plantio. Quando inoculadas com *Rhizobium*, essa leguminosa aos 12 e 24 meses atingiu a altura média de 436 cm e 790 cm, respectivamente (Costa et al., 1998). De acordo com estes autores, nesse mesmo período o crescimento em diâmetro a altura do peito foi 2,79 cm e 5,79 cm, respectivamente.

Tabela 2- Análise de regressão linear ($Y=a+bx$) para o crescimento em altura (cm), diâmetro da base do caule (cm) e diâmetro da copa (cm) do *Inga edulis* em função do tempo (meses)

Crescimento (cm)	r^2	Teste F	Parâmetro a	Parâmetro b
Altura	0,90	596,48**	76,0126	102,636
Diâmetro da base do caule	0,91	662,04**	-1,97841	2,29310
Diâmetro da copa	0,87	417,17**	- 87,3620	101,541

Nota: r^2 : coeficiente de determinação; F: teste de significância; a: ponto de intersecção da reta de regressão; b: inclinação da reta de regressão; ** $P < 0,01$

3.2 SOBREVIVÊNCIA, PLANTAS BIFURCADAS E PRODUÇÃO DE FITOMASSA DO INGÁ

O maior percentual de sobrevivência (89%) do ingá foi observado no espaçamento 4m x 1m, e o menor (82%) no espaçamento 4m x 2m. O percentual de plantas bifurcadas, por sua vez, foi maior neste último tratamento, em decorrência, provavelmente, da maior área/planta e, conseqüentemente, da menor densidade de plantas (Tabela 3).

Resultados obtidos em outras pesquisas com o ingá têm evidenciado que o percentual de sobrevivência tem sido alto nos primeiros anos após o plantio. Em sistema "alley cropping", a sobrevivência do ingá logo após o plantio foi de, aproximadamente, 97,7% (Smyth, 1993). Em outros sistemas agrossilviculturais instalados na Região Amazônica o percentual de sobrevivência do ingá após 32 meses tem sido em torno de 87,5% (Ribeiro, 1997) e, aos 36 meses de idade, 90,2% (Perin et al., 1998). Em monocultivo,

nos dois primeiros anos de plantio essa leguminosa atingiu um percentual de sobrevivência de 100% (Deus et al., 1993). Nessa mesma modalidade de cultivo, Costa et al (1998) também obtiveram aos seis meses de idade 100% de sobrevivência.

Com relação à produção de fitomassa seca do ingá, nota-se, na Tabela 3, que em termos proporcionais, a fitomassa produzida pelas folhas do ingá foi maior do que a produzida pelos ramos. No que se refere à fitomassa total, porém, a menor produção ocorreu no espaçamento 4m x 2m (2 134 kg/ha) e a maior no espaçamento 4m x 1m (4 091 kg/ha). Este resultado, provavelmente, foi influenciado pela maior densidade de plantas no espaçamento 4m x 1m.

Os resultados da análise de correlação linear para a produção de fitomassa dos ramos ($r = - 0,67$), das folhas ($r = - 0,65$) e total ($r = - 0,74$), mostraram que esta foi afetada de forma negativa pelos espaçamentos testados. Em outras palavras, a fitomassa diminuiu à medida que os espaçamentos aumentaram.

Tabela 3- Sobrevivência, plantas bifurcadas e produtividade de fitomassa seca do *Inga edulis* sob diferentes níveis de espaçamento, 24 meses após o plantio.

Espaçamento	Sobrevivência %	Plantas bifurcadas (%)	Fitomassa (kg/ha)		
			Ramos	Folhas	Total
Ingá 4m x 1m	89	10	1 611±157	2 480±345	4 091±483
Ingá 6m x 1m	85	12	1 334±195	1 821±221	3 155±374
Ingá 4m x 2m	82	18	963±35	1 171±152	2 134±176

Nota: os valores constantes nas colunas Ramos, Folhas e Total correspondem à média ± erro padrão.

Os resultados da análise de regressão para a produção de fitomassa em função do espaçamento são apresentados na Tabela 4. Nota-se que os coeficientes de determinação obtidos foram baixos, não indicando um bom ajuste dos dados ao modelo de regressão utilizado.

Pesquisas desenvolvidas em outros locais da Região Amazônica têm evidenciado a adaptabilidade da espécie *Inga edulis* à baixa disponibilidade de nutrientes e à alta acidez presentes nos solos dessa região. Em um sistema agrossilvicultural estabelecido em área de pastagem degradada na rodovia Manaus-Boa Vista, Perin et al. (1998) obtiveram um percentual médio anual de fitomassa seca do ingá, oriundo de três cortes, de 8 860 kg/ha, correspondendo, aproximadamente, a 3 000 kg/ano.

No sistema de capoeira melhorada, instalado no Município de Theobroma, em Rondônia, Rodrigues et al., (1998) encontraram, aos 20 e 30 meses de idade, 20 556 e 58 582 kg/ha de fitomassa arbórea,

respectivamente. Com puerária (*Pueraria phaseoloides*) estes mesmos autores obtiveram uma fitomassa arbórea de 25 556 kg/ha aos 20 meses e 56 009 kg/ha aos 30 meses.

Oliveira et al., (1998), por sua vez, estudando a resposta do ingá à adubação fosfatada em Roraima, verificaram que, após 10 meses de implantação do experimento, o material resultante da podagem do ingá sem adubação produziu 663 kg/ha, e com adubação fosfatada, 1 537 kg/ha.

Em se tratando do sistema “alley cropping”, os dados de fitomassa obtidos em áreas experimentais, tanto no Brasil quanto no Peru, demonstram o grande potencial do *I. edulis* para o referido sistema agroflorestal (Tabela 5). Ao analisar-se essa tabela, nota-se pelos dados de Brasil (1992) e Smyth (1993), que a produção de fitomassa logo após os primeiros cortes sofre uma redução, voltando, porém, a se elevar nos cortes seguintes.

Tabela 4- Análise de regressão linear ($Y=a+bx$) para a produção de fitomassa seca (kg/ha) em função do espaçamento do *Inga edulis*, aos 24 meses de idade após o plantio.

Fitomassa	r^2	Teste F	Parâmetro a	Parâmetro b
Ramos	0,42	15,38 **	2507,43	- 211,929
Folhas	0,40	14,20**	378,788	- 327,321
Total	0,53	23,6**	665,279	- 579,393

Nota: r^2 : coeficiente de determinação;

F: teste de significância;

a: ponto de intersecção da reta de regressão;

b: inclinação da reta de regressão;

** $P<0,01$.

Tabela 5 - Fitomassa seca (kg/ha) e concentração de nutrientes nas folhas e ramos da espécie *Inga edulis* em sistemas de cultivo em faixas ("alley cropping") no Brasil e no Peru.

Local	Tempo* (meses)	Fitomassa (kg/ha)	Concentração de nutrientes (%)					Autor
			N	P	K	Ca	Mg	
Igarapé-Açu (Brasil) ♦	11	5 762	1,56	0,12	0,62	0,84	0,19	Brasil (1992)
	15	4 037	1,83	0,17	1,27	0,62	0,13	
	20	5 581	1,86	0,17	1,05	0,69	0,17	
	24	1 717	1,62	0,13	0,71	0,78	0,17	
	29	3 850	1,75	0,17	0,77	0,61	0,17	
	35	5 559	1,20	0,09	0,45	0,46	0,15	
Capitão-Poço (Brasil) ♦♦	10	3 608	1,77	0,09	0,53	Smyth (1993)
	15	1 504	
	22	2 216	1,63	0,115	0,33	
Yurimaguas (Peru)	...	♦ 3 372	3,54	0,26	1,47	0,58	0,17	Fernandes et al. (1993)
		♦♦ 3 228	3,51	0,23	1,46	0,57	0,16	
Yurimaguas (Peru) ♦	...	^f 15 200	3,54	0,28	1,01	1,13	0,15	Salazar et al. (1993)
		^r 4 800	1,76	0,24	1,79	0,65	0,11	

Nota: *: meses após o plantio em que o ingá sofreu os cortes;
 ♦: com adubação química;
 ♦♦: sem adubação química;
 ...: dados não disponíveis;
 f: folhas;
 r: ramos.

Esta característica do ingá de suportar diversos cortes sucessivos e, ainda, permanecer com boa capacidade de rebrotação, torna a espécie apta para ser utilizada em sistema "alley cropping" (Brasil, 1992). Além disso, os dados da concentração de nutrientes na fitomassa observados na Tabela 5 revelam a habilidade dessa espécie em capturar e reciclar nutrientes (Fernandes et al., 1993). Aliado a isso, existe o fato de que o ingá apresenta um crescimento satisfatório, tanto em termos de altura quanto em diâmetro da base do caule e da copa, mesmo em solos de baixa fertilidade.

3.3 RENDIMENTO DOS GRÃOS DE CAUPI

O rendimento da segunda colheita de caupi, após a podagem e com cobertura morta do ingá, nos três espaçamentos testados, foi menor do que na primeira colheita realizada antes da podagem (Tabela 6). Nessas duas situações, a maior produtividade média de grãos de caupi ocorreu sob o espaçamento 4m x 1m, e a menor, na forma de monocultivo.

Tabela 6- Rendimento da produção de grãos de caupi (*Vigna unguiculata*) associado com *Inga edulis* e na forma de monocultivo.

Tratamentos	Primeira colheita (kg/ha) (sem cobertura morta)	Segunda colheita (kg/ha) (com cobertura morta)
T1	325± 1,3	302±27,3
T2	274±19,1	257±15,4
T3	292±19,7	291±22,8
T4	255±10,0	228±16,6

Nota: os valores constantes nas colunas Primeira Colheita e Segunda Colheita correspondem à média ± erro padrão.

O maior rendimento observado na primeira colheita deu-se, provavelmente, em decorrência da baixa competição (acima e abaixo do solo) existente entre o *I. edulis* e o caupi, uma vez que as plantas de ingá ainda estavam pouco desenvolvidas. Por outro lado, a redução do rendimento de grãos de caupi na segunda colheita coincide, em parte, com aqueles obtidos por Smyth (1993), que também observou um menor rendimento de grãos de caupi após a podagem do ingá.

A correlação linear entre a produção de fitomassa do ingá e a produção de grãos do caupi, apesar de positiva, foi muito baixa ($r = 0,04$), indicando que a produção de grãos de caupi não foi influenciada pela fitomassa do ingá. Entretanto, há que se considerar que o espaçamento 4m x 1m, aparentemente, estabeleceu um balanço adequado entre a competição e os benefícios biológicos gerados pelo componente arbóreo. Além disso, observações realizadas ao longo do experimento indicam que a cobertura morta atuou no controle de ervas

daninhas, beneficiando o caupi. Assim, considerando que a maior produção de fitomassa do ingá ocorreu no referido espaçamento, é bem provável que isto tenha elevado o rendimento de grãos da referida cultura agrícola.

Vale ressaltar, no entanto, que uma vasta literatura sobre o sistema “alley cropping” nas regiões tropicais tem ressaltado o efeito negativo da distância da faixa de leguminosas arbóreas sobre o rendimento da cultura anual. Nestes estudos, em geral, o rendimento de grãos das linhas das culturas agrícolas próximas às faixas das leguminosas arbóreas tende a ser menor que no centro das mesmas (Rao et al., 1990; Szott et al., 1991; Maclean et al., 1992; Salazar et. al., 1993; Fernandes et al., 1993; Danso & Morgan, 1993; Tilander et al., 1995).

Ao que tudo indica, existe uma forte competição entre os componentes desse sistema, especialmente abaixo do solo, uma vez que a podagem da parte aérea reduz a competição por radiação solar. Neste sentido,

existem vários trabalhos evidenciando a competição por água e nutrientes entre árvores e culturas agrícolas no sistema "alley cropping" (Rao et al., 1990; Ong, et al., 1991; Marshall et al., 1992; Fernandes et al., 1993; Ong, 1994; Huxley et al., 1994; Tilander et al., 1995; Ong, 1996).

A explicação mais freqüente para essas interações negativas reside no fato de que, com o decorrer do tempo, ocorre um aumento da biomassa de raízes das árvores que compõem a faixa (a aléia), na mesma zona de enraizamento das culturas agrícolas, gerando, portanto, uma grande competição entre as raízes dos componentes do sistema "alley cropping" (Fernandes et al., 1993).

Em se tratando de *I. edulis*, estudos realizados revelam que essa espécie apresenta um sistema radicular bastante desenvolvido (Brasil, 1992) e uma alta proporção (mais de 50%) de raízes finas (menores que 3mm de diâmetro) distribuídas nos primeiros 10 cm de solo, e mais de 90% nos primeiros 30 cm do solo, semelhante à encontrada nas culturas anuais (Smyth, 1992 e 1993). Entretanto, a podagem das raízes e da copa diminui a competição e aumenta a produtividade da cultura agrícola (Fernandes et al., 1993), isto porque existe uma tendência à mortalidade de raízes logo após o corte da copa do ingá (Smyth, 1992).

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e nas condições específicas em que este estudo foi desenvolvido, pode-se concluir que:

- a) o crescimento do ingá foi satisfatório, considerando as condições de solo a que essa espécie estava submetida;
- b) o espaçamento 4m x 1m foi o que apresentou melhores resultados em termos de sobrevivência, produção de fitomassa do ingá e de rendimento de grãos de caupi;
- c) a cobertura morta afetou positivamente o rendimento de grãos, haja vista o baixo rendimento de grãos de caupi observado no monocultivo;
- d) a espécie *Ingá edulis*, devido ao seu padrão de resposta em termos de sobrevivência, crescimento e produção de fitomassa, tem grande potencial para o cultivo em faixa ou "alley cropping" implantados em solos ácidos, assim como para recuperação de solos alterados por atividades agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Ao Claudécir Gaspar de Freitas, Marco Antonio Pamplona e a Maria Betânia Araújo da Silva que, como acadêmicos do Curso de Engenharia Florestal, colaboraram na coleta de dados em diferentes períodos e etapas desse projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIN, P. T. Tecnologias apropriadas para agricultura nos trópicos úmidos. *Agrotropica*, n.1, p. 5-26, 1989.
- AQUINO, S. F. F.de; SILVA, J.F. de A. F. da. *Vamos cultivar o caupi*. Belém: FCAP, 1986.22p.

- BASTOS, T. X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. In: IPEAN. *Zoneamento agrícola da Amazônia*; (1ª. aproximação). Belém, 1972. p. 68-122 (Boletim Técnico, 54)
- BRASIL, E. C. Sistema de cultivo em faixa como alternativa ao sistema tradicional de agricultura (shifting cultivation): primeiras experiências no Nordeste Paraense. In: MESA REDONDA SOBRE RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DO USO DE LEGUMINOSAS, 1991, Manaus. *Trabalhos e recomendações...* Belém: Embrapa-CPATU/GTZ, 1992. p. 9-26 (Documentos, 67).
- BRIENZA JUNIOR, S; COSTA, W. de O.; SANTOS, W. E.; PANTOJA, R. de F. R.; SA, T. D. de A.; VIELHAUER, K.; DENICH, M., VLEK, P.L. G. Enriched fallow vegetation leguminous tree: possibilities to improve the slash-and-burn agriculture in Eastern Brazilian Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1998, p.17-19.
- BRUENIG, E. F. Forestry and agroforestry system designs for sustained production in tropical landscapes. In: SIMPOSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1986. v.2, p-217-228.
- COMBE, J. Agroforestry techniques in tropical countries: potential and limitations. *Agroforestry Systems*, v.1, p. 13-27, 1982.
- COUTO, L. O estado da arte dos sistemas agrofloretais no Brasil. IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5., 1987, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1987. p. 94-97.
- COSTA, N. de L.; LEÔNIDAS, F. das C.; TOWSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; VIEIRA, A. H. Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo uso em Rondônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1998, p. 28-30.
- DANSO, A. A.; MORGAN, P. Alley cropping maize (*Zea mays* var. Jeka) with cassia (*Cassia siamea*) in the Gambia: crop production and soil fertility. *Agroforestry Systems*, v. 21, n. 2, p.133-146, 1993.
- DEUS, C. E.; WLGAND JUNIOR, R.; KAJEYAMA, P.Y. *Comportamento de 28 espécies arbóreas tropicais sob diferentes regimes de luz*. Rio Branco: UFAC, 1993. 170 p.
- DUBOIS, J. Condições e justificativas para produção de consórcios na Amazônia, enfoque teórico. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO EM CONSÓRCIO PARA EXPLORAÇÃO PERMANENTE DOS SOLOS DA AMAZÔNIA., 1980, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. p.153-173 (Documentos, 7)
- _____. *Importância de sistemas de produção agroflorestal para a Amazônia*. Belém: IICA Trópicos, 1979. 18p.
- EDEN, M. J. Silvicultural and agroforestry developments in the Amazon basin of Brasil. *Commonwealth Forestry Review*, v.61, n.3, p.195-202, 1982.
- FERNANDES, E. C. M.; DAVEY, C. B.; NELSON, L. A. Alley cropping on an acid soil in the upper Amazon: Mulch, fertilizer, and hedgerow root pruning effects. In: RAGLAND, J., LAL, R. (Ed.). *Technologies for sustainable agriculture in the tropics*. Madison: ASA, 1993. p.78-96. (Special Publications, 56).
- _____; MATOS, J. C. de S.; ARCO-VERDE, M. F.; LUDEWIGS, T. Estratégias agrofloretais para redução das limitações químicas do solo para produção de fibra e alimento a Amazônia Ocidental. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.1, p. 207-226.
- FEARNSIDE, P. M. Development alternatives in the Brazilian Amazon: an ecological evaluation. *Interciência*, n. 8, p.65-78, 1983.

- GALVÃO, A. P. M. Ecological aspects of agroforestry in the humid tropics: the Brazilian Amazon. In: CHANDLER, T.; SPURGEON, D. (Eds). *Proceedings of an International Conference on Cooperation on Agroforestry*. Nairobi: Foundation for International Development, 1979. p.109-126.
- HUXLEY, P.; PINNEY, E.; AKUNDA, E. A.; MURAYA, P. A tree/interface orientation experiment with *Grevillea robusta* hedgerow maize. *Agroforestry Systems*, v.26, n.1, p. 23-45, 1994
- INPE. *Amazônia: desflorestamento na Amazônia, 1995-1997*. São Paulo, 1998. Disponível em: <http://www.inpe.br/amz.00.htm>. Acesso em: 17 jun.1998.
- KANG, B. T. "alley cropping": past achievements and future directions. *Agroforestry Systems*, v.23, n. 2/3, p. 141-156, 1993.
- _____; WILSON, G. F. The development of "alley cropping" as a promising agroforestry tology. In: STEPLER, H. A.; NAIR, P. K. R. (Ed.). *Agroforestry: a decade of development*. Nairobi: ICRAF, 1987. p.227-243.
- MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N.T. Introduction to agroforestry. In: MacDICKEN; K. G., VERGARA (Ed.). *Agroforestry classification and management*. New York:J. Wiley, 1990. p.1-30.
- MACEDO, R. L. G.; CAMARGO, L. P. Sistemas agroflorestais no contexto do desenvolvimento sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGRO-FLORESTAIS, 1; 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.2, p.43-49.
- MACLEAN, R. H.; LITSINGER, J. A.; MOODY, K. WATSON, A. K. The impact of "alley cropping" *Glicidia sepium* and *Cassia spectabilis* on upland rice and maize production. *Agroforestry systems*, v. 20, n.3, p.213-228, 1992.
- MARSHAL, F.; ONG, C. K.; BLACK, C. Tree arrangements affect competition with crops. *Agroforestry Today*, v. 4, n. 4, p. 9-10, 1992.
- MASHIO, L. M. de; MEDRADO, M. J. S.; RODRIGUERI, H. R., MONTOYA, L. J. A agrofloresta na ótica da teoria de sistemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. *Anais...* Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v.2, p. 373-383.
- OLIVEIRA, J. M. F. de; SCHWENGBER, D. R.; DUARTE, O. R.; ARCO-VERDE, M. F. Avaliação de leguminosas arbóreas para sistemas agroflorestais em Roraima. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998, p. 83-84.
- ONG, C. K. "alley cropping" – ecological pie in the sky. *Agroforestry Today*, v.6, n.3, p.8-10, 1994.
- _____. A framework for quantifying the various effects of tree-crop interactions. In: ONG, C. K.; HUXLEY, P. (Ed.). *Tree-crop interactions: a physiological approach*. Wallingford: CAB INTERNATIONAL/ICRAF, 1996, p.1-23.
- _____; CORLETT, J. E.; SINGH, R. P.; BLACK, C. R. Above and below ground interactions in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, v.45, n. 1/4, p.45-57, 1991.
- PERIN, R.; WANDELI, E. V.; SOUZA, S. G. A. de.; FERNANDES, E. C. M. Contribuição do ingá (*Ingá edulis* Mart.) como fonte de adubo verde em sistemas agroflorestais estabelecidos em áreas de pastagens degradadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. *Anais...* Belém: Embrapa-CPATU, 1998. p. 156-158.
- RAO, M. R.; SHARMA, M. M.; ONG, C. K. A study of potential of hedgerow intercropping in semi-arid Índia using a two-way systematic design. *Agroforestry Systems*, v. 11, 1990, p. 243-258, 1990.

- RIBEIRO, G. D. *Avaliação preliminar de sistemas agroflorestais no projeto água verde*, ALBRAS, Barcarena, Pará. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.
- ROCHELEAU, D. E.; RAIN TREE E. J. B. Agroforestry and the future of food production in the development countries. *Impact of Science on Society*, n. 142, p. 127-141, 1987.
- RODRIGUES, V. G. S.; CASTILLA, C.; COSTA, R. S. C.; SOUZA, V. F. de. Produção de biomassa em capoeira melhorada: um passo para os SAF's sustentáveis In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. p.93-94.
- SALAS, G. de las. Agroforestry systems: a production/protection land use strategy for steep land in the tropics. In: REIFSNYDER, W. E.; DARNHORFER, T. O. (Ed.) *Meteorology and agroforestry*. Nairobi: ICRAF, 1989. p.131-140.
- SALAZAR, A.; SZOTT, L. T.; PALM, C. A. Crop-tree interactions "alley cropping" systems on alluvial soils of the upper Amazon Basin. *Agroforestry Systems*, v. 22, p. 67-82, 1993.
- SANCHEZ, P. A. Soil fertility and conservation: considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. In: MUNGI, M. O.; HUXLEY, P. A. (Ed.). *Soil research in agroforestry*. Nairobi: ICRAF, 1979. p.79-123.
- _____. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. In: STEPLER, H. A.; NAIR, P. K. R (Ed.). *Agroforestry: a decade of development*. Nairobi: ICRAF, 1987. p.205-223.
- SILVA, L. F. Manejo dos recursos naturais dos trópicos e suas conseqüências, contradições e perspectivas de uso na agricultura sustentável. *Agrotrópica*, v. 3, n.1, p.12-22, 1991.
- SMYTH, S. Ciclagem de nutrientes e a importância das raízes no sistema de consórcio "alley cropping". In: MESA REDONDA SOBRE RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DO USO DE LEGUMINOSAS, 1991, Manaus. *Trabalhos e recomendações...* Belém: EMBRAPA-CPATU/GTZ, 1992. p.27-31. (Documentos, 67).
- SMYTH, S. *The role of trees in tropical agroforestry*. Cambridge: University of Cambridge, 1993. 215p. Tese (Ph. D)- University of Cambridge, Cambridge, 1993.
- SZOTT, L. T.; PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Agroforestry in acid soils of the humid tropics. *Advance in Agronomy*, v. 45, p. 275- 301, 1991.
- TENÓRIO, A. R. de M.; GRAÇA, J. J. da C.; GOES, J. E. M.; MENDEZ, J. G. R.; GAMA, J. R.N.F.; SILVA, P. R. O da.; CHAGAS, P. S. M. das.; AMÉRICO, R. R.; PEREIRA, W. L. M.; PINTO, W. da S. *Mapeamento e uso atual dos solos da Fazenda Experimental de Igarapé-Açu, Pa*. Belém: FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1999. p.29-53 (Informe Técnico, 25).
- TILANDER, Y.; OUEDRAOGO, G.; YOUNG, F. Impact of tree coppicing on tree-crop competition in parkland and alley farming systems in semiarid Burkina Faso. *Agroforestry Systems*, v. 30, n. 3, p. 363-378, 1995.
- TORQUEBAU, E. *Introduction to the concepts of agroforestry*. Nairobi: ICRAF, 1990. 60p.
- VERGARA, N. T. Agroforestry: a sustainable land use for fragile ecosystems in the humid tropics. In: GHOLZ, H. L. (Ed). *Agroforestry realities, possibilities and potentials*. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1987. p.7-19.
- VILAS BOAS, O. Uma breve descrição dos sistemas agroflorestais na América Latina. *I F. Série Registros*, n.8, p.1-16, 1991.
- YOUNG, A. Agroforestry and potential to contribute to land development in the tropics. *Journal of Biogeography*, n. 15, p.19-30, 1988.
- _____. *Agroforestry for soil conservation*. Wallingford: CAB International/ ICRAF, 1989. 271 p.
- _____. The potential of agroforestry for soil conservation and sustainable land use. *ICRAF, Reprint* n. 39, 16 p., 1987.