

LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA A
CULTURA DO MILHO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

LUCIANO RODRIGUES QUEIROZ

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL – 2006

LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA A
CULTURA DO MILHO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

LUCIANO RODRIGUES QUEIROZ

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense - Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Produção Vegetal”

Orientador: Prof. Fábio Cunha Coelho

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
ABRIL– 2006

LEGUMINOSAS COMO FONTE DE NITROGÊNIO PARA A
CULTURA DO MILHO, EM CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ

LUCIANO RODRIGUES QUEIROZ

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense - Darcy
Ribeiro, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Produção
Vegetal”

Aprovada em: 17 de abril de 2006

Comissão Examinadora:

Prof. João Carlos Cardoso Galvão (Doutor, Fitotecnia) - UFV

Prof^a Deborah Guerra Barroso (Doutora, Fitotecnia) - UENF

Prof. Henrique Duarte Vieira (Doutor, Fitotecnia) - UENF

Prof. Fábio Cunha Coelho (Doutor, Fitotecnia) - UENF

Orientador

Dedico,
Aos meus pais Batista e Luzia (*in memoriam*),
A minha esposa Valéria,
Aos meus queridos filhos:
Ana Luisa, Marina e ao Ramon.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me concedeu saúde e força para realizar este trabalho.

A minha esposa Valéria e aos meus filhos Ana Luisa, Marina e ao Ramon pelo amor e carinho nas horas mais difíceis.

Ao professor Fábio Cunha Coelho, pela confiança, amizade sincera, sugestões e orientação.

À professora Deborah Guerra Barroso pela co-orientação e participação na banca examinadora.

À amiga Enilce Maria Coelho pelo incentivo e apoio desde o início do trabalho.

Ao técnico José Acácio da Silva (LFIT) e ao bolsista Carlos Eduardo “Kadu” pela colaboração.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense, ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias e ao Laboratório de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Fundo de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de estudo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. O nitrogênio na cultura do milho	3
2.2. Adubação verde e sistema agroflorestal	5
2.3. Leguminosas	11
2.4. Aléias	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1. Experimentos	18
3.2. Tratamentos e Delineamentos - Primeiro ciclo de cultivo	19
3.3. Segundo ciclo de cultivo	23
4. RESULTADOS e DISCUSSÃO	26
4.1. Leguminosas	26
4.1.1. Produtividade de fitomassa seca	26
4.1.2. Aporte de N, P e K pelas leguminosas	30
4.2. Milho	33
4.2.1. Teor foliar de nitrogênio no milho	33
4.2.2. Teor foliar de fósforo no milho	37

4.2.3. Teor foliar de potássio no milho	40
4.2.4. Número de espigas por planta	42
4.2.5. Peso de 100 sementes	45
4.2.6. Peso de grãos por parcela	49
4.2.7. Produtividade de grãos	53
5. RESUMO e CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE	68

RESUMO

QUEIROZ, Luciano Rodrigues D.S, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, abril de 2006. Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho, em Campos dos Goytacazes-RJ. Orientador: Fábio Cunha Coelho. Conselheira: Deborah Guerra Barroso.

Foram realizados dois experimentos de campo - sem fósforo (P) e com P - por dois ciclos de cultivo (anos: 2004 e 2005), com leguminosas arbóreas de adubação verde consorciadas com a cultura do milho (UENF - 506-8) no Campo Experimental do CCTA/UENF no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes – RJ. A latitude local é de 21°45' (S), a longitude de 41°18' (W) e altitude média da região de 11 m. Objetivou-se avaliar leguminosas arbóreas como fonte de nitrogênio (N) para a cultura do milho. Os tratamentos consistiram no sistema de aléias com as seguintes espécies de leguminosas consorciadas com o milho: *Albizia lebbbeck* (albízia), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Cajanus cajan* (guandu), *Sesbania virgata* (sesbânia), *Mimosa caesalpinifolia* (sabiá ou sansão do campo) e *Gliricidia sepium* (gliricídia) e duas testemunhas com milho solteiro (sem NPK e com NPK). Após oito meses de plantio das leguminosas, essas foram podadas a 1,5 m de altura, ficando apenas a haste principal. O material podado foi pesado descartando-se ramos com diâmetro superior a 1,5 cm, retiradas

amostras para determinações da fitomassa seca e posteriormente dos teores de N, P e K. Incorporou-se ao solo e em seguida semeou-se o milho. Em torno de 60 dias após o plantio efetuou-se nova poda, quantificação desse material, mas sem incorporação ao solo. No segundo ciclo de plantio do milho, os procedimentos foram os mesmos. Cada unidade experimental foi constituída por uma fileira de cinco metros, com duas plantas de leguminosa por metro linear e três linhas de milho, de cada lado da leguminosa, espaçadas de 0,8 m e com cinco metros de comprimento. No florescimento feminino do milho, coletaram-se folhas para determinações dos teores de N, P e K. Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Nas condições do experimento pode-se concluir que: para se ter acréscimos de produtividade com leguminosas arbóreas, a cultura do milho requer fertilização, principalmente fósforo; a linha de milho adjacente à aléia apresentou menor teor de K e maior de N no milho; no primeiro ano de avaliação, o guandu mostrou-se superior na produtividade de fitomassa seca e no conseqüente acúmulo de N, P e K; no segundo ano, na presença de P, a leucena e a canafístula assemelharam-se ao guandu na produtividade de fitomassa e a leucena superou-os no acúmulo de K; nos dois ciclos de cultivo, os maiores teores foliares de N foram encontrados no milho solteiro + NPK; no primeiro ciclo de cultivo, o consórcio milho + guandu foi o tratamento que superou os demais nos teores foliares de N, enquanto no segundo ciclo, todas as aléias exceto a de albízia, superaram a testemunha sem adubo nestes teores; os tratamentos milho + guandu e milho + gliricídia foram superiores aos demais consórcios e em relação a testemunha sem adubo na produtividade de grãos, no segundo ciclo de cultivo; e a adubação fosfatada resultou em maiores produtividades de fitomassa seca de leguminosas e de grãos de milho.

ABSTRACT

QUEIROZ, Luciano Rodrigues, D.S., Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, April 2006. Legumes as nitrogen source to maize, in Campos dos Goytacazes - RJ. Adviser: Fábio Cunha Coelho. Committee Member: Deborah Guerra Barroso.

Two field experiments were carried out - without phosphorus (P) and with P - for two years: 2004 and 2005, with shrubs legumes intercropping with maize (UENF 506-8) in Field Research CCTA/UENF in Campos dos Goytacazes - RJ - Brazil (21°45' S, 41°18' W and 11 m above sea level). The objective of this study was to evaluate the shoot phytomass and N, P and K shrubs legumes accumulate to agroforestry system (alley cropping system) as nitrogen source to the maize and study the effect of phosphorus fertilization. The treatments consisted of alley cropping system with the species: *Albizia lebbbeck*, *Peltophorum dubium*, *Leucaena leucocephala*, *Cajanus cajan*, *Sesbania virgata*, *Mimosa caesalpiniiifolia* e *Gliricidia sepium*, and two control treatments: sole maize with or without fertilizer NPK. Eight months after the plantation, the legumes were pruned at 1,5 m height, and the shoot phytomass were weighed. Stems with diameter higher than 1,5 cm were not considered in the phytomass weighed. The dry matter obtained in these prunes was expressed in kg ha⁻¹ year⁻¹. Samples were extracted of prunings to determine the dry phytomass and N, P and K contents. New prune carried on sixty days after the first cut. The study leads to the following conclusions: to improve maize yields, fertilization with P is

needed; the row adjacent legume (0,8 m) showed less K content in maize leaf; in the first cultivation year, *Cajanus cajan* produced most dry phytomass and accumulated the highest amounts of N, P and K; while in the second year, the *Leucaena* accumulated the highest amount of K in shoot phytomass; in the alley cropping with *Cajanus cajan* or *Gliricidia sepium* the maize productivity were highest than sole maize without fertilizer and the phytomass and the maize productivity was highest when legumes receive phosphorus application.

1. INTRODUÇÃO

A cultura do milho está presente em todo o Estado do Rio de Janeiro, concentrando-se, principalmente, no Norte Fluminense. Esta região apresenta rendimentos abaixo da média do país, refletindo o caráter de subsistência da cultura e a utilização de sistemas de produção com baixos índices de tecnologia (Oliveira et al., 1979).

De maneira geral, os agricultores familiares não possuem condições de adubar adequadamente suas culturas agrícolas. É comum observar plantas de milho com sintomas de deficiência nutricional, resultando em baixa produtividade.

Nos últimos anos, tem-se focalizado o estabelecimento de uma agricultura sustentável, fundamentada na manutenção da produtividade, na redução dos custos de produção e na preservação do ambiente. Assim, a utilização de processos microbiológicos, visando ao aumento da disponibilidade de nutrientes, torna-se necessário, especialmente com relação ao nitrogênio, para o qual a fixação biológica pode ser maximizada (Stamford et al., 1997).

O nitrogênio (N), depois da água, é o fator mais limitante do crescimento e da produção das plantas. Normalmente, são adicionados aos solos fertilizantes nitrogenados, visando à melhoria da produtividade das culturas. Entretanto, nos países do Terceiro Mundo, essa prática está limitada, pois o pequeno produtor utiliza esse insumo agrícola de alto custo nas culturas de subsistência somente quando o preço de seu produto é estimulador (Ribaski et al., 2001).

O cultivo de solos com a retirada contínua da produção, sem a adoção de práticas que visem pelo menos a reposição de restos vegetais resulta, no decorrer

do tempo, em degradação das características físicas, químicas e biológicas. Isto se verifica principalmente em decorrência de significativo declínio dos teores de matéria orgânica nos solos cultivados sucessivamente. Em solos de textura arenosa a média e em regiões com predominância de temperaturas elevadas e umidade adequada, esses efeitos são mais intensos em virtude das altas taxas de decomposição da matéria orgânica (Alexander, 1977).

Uma das alternativas propostas para amenizar esses problemas é a utilização da prática da adubação verde. Esta prática está associada a quatro pontos básicos nos diferentes sistemas agrícolas: cobertura e proteção do solo; manutenção ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas no solo; desenvolvimento de macro e microorganismos em profundidade no solo; e uso eventual da biomassa produzida para alimentação animal ou para outras finalidades (Calegari et al., 1993).

Um dos sistemas em que se utiliza a adubação verde é o agroflorestal na forma de aléias, ou cultivo em alamedas, em que árvores e arbustos (leguminosas preferencialmente) são cultivados em fileiras, de forma intercalada com cultivos agrícolas, que se constituem numa opção viável de manejo sustentado do solo.

Uma vez que o cultivo de milho é bastante exigente em termos de fertilidade de solo, o uso de leguminosas arbóreas e arbustivas poderá ser uma alternativa eficiente e ao alcance dos pequenos agricultores para aumentar a produção de milho na região Norte Fluminense.

O objetivo geral deste trabalho foi verificar a eficiência de algumas espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas, como fonte alternativa de nitrogênio para a cultura do milho (*Zea mays* L.), em Campos dos Goytacazes-RJ.

Os objetivos específicos foram avaliar:

- ✓ A produtividade de fitomassa seca das leguminosas e seus acúmulos de N, P e K, sob manejo de podas.
- ✓ O efeito do fósforo sobre o sistema de aléias.
- ✓ O efeito das diferentes leguminosas sobre os teores foliares de N, P e K no milho e nos componentes da produção.
- ✓ O efeito da distância da linha de milho em relação à aléia nos teores foliares de N, P e K do milho e nos componentes da produção e produtividade do milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O nitrogênio na cultura do milho

O nitrogênio, entre os elementos essenciais, é o que mais limita o crescimento e o rendimento do milho. Esta limitação ocorre porque as plantas requerem quantidades relativamente grandes de N (de 1,5% a 3,5% do peso da matéria seca da planta) e porque a maioria dos solos não possui N suficiente em forma disponível para sustentar os níveis de produção desejados. Já que a deficiência de N pode diminuir o rendimento e a qualidade dos grãos, buscam-se medidas de adubação para assegurar que níveis adequados estejam disponíveis às plantas. Algumas estimativas sugerem que o fertilizante nitrogenado responde por 80% do custo total de fertilizantes com a lavoura de milho (Below, 2002).

As necessidades nutricionais da cultura do milho, assim como de qualquer planta, são determinadas pelas quantidades totais de nutrientes extraídas durante seu ciclo. Esta extração total dependerá, portanto, do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e na palhada. O conhecimento dessas quantidades permite estimar as taxas que serão exportadas pela colheita dos grãos e as que poderão ser devolvidas ao solo pelos restos culturais. As quantidades extraídas, obviamente, variam em função da produção obtida, que depende de fatores como cultivares, disponibilidade de nutrientes, manejo da cultura, condições climáticas, entre outros (Bull, 1993).

A marcha de absorção de nutrientes é afetada pelo clima, cultivares e sistema de cultivo e pode-se dizer que os nutrientes são absorvidos durante todo seu ciclo, sendo as diferenças verificadas nas velocidades de absorção destes em função do ciclo e na sua translocação das folhas e dos colmos para os órgãos reprodutivos.

Os estudos sobre acumulação de nutrientes, realizados por Andrade et al. (1975), para a cultura do milho, mostram que esta planta apresenta períodos diferentes de intensa absorção, com o primeiro ocorrendo durante a fase de desenvolvimento vegetativo e o segundo durante a fase reprodutiva. As exigências de nitrogênio variam, consideravelmente, com os diferentes estádios de desenvolvimento da planta, sendo mínimas nos estádios iniciais, aumentando com a elevação da taxa de crescimento e alcançando um pico durante o período compreendido entre o início do florescimento e o início da formação de grãos. Os dados obtidos por Andrade et al. (1975) apontam acúmulo máximo de N ao redor de 80 dias, com média de 180 kg ha^{-1} de N.

Resultados de experimentos conduzidos no Brasil, sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, mostram resposta generalizada da cultura à adubação nitrogenada. Em geral, 70 a 90 % dos ensaios de adubação no Brasil, realizados com milho em campo, apresentaram respostas positivas à aplicação de nitrogênio (Coelho et al., 2002).

Valentini e Shimoya (1993), em experimento de campo realizado com milho na Região Norte Fluminense obtiveram, a maior produção de milho, na dose máxima de 120 kg de N por hectare, havendo grande resposta ao N em todas as doses testadas, revelando serem solos pobres e com alta responsividade da cultura ao N.

Assim, o milho é uma cultura que remove grandes quantidades de N e, geralmente, requer adubação nitrogenada para completar a quantidade suprida pelo solo. Apesar de ser um macronutriente, o nitrogênio não tem ainda um critério de recomendação por meio de análise de solo. A maioria das recomendações da quantidade de N a ser aplicada são baseadas na definição prévia do rendimento médio a ser atingido, assim como do conhecimento da quantidade relativa de nitrogênio fornecida pelo solo (teor de matéria orgânica no solo) e dos resíduos das culturas anteriores (Bull, 1993).

2.2. Adubação verde e Sistema Agroflorestal

A atual crise ambiental, social e econômica tem gerado uma série de mobilizações em busca de alternativas para a reorientação das atividades produtivas, dos usos da natureza e dos modos de relacionamento das sociedades humanas com o meio ambiente. Alternativas essas que propiciem as condições necessárias ao atendimento das necessidades de sobrevivência material de nossa geração e que também possibilitem a existência de condições para que as gerações futuras atendam as suas próprias necessidades.

Quando o homem usa a terra, no sentido genérico, como meio de produção, ele altera os sistemas naturais, porque a “máxima produtividade biológica” existente naturalmente, não é a desejável, ou é no mínimo insuficiente para atender às demandas. A menos que o sistema de produção introduzido procure revestir-se de precauções com a sustentabilidade, ocorrerá forçosamente a degradação do meio ambiente (Silva, 1996). Segundo este autor, a degradação das terras aráveis utilizadas no mundo é o resultado do uso não sustentável dos recursos naturais, carência de políticas relacionadas ao uso da terra e manejo das florestas.

Para Magalhães (2000) a queda gradual da produtividade das culturas anuais e/ou perenes, reflexo da perda de fertilidade do solo gerada pelo declínio de matéria orgânica e pela deficiência de ciclagem de nutrientes no solo, tem se tornado evidente nos sistemas de agricultura tradicional. A utilização de espécies nativas, principalmente leguminosas arbóreas ou arbustivas, como forma de melhorar a fertilidade natural dos solos tem sido uma prática bastante comum nas regiões tropicais, destinadas à produção de alimentos básicos. Por outro lado, apesar dos benefícios que os sistemas agroflorestais podem trazer, pouco se sabe sobre a magnitude das modificações microclimáticas e das respostas ecofisiológicas das espécies arbóreas e das culturas agrícolas e/ou pastagens decorrentes de sua implantação.

De acordo com Götsch (1995), a agricultura, para ser sustentável, deverá estar fundamentada em fortes bases ecológicas e partir da premissa de que mais sustentável será um agroecossistema quanto mais semelhante for, em estrutura e função, ao ecossistema original do lugar, pois reproduzirá os mesmos engenhos ecológicos existentes, adaptados evolutivamente para que a vida seja perpetuada sob aquelas condições. Portanto, o primeiro passo para a construção de

agroecossistemas mais sustentáveis é buscar no ecossistema do lugar, os fundamentos para a construção desses.

Assim, os sistemas agroflorestais (SAF's) constituem uma alternativa de produção agropecuária que minimiza o efeito da intervenção humana. Imitando o ambiente natural pela consorciação de várias espécies dentro de uma área, aumenta-se a diversidade do ecossistema e são aproveitadas as interações favoráveis entre as plantas de diferentes ciclos, portes e funções (Young, 1997).

Nos últimos anos, a preocupação com o aumento do processo degradativo instalado em grande parte dos solos brasileiros e com a prevenção da degradação de novas áreas, tem conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica ao solo. Os usos da adubação verde têm sido relatados na literatura como uma alternativa viável para amenizar os impactos da agricultura moderna, trazendo sustentabilidade para os solos agrícolas.

A adubação verde é reconhecida como uma alternativa viável na busca da sustentabilidade dos solos agrícolas (Alcântara et al., 2000). Entre os efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável pela sua complexação; e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (Calegari et al., 1993).

A aplicação de resíduos de plantas como cobertura do solo ("mulch") nos trópicos é conhecida por melhorar o microclima, além de prover alimento para a biota do solo (Tian et al., 1993). Há menor oscilação na temperatura do solo e com melhor retenção de umidade no solo com a cobertura, promovendo-se condições mais favoráveis ao crescimento da população de minhocas. Por razões de proteção do solo e economia de trabalho, o "mulch" é preferível ao adubo verde incorporado (Schroth et al., 1995).

Na escolha do adubo verde, é preciso estar atento ao fato de que as condições edafoclimáticas interferem diferentemente sobre o rendimento das espécies. Esta é uma das razões porque há diferenças entre o comportamento das espécies de adubo verde quando plantadas em diferentes locais. Para uma mesma condição de solo, baixa fertilidade, por exemplo, o diferencial na produtividade entre

duas espécies pode ser devido à maior habilidade de uma delas em absorver nutrientes que estejam menos disponíveis às plantas. Maior tolerância ao estresse hídrico, às doenças e pragas, agressividade e sensibilidade ao fotoperíodo são outras características que interferem sobre seu rendimento (Ribaski et al., 2000).

Em razão disso, o conhecimento sobre o comportamento dessas espécies deve ser regionalizado, para que a escolha da melhor espécie recaia naquela com maior potencial de produção de fitomassa, de reciclagem de nutrientes e que melhor se ajuste ao sistema agrícola adotado na produção de culturas comerciais. (Calegari et al., 1993).

Existem também evidências de falta de resposta aos adubos verdes na alteração da fertilidade do solo. Camargo et al. (1968), citado por Alcântara et al. (2000), avaliando a influência da adubação verde com *Crotalaria spectabilis* Roth e *Secale cereale* L. nas características químicas de uma Terra Roxa e de um Latossolo Vermelho-Amarelo, após cinco meses da realização da prática de adubação verde, observaram que não houve efeito significativo desta nos teores de P, K e Ca desses solos. Também Caceres (1994) não constatou alterações expressivas no teor de nutrientes e matéria orgânica, no pH, na capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (S) e saturação por Al do solo, após a utilização de sete diferentes espécies de adubos verdes, inclusive de guandu (*Cajanus cajan*) e *Crotalaria juncea*, após cinco meses.

A produção de fitomassa do adubo verde é um aspecto de grande importância, pois algumas espécies apresentam um grande crescimento vegetativo. Amabile et al. (2000), avaliando espécies de adubos verdes em Senador Canedo-GO, concluíram que o guandu apresentou a maior produção de fitomassa seca (12600 kg ha⁻¹). Alvarenga (1993), comparando diferentes adubos verdes, concluiu ser o guandu a espécie de maior potencial para penetração de raízes no solo, maior produção de massa seca e maior quantidade de nutrientes imobilizados nas condições por ele estudadas. Kiehl (1960), citado por Alcântara et al. (2000), trabalhando com guandu, feijão-de-porco, mucuna-preta, mucuna-rajada e *Crotalaria juncea*, verificou que guandu e *Crotalaria juncea* foram as espécies que mais se destacaram na produção de massa verde e matéria seca.

De acordo com Alcântara et al. (2000), os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas dos solos são bastante variáveis, dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo da fitomassa, a época do plantio e corte

do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais, e a interação entre esses fatores.

A agrofloresta tem potencial para aumentar a fertilidade do solo por meio da manutenção ou aumento da matéria orgânica do solo e fixação biológica de nitrogênio (FBN) com espécies de árvores e arbustos que se associam com bactérias diazotróficas (Young, 1997). Estas árvores podem melhorar a fertilidade do solo, deste modo aumentando a produção das culturas.

Vários estudos têm mostrado o potencial da agrofloresta em atingir uma produção agrícola sustentável e de melhorar as características do solo, especialmente nos trópicos (Maghembe e Prins, 1994; Nair et al., 1999).

Entre outras, três hipóteses são colocadas para explicar o aumento observado na fertilidade, após a introdução do sistema agroflorestal com espécies arbustivas: (i) o crescimento das culturas é acelerado pelo fornecimento de nutrientes, especialmente N, liberados pela decomposição de resíduos de árvores, os quais são aplicados por meio de uma poda regular, (ii) repetidas aplicações de poda de leguminosas aumentam o conteúdo de matéria orgânica do solo, e (iii) o sistema radicular profundo de árvores é capaz de extrair nutrientes de camadas profundas do solo, deixando-os ao alcance para o crescimento das culturas através da ciclagem (Kang et al., 1984).

Na agrofloresta, as árvores são freqüentemente utilizadas para melhorar não somente o rendimento econômico de um sistema consorciado, mas também por aumentar a sustentabilidade pelos efeitos positivos na fertilidade e umidade do solo, e microclima. Entretanto, o cultivo simultâneo de árvores e culturas anuais na mesma unidade de solo também implica automaticamente no perigo unilateral ou recíproco de prejudicar os componentes do sistema pela competição (Anderson e Sinclair, 1993). A solução para o problema da competição torna-se essencial para o futuro da associação permanente de árvores e culturas numa agrofloresta (Schroth et al., 1995).

A competição entre árvores e culturas inclui competição por luz e competição radicular por água e nutrientes minerais. A competição por luz é relativamente fácil de ser controlada por podas ou raleando as árvores (Schroth et al., 1995). Muitas leguminosas perenes podem ser altamente competitivas com a cultura pelas fontes de crescimento, se elas não forem manejadas corretamente (Rao et al., 1998). Para esse mesmo autor, a competição das leguminosas perenes

pode ser minimizada pelas podas e aumento na frequência destas, ou pela seleção de espécies que produza uma copa de crescimento lento.

Nas linhas dos plantios com espécies de árvores com raízes de desenvolvimento intenso, a redução da competição radicular das árvores pode ser diminuída pela escavação de valas entre as árvores e as culturas (Rao et al., 1998), mas isso envolve um grande trabalho e pode reduzir a aceitação do plantio de árvores pelos agricultores.

Um dos sistemas agroflorestais é o cultivo em alamedas ou aléias (“alley cropping”), o qual tem sido identificado como uma tecnologia que pode trazer saída para alguns problemas da agricultura; como baixa fertilidade do solo e conseqüente baixa produção das culturas. O cultivo em aléias consiste no crescimento de culturas alimentares ou comerciais entre ruas formadas por árvores e arbustos (leguminosas perenes, de porte arbustivo, em fileiras suficientemente espaçadas entre si, para permitir o cultivo de culturas alimentares ou comerciais entre elas), com crescimento rápido e preferencialmente fixadoras de N₂, como a leucena, que tem resultado em aumento na fertilidade do solo (Kang et al., 1981; Kang et al., 1984). Estas têm suas copas podadas durante a estação de crescimento da cultura principal e o produto das podas é aplicado no solo, onde se decompõem e fornecem nutrientes às plantas.

O manejo desse sistema é feito por cortes periódicos da parte aérea das leguminosas, com a utilização alternativa na alimentação animal ou para incorporação ao solo. O número de cortes realizados por ano depende da velocidade de rebrota das leguminosas após cada corte e da adequação às características da espécie plantada nas entrelinhas. A semeadura nas entrelinhas ocorre no início da estação chuvosa, ocasião em que é feita uma poda drástica da leguminosa para retardar a rebrota e recomposição da copa e com isto atenuar seu efeito competitivo (Barreto e Carvalho Filho, 1992).

O manejo da matéria orgânica é essencial nessas circunstâncias, já que ela é a principal reserva de nitrogênio (N) e responde por grande parte da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, estimada por Raji (1969) em 56 a 82% nos solos tropicais. Portanto, a elevação do teor de carbono em solos degradados permite a elevação da CTC, favorecendo a retenção de cátions e, conseqüentemente, a redução da sua lixiviação, como também o incremento da reserva de N e a melhoria da estrutura do solo (Igue, 1984).

Espera-se que, com a incorporação periódica de quantidades expressivas de biomassa das leguminosas nas entrelinhas, obtenham-se melhorias nas características químicas, físicas e biológicas dos solos, com o conseqüente aumento do seu potencial produtivo, como vem sendo observado em alguns trabalhos com gliricídia (*Gliricidia sepium*) nos ecossistemas dos tabuleiros costeiros da Bahia (Silva e Mendonça, 1995), na África (Ngambeki, 1985; Tonye e Titi-Nwel, 1995) e com a leucena (*Leucaena leucocephala*) na região dos cerrados da região central do Brasil (Chagas et al., 1981, 1983).

Algumas árvores usadas em sistemas agroflorestais, principalmente as leguminosas, têm potencial para fornecer N em quantidades suficientes para aumentar a produção das culturas associadas. Por exemplo, a *Sesbania sesban* é capaz de substituir a aplicação de fertilizantes nitrogenados para se obterem rendimentos de milho de aproximadamente 4000 kg por hectare (Sanchez e Palm, 1996).

O potencial do sistema de cultivo em aléias proporcionar produção e lucro depende dos nutrientes adicionados ou reciclados por meio das aléias, se o local é suprido de nutrientes e da habilidade para aumentar a água no solo, pelo aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial da água. O benefício líquido do sistema para a produção das culturas é determinado, entretanto, pelo nível de competição entre as plantas da aléia e a cultura pelos nutrientes e pela água (Mathuva et al., 1998). Segundo Schroth e Lehmann (1995), as raízes das árvores podem melhorar a estrutura do solo e criar macroporos, assim aumentando a infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (melhorando a penetração das raízes das culturas).

Rao e Mathuva (2000) conseguiram, com o cultivo intercalar de milho/guandu, 24% a mais na produtividade do que no cultivo contínuo de milho solteiro. Entretanto, no milho em rotação com guandu a produção foi equivalente ao milho solteiro em cultivo contínuo. O cultivo de milho em aléias de gliricídia não aumentou a produtividade do milho porque a competição por água foi determinante. A adubação verde com gliricídia, produzida numa área próxima e transferida a biomassa para o milho, aumentou a produção em 27%, mas esta tecnologia não foi viável economicamente por causa do alto custo para produzir e aplicar o adubo verde na cultura do milho.

Deve-se destacar o papel exercido por espécies vegetais arbóreas na melhoria da qualidade do solo. Segundo Young (1997), as árvores são responsáveis por diversos benefícios ao solo, protegendo-o do impacto das gotas de chuva, mantendo o teor de matéria orgânica e melhorando suas propriedades físicas. Em trabalho recente, Carvalho et al. (2004) notaram que o solo sob sistema agroflorestal apresenta menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, quando comparado ao mesmo solo sob sistema de plantio convencional.

2.3. Leguminosas

As plantas da família das Leguminosas são as mais utilizadas como adubo verde. De acordo com Miyasaka et al. (1984), citados por Alcântara et al. (2000), a principal razão para essa preferência está em sua capacidade de fixar o N atmosférico mediante a simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* ou *Bradyrhizobium* nas raízes. Além disto, possuem alto teor de compostos orgânicos nitrogenados e o sistema radicular geralmente profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo. Conseqüentemente, árvores leguminosas geralmente restauram a fertilidade do solo em áreas exauridas pelo cultivo contínuo e intensivo. Masutha et al. (1997) acrescentam que algumas árvores leguminosas são importantes fontes de madeira, combustível e forragem. Adicionalmente, podem aumentar os níveis de N do solo, o qual é liberado pela decomposição dos resíduos orgânicos.

A contribuição de N pelas leguminosas para outras culturas em consórcio depende das espécies de leguminosas, da fixação biológica de N_2 e do crescimento das leguminosas, que é determinado pelo clima, pelo solo e manejo dos resíduos (Rao e Mathuva, 2000).

Masutha et al. (1997), avaliando sete espécies de leguminosas arbóreas (*Acacia erioloba*, *A. seyal*, *A. galpinii*, *A. auriculiformis*, *A. senegal*, *Albizia lebbek*, *Dalbergia sissoo* e *Leucaena leucocephala*) com relação a sua capacidade de nodular com estirpes nativas de rizóbio e bradyrhizóbio de diferentes regiões ecológicas da África do Sul, notaram que todas as leguminosas testadas apresentaram alto nível de crescimento e boa performance para nodular.

Para Rao e Mathuva (2000), leguminosas de dupla aptidão que produzem alimento para o homem, como caupi, amendoim, guandu e forragem para os animais como *Stylosanthes*, são mais atrativas para os agricultores de pequena escala que praticam o sistema de culturas em consórcio, pois além da geração de grãos e de produtos dos animais alimentados, como carne e leite, essas leguminosas trazem benefícios à produção de cereais cultivados em seqüência a estas em rotação, pela melhoria nas características físicas e químicas do solo.

Entretanto, para Dommergues (1995), as leguminosas perenes podem ter maior capacidade para recuperar a fertilidade do solo que leguminosas anuais produtoras de grãos, pela sua capacidade para explorar água e nutrientes do subsolo, que as culturas com raízes superficiais não podem utilizar, resistindo à seca e, conseqüentemente, produzindo mais biomassa. Além disto, seu ciclo longo pode levar a uma maior fixação biológica de N. Da mesma forma, leguminosas cultivadas com a finalidade de produção de grãos contribuem menos em N que leguminosas herbáceas de adubação verde, para a subseqüente cultura em rotação (Giller et al., 1997), porque a maior parte do N fixado biologicamente pelas leguminosas de grãos é translocada para os grãos e ambos, grãos e resíduos, são removidos do campo pelo homem ou alimentação dos animais. Conseqüentemente, o requerimento de N pelos cereais cultivados a seguir raramente é suprido pelos resíduos de leguminosas de grãos.

Outras vantagens das leguminosas perenes incluem ausência de custos para implantação anual, oportunidade de culturas crescerem simultaneamente sem grande perda de área (Kang et al., 1990) e melhoria das características físicas do solo com aumento da infiltração d'água, devido à sua atividade radicular (Rao et al., 1998).

2.4. Aléias

Escolheram-se espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas tropicais relatadas na literatura com potencial para o sistema de aléias em outras regiões, para serem avaliadas na região Norte Fluminense. Sendo elas: *Albizia lebbbeck* (albízia), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Leucaena leucocephala* (leucena),

Cajanus cajan (guandu), *Sesbania virgata* (sesbânia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá ou sansão do campo) e *Gliricidia sepium* (gliricídia).

O guandu, *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (Fabaceae), ocupa mundialmente o 6º lugar em importância alimentar dentre as leguminosas, sendo usado extensivamente na Ásia para a alimentação animal e humana. Para o produtor rural, o guandu proporciona baixos custos de produção, que refletem diretamente no lucro da atividade pecuária e melhorias na fertilidade do solo, decorrentes da habilidade que esta forrageira apresenta para a fixação simbiótica de nitrogênio no solo (Rao et al., 2002).

Considerando que, dificilmente apenas uma cultura tenha capacidade para prover forragem durante o ano todo, a característica apresentada pelo guandu, de crescer em períodos adversos que limitam o crescimento de outras forrageiras, constitui-se em uma importante alternativa para a provisão de alimento de alta qualidade e redução de custos com colheita e armazenamento de forragem no período da entressafra (Rao et al., 2002).

No Brasil, a cultura do guandu foi introduzida, principalmente, devido à habilidade de ser resistente à seca e de crescer em solos pobres. É adaptada a ampla faixa de precipitação, apresentando ciclo anual ou perene, e desenvolve-se melhor em temperaturas elevadas, proporcionando bons resultados como fornecedora de massa verde nos pastos em períodos de chuvas escassas. Além de ser uma planta muito versátil, adaptada às condições climáticas do país, é utilizada também na rotação de culturas (Seiffert e Thiago, 1983; Marin et al., 2004).

A maioria dos acessos mostra-se sensível ao fotoperíodo e tem resposta positiva ao florescimento em dias curtos. Na estação seca, na região dos Cerrados, torna-se caducifólia devido à severa deficiência hídrica registrada na região nesse período (Pereira et al., 1992).

Juo et al. (1995) demonstraram, em estudo de longa duração, que a produção de milho foi sustentável quando cultivado em aléias com leucena ou guandu. Foi observado que o guandu tem um alto teor de N (2,6%) nos resíduos que são adicionados ao solo.

A leucena é uma leguminosa perene, arbustiva, originária do Peru. É pouco exigente em nutrientes e tolera solos ácidos. Seu uso como planta de elevado potencial forrageiro para regiões tropicais e semi-áridas tem sido altamente relatado. Destaca-se sua capacidade de manter a folhagem verde, de alto valor nutritivo,

graças a um sistema radicular capaz de explorar as reservas de água nas camadas mais profundas do solo, o que lhe confere resistência à seca. Apresenta folhas com alto teor de nitrogênio e habilidade para resistir a sucessivas podas (Seiffert e Thiago, 1983). Segundo Barreto e Carvalho Filho (1992), o uso de leucena em consórcio com milho e feijão, além de proporcionar uma expressiva produção de forragem, pode ser uma alternativa viável para produção de lenha em pequenas propriedades do Nordeste Brasileiro. Estes autores obtiveram 3400 kg ha^{-1} de lenho seco de leucena plantadas no espaçamento de 2,5 m entre fileiras e uma planta por metro, consorciada com milho ou feijão.

De acordo com Vanlauwe et al. (1996), uma aplicação das folhas de leucena (6,25 Mg de matéria fresca por hectare) fornece 78 kg ha^{-1} de N. Kang et al. (1981) reportaram um aumento da produção de grãos de milho de 13% com a aplicação de folhas podadas da leucena, quando comparada com a do milho solteiro sem aplicação de fertilizantes. Estes autores não relatam se este aumento na produção levou em consideração a perda de área.

Ngambeki (1985) tem mostrado que, no sul da Nigéria, sistemas em aléias com leucena têm aumentado e sustentado a produtividade de milho em 60% acima daquela do milho como cultura única, além de reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados.

Benefícios econômicos e agronômicos da produção de milho em alamedas formadas por leucena foram avaliados em Camarões: (a) sem fertilizantes e (b) com a aplicação de 200 ou 400 kg ha^{-1} de N – P₂O₅ – K₂O (20-10-10). Na ausência de leucena, a produção de grãos diminuiu de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1990 para $0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ em 1992, e com a aplicação de leucena podada somente, a produção de milho estabilizou em $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos segundo e terceiro anos. Leucena podada aplicada em combinação com 200 ou 400 kg ha^{-1} de N – P₂O₅ – K₂O aumentou a produção de milho para 1,7 e 2 Mg ha^{-1} , respectivamente. A análise econômica revelou que o cultivo em aléias sem fertilizantes foi o melhor sistema nesses três anos, com taxa de retorno de 447% (Tonye e Titi-Nwel, 1995).

A gliricídia (*Gliricidia sepium*), uma árvore originária da América Central, é amplamente difundida nos trópicos e apresenta uso múltiplo, podendo ser utilizada como quebra-vento, cerca-viva, forrageira, para produção de madeira e adubo verde e tem grande potencial para contribuir com a fertilidade de áreas degradadas, pois tolera solos ácidos e pobres, resiste a podas anuais, produz grande quantidade de

biomassa e concentra relativamente mais nutrientes. A adubação verde de gliricídia, utilizada como cerca-viva em sistemas agroflorestais forneceu 5500 kg ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca, aumentando a disponibilidade de nutrientes que entrou nesses sistemas, principalmente de nitrogênio, potássio, fósforo e magnésio (Costa e Arruda, 2006).

O aumento na fertilidade do solo e na produção de milho são possíveis quando a gliricídia é cultivada junto com o milho. Estudos no Malawi (África) têm mostrado que a gliricídia, uma espécie de crescimento rápido e fixadora de N, pode produzir acima de 5400 kg ha⁻¹ por ano de biomassa seca, no espaçamento de 4,5m entre fileiras e 0,9m entre plantas (Maghembe e Prins, 1994).

Quando as podas de gliricídia foram adicionadas nas entrelinhas do milho, Ikerra et al. (1999) observaram um aumento significativo de nitrogênio inorgânico (N) na superfície do solo. Devido à alta contribuição do N da folhagem, a gliricídia é considerada uma promissora espécie para suprir o nitrogênio para as culturas em consórcio com esta leguminosa. Barreto e Fernandes (2001), em Lagarto-SE, encontraram 27,3 e 26,9 g kg⁻¹ de N na matéria seca da gliricídia e da leucena, respectivamente.

Lawson e Kang (1990) notaram que o sombreamento causado pela aléia é maior em espécies de rápido crescimento como *Leucaena* e *Gliricidia* e maior o sombreamento quanto mais perto estava a cultura do milho em relação à fileira das árvores leguminosas. Notaram também que o material obtido das podas dessas leguminosas contribuiu enormemente para aumentar a retenção de água no solo.

Decomposição de resíduos de plantas e liberação de nutrientes são conhecidas por afetar a composição química e os organismos do solo. Resíduos de plantas com alto teor de N mostram alta taxa de decomposição e liberação de nutrientes, enquanto o alto teor de lignina nos resíduos poderia aumentar a imobilização, especialmente de nitrogênio (Tian et al., 1992). Segundo esses autores, dentre as espécies estudadas (*Acioa barteri*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* e palhada de arroz), leucena e gliricídia apresentaram as menores relações C/N, as menores percentagens de lignina e de polifenóis; e, portanto, mostraram que podas de gliricídia seguidas pela leucena foram as que apresentaram maiores taxas de decomposição. Concluíram ainda que todos os resíduos das plantas analisadas liberaram rapidamente o potássio, mas nas podas de leucena houve imobilização de fósforo.

Heineman et al. (1997), testando oito espécies de árvores leguminosas (*Leucaena leucocephala*, *L. collinsii*, *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Sesbania sesban*, *S. grandiflora*, *Senna siamea* e *S. spectabilis*), no Quênia, obtiveram maior produtividade de milho na associação desta cultura com leucena e gliricídia do que com *Sesbania*. O rendimento do milho foi positivamente correlacionado à quantidade de folhas aplicadas no solo. Concluíram ainda que folhas de decomposição rápida (leucena, gliricídia e sesbânia) foram mais efetivas para elevar a produtividade que aquelas de decomposição mais complexa.

A leucena foi utilizada por Pereira Filho et al. (2000) como fonte alternativa de nitrogênio para o milho. Os autores obtiveram rendimento de milho em aléia com a leucena (na ausência de N mineral) de 5,3 Mg ha⁻¹ de grãos, o que equivale a 178% do rendimento obtido na ausência de nitrogênio e de leucena. A leucena, devido à reciclagem de nutrientes, também aumentou os teores de Ca, Mg, K e matéria orgânica na faixa de solo analisada.

Barreto e Fernandes (2001), analisando o cultivo de gliricídia e leucena em alamedas notaram que a gliricídia exerceu menor competição com a mandioca na entre linha, e com incorporação dessas leguminosas ao solo elevaram-se o pH e os teores de cálcio+magnésio, não sendo alteradas, porém, a matéria orgânica e a CTC. Nesse trabalho também foi observada redução de densidade do solo e elevação da macroporosidade em resposta à adição das leguminosas, sendo esses efeitos mais pronunciados em menores profundidades, em dois anos de ensaio.

Nativa da região semi-árida do Nordeste Brasileiro, o sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth) é uma das leguminosas arbóreas com grande potencial devido a sua resistência a estiagens prolongadas, seu rápido crescimento (Almeida et al., 1986) e alto teor protéico. Está se tornando uma espécie importante, pois pode servir para formação de cercas-vivas e quebra-ventos, uma vez que apresenta uma densa ramificação, possui espinhos, além de seu potencial melífero e boa madeira. O sabiá poderá ser utilizado pelos agricultores como madeira para cabo de ferramenta e para mourão, com alta durabilidade (Stamford et al., 1997). Stamford e Silva (2000), pesquisando o efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo álico, observaram que o uso de calcário para cultivo dessa leguminosa é pouco necessário até mesmo em solos ácidos.

De acordo com Masutha et al. (1997), em trabalho avaliando a capacidade de espécies de leguminosas nodularem com bactérias nativas do solo na África do

Sul, a espécie arbórea *Albizia lebbek* nodulou-se com essas bactérias e apresentou uma boa performance de simbiose, levando a um alto nível de desenvolvimento da planta.

A canafístula (*Peltophorum dubium*) é uma espécie nativa do Brasil, heliófita, com boa resistência ao frio. É considerada promissora por apresentar valor econômico comprovado, em função da qualidade da madeira. O seu crescimento é rápido sendo utilizada como espécie com aptidão à regeneração artificial. É também considerada uma espécie promissora para produção de madeira no Centro-Sul do Brasil (Carvalho, 1994). A semeadura direta de canafístula é uma alternativa para implantação da espécie, possibilitando transformar áreas de capoeiras em um sistema agroflorestal no futuro (Mattei e Rosenthal, 2002).

A *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. é uma espécie pioneira, arbustiva e semiperene, que forma simbiose radicular com *Azorhizobium* sp. (Santos, 2000). Esta espécie apresenta potencial para recuperação de áreas degradadas, devido a sua alta tolerância a condições de baixa oxigenação e deficiências minerais do solo, além de fixar N_2 pela simbiose com *Azorhizobium*.

As espécies do gênero *Sesbania* são leguminosas com potencial para recuperação e manutenção da produtividade dos solos, apresentam capacidade para adaptação a diversas condições edafoclimáticas, crescimento rápido e fixam N_2 em associação com bactérias do solo (Santos, 2000). Desta forma, atuam como ativadoras e reguladoras dos recursos disponíveis, criando condições que favorecem o estabelecimento de espécies mais exigentes.

Entre as 50 espécies do gênero *Sesbania*, encontram-se espécies anuais, herbáceas ou arbustivas e perenes (pequenas árvores), ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais. Segundo Samôr (1999), na África é que se encontra a maioria das espécies deste gênero, verificando-se, em 27 espécies, a comprovação da associação com bactérias diazotróficas, o que permite a realização da fixação biológica do N.

Rodrigues (2001) observou, em mudas de *S. virgata*, aumento no conteúdo de N de 86 %, quando esta espécie foi inoculada com rizóbio. Este aumento no conteúdo de N fez com que a relação C/N da parte aérea fosse diminuída, o que é importante em áreas com limitação de matéria orgânica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimentos

Foram conduzidos dois experimentos de campo com leguminosas arbóreas e arbustivas de adubação verde consorciadas com a cultura do milho, no Campo Experimental do CCTA/UENF, no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes – RJ. A latitude local é de 21°45' (S), a longitude de 41°18' (W) e a altitude média da região é de 11 m. O clima da região é tropical chuvoso, pelo método de Köppen, clima de bosque com precipitação anual de 1023 mm e evapotranspiração potencial média de 1601 mm anuais, pelo método de Penman, e déficit hídrico de 578 mm anuais (Oliveira, 1996).

O solo em que se realizou o ensaio é um Latossolo Amarelo (La) distrófico, e os resultados das análises química e física são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. A calagem não foi realizada, pois a saturação de bases da área experimental não era muito baixa e baseando-se nos relatos de Stamford e Silva (2000), que consideram não ser necessária a calagem para o cultivo da grande maioria das leguminosas tropicais.

No experimento 1 não houve adubação fosfatada das leguminosas e das plantas de milho, exceto na testemunha com fertilizante químico, enquanto no experimento 2 foi feita adubação fosfatada (60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ . superfosfato simples) no sulco de plantio das leguminosas e da semeadura do milho.

O preparo do solo foi realizado com arado de discos e uma gradagem com uma grade de discos de 20" e, em seguida, feita a sulcagem para o plantio das leguminosas.

Tabela 1. Análise química do solo antes da instalação dos dois experimentos

Experimento	pH	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	C	MO	S.B.	T	t	m	V
		mg/dm ³		cmol _c /dm ³				%	g/dm ³	cmol _c /dm ³			%	
1	5,5	6	38	0,04	2,0	1,3	4,3	1,17	20,2	3,4	7,7	3,5	3	44
2	5,6	14	41	0,03	2,1	1,0	4,0	1,17	20,2	3,2	7,2	3,2	0	45

S.B.= Soma de bases

T = CTC a pH 7,0

m = saturação de alumínio

V = saturação de bases

Tabela 2. Análise física do solo dos dois experimentos

Identificação	areia	silte	argila	Classe textural
	%	%	%	
Experimento 1	52	9	39	Argilo arenoso
Experimento 2	45	9	46	Argiloso

3.2. Tratamentos e Delineamentos - Primeiro ciclo de cultivo

Os experimentos foram constituídos por nove tratamentos, em que cada tratamento correspondeu a uma espécie de leguminosa em aléia com o milho e duas testemunhas sem leguminosas: milho solteiro com fertilizante mineral (+NPK) e milho solteiro sem fertilizante (sem NPK). As espécies foram obtidas no banco de germoplasma do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) da UENF, sendo elas: *Albizia lebeck* (albízia), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Cajanus cajan* (guandu), *Sesbania virgata* (sesbânia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá ou sansão do campo) e *Gliricidia sepium* (gliricídia), estacas obtidas na UFRRJ em Seropédica-RJ.

Uma testemunha recebeu a adubação de acordo com a análise de solo, conforme as recomendações regionais para a cultura do milho, empregando-se 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples), 40 kg ha⁻¹ de K₂O (cloreto de potássio) no plantio e 60 kg ha⁻¹ de N (uréia), sendo 1/3 no plantio e o restante em cobertura 30

dias após a emergência, enquanto a outra testemunha não recebeu adubação. As parcelas experimentais com podas de leguminosas também não receberam adubação mineral, exceto no experimento dois (2), onde estas parcelas receberam a aplicação de fósforo.

As leguminosas foram semeadas no campo experimental em 01 de novembro de 2003, a partir de sementes escarificadas mecanicamente, com o adicional de 50% na sua densidade, para assegurar o estande, exceto a glicíndia que foi propagada a partir de estacas (40 cm de comprimento) totalmente enterradas no sulco de plantio. Após 30 dias de emergência das plântulas realizou-se o desbaste, estabelecendo-se duas plantas por metro para todas as espécies em estudo. Seguindo as recomendações de Mattei e Rosenthal (2002) o controle de formigas saúvas foi contínuo, utilizando-se iscas formicidas, com vistórias constantes, para não se perder plântulas muito pequenas e facilmente elimináveis.

Após oito meses do plantio das leguminosas, em 01/07/2004, estas foram podadas manualmente a 1,5 m de altura e todas as folhas e ramos menores que 1,5 cm de diâmetro foram espalhados no solo e incorporados com grade niveladora no dia seguinte. Os galhos mais grossos que 1,5 cm de diâmetro foram retirados da área para facilitar a incorporação da massa vegetal com a grade.

O material podado (folhas e ramos de diâmetro até aproximadamente 1,5 cm) foi coletado e pesado para se determinar o peso da matéria fresca das leguminosas. Foi feita a amostragem deste material (descartando os ramos mais grossos) para se obter o teor de água e a massa seca da biomassa vegetal, bem como para a determinação dos teores e acúmulo de N, P e K no material podado. A amostragem da parte aérea das leguminosas foi uma amostra composta para cada espécie, coletando-se quantidades iguais de todas as parcelas dos dois experimentos (sem e com aplicação de P).

As amostras foram embaladas em sacos de papel devidamente identificados, e levadas ao laboratório para secagem em estufa com ventilação forçada, a 65° C, por 72 horas. Após este período, as amostras foram pesadas para determinação da massa seca. As amostras secas das leguminosas foram trituradas em moinho tipo Willey, com peneira de 20 malhas por polegada e armazenadas para posteriores determinações químicas.

A semeadura do milho (híbrido inter varietal UENF 506-8) foi realizada duas semanas após a poda, em 15/07/2004, utilizando-se um adicional de 50% de sementes. A emergência das plântulas de milho ocorreu cinco dias após a

semeadura e o desbaste foi realizado 30 dias após a emergência das plântulas (19/08/2004), deixando-se quatro plantas por metro. A fase de pendoamento/embonecamento iniciou-se 68 dias após a emergência em 28/09/2004, época em que se coletaram as folhas de milho para a análise foliar de N, P e K.

A cultivar UENF 506-8 foi desenvolvida pela UENF, com apoio da PESAGRO-RIO, para a região Norte/Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. As principais características deste híbrido interpopulacional são o florescimento aos 68 dias após a emergência, maturação aos 140 dias, altura de planta: 210 cm e altura de espiga: 118 cm.

Cada unidade experimental (U.E.) foi constituída por uma fileira de cinco metros, com duas plantas de leguminosa por metro linear e três linhas de milho, de cada lado da leguminosa, espaçadas de 0,8 m e com cinco metros de comprimento (Figura 1). Foram consideradas como área útil, as duas linhas de milho de cada lado das leguminosas, num total de quatro linhas, descartados 0,5 m das suas extremidades. As avaliações foram realizadas nas duas fileiras adjacentes às leguminosas (0,8 m), separadamente das duas fileiras distantes a 1,6 m das leguminosas. Para se determinar a produtividade média de grãos ponderou-se as determinações realizadas separadamente, em função da distância.

No primeiro ciclo de cultivo do milho não ocorreu irrigação, por vinte dias na fase de pendoamento/embonecamento, devido á falta de água no lago de abastecimento do Colégio Agrícola Antonio Sarlo. Neste período não houve precipitações pluviais, o que gerou déficit hídrico para o milho.

Para os dois experimentos e nos dois ciclos de cultivo, algumas operações foram realizadas em comum: foi realizada irrigação de acordo com os requerimentos da cultura (exceto no período já mencionado) e realizadas capinas manuais para controle das ervas invasoras até os 30 dias após a emergência do milho.

O manejo fitossanitário da cultura foi realizado para reduzir o ataque de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*), por meio de duas aplicações de inseticida (delthametrina 25 CE na dose de 0,2 L ha⁻¹). As leguminosas foram podadas sempre que necessário para evitar o sombreamento do milho, sendo a segunda poda realizada 60 dias após a emergência do milho, seguida pela pesagem do material (descartados galhos mais grossos que 1,5 cm de diâmetro). Nos dois

anos e experimentos, o material da primeira poda foi incorporado ao solo com gradagem e o da segunda poda foi espalhado sobre o solo, sem incorporação.

Os valores anuais de produtividade de fitomassa seca das leguminosas são o resultado da soma de duas podas realizadas no mesmo ano. Os valores de aporte de N, P e K foram obtidos com base nos resultados dos teores da análise foliar realizada na amostra que foi retirada na primeira poda (01/07/2004) multiplicado pela produtividade de fitomassa seca em cada ano.

Para determinação dos teores de N-orgânico, P e K foi tomada a folha oposta e abaixo da primeira espiga de dez plantas, por U.E., amostradas ao acaso, no período de aparecimento da inflorescência feminina (Malavolta et al., 1997). O material foi submetido à secagem, em estufa com circulação forçada de ar a 65°C, por 72 horas, depois à trituração em moinho tipo Willey e à homogeneização da amostra.

Foi pesada amostra de 100 mg da matéria seca das folhas de milho e da parte aérea das leguminosas para as determinações de N, P e K. Fez-se a digestão sulfúrica (Linder, 1944), seguida da avaliação colorimétrica, utilizando-se o reagente de Nessler, para a determinação do N-orgânico (Jackson, 1965), o método da vitamina C para se determinar o P (Braga e Defelipo, 1974), sendo ambas as leituras realizadas no colorímetro “Spekol UV VIS ZEISS” e a fotometria de chama para o potássio, em aparelho modelo “Analyser 910”.



Figura 1 - Croqui da unidade experimental

Foram determinados o número de espigas por planta, o peso médio de 100 grãos de milho (gramas) e o peso de grãos debulhados por parcela. A produtividade de grãos de milho (kg ha^{-1}) foi obtida extrapolando-se a produção de grãos da área útil da parcela para um hectare, ponderando-se a produção das linhas adjacentes às leguminosas e das linhas mais distantes e a perda de área ocupada pelas aléias. Os pesos foram corrigidos para 13% de umidade. Além disto, foram determinados os teores de N-orgânico, P e K nas folhas do milho (adjacentes: a 0,8 m da aléia e distantes: a 1,6 m das leguminosas).

3.3. Segundo ciclo de cultivo

Depois da colheita das espigas a área foi deixada em pousio por três meses e a seguir preparada com uma aração e uma gradagem para controle das ervas invasoras e incorporação dos restos culturais. Após a poda em 20/09/2004, as leguminosas foram rebrotando e em 18/04/2005, foram novamente podadas a 1,5 m de altura, ficando somente a haste principal. O material vegetal resultante foi pesado e retiradas amostras como no ano anterior para as avaliações de fitomassa seca e minerais acumulados. Após a pesagem, a biomassa das leguminosas foi espalhada na área correspondente a sua parcela e incorporada ao solo através de grade em 21/04/2005.

A segunda semeadura do milho foi realizada em 28/04/2005, utilizando-se um adicional de 50% de sementes do mesmo híbrido. A emergência das plântulas de milho ocorreu sete dias após a semeadura (05/05/2004) e o desbaste feito manualmente 30 dias após a emergência, deixando-se quatro plantas por metro, ocasião em que se fez a cobertura nitrogenada na testemunha que recebeu fertilizantes químicos.

A coleta de folhas para diagnóstico da nutrição em N, P e K neste segundo ciclo foi realizada em 15/07/05 na fase de “embonecamento” do milho.

A colheita das espigas foi realizada em 10/10/2005, retiradas suas palhas manualmente, em seguida debulhadas, em debulhador elétrico, e pesadas, tendo seu peso corrigido para 13% de umidade.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. A fim de se detectar o efeito dos tratamentos, realizou-se a análise de variância de

cada experimento e posteriormente a análise de variância conjunta. Em caso de efeitos significativos foi aplicado o teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Os dados obtidos para os teores de N, P e K na biomassa amostrada das leguminosas não passaram por análise estatística, sendo utilizados como dados auxiliares à discussão dos resultados provenientes do acúmulo de nutrientes pela biomassa das leguminosas. Para se verificar o efeito da posição (distância) da linha de milho em relação às aléias de leguminosas, efetuou-se a ANOVA, considerando as duas posições (locais de amostragem) como se fossem dois experimentos.

As ocorrências climáticas durante o período experimental como precipitação pluvial (totais mensais) e temperaturas máximas e mínimas estão resumidas na Tabela 3.

Tabela 3. Dados climáticos de Campos dos Goytacazes - RJ, no período experimental

Mês/ano	Precipitação (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)
Outubro/2003	53,00	31,10	18,40
Novembro/2003	154,70	28,20	19,00
Dezembro/2003	144,90	30,70	21,50
Janeiro/2004	146,50	30,47	22,32
Fevereiro/2004	133,50	31,81	22,32
Março/2004	173,30	31,77	20,75
Abril/2004	99,80	31,38	21,32
Mai/2004	55,20	28,79	18,85
Junho/2004	32,50	27,30	16,75
Julho/2004	84,10	25,87	16,52
Agosto/2004	13,90	27,61	16,85
Setembro/2004	3,00	29,63	18,47
Outubro/2004	63,00	29,21	19,74
Novembro/2004	80,00	30,83	21,17
Dezembro/2004	290,90	30,94	22,32
Janeiro/2005	223,80	31,84	22,95
Fevereiro/2005	58,80	32,41	22,20
Março/2005	159,70	32,37	22,89
Abril/2005	54,70	31,98	21,70
Mai/2005	94,60	28,33	19,65
Junho/2005	75,80	27,20	17,90
Julho/2005	57,50	25,51	16,61
Agosto/2005	5,50	28,10	17,82
Setembro/2005	128,70	25,70	19,12
Outubro/2005	31,00	29,10	21,02

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Leguminosas

A análise de variância conjunta de anos e experimentos apresentou interação significativa de tratamento*ano e tratamento*experimento e ano*experimento*tratamento, em nível de 1% pelo teste de F, para as variáveis produtividade de fitomassa seca e aporte de N, P e K pelas espécies de leguminosas. Desdobrou-se a interação tripla e estudaram-se os tratamentos dentro de cada ano e dentro de cada um dos experimentos.

4.1.1 Produtividade de fitomassa seca

Observou-se tanto no experimento com adição de fósforo (P), quanto no sem aplicação de P, que a maior produtividade de fitomassa seca da parte aérea foi obtida pelo guandu, que diferiu significativamente dos demais tratamentos no primeiro ano experimental (Tabela 4). Nesse ano, no experimento com P, o guandu produziu 102% a mais de fitomassa seca que canafístula, enquanto no experimento sem P, a diferença foi ainda maior, pois essa produtividade foi 221% maior que o segundo melhor tratamento (canafístula).

Calegari et al. (1983) e Alcântara et al. (2000), estudando espécies de adubo verde, confirmaram a alta capacidade do guandu na produção de fitomassa

seca. Estes autores obtiveram, respectivamente, 13800 kg ha⁻¹ no sudoeste do Paraná e 13200 kg ha⁻¹ em Lambari-MG de fitomassa seca com o guandu, ratificando a alta capacidade de produção de massa seca. Esta é explicada pela sua grande capacidade de enraizamento, uma vez que sua raiz pivotante atravessa camadas compactadas, explorando assim, grande volume de solo, podendo reciclar nutrientes em grande quantidade.

Tabela 4. Produtividade de fitomassa seca e aporte dos nutrientes N, P, e K pelas podas das leguminosas, no experimento sem (sem P) e com aplicação de P (com P), no ano de 2004

Tratamento	ANO 2004							
	Sem P				Com P			
	FMS	N	P	K	FMS	N	P	K
	kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹			
Guandu	5371 a	114 a	9,7 a	48 a	6017 a*	128 a	10,8 a	53 a
Canafístula	1670 b	34 c	2,7 c	12 c	2970 b**	60 b*	4,7 b*	21 b*
Leucena	1613 c	52 b	3,4 b	19 b	1633 b	52 b	3,4 b	20 b
Sabiá	1108 c	26 c	1,6 c	7 d	1078 c	25 c	1,6 c	6 d
Sesbânia	1091 c	33 c	2,3 c	13 c	1073 c	33 c	2,2 c	13 c
Gliricídia	360 d	11 d	0,6 d	4 e	528 d	16 d	0,9 c	7 d
Albízia	193 d	6 d	0,3 d	2 e	304 d	10d	0,4 c	3 d
C.V.: %	19	19	19	19	21	20	20	21

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representa efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente, para cada leguminosa.

Nascimento e Silva (2004) verificaram resultados de produção de fitomassa, relatando maior eficiência da leucena e do guandu, quando produziram 12480 e 9390 kg ha⁻¹, respectivamente, as maiores quantidades encontradas no experimento realizado na Paraíba. Essas espécies foram cultivadas no espaçamento de 0,5 x 0,5 m.

Alves et al. (2004), em Seropédica-RJ obtiveram 11000 kg ha⁻¹ de matéria seca de guandu, contendo, respectivamente, 283 e 23 kg de N e P, que não afetou positivamente a produtividade da cultura em consórcio, pois o solo já estava fértil e sob manejo orgânico, mas segundo esses autores, o cultivo de guandu em aléias

pode ser uma prática vantajosa para os produtores orgânicos, por contribuir com a manutenção da fertilidade do solo.

Possivelmente, o guandu é menos exigente em P no solo que as demais leguminosas avaliadas, uma vez que existe P disponível no solo do experimento, embora baixo (Tabela 1) ou ainda que possua uma associação com micorrizas bastante eficiente, uma vez que conseguiu na baixa presença de P no solo manter elevada sua produtividade de fitomassa seca, enquanto as demais espécies mostraram diminuição. De acordo com o trabalho de Sanginga et al. (1996), o *Cajanus cajan* foi uma das espécies de leguminosas testadas com baixa resposta a P e alta colonização micorrízica comparada a outras espécies mais responsivas a P. A influência de fungos micorrízicos na absorção de P é bem documentada. Habte e Manjunath (1987), citados por Sanginga et al. (1996), demonstraram que plantas com intensa associação micorrízica têm baixo requerimento de P no solo do que plantas sem uma efetiva micorrização.

No ano 2005 esta performance se repete, pois novamente a diferença de produtividade de fitomassa seca entre o guandu e a canafístula é maior no experimento sem fósforo. Neste ano, a produtividade para o guandu foi superior em relação às demais leguminosas, embora a canafístula e a leucena tenham sido responsivas à adubação fosfatada e tenham apresentado produção de fitomassa equivalente ao guandu (Tabela 5). Evidencia-se assim a importância da adubação fosfatada para algumas espécies que exigem o elemento para desenvolverem-se e alcançarem razoável produtividade de fitomassa (Raij, 1991).

No primeiro ano de ensaio, a albizia e a gliricídia foram as leguminosas que exibiram as menores produtividades de fitomassa seca nos dois experimentos (com e sem aplicação de P), mas no segundo ano, a gliricídia apresentou aumento de produtividade nos dois experimentos (Tabela 4 e 5). Tal comportamento sugere maior estabelecimento desta espécie na área, maior enraizamento levando a maior nodulação. Possivelmente pela liberação de exsudatos radiculares que podem elevar a dessorção e dissolução do P e tornar o P orgânico em P inorgânico, como demonstrado para *Cassia* e *Grevillea* por Radersma e Grierson (2004), aumentando assim a absorção do fósforo, que possivelmente estava em forma não lábil no solo. Desta forma aumentando a eficiência da FBN pela maior disponibilidade de fosfatos, que requer muita energia e, conseqüentemente, aumentado o desenvolvimento das brotações desta espécie.

Tabela 5. Produtividade de fitomassa seca e aporte dos nutrientes N, P, e K pelas podas das leguminosas, no experimento, no experimento sem (sem P) e com aplicação de P (com P), no ano de 2005

Tratamento	ANO 2005							
	Sem P				Com P			
	FMS	N	P	K	FMS	N	P	K
	kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹			
Guandu	4486 a	96 a	8,1 a	40 a	4593 a	98 a	8,2 a	41 b
Canafístula	3630 b	73 b	5,8 b	25 b	4384 a*	88 b*	6,9 b	30 c
Leucena	1464 d	47 c	3,1 c	18 c	4216 a**	135 a**	8,9 a**	52 a**
Sabiá	1862 d	43 c	2,8 d	11d	2119 b	50 c	3,2 d	12 d
Sesbânia	648 e	20 d	1,4 d	8 d	1456 d*	44 c**	3,0 d	16 d**
Gliricídia	2386 c	75 b	4,1 c	29 b	2858 b	90 b*	4,7 c	36 b
Albícia	463 e	15 d	0,7 d	5 d	1540 c**	49 c**	2,4 d**	15 d**
C.V.: %	17	15	16	15	19	18	20	19

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representa efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente, para cada leguminosa.

A sesbânia e o guandu apresentaram redução de produção de fitomassa seca no segundo ano (Tabela 5). Estas espécies mostraram reduzida brotação após a segunda poda e um lento desenvolvimento dos brotos (características não quantificadas, mas observadas no campo). Myasaka et al. (1966), citados por Alcântara et al. (2000), verificaram grande variabilidade de produtividade de biomassa pelo guandu em relação ao ambiente, após vários experimentos conduzidos no Estado de São Paulo.

O sabiá e a sesbânia em 2004 (com aplicação de P) produziram, respectivamente, 1078 e 1073 kg ha⁻¹, intermediários aos demais tratamentos, próximo ao valor exibido no experimento sem aplicação de P, 1108 e 1091 kg ha⁻¹, (respectivamente), ou seja, nota-se a ausência de resposta ao P, o que contradiz o trabalho de Resende et al. (1999), que estudaram a resposta de diversas espécies florestais nos estádios iniciais e notaram que as espécies *Mimosa caesalpinifolia* e *Sesbania virgata* foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento. Entretanto, o solo utilizado por esses autores apresentava apenas 1,0 mg de P dm⁻³,

enquanto o solo utilizado no presente experimento apresenta valores um pouco mais altos (Tabela 1), o que pode explicar essa ausência de resposta nesse primeiro ano.

No ano de 2004 notou-se efeito significativo de P apenas para a produtividade de fitomassa seca do guandu e da canafístula. Já no ano de 2005, não houve mais o efeito do P na produtividade da fitomassa seca do guandu, mas sim para a canafístula, leucena, sesbânia e albízia (Tabelas 4 e 5).

O efeito do fósforo, levando ao incremento na produtividade de fitomassa seca e, por conseqüência, ao aumento do acúmulo de nutrientes é explicado porque o fósforo participa de um grande número de compostos essenciais em diversos processos metabólicos das plantas. Está presente também, nos processos de transferência de energia, e desde o início do desenvolvimento vegetal, participa da formação dos primórdios das partes reprodutivas. O P estimula o desenvolvimento radicular e é essencial para a boa formação de frutos e sementes. A grande maioria das espécies florestais, quando na sua fase de muda, necessita de maior disponibilidade de fósforo, pois a demanda deste nutriente é mais intensa (Novais et al., 1990). As leguminosas, uma vez que dependem da simbiose como fonte de nitrogênio, requerem alto teor de fósforo no solo para suprir as necessidades adicionais dos nódulos, requerem bastante energia nos processos de fixação biológica do N_2 como: ATP, ATPases, fosfatases, $NADPH+H^+$, entre outros (Raij,1991).

4.1.2 Aporte de N, P e K pelas leguminosas

De maneira geral, o guandu foi a espécie que mais acumulou N, P e K na biomassa da parte aérea, entretanto com a aplicação de P em 2005, a leucena apresentou acúmulo de N e P semelhante ao guandu e acúmulo de K 29% a mais que esta leguminosa.

Os dados obtidos para os teores médios de N, P e K na biomassa amostrada das leguminosas são apresentados na Tabela 6, revelando altos teores de N na fitomassa seca da albízia, da glicírdia e da leucena. Tais valores estão próximos, com algumas diferenças, dos dados de Barreto e Fernandes (2001), que relataram os seguintes teores de N, P e K para a leucena: 26,9, 1,7 e 10,9 $g\ kg^{-1}$, respectivamente, e para a glicírdia: 27,3, 1,7 e 15,6 $g\ kg^{-1}$, respectivamente. Nota-

se que os teores de N são mais altos que os obtidos por estes autores em Sergipe; enquanto os de P praticamente iguais.

Tabela 6. Teores médios de N, P e K na fitomassa seca da parte aérea das leguminosas em Campos dos Goytacazes-RJ, conduzidos por dois anos sob podas regulares

Tratamento	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
Guandu	21,3	1,8	9,0
Canafístula	20,0	1,6	7,0
Leucena	32,0	2,1	12,0
Sabiá	23,4	1,5	6,0
Sesbânia	30,4	2,1	12,0
Gliricídia	31,4	1,7	12,0
Albícia	32,0	1,5	10,0

A maior contribuição do guandu no fornecimento de nutrientes deve-se a sua maior produção de fitomassa seca proporcionando maiores teores de nutrientes (Tabela 4), sendo superior às demais espécies estudadas no acúmulo de N, P e K em 2004. Tal situação foi igualada pela leucena no ano de 2005, no experimento com aplicação de P, onde os valores de acúmulo de N e P foram semelhantes aos do guandu, mas em razão de seu maior teor de K foliar (Tabela 6) superou o guandu no acúmulo de K (Tabela 5). Assim, o guandu foi a espécie que mostrou a maior capacidade de reciclar nutrientes, fornecendo também uma considerável quantidade de potássio para o sistema, nos dois anos e em ambos os experimentos, fato relatado também em outros trabalhos (Calegari et al., 1983; Alcântara et al., 2000). Todavia, considerando este segundo ciclo, na presença de fósforo, a leucena acumulou mais N, P e K que todas as outras espécies. Ressalta-se neste trabalho que o guandu acumulou grandes quantidades de N, P e K, mesmo sem a aplicação de P.

A gliricídia e a canafístula em 2005 apresentaram valores elevados de acúmulo de N, em torno de 89 kg ha⁻¹ no experimento com P e de 74 kg ha⁻¹ no experimento sem P, podendo assim contribuir com a cultura principal em termos de

aporte de nitrogênio. Também Barreto e Fernandes (2001), nos tabuleiros costeiros de Sergipe, relataram a grande contribuição da gliricídia para o cultivo em aléias, em função da alta produtividade de biomassa seca (de 5800 kg ha⁻¹, na média de quatro anos) e de alta riqueza nutricional, contribuindo com 160 kg ha⁻¹ano⁻¹ de nitrogênio para o sistema. Estes autores concluíram que esta espécie satisfaz as exigências para o cultivo em aléias, que são a alta produtividade de fitomassa com alta qualidade nutricional.

Em 2004 a canafístula apresentou maior acúmulo de N, P e K quando se aplicou P, enquanto no ano de 2005, notou-se o efeito do fósforo favorecendo maior acúmulo de nitrogênio pela canafístula e gliricídia, maiores acúmulos de N e K pela sesbânia e também o efeito favorável do P no acúmulo de N, P e K na biomassa seca da leucena e albízia. A adubação fosfatada tem uma característica muito importante para situações de agricultura de insumos mínimos, como é o caso de agricultores familiares, que pouco usaram adubos. É comum haver respostas acentuadas de culturas a pequenas aplicações de fosfatos solúveis, aplicados de forma localizada, fato que estimula o desenvolvimento radicular, propiciando condições às culturas de obtenção dos demais nutrientes (Raij, 1991).

No experimento sem aplicação de fósforo, obteve-se as menores contribuições em aporte de nutrientes para o sistema, tanto no primeiro como no segundo ano de ensaio. Tal resultado está de acordo com o trabalho de Woormer et al. (1995), citado por Radersma et al. (2004), que concluíram que a performance do sistema em aléias é dependente do teor de P no solo para seu sucesso.

Neste aspecto, estes resultados são parcialmente apoiados pelos de Resende et al. (1999), estudando a resposta de diversas espécies florestais nos estádios iniciais, fase de muda, e notaram que as espécies pioneiras (*Mimosa caesalpiniiifolia* e *Sesbania virgata*) foram mais responsivas ao fornecimento de P, indicando a necessidade do suprimento deste nutriente para o adequado desenvolvimento destas espécies. As espécies clímax mostraram-se pouco sensíveis ao suprimento de P, refletindo um baixo requerimento na fase de mudas.

4.2. Milho

4.2.1 Teor foliar de nitrogênio no milho

No primeiro ciclo de cultivo observou-se efeito significativo para tratamento e aplicação de fósforo em nível de 1% de probabilidade pelo teste de F, entretanto a proximidade das plantas de milho não afetou o teor foliar de N.

O milho solteiro+NPK apresentou o maior teor foliar de nitrogênio na média geral. O tratamento milho+guandu aproximou-se do melhor tratamento, ficando como o segundo maior valor e diferenciou-se dos demais, que se igualaram estatisticamente (Tabela 7). Entretanto, Heinrichs et al. (2002) relataram a ausência de resposta às leguminosas nos teores foliares do milho no primeiro ano de cultivo consorciado no sistema intercalar, mas no segundo ano algumas leguminosas influenciaram esse teor foliar de N.

Tabela 7. Teores de nitrogênio, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, nas linhas adjacentes (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de N (g kg⁻¹)							
Milho+guandu	17,2	16,2	16,7	19,1	18,6	18,9	17,8 b
Milho+canafístula	13,4	14,2	13,8	16,1	16,4	16,2	15,0 c
Milho+leucena	14,4	14,7	14,5	16,6	16,3	16,4	15,5 c
Milho+sabiá	13,1	14,1	13,6	16,3	16,7	16,5	15,1 c
Milho+sesbânia	14,5	14,7	14,6	16,1	16,6	16,3	15,5 c
Milho+gliricídia	14,8	14,8	14,8	18,6	19,2	18,9	16,8 c
Milho+albízia	13,6	14,2	13,9	15,4	16,2	15,8	14,8 c
M solteiro s/ NPK	13,2	14,1	13,6	14,8	15,6	15,2	14,4 c
M solteiro+NPK	18,4	18,8	18,6	20,6	20,8	20,7	19,7 a
Média	14,7	15,1	14,9	17,1	17,4	17,2**	16,1
C.V.: %	14	12	-	20	17	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 15,9 g kg ⁻¹ e Linha a 1,6 m = 16,2 g kg ⁻¹						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível de 1% de probabilidade.

O teor foliar de N foi 23% superior no milho associado ao guandu que no milho solteiro sem aplicação de NPK, evidenciando o efeito benéfico desta leguminosa em termos de nutrição nitrogenada para o milho.

No tratamento milho+guandu, em razão do maior acúmulo de N, esperava-se maior valor de N foliar, uma vez que o aporte de nitrogênio através da fitomassa seca no primeiro ano foi de 128 a 114 kg ha⁻¹, respectivamente, nos experimentos com e sem aplicação de P. Possivelmente, esse material não tenha sido rapidamente decomposto e sofrido a mineralização de forma a tornar disponível o N para a cultura do milho. Segundo Mafongoya et al. (1998), a decomposição do guandu é lenta se comparada com a de outras leguminosas, pois suas relações C:N e lignina + polifenóis:N são mais altas que outras leguminosas, e desse modo, em razão da lenta mineralização da matéria orgânica o guandu foi incapaz de suprir a demanda nutricional da cultura do milho.

Favero et al. (2001), avaliando plantas de cobertura, também relataram que o guandu comparado com outras leguminosas não apresentava evidência de decomposição, na avaliação aos 138 dias após o plantio, pois suas folhas estavam secas sobre a superfície do solo, enquanto as outras espécies estavam com folhas semi-decompostas e intensa mineralização. Por outro lado, Tian et al. (1992), trabalhando com algumas espécies, mostraram que podas de gliricídia seguidas pela leucena foram as que apresentaram maiores taxas de decomposição.

De acordo com Heineman et al. (1997), quando espécies para agroflorestas apresentando diferenças na velocidade de decomposição e liberação de nutrientes são avaliadas juntas, é mais difícil demonstrar uma conexão entre quantidades de fitomassa aplicada e incrementos na produtividade das culturas e no nível de fertilidade do solo.

Somente no tratamento milho solteiro + NPK o teor foliar de N aproximou-se da faixa adequada (27,5 a 32,5 g kg⁻¹) para a cultura no milho (Malavolta et al., 1997), mas ficando ainda abaixo dos teores considerados adequados para uma cultura bem nutrida. Possivelmente, em função do baixo teor de matéria orgânica no solo do experimento (Tabela 1), o aporte de N devido à fitomassa das leguminosas ou adubação utilizadas não foi suficiente para a boa nutrição do milho, e com a incorporação do material, parte do N das leguminosas pode ter sido rapidamente imobilizado pelas bactérias do solo. No campo isto foi comprovado em todos os tratamentos pelo típico sintoma de deficiência de N: o amarelecimento da ponta foliar

para a base em forma de "V"; secamento começando na ponta das folhas mais velhas e progredindo ao longo da nervura principal e necrose em seguida; colmos finos e espigas mal granadas na ponta (Malavolta et al., 1997).

Nota-se pela Tabela 7 que o efeito do P foi significativo, beneficiando a cultura que alcançou na média geral 15% a mais de N foliar. Comprova-se que num solo com baixo teor de P as culturas ficam com baixo desenvolvimento radicular e com crescimento retardado de maneira geral e, segundo Raij (1991), é comum haver respostas de culturas para pequenas aplicações de fosfatos solúveis, aplicados de forma localizada, fato que estimula o desenvolvimento radicular, propiciando condições às culturas de obterem os demais nutrientes, como no presente estudo, propiciando maiores teores de N.

No caso do segundo ciclo de cultivo observaram-se teores foliares mais elevados que no primeiro. O milho solteiro + NPK diferiu dos demais tratamentos, demonstrando que neste caso foi superior as leguminosas em disponibilizar N para a nutrição de milho, visto que o adubo mineral é uma fonte prontamente disponível (Tabela 8).

Verificou-se que vários tratamentos associados ao milho como as aléias com guandu, canafístula, leucena, sabiá, sesbânia e glicírdia exibiram teores foliares de N superiores a testemunha sem adição de NPK. Percebe-se assim, principalmente em função de maiores aportes de nutrientes, principalmente N, também por outras espécies além do guandu, como a leucena a glicírdia e canafístula principalmente, se comparadas ao ano de 2004 e possivelmente pela mineralização completa da fitomassa adicionada no primeiro ano, estas beneficiaram a nutrição nitrogenada do milho.

Somente a aléia de albízia não foi capaz de propiciar benefícios para a nutrição nitrogenada do milho assemelhando-se estatisticamente ao milho solteiro sem NPK, possivelmente porque a albízia fez parte do grupo de leguminosas que acumulou menos N (Tabela 5).

Nesta característica avaliada, todos os valores obtidos ficaram um pouco abaixo dos valores da faixa adequada (27,5 a 32,5 g kg⁻¹) para a cultura no milho (Malavolta et al., 1997), mas no caso do milho solteiro + NPK, ficou bem próximo dos teores considerados adequados para a cultura (Tabela 8).

As aléias de guandu, canafístula, leucena, sabiá, sesbânia e glicírdia resultaram em teores foliares no milho um pouco mais elevados e foram em média

16% maiores que a testemunha sem adubo, revelando o benefício da fitomassa dessas leguminosas para a nutrição de N do milho. Como se espera que com a incorporação contínua ao longo dos anos de grandes quantidades de resíduos vegetais ricos em nutrientes (Silva e Mendonça, 1995; Barreto e Fernandes, 2001), possivelmente, em anos seguintes, os teores de N foliar nas aléias de gliricídia e guandu (por exemplo) venham a ser igual à testemunha adubada.

Tabela 8. Teores de nitrogênio, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, na linha adjacente (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimento sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de N (g kg⁻¹)							
Milho+guandu	22,1	18,7	20,4	22,6	19,1	20,9	20,6 b
Milho+canafístula	20,8	18,9	19,8	20,8	21,2	21,0	20,4 b
Milho+leucena	21,0	19,3	20,1	21,0	19,1	20,0	20,1 b
Milho+sabiá	21,4	18,2	19,8	20,8	19,9	20,3	20,1 b
Milho+sesbânia	17,7	17,2	17,5	17,6	20,6	19,1	20,1 b
Milho+gliricídia	22,8	18,7	20,7	20,7	21,7	21,2	21,0 b
Milho+albízia	19,2	18,2	18,7	20,8	18,3	19,6	19,3 c
M solteiro s/ NPK	17,7	14,0	15,9	18,6	19,6	19,1	17,5 c
M solteiro+NPK	25,0	24,5	24,7	28,3	26,3	27,3	26,0 a
Média	20,8	18,6	19,7	21,2	20,6	20,9**	20,3
C.V.: %	13	13	-	16	14	-	-
Médias:	Linha a 0,8m = 21 g kg ⁻¹ ## e Linha a 1,6m = 19,6 g kg ⁻¹						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível de 1% . ## representa efeito significativo da distância em nível de 5% de probabilidade

Observou-se efeito significativo do fósforo neste segundo ciclo, propiciando à cultura do milho a resposta à nutrição nitrogenada (Raij, 1991).

Notou-se também o efeito significativo da posição da linha de milho em relação às aléias, ficando, de maneira geral, maior o teor de N nas folhas de milho das fileiras adjacentes às aléias, revelando a ausência de competição de maneira

geral, e sim o benefício, possivelmente pelas folhas das leguminosas que caem mais próximas à copa e que não foram quantificadas no estudo.

4.2.2 Teor foliar de fósforo no milho

Os teores foliares de P no milho ficaram dentro da faixa adequada em todos os tratamentos (1,9 a 3,5 g kg⁻¹, segundo Malavolta et al., 1997), revelando que embora os teores de P no solo fossem baixos (Tabela 1), o material genético usado conseguiu absorver P de tal forma que mostrasse valores dentro da faixa adequada para uma cultura bem nutrida.

Os maiores teores foliares de P foram apresentados pelo milho solteiro+NPK, milho+guandu e milho+canafístula (Tabela 9), revelando que tais espécies foram capazes de influenciar positivamente a nutrição de fósforo na planta, uma vez que foram essas espécies que apresentaram maior acúmulo de P no ano de 2004 (Tabela 4) na fitomassa adicionada ao solo. Acredita-se que isto explica esses maiores teores foliares de P, embora ainda possa ser possível o efeito de micorrizas associadas a essas espécies, afetando positivamente o milho nessas aléias. Este resultado difere do relatado por Heinrichs et al. (2002), que não encontraram diferenças significativas dos teores foliares de P no milho consorciado com leguminosas, no primeiro ano, mas somente no segundo ano. Entretanto, esses autores realizaram seus estudos num Nitossolo eutrófico e fertilizaram todos os tratamentos.

Por outro lado, as demais aléias, juntamente com a testemunha milho solteiro sem NPK ficaram em outro grupo, com menores valores para os teores foliares de P, revelando-se incapazes de beneficiar a cultura do milho com uma melhor nutrição de P. Contudo, também esse segundo grupo exibiu teores dentro da faixa adequada para o milho segundo Malavolta et al. (1997), sugerindo que alguns fatores, como exsudatos radiculares e micorrizas podem estar atuando para uma boa nutrição do milho em fósforo, apesar dos baixos níveis no solo.

No primeiro ciclo notou-se efeito significativo do fósforo, pois no experimento com aplicação de P ocorreu em média 23% a mais no teor foliar deste nutriente. Entretanto, não ocorreu efeito da distância da linha de milho em relação à aléia, revelando que com relação a nutrição fosfatada não se observou diferença entre o teor de P na linha adjacente e naquela localizada a 1,6 m das aléias.

Tabela 9. Teores de fósforo, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, na linha adjacente (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimento sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de P (g kg ⁻¹)							
Milho+guandu	2,4	2,4	2,4	2,9	3,0	3,0	2,7 a
Milho+canafístula	2,4	2,6	2,5	3,0	3,1	3,1	2,8 a
Milho+leucena	2,1	2,2	2,2	2,5	2,5	2,5	2,4 b
Milho+sabiá	1,9	2,3	2,1	2,9	2,9	2,9	2,5 b
Milho+sesbânia	2,0	2,1	2,1	2,6	2,7	2,7	2,4 b
Milho+glicírdia	2,3	2,3	2,3	2,6	2,8	2,7	2,5 b
Milho+albízia	2,2	2,3	2,2	2,5	2,4	2,4	2,3 b
M solteiro s/ NPK	1,9	2,0	2,0	2,3	2,4	2,3	2,1 b
M solteiro+NPK	2,5	2,8	2,6	2,9	3,1	3,0	2,8 a
Média	2,2	2,3	2,2	2,7	2,8	2,7**	2,5
C.V.: %	17	17	-	21	19	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 2,4 g kg ⁻¹ e Linha a 1,6 m = 2,5 g kg ⁻¹						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível 1% de probabilidade.

Analisando-se a Tabela 10, no segundo ciclo de cultivo, o tratamento milho+canafístula se equiparou em teor foliar de P ao tratamento testemunha + NPK, indicando que tal leguminosa usada na aléia com o milho possibilitou teores satisfatórios de P foliar, levando a uma nutrição adequada (Tabela 5).

Nas aléias com guandu, leucena, sabiá, sesbânia e glicírdia observou-se um valor intermediário de P foliar, mostrando-se como capazes de influenciar positivamente a nutrição de P da cultura do milho (Tabela 10). Na média dessas cinco espécies o teor de P foliar foi 29% superior ao do milho solteiro sem NPK.

Nas aléias de albízia, o milho apresentou teor foliar de P semelhante ao milho solteiro sem adubação mineral (Tabela 10), demonstrando sua baixa capacidade de contribuir com a nutrição de fósforo da cultura principal, devido sua baixa produtividade de fitomassa seca e conseqüente baixo aporte de NPK para o sistema (Tabela 5).

Tabela 10. Teores de fósforo, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, na linha adjacente (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimento sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de P (g kg ⁻¹)							
Milho+guandu	2,3	2,4	2,4	2,9	3,2	3,0	2,7 b
Milho+canafístula	2,5	2,2	2,4	3,6	3,5	3,5	3,0 a
Milho+leucena	2,4	2,2	2,3	3,1	3,0	3,1	2,7 b
Milho+sabiá	2,3	2,2	2,3	3,0	3,0	3,0	2,6 b
Milho+sesbânia	2,2	2,3	2,3	3,4	2,9	3,1	2,7 b
Milho+gliricídia	2,4	2,5	2,4	3,5	3,1	3,3	2,9 b
Milho+albízia	2,4	2,2	2,3	2,5	2,7	2,6	2,4 c
M solteiro s/ NPK	1,8	2,0	1,9	2,6	2,3	2,4	2,1 c
M solteiro+NPK	2,7	2,8	2,8	3,6	3,4	3,5	3,2 a
Média	2,3	2,3	2,3	3,1	3,0	3,1**	2,7
C.V.: %	18	17	-	13	14	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 2,7 g kg ⁻¹ e Linha a 1,6 m = 2,7 g kg ⁻¹						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível 1% de probabilidade.

Neste segundo ciclo os teores foliares de P no milho ficaram dentro da faixa adequada em todos os tratamentos (1,9 a 3,5 g kg⁻¹ segundo Malavolta et al., 1997), mas bem acima dos valores do primeiro ciclo, embora no milho solteiro sem NPK, no experimento sem aplicação de P, esse teor se manteve no limite inferior. Houve efeito significativo do fósforo, confirmando a importância da aplicação de P em solo intemperizado, distrófico ou com baixo teor de P. O teor de P no milho, no experimento com P, foi 35% mais alto que no sem adição de P. Não ocorreu efeito significativo da distância (posição) da linha de milho em relação à aléia quanto ao teor foliar de P.

4.2.3 Teor foliar de potássio no milho

No primeiro ciclo de cultivo, a nutrição potássica não sofreu influência das leguminosas consorciadas com milho no experimento sem aplicação de P, pois somente o milho solteiro + NPK apresentou teor de K foliar superior aos demais tratamentos (Tabela 11), em razão de ter recebido K via adubação com cloreto de potássio. Entretanto, tal aporte não foi o suficiente para adequada nutrição da cultura, visto que o teor obtido foi pouco abaixo, embora próximo da faixa adequada (17,5 a 29,7 g kg⁻¹), preconizada por Malavolta et al. (1997). Heinrichs et al. (2002) também não observaram efeito das leguminosas nos teores foliares de K em dois anos de ensaio, com a cultura do milho.

Tabela 11. Teores de potássio, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, na linha adjacente (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimento sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de K (g kg⁻¹)							
Milho+guandu	12,1	13,2	12,7 b	14,5	15,1	14,8 a**	13,7
Milho+canafístula	11,1	13,4	12,2 b	14,3	15,2	14,7 a**	13,5
Milho+leucena	13,4	14,3	13,8 b	14,4	15,1	14,8 a	14,3
Milho+sabiá	11,6	12,8	12,2 b	13,5	14,7	14,1 b**	13,1
Milho+sesbânia	11,6	12,9	12,3 b	13,5	14,8	14,1 b**	13,2
Milho+gliricídia	12,5	13,9	13,2 b	12,7	14,7	13,7 b	13,5
Milho+albícia	11,6	12,5	12,1 b	12,9	13,9	13,5 b*	12,8
M solteiro s/ NPK	12,1	13,4	12,7 b	12,1	13,3	12,7 b	12,7
M solteiro+NPK	15,1	16,5	15,8 a	15,6	16,5	16,0 a	15,9
Média	12,3	13,6	12,9	13,7	14,8	14,2	13,6
C.V.: %	7	9	-	11	10	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 13,0 g kg ⁻¹ e Linha a 1,6 m = 14,2 g kg ⁻¹ ##						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente. ## representa efeito significativo da distância em nível de 1%.

No experimento com P adicional, no primeiro ciclo, notou-se que os tratamentos com as aléias de guandu, canafístula e leucena influenciaram o teor foliar de K e apresentaram médias estatisticamente semelhantes ao milho solteiro + NPK, mostrando que podem reciclar o K de profundidades que o milho não alcança, disponibilizando para culturas consorciadas.

Notou-se também neste ciclo o efeito positivo do P para as aléias de guandu, canafístula, sabiá, sesbânia e albízia, onde a aplicação de P favoreceu também a nutrição potássica do milho associado a tais espécies.

Observou-se, entretanto, o efeito significativo da posição da linha de milho em relação às aléias. De maneira geral, esses teores foram maiores nas linhas posicionadas a 1,6 m da aléia, possivelmente indicando uma competição das leguminosas por potássio (Tabela 11).

Em nenhum dos tratamentos os teores foliares de K no milho ficaram dentro da faixa adequada para a cultura (Malavolta et al., 1997). Possivelmente, pelos baixos aportes de K ao solo fornecido pelas plantas utilizadas (Tabela 4), embora os teores de K na análise de solo não fossem tão baixos (Tabela 1).

No segundo ciclo de cultivo do milho os tratamentos não diferiram entre si pelo teste de F (Tabela 12). Consultando a literatura não se encontrou referências de leguminosas afetando a nutrição potássica das culturas. Assim, como já citados, Heinrichs et al. (2002) observaram que os teores de K não diferiram entre os tratamentos com leguminosas consorciados com a cultura do milho, nem mesmo com a testemunha sem leguminosa, em dois anos de avaliação.

Assim como no primeiro cultivo de milho, no segundo ciclo também ocorreu efeito significativo da distância, em que as médias das linhas adjacentes às aléias foram inferiores às das linhas posicionadas a 1,6 m, na média dos dois experimentos. Este resultado indica uma possível competição por K, pelo sistema radicular das leguminosas com a cultura do milho. Esperava-se que para leguminosas que produziram maior quantidade de fitomassa seca esse efeito fosse maior, mas nas condições desse experimento não se pode concluir, por esses resultados, que alguma das espécies utilizadas na aléia fosse mais competitiva e levasse a maiores alterações nos teores foliares desses nutrientes no milho, em razão das distâncias menores da aléia. Este resultado é contrário ao relatado por Barreto e Fernandes (2001) em Sergipe, onde o efeito na produção de raízes de mandioca foi a interferência negativa e significativa da leucena. Lawson e Kang

(1990) observaram que o sombreamento causado pela aléia é maior em espécies de rápido crescimento como leucena e foi maior quanto mais perto estava a cultura do milho em relação à fileira das árvores leguminosas.

Tabela 12. Teores de potássio, nas folhas de milho plantado em aléias com leguminosas, na linha adjacente (0,80 m) e nas linhas distantes a 1,60 m das leguminosas, nos experimento sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Teor de K (g kg ⁻¹)							
Milho+guandu	16,4	17,5	16,9	16,2	18,0	17,1	16,7
Milho+canafístula	14,9	16,6	15,8	16,7	17,4	17,1	16,4
Milho+leucena	15,4	16,5	15,9	16,1	17,7	16,9	16,2
Milho+sabiá	16,0	16,5	16,3	16,4	17,3	16,8	16,9
Milho+sesbânia	15,6	17,2	16,4	16,7	16,4	16,5	16,5
Milho+gliricídia	16,5	17,9	17,2	17,0	15,7	16,3	16,8
Milho+albízia	14,8	17,8	16,3	15,8	17,1	16,4	16,4
M solteiro s/ NPK	14,3	16,5	15,4	14,9	16,4	15,7	15,8
M solteiro+NPK	16,3	17,7	17,0	16,7	17,9	17,3	17,1
Média	15,5	17,1	16,3	16,2	17,1	16,7	16,5
C.V.: %	14	8	-	9	9	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 15,8 g kg ⁻¹ e Linha a 1,6 m = 17,1 g kg ^{-1##}						

representa o efeito significativo da distância em nível de 1% de probabilidade.

4.2.4 Número de espigas por planta

No primeiro ciclo de cultivo, na média dos dois experimentos (sem e com aplicação de P), o número de espigas por planta foi maior no tratamento milho solteiro + NPK, mostrando o efeito da adubação química adicionada, que beneficiou a lavoura com maior produção de espigas (Tabela 13). Observa-se que o produto das podas da gliricídia e do guandu foram capazes de afetar positivamente a prolificidade da cultura do milho neste primeiro ciclo de cultivo, devido ao fornecimento de fitomassa seca e aporte de N, P e K, que beneficiou a nutrição da

cultura. Os tratamentos milho + gliricídia e milho + guandu foram superiores aos demais tratamentos, sendo em média 33% mais prolíficos que a testemunha sem NPK. Tal resultado evidencia a possibilidade do uso desta tecnologia por pequenos agricultores familiares e descapitalizados para adquirir o fertilizante químico.

Tabela 13. Número de espigas por planta de milho cultivado em aléias com leguminosas, nas linhas a 0,80 m e a 1,6 m das leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Número de espigas planta ⁻¹							
Milho+guandu	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8 b
Milho+canafístula	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7 c
Milho+leucena	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6 c
Milho+sabiá	0,7	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6	0,6 c
Milho+sesbânia	0,7	0,9	0,8	0,8	0,6	0,7	0,7 c
Milho+gliricídia	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8 b
Milho+albízia	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7 c
M solteiro s/ NPK	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6 c
M solteiro+NPK	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9 a
Média	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
C.V.: %	24	21	-	19	24	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 0,7 e Linha a 1,6 m = 0,7						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Paterniani (1993), a capacidade de a planta produzir mais de uma espiga por colmo está muito relacionada à produtividade, desta forma, generalizando, espera-se que plantas com maior número de espigas sejam mais produtivas. Mas, para cultivares modernos, a população de plantas é fator determinante da produtividade e do índice de espigas.

O milho solteiro sem NPK e os tratamentos consorciados as demais leguminosas (exceto guandu e gliricídia) foram aqueles que apresentaram o menor índice de espigas por planta, demonstrando uma baixa capacidade de se produzir

espigas de milho em solos pouco férteis, como o utilizado no experimento, sem a adição de insumos, como fertilizantes químicos e/ou orgânicos. Isto ratifica que a cultura do milho é exigente e requer nutrientes disponíveis, principalmente N, para se atingir boas colheitas (Bull, 1993; Below, 2002; Coelho et al., 2002).

Barreto e Carvalho Filho (1992), avaliando o efeito da leucena no milho em três anos de ensaio, relatam valores entre 1,0 e 0,66 espigas planta⁻¹ no tratamento milho+leucena, entretanto sem efeito significativo da leucena nesta característica.

Notou-se que para o número de espigas por planta não houve diferença significativa entre as médias de todos os tratamentos no experimento sem aplicação de fósforo, no segundo ciclo de cultivo do milho (Tabela 14).

Aléias de gliricídia e milho solteiro + NPK apresentaram os maiores índices de prolificidade no experimento com aplicação de P, o que evidencia a influência da fertilização NPK e do material das podas da leguminosa adicionado.

Tabela 14. Número de espigas por planta de milho cultivado em aléias com leguminosas, nas linhas adjacentes (0,8m) e distanciadas a 1,6m das leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Número de espigas planta⁻¹							
Milho+guandu	1,0	1,0	1,0 a	1,1	1,0	1,0 b	1,0
Milho+canafístula	1,0	1,0	1,0 a	1,1	1,0	1,0 b	1,0
Milho+leucena	0,9	1,0	1,0 a	1,0	1,0	1,0 b	1,0
Milho+sabiá	0,9	0,9	0,9 a	1,0	0,9	0,9 b	0,9
Milho+sesbânia	0,8	0,9	0,9 a	0,8	0,9	0,9 b	0,9
Milho+gliricídia	0,9	0,8	0,9 a	1,1	1,2	1,1 a**	1,0
Milho+albízia	0,9	0,9	0,9 a	0,9	1,0	0,9 b	0,9
M solteiro s/ NPK	0,8	0,9	0,9 a	0,8	0,8	0,9 b	0,9
M solteiro+NPK	1,0	1,0	1,0 a	1,1	1,1	1,1 a*	1,1
Média	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
C.V.: %	16	11	-	12	15	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 1,0 e Linha a 1,6 m = 1,0						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representa efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente.

Provavelmente, pelo fato de a gliricídia ser uma espécie pouco competitiva com a cultura principal, ela tenha sido capaz de afetar significativamente o número de espigas por planta. Schroth e Lehmann (1995) e Lose et al. (2003) se referem à gliricídia como uma espécie não competitiva, devido a um sistema radicular menos desenvolvido, mas com alta capacidade de rebrota após as podas e produtora de resíduos de fácil decomposição (Tian et al., 1992).

As médias dos demais tratamentos: aléias de guandu, canafístula, leucena, sabiá, sesbânia, albízia e milho solteiro sem NPK foram semelhantes estatisticamente. Todavia, esses valores estão dentro do esperado se comparados com os obtidos por Barreto e Carvalho Filho (1992), que também relataram valores próximos aos encontrados.

No segundo ciclo observou-se o efeito significativo da aplicação de fósforo em apenas dois tratamentos: milho solteiro+NPK e milho+gliricídia. Possivelmente, as outras espécies desenvolveram associações micorrízicas capazes de abastecer essa falta de P, daí a baixa resposta. Habte e Manjunath (1987), citados por Sanginga et al. (1996), evidenciaram que plantas com intensa associação micorrízica têm requerimento de P mais baixo no solo que plantas sem a eficaz micorrização.

4.2.5 Peso de 100 grãos

Na média do primeiro ciclo notaram-se baixos pesos de grãos, exceto na testemunha adubada, (tabela 15) se comparados com os valores relatados por Heinrichs et al. (2002), que obtiveram 30,5 g na testemunha sem leguminosas e 32,9 g no milho+guandu, em ensaio com adubação do milho de 30 kg ha⁻¹ de N no plantio e 90 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia, em cobertura para todos os tratamentos, que é considerada uma adubação para se obter altas produtividades.

O milho solteiro + NPK foi o que apresentou a maior média de peso de 100 grãos no primeiro cultivo, destacando-se dos demais tratamentos (Tabela 15). Isto demonstra a baixa resposta desta característica às podas das leguminosas adicionadas ao solo, mais uma vez ressaltando a importância de solos com boa fertilidade para a granação do milho, gerando-os grandes e pesados, o que poderá determinar, juntamente com outros componentes, uma maior produtividade. Tal resultado é contrário aos de Heinrichs et al. (2002), onde no primeiro ano de cultivo, não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o peso de grãos.

Tabela 15. Peso de 100 grãos nas linhas adjacentes e a 1,6 m das aléias, nos experimentos sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Peso de 100 grãos (g)							
Milho+guandu	23,4	22,2	22,8	24,4	27,2	26,3	24,5 b
Milho+canafístula	22,5	23,1	22,8	24,3	23,8	24,0	23,4 b
Milho+leucena	22,3	22,3	22,3	24,4	26,0	25,0	23,7 b
Milho+sabiá	21,5	21,4	21,5	24,7	23,6	24,1	22,8 c
Milho+sesbânia	20,7	20,3	20,5	25,6	22,8	24,2	22,4 c
Milho+glicírdia	22,9	22,9	22,9	25,2	23,7	24,4	23,7 b
Milho+albízia	22,2	21,1	21,6	22,1	23,3	22,7	22,1 c
M solteiro s/ NPK	20,4	19,6	20,0	22,0	21,9	22,0	21,0 c
M solteiro+NPK	27,0	25,9	26,5	29,0	27,3	28,2	27,4 a
Média	22,5	22,1	22,3	24,6	24,4	24,5**	23,4
C.V.: %	8	10	-	7	6	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 23,5 g e Linha a 1,6 m = 23,3 g						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade ** representa efeito significativo de P em nível de 1% de probabilidade

Os sistemas agroflorestais (SAF's) com guandu, glicírdia, leucena e canafístula revelaram valores intermediários demonstrando que os resíduos depositados no solo por estas espécies foram benéficos, e assim, superiores ao tratamento milho solteiro sem NPK (Tabela 15). Este resultado indica a possibilidade de uso desta prática na agricultura de “baixo input” externo, como meio para produzir grãos mais pesados. Neste primeiro ciclo, principalmente o guandu produziu mais fitomassa seca, embora como citado anteriormente, de mais baixa ou lenta decomposição se comparada com outras leguminosas (Mafongoya et al., 1989; Favero et al., 2001). Assim, a aléia de guandu não foi capaz de propiciar grandes benefícios ao milho, mas vantajosos ao agricultor que não precisa comprar o adubo químico, ao adotar esta forma de agricultura.

Observou-se o efeito significativo da adubação fosfatada neste primeiro ciclo de cultivo, na média do peso de 100 grãos, confirmando a participação

fundamental desse elemento em processos metabólicos que dependem de transferência de energia.

No segundo ciclo de cultivo de milho ocorreu efeito significativo da interação tratamento*experimento, assim como o efeito significativo da distância das linhas de milho em relação às aléias.

No experimento com aplicação de P, as aléias com albízia, sabiá, canafístula e sesbânia e a testemunha milho solteiro sem NPK apresentaram os menores pesos de 100 grãos (Tabela 16), demonstrando assim, que a fitomassa adicionada por essas espécies em função da baixa produtividade de fitomassa seca, principalmente pela albízia (Tabela 4) e, conseqüentemente do pequeno aporte de nutrientes para o sistema, não foram suficientes para beneficiar o consórcio com a cultura do milho, neste componente da produção, gerando as sementes mais leves dentre os tratamentos aplicados.

No experimento sem aplicação de P houve uma separação das médias de peso de 100 sementes em três grupos. Observou-se que as aléias com gliricídia e guandu foram semelhantes ao milho solteiro + NPK, demonstrando o efeito benéfico dessas espécies mesmo com baixa disponibilidade de P para fornecer nutrientes e assim gerar grãos tão pesados quanto aos do tratamento fertilizado quimicamente.

Os tratamentos em que a aléia foi composta por canafístula, leucena, albízia, sesbânia e o sabiá afetaram pouco o peso de 100 grãos, mas superaram significativamente o milho solteiro sem aplicação de NPK. Espera-se que com mais anos, essas espécies produzam mais fitomassa seca, pois se notou um grande aumento de produção de fitomassa nesse segundo ano de ensaio (Tabela 5). Tais espécies merecem uma avaliação de mais anos para se definir realmente o seu potencial para uso em aléias com milho na região. O milho solteiro sem NPK, produziu as sementes mais leves dentre os tratamentos, certamente em função da pobreza do solo que não propiciou condições para o milho atingir granação adequada e maior peso de grãos (Tabela 16).

No experimento com aplicação de P, notou-se que mais espécies não diferiram da testemunha adubada. Assim, nas aléias com guandu, leucena e gliricídia as médias do peso de 100 sementes se assemelharam estatisticamente ao milho solteiro + NPK, trazendo efeito benéfico sobre o enchimento de grãos em razão de maior produtividade de fitomassa sob o efeito do P (Tabela 5).

Tabela 16. Peso de 100 grãos nas linhas adjacentes e a 1,6 m das aléias, nos experimentos sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Peso de 100 grãos (g)							
Milho+guandu	30,4	30,8	30,6 a	33,7	31,5	32,6 a**	31,6
Milho+canafístula	30,5	29,8	30,1 b	31,9	29,9	30,9 b	30,5
Milho+leucena	29,5	28,7	29,1 b	31,6	31,8	31,7 a**	30,4
Milho+sabiá	29,4	28,6	29,0 b	29,4	29,1	29,3 b	29,1
Milho+sesbânia	28,6	29,4	29,0 b	31,0	31,5	31,3 b*	30,1
Milho+gliricídia	31,8	31,5	31,6 a	32,8	32,0	32,4 a	32,0
Milho+albízia	29,7	28,6	29,1 b	30,0	30,2	30,1 b*	29,6
M solteiro s/ NPK	28,6	26,7	27,6 c	28,5	27,7	28,1 b	27,8
M solteiro+NPK	31,6	33,8	32,7 a	33,8	32,8	33,3 a	33,0
Média	30,0	29,7	29,9	31,4	30,7	31,1	30,5
C.V.: %	5	6	-	6	5	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 30,7 g e Linha a 1,6 m = 30,2 g [#]						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente. [#] representa efeito significativo da distância a 5% de probabilidade.

Nas aléias de sabiá, sesbânia e albízia o peso de 100 grãos foi semelhante ao da testemunha sem NPK. Portanto, não conseguiram promover incrementos no peso de 100 grãos de milho, embora estas espécies tendo produzido mais fitomassa seca neste segundo ano, de forma geral (Tabela 5), mas ainda não o suficiente para beneficiar o milho na produção de grãos mais pesados. Nota-se mais uma vez, a baixa capacidade dessas espécies em beneficiar a cultura do milho, em função de sua menor capacidade de produzir fitomassa e acumular N, P e K nas condições do experimento (Tabela 5).

O efeito significativo do P nos tratamentos consorciados com guandu, leucena, sesbânia e albízia está de acordo com os relatos do trabalho de Woome et al. (1995), citados por Radersma et al. (2004) que concluíram que o desempenho do sistema em aléias é dependente do teor de P no solo para seu sucesso.

Observou-se o efeito significativo da posição da linha de milho em relação à aléia neste segundo ciclo de cultivo. Na média geral dos experimentos, o peso de 100 grãos foi maior na linha adjacente à leguminosa, mostrando não só a ausência de competição das leguminosas e sim benefício.

No segundo ciclo de cultivo foram obtidos maiores valores quando comparados aqueles do primeiro ano, para todos os tratamentos, no peso de 100 grãos (Tabelas 15 e 16). Isto pode ser explicado pela deficiência hídrica que ocorreu no primeiro ciclo de cultivo, na época do florescimento do milho. Também pela maior decomposição da fitomassa incorporada no primeiro ano e que, somada à do segundo ano, proporcionou melhores condições nutricionais, maior retenção de umidade e menor variação de temperatura para a cultura do milho. Tal resultado corrobora os apresentados por Heinrichs et al. (2002), demonstrando o efeito positivo da fitomassa vegetal adicionada, que contribuiu para elevar os valores desse componente da produção.

4.2.6 Peso de grãos por parcela

No primeiro ciclo de cultivo, ocorreu efeito significativo da distância e da interação tratamento*aplicação de P. Verificou-se que as linhas de milho adjacentes às leguminosas produziram, em média, 13% a mais que as linhas posicionadas a 1,6 m (Tabela 17). O manejo de podas das leguminosas foi adequado, uma vez que a cultura principal é o milho, uma planta C_4 , exigente em luz, optou-se por fazer as podas para evitar o sombreamento, sendo assim, não houve competição por luz. O benefício da proximidade, de maneira geral, em relação às aléias, possivelmente está relacionado às folhas que caem espontaneamente próximas as copas e ficaram fora da estimativa da produtividade de fitomassa avaliada por ocasião das podas. Vale ressaltar, que apesar de o teor de K nas folhas de milho ter sido um pouco menor nas linhas próximas às leguminosas (Tabela 11), isto não afetou negativamente a produção.

No experimento sem aplicação de P não se observou diferença significativa entre as médias dos tratamentos, ficando todos no mesmo patamar de produção, ou seja, foram pouco produtivos, o que está de acordo com Raij (1991), que afirma que embora exigido em menores quantidades do que o nitrogênio e o potássio, o fósforo é o nutriente que mais limita a produtividade das culturas na maioria dos solos não

anteriormente adubados. Assim, nem mesmo a testemunha adubada foi capaz de resultar em acréscimos na produtividade do milho (Tabela 17).

Tabela 17. Peso de grãos de milho por parcela experimental, cultivado em aléias com leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Peso de grãos por parcela (kg)							
Milho+guandu	1,410	0,876	1,143 a	1,619	1,474	1,547 b*	1,345
Milho+canafístula	1,170	0,874	1,022 a	1,278	1,070	1,174 c	1,098
Milho+leucena	1,007	0,955	0,981 a	1,331	1,273	1,302 c*	1,141
Milho+sabiá	0,959	0,885	0,922 a	1,422	1,075	1,248 c	1,082
Milho+sesbânia	1,071	0,985	1,028 a	1,335	1,140	1,237 c	1,129
Milho+gliricídia	0,856	1,159	1,007 a	1,498	1,332	1,415 b**	1,211
Milho+albízia	0,899	0,963	0,931 a	1,135	1,010	1,073 c	1,002
M solteiro s/ NPK	0,681	0,727	0,704 a	1,071	0,947	1,009 c	0,856
M solteiro+NPK	1,606	1,176	1,391 a	2,669	2,274	2,471a**	1,931
Média	1,073	0,955	1,014	1,484	1,288	1,386	1,200
C.V.: %	30,3	31,6	-	26,8	29,3	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 1,278 kg e Linha a 1,6 m = 1,121 kg [#]						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente. [#] representa efeito significativo da distância em nível de 5%, dentro de cada experimento.

No experimento com aplicação de fosfato verificou-se separação dos tratamentos com relação à produção de grãos, sendo que o milho solteiro + NPK foi superior a todos os tratamentos (Tabela 17), confirmando a importância de adições de adubos fosfatados em solos exauridos pelos cultivos sucessivos (Woomer et al. 1995, citado por Radersma et al., 2004).

Nas aléias de guandu e gliricídia ocorreram maiores produtividades que na testemunha sem fertilizante (Tabela 17). Certamente devido ao efeito benéfico da fitomassa dessas espécies e por conseqüência da contribuição de nutrientes para o consórcio (Tabela 4). Na média dessas duas espécies houve acréscimo de 47% na

produção de grãos em relação a testemunha sem NPK, ou seja, nota-se que é possível incrementar a produção de milho em consórcio com espécies que produzam grande quantidade de fitomassa e alta riqueza nutricional quando se aplicou P, assim como relatado por Heineman et al. (1997) e Pereira Filho et al. (2000).

A produção de grãos de milho nas aléias de canafístula, leucena, sabiá, sesbânia e albízia foram similares a da testemunha sem NPK (Tabela 17), revelando que nas condições desse experimento não foram capazes de beneficiar a produtividade de grãos nesse primeiro ano de avaliação. Um ano pode ter sido um período de tempo curto para aparecimento de resultados satisfatórios, visto que na maioria dos estudos com aléias na África, os resultados ocorrem após longa duração do experimento (Rao e Mathuva, 2000; Juo et al., 1995; Heineman et al., 1997).

No segundo ciclo de cultivo do milho foi mantido o efeito significativo da distância, do fósforo e dos tratamentos, não havendo interações entre os fatores.

Em média, o experimento com aplicação de P produziu 14% a mais que na ausência da adição de fósforo (Tabela 18), confirmando a importância do elemento para a obtenção de melhores colheitas de milho (Raj, 1991).

O efeito significativo da distância novamente mostra a ausência de competição por parte das leguminosas, uma vez que novamente as fileiras adjacentes produziram em média 7% a mais que as fileiras localizadas a 1,6 m da aléia, havendo benefícios sobre a produção. Este resultado contradiz aquele relatado por Barreto e Fernandes (2001), em Tabuleiros Costeiros de Sergipe, onde ocorreu efeito negativo da leucena sobre a produção de raízes de mandioca. Isto pode ser explicado pelo manejo das podas em Campos dos Goytacazes, para evitar sombreamento e assim a menor concorrência entre as espécies. Também Lawson e Kang (1990) observaram que o sombreamento causado pela aléia é maior em espécies de rápido crescimento como *Leucaena*, e o sombreamento foi maior quanto mais perto estava a cultura do milho em relação à fileira das árvores leguminosas.

O milho solteiro + NPK foi o tratamento que atingiu a maior produção por parcela (Tabela 18), mas apenas 10% a mais que na aléia com gliricídia. Da mesma forma que milho+gliricídia, nas aléias de guandu obteve-se uma boa produção de grãos, pouco inferior ao melhor tratamento (12%), indicando que tais espécies podem ser utilizadas com a cultura do milho neste sistema de aléias. Além de o pequeno agricultor não precisar comprar adubos de alto custo, aumentam a

produção da cultura do milho, como pode ser notado neste ensaio onde o milho solteiro sem fertilização química produziu na média 30% a menos que nas aléias de guandu ou gliricídia (Tabela 18).

Tabela 18: Peso de grãos de milho por parcela experimental, cultivado em aléias com leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P			Com P			Média Geral
	Linha a	Linha a	Média	Linha a	Linha a	Média	
	0,8 m	1,6 m		0,8 m	1,6 m		
Peso de grãos por parcela (kg)							
Milho+guandu	4,076	3,800	3,938	4,619	4,279	4,449	4,193 b
Milho+canafístula	3,798	3,783	3,790	3,954	3,499	3,726	3,758 c
Milho+leucena	3,659	3,440	3,549	4,350	4,079	4,214	3,882 c
Milho+sabiá	3,310	3,021	3,166	3,801	3,888	3,844	3,505 c
Milho+sesbânia	3,330	2,985	3,158	4,302	3,396	3,849	3,503 c
Milho+gliricídia	4,335	3,688	4,011	4,674	4,605	4,639	4,325 b
Milho+albízia	3,426	3,246	3,336	3,269	3,378	3,323	3,330 d
M solteiro s/ NPK	2,782	2,503	2,642	3,356	3,279	3,318	2,980 d
M solteiro+NPK	4,614	4,483	4,548	5,014	5,006	5,010	4,779 a
Média	3,703	3,438	3,571	4,149	3,931	4,041**	3,806
C.V.: %	18,3	10,3	-	11,8	18,3	-	-
Médias	Linha a 0,8 m = 3,926 kg e Linha a 1,6 m = 3,682 kg [#]						

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível de 1%. [#] representa efeito significativo da distância em nível de 5%.

Nas aléias de canafístula, leucena, sabiá e sesbânia notou-se uma produção intermediária, mas significativamente superior a testemunha sem NPK, indicando benefício ao sistema pelas fitomassas adicionadas ao solo por essas espécies (Tabela 5).

O tratamento milho + albízia ao lado da testemunha sem NPK foram aqueles com menores produções por parcela (Tabela 18), demonstrando a ausência de efeito desta espécie sobre a produção de grãos de milho em função de sua baixa produtividade de fitomassa e conseqüente baixo aporte de nutrientes (Tabela 5).

Nota-se que neste Latossolo Amarelo distrófico é difícil a obtenção de altas produções de milho sem a aplicação de fontes de nutrientes capazes de incrementar a produtividade da cultura. Isto certamente é identificado em propriedades já exploradas por longos anos e sem adequadas adições de fertilizantes, sejam estes minerais ou não.

4.2.7 Produtividade de grãos

Na ANOVA verificou-se para o primeiro cultivo de milho o efeito significativo da interação tratamento * aplicação de fósforo.

Na ausência de aplicação de P não houve diferença entre os tratamentos, ratificando a importância do P para a produção de milho, que foi severamente limitada pela falta do elemento no solo, sendo que nem a testemunha adubada conseguiu uma produtividade que se diferenciasse dos demais tratamentos (Tabela 19). Esse resultado é corroborado pelos de Heinrichs et al. (2005), que avaliaram espécies de leguminosas em consórcio com milho em Piracicaba-SP. Eles observaram que no primeiro ano de cultivo, o rendimento de grãos de milho não foi influenciado pelo cultivo intercalar com leguminosas.

Nota-se que na ausência de P temos as menores produtividades, confirmando a necessidade de correção do solo com fosfatos para o sucesso do sistema de aléias conforme o trabalho de Woomer et al. (1995), citados por Radersma et al. (2004).

No experimento com aplicação de fósforo, o milho solteiro + NPK produziu mais que todos os tratamentos (Tabela 19), ficando todos os demais tratamentos com produtividade semelhante. A fitomassa adicionada no primeiro ano pelas leguminosas não foi suficiente para beneficiar a cultura de forma a promover acréscimos de produtividade no milho.

Pela análise estatística o efeito significativo do P ocorreu para os tratamentos milho solteiro + NPK e nas aléias de gliricídia e guandu. Possivelmente, as outras espécies que não responderam a aplicação de P desenvolveram associações com micorrizas ou algum outro mecanismo, como exsudação de ácidos orgânicos que propiciaram absorção de fosfato e assim nutrir-se de tal forma a produzirem na ausência de fósforo.

Notou-se grande aumento nos teores foliares de N, P e K bem como em todas as características avaliadas do primeiro para o segundo ciclo de cultivo devido a deficiência hídrica que ocorreu no período de florescimento da cultura do milho no primeiro ciclo de cultivo.

Tabela 19. Produtividade de grãos de milho cultivado em aléias com leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no primeiro ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P	Com P	Média Geral
	Produtividade média		
	Kg ha ⁻¹		
Milho+guandu	1417 a	1951 b*	1684
Milho+canafístula	1302 a	1526 b	1414
Milho+leucena	1411 a	1730 b	1571
Milho+sabiá	1302 a	1361 b	1332
Milho+sesbânia	1357 a	1613 b	1485
Milho+gliricídia	1366 a	1858 b*	1612
Milho+albízia	1218 a	1624 b	1421
M solteiro s/ NPK	954 a	1324 b	1139
M solteiro+NPK	1767 a	3222 a**	2495
Média	1344	1801	1573
C.V.: %	26	25	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. * ou ** representam efeito significativo de P em nível de 5% ou 1%, respectivamente.

No segundo ciclo de cultivo de milho não houve efeito significativo das interações, mas somente efeito significativo das espécies de leguminosas e da aplicação de fósforo.

Observou-se o efeito positivo do fósforo que proporcionou uma produtividade média de 5385 kg ha⁻¹, sendo que no experimento sem P essa foi de 4703 kg ha⁻¹, ou seja, em média um acréscimo de 15%. Conforme está consagrado na literatura (Raij, 1991), em solos com baixos teores de P, torna-se difícil a obtenção de altas produtividades de grãos. Notou-se assim, que na ausência de P temos as menores produtividades (Tabela 20), confirmando a necessidade de

correção do solo com fosfatos para o sucesso do sistema de aléias conforme trabalho de Woomeer et al. (1995), citado por Radersma et al. (2004).

Tabela 20. Produtividade de grãos de milho cultivado em aléias com leguminosas, nos experimentos sem e com aplicação de P, no segundo ciclo de cultivo

Tratamento	Sem P	Com P	Média Geral
	Produtividade média		
	Kg ha ⁻¹		
Milho+guandu	5213	5882	5548 b
Milho+canafístula	4889	5073	4981 c
Milho+leucena	4704	5584	5144 c
Milho+sabiá	4175	5168	4672 d
Milho+sesbânia	4152	4953	4553 d
Milho+gliricídia	5228	6198	5713 b
Milho+albízia	4428	4475	4381 d
M solteiro s/ NPK	3476	4425	3950 e
M solteiro+NPK	6062	6708	6385 a
Média	4703	5385**	5044
C.V.: %	10	14	-

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ** representa efeito significativo de P em nível de 1% de probabilidade

No segundo ciclo, na média dos dois experimentos (sem e com aplicação de P) o milho solteiro + NPK apresentou produtividade superior a todos os tratamentos (Tabela 20), demonstrando que nas condições do experimento, possivelmente por ser a fonte de minerais prontamente disponíveis levou a incrementos significativos na produtividade do milho. Essa produtividade média mais elevada no tratamento milho solteiro + NPK confirma a necessidade de algum tipo de adubação para se elevar a produtividade de milho, no primeiro ciclo de cultivo.

Por outro lado, as aléias com guandu e com gliricídia atingiram em média produtividades apenas 12% inferiores às da testemunha fertilizada quimicamente (Tabela 20), proporcionando em média acréscimo de 42,5% em relação ao milho sem NPK. Observa-se assim, o efeito positivo da fitomassa adicionada pelo guandu

e gliricídia, que mineralizada fornece nutrientes, principalmente dose alta de N que contribui para a nutrição de milho (Tabela 5). O guandu e a gliricídia melhoraram a nutrição do milho em N (Tabela 8) e em P (Tabela 10). Esse resultado é corroborado pelo obtido por Heinrichs et al. (2005), pesquisando espécies de leguminosas em consórcio com milho, onde somente no segundo ano, o rendimento de milho foi beneficiado pelo cultivo consorciado. Mas estes autores fizeram essa pesquisa num solo fértil e adotaram fertilização NPK em todos os tratamentos, inclusive 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Assim era de se esperar a falta de resposta no rendimento de grãos num primeiro ano experimental.

Em função da produtividade de fitomassa seca (Tabela 5), guandu e gliricídia foram capazes de beneficiar o rendimento de grãos, sem o custo com a aquisição de fertilizantes químicos, na maioria das vezes onerosos para a agricultura familiar. O consórcio milho+gliricídia pode ser promissor para a região, pois de acordo com Barreto e Fernandes (2001), por exemplo, avaliando o efeito na produção de raízes de mandioca, relataram a interferência negativa e significativa da leucena, quando comparada a gliricídia. Assim, a gliricídia é uma espécie que favoreceu maiores produtividades, possivelmente pelo fato de ser pouco competitiva por nutrientes, luz e água. Também Schroth e Lehmann (1995) e Lose et al. (2003) referem-se à gliricídia como uma espécie não competitiva devido a um sistema radicular menos desenvolvido, mas com alta capacidade de rebrota após as podas.

As aléias com canafístula e com leucena foram adequadas em favorecer uma produtividade de milho em média 28% a mais que a testemunha sem adubo no segundo ciclo (Tabela 20). Possivelmente relacionadas a maiores produtividades de fitomassa seca neste segundo ciclo (Tabela 5). Certamente liberaram nutrientes para o sistema. A canafístula melhorou a nutrição do milho em relação ao P (Tabela 10) e N (Tabela 8), pois fez parte do grupo que mais acumulou N em 2005 e a leucena influenciou a nutrição em relação a N (Tabela 8), indicando que são espécies alternativas para fornecerem N para o milho e devem ser mais bem estudadas nas condições locais, inclusive testando outros espaçamentos.

A capacidade de essas espécies beneficiarem a produtividade de milho nesta região deve ser continuada, pois a avaliação foi em apenas dois anos, espera-se, com o maior estabelecimento dessas espécies arbóreas com o tempo, que se torne possível a obtenção de quantidades ainda maiores de fitomassa e por conseqüência, maiores acúmulos de nutrientes, levando a acréscimos na

produtividade (Heineman et al., 1997). Além do benefício da presença dos arbustos para a nutrição, espera-se redução da erosão, pela redução do impacto das chuvas, bem como o aumento da infiltração e redução das enxurradas que provocam grandes perdas aos solos agrícolas (Schroth e Lehmann, 1995).

No segundo ciclo de cultivo as aléias com albízia, sabiá, sesbânia mostraram-se pouco capazes de influenciar positivamente o sistema de consórcio proporcionando ganhos menores que as demais ao milho. Isto é explicado pelo pequeno aporte de nutrientes por essas espécies, resultado da pequena produtividade de biomassa (Tabela 5), possivelmente, porque tais espécies sejam pouco adaptadas a cultivos consorciados nesta região.

A testemunha milho solteiro sem NPK apresentou a menor produtividade de grãos (Tabela 20). O solo utilizado é distrófico e pobre em matéria orgânica mineralizável, para gerar um razoável nível de disponibilidade de N, capaz de afetar significativamente a produtividade do milho, que é uma cultura de ciclo curto e exigente em solos férteis e responsivas ao N (Bull, 1993; Coelho et al., 2002).

A baixa produtividade de grãos no milho solteiro sem NPK, tal como nas lavouras da região Norte Fluminense, poderia ter sua produtividade elevada apenas com o uso de sistemas consorciados, onde os tratamentos milho + gliricídia e milho + guandu produziram, respectivamente, 45% e 40% a mais que no tratamento similar ao empregado pelo pequeno agricultor desta região, que é milho solteiro sem aplicação de fertilizantes industriais. Tais resultados são corroborados pelos de Pereira Filho et al. (2000), em Sete Lagoas-MG, empregando a leucena como fonte alternativa de nitrogênio para o milho. Os autores obtiveram resultados excelentes, aonde o rendimento de milho em aléia com a leucena (na ausência de N mineral) chegou a 5300 kg ha⁻¹ de grãos, o que equivale a 178% do rendimento obtido na ausência de nitrogênio e de leucena. Também Heineman et al. (1997) obtiveram melhores produtividades com milho consorciado com a leucena (3300 kg ha⁻¹) ou com a gliricídia (2460 kg ha⁻¹) que quando junto com *Sesbania* (1800 kg ha⁻¹).

Para os pequenos agricultores que vêm cultivando milho sem fertilizantes, em solos pobres, ao introduzir o sistema de aléias com espécies capazes de proporcionar aumento na produtividade da cultura apenas com a poda de sua parte aérea, pode-se incrementar a produção de milho na região, sem aumentar o risco da atividade, que é maior quando o produtor precisa adquirir insumos de alto custo como fertilizantes.

Sugere-se que a biomassa seja incorporada ao solo. De acordo com Alcântara et al. (2000), a biomassa incorporada pode ser mais rapidamente decomposta e favorece os efeitos benéficos dos adubos verdes. Para esses autores, a não incorporação de biomassa, devido ao menor contato com o solo, pode tornar mais lenta a decomposição e levar efeitos num longo prazo, se comparado ao material incorporado.

Embora o milho na aléia com gliricídia tenha apresentado bons resultados e ainda esta possa ser utilizada como forragem para ruminantes, acredita-se, que pelo fato de o guandu ser uma cultura amplamente divulgada entre os pequenos agricultores da região e pelos resultados apresentados de produtividade de fitomassa seca e aporte de nutrientes, principalmente N, o que beneficiou produtividade da cultura, sem haver a necessidade de uso de adubo químicos em consórcio, pode ter melhor aceitação pelos agricultores.

Desta forma, a aléia guandu + milho é um sistema que além dos benefícios para o milho, podem-se colher os grãos da leguminosa, amplamente apreciados na culinária local e com alto valor no mercado varejista na região Norte Fluminense, nos anos que se optar por não efetuar as podas no guandu.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Foram realizados dois experimentos de campo - sem fósforo (P) e com P - por dois ciclos de cultivo (anos: 2004 e 2005), com leguminosas arbóreas de adubação verde consorciadas com a cultura do milho (UENF - 506-8) no Campo Experimental do CCTA/UENF no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, em Campos dos Goytacazes – RJ. A latitude local é de 21°45' (S), a longitude de 41°18' (W) e altitude média da região de 11 m. Objetivou-se avaliar leguminosas arbóreas como fonte de nitrogênio (N) para a cultura do milho. Os tratamentos consistiram no sistema de aléias com as seguintes espécies de leguminosas consorciadas com o milho: *Albizia lebeck* (albízia), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Cajanus cajan* (guandu), *Sesbania virgata* (sesbânia), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá ou sansão do campo) e *Gliricidia sepium* (gliricídia) e duas testemunhas com milho solteiro (sem NPK e com NPK).

Após oito meses de plantio das leguminosas, essas foram podadas a 1,5 m de altura, ficando apenas a haste principal. O material podado foi pesado descartando-se ramos com diâmetro superior a 1,5 cm, retiradas amostras para determinações da fitomassa seca e posteriormente dos teores de N, P e K. Incorporou-se ao solo e em seguida semeou-se o milho. Em torno de 60 dias após o plantio efetuou-se nova poda, quantificação desse material, mas sem incorporação ao solo. No segundo ciclo de plantio do milho, os procedimentos foram os mesmos.

Cada unidade experimental foi constituída por uma fileira de cinco metros, com duas plantas de leguminosa por metro linear e três linhas de milho, de cada

lado da leguminosa, espaçadas de 0,8 m e com cinco metros de comprimento. Foram consideradas como área útil, as duas linhas de milho de cada lado das leguminosas, num total de quatro linhas, descartados 0,5 m das suas extremidades. As avaliações foram realizadas nas duas fileiras adjacentes às leguminosas (0,8 m) separadamente das duas fileiras distantes a 1,6 m das leguminosas.

No florescimento feminino do milho, coletaram-se folhas para determinações dos teores de N, P e K. Avaliou-se o número de espigas por planta, o peso de 100 grãos e o peso de grãos por parcela. Para se determinar a produtividade média de grãos ponderou-se as determinações realizadas separadamente em função da distância da linha em relação à aléia e descontando a área ocupada pelas aléias.

Foi utilizado o delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. Após a análise conjunta dos dados, realizou-se o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade das variáveis significativas pelo teste de F.

Nas condições do experimento pode-se concluir que:

- 1) Para se ter acréscimos de produtividade com leguminosas arbóreas, a cultura do milho requer fertilização, principalmente fósforo;
- 2) A linha de milho adjacente à aléia apresentou menor teor de K e maior de N no milho;
- 3) No primeiro ano de avaliação, o guandu mostrou-se superior na produtividade de fitomassa seca e no conseqüente acúmulo de N, P e K;
- 4) No segundo ano, na presença de P, a leucena e a canafístula assemelharam-se ao guandu na produtividade de fitomassa e a leucena superou-os no acúmulo de K;
- 5) Nos dois ciclos de cultivo, os maiores teores foliares de N foram encontrados no milho solteiro + NPK;
- 6) No primeiro ciclo de cultivo, o consórcio milho + guandu foi o tratamento que superou os demais nos teores foliares de N, enquanto no segundo ciclo, todas aléias exceto a de albízia, superaram a testemunha sem adubo nestes teores;
- 7) Os tratamentos milho + guandu e milho + gliricídia foram superiores aos demais consórcios e em relação a testemunha sem adubo na produtividade de grãos, no segundo ciclo de cultivo; e
- 8) A adubação fosfatada resultou em maiores produtividades de fitomassa seca de leguminosas e de grãos de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, F. A. de, Neto, A.E.F., Paula, M.B. de, Mesquita, H.A.de, Muniz, J.A. (2000) Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35 (2): 277-288.
- Alexander, M., (1977) Organic matter decomposition. In: Alexander, M. *Introduction to soil microbiology*. New York: J. Willey, p.128-147.
- Almeida, R. T., Vasconcelos, L., Ness, R.L.L. (1986) Infecção micorrízica vesículo-arbuscular e nodulação de leguminosas arbóreas no Ceará, Brasil. *Ciência Agrônômica*, Fortaleza, 17 (1): 89-97.
- Alvarenga, R.C. (1993) *Potencialidades de adubos verdes para conservação e recuperação de solos*. Tese de Doutorado - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 112p.
- Alvarenga, R.C.; Costa, L.M.; Moura Filho, W., Regazzi, A.J. (1995) Características de adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 20:175-185.
- Alves, S.M.C., Abboud, A.C. de S., Ribeiro, R. de L.D., Almeida, D.J. (2004) Balanço do nitrogênio e fósforo em solo com cultivo orgânico de hortaliças após incorporação de biomassa de guandu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39(11): 1111-1117.
- Amabile, R.F, Fancelli, A. L., Carvalho, A. M. (2000) Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35 (1): 47-54.
- Anderson, L.S., Sinclair, F.L. (1993) Ecological interactions in agroforestry systems. *Agroforestry Abstract*, 6:57-91.

- Andrade, A.G., Haag, H.P., Oliveira, G.D. (1975) Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). I. Acumulação de macronutrientes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 32:115-49.
- Braga, J.M., Defelipo, B.V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*, 21: 73-85.
- Barreto, A.C., Carvalho Filho, O.M. (1992) Cultivo de leucena em consórcio de leucena com feijão, milho e algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 27 (11):1533 -1540.
- Barreto, A.C., Fernandes, M.F. (2001) Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36 (10): 1287-1293.
- Below, F.E. (2002) Fisiologia, Nutrição e adubação nitrogenada do milho. *Informações Agronômicas*, 99:7-12.
- Bull, L.T. (1993) Nutrição Mineral do Milho. In: Bull, L.T., Cantarella, H., *Cultura do milho*. Piracicaba: POTAFOS, p.63 -145.
- Caceres, N.T. (1994) *Adubação verde em rotação com cana-de-açúcar*. Dissertação de Mestrado - Piracicaba - SP, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, 45 p.
- Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E.A., Wildner, L. do P., Costa, M.B.B. da, Alcântara, P.B., Myasaka, S., Amado, T.J.C. (1993) *Adubação verde no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 346 p.
- Carvalho, P.E.R. (1994) *Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade de uso da madeira*. Colombo: EMBRAPA-CNPQ Brasília: EMBRAPA-SPI, 640 p.
- Carvalho, R., Goedert, W.J., Armando, M.S. (2004) Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 39 (11): 1153-1155.
- Chagas, J.M., Kluthcouski, J., Aquino, A.R.L. de (1981) *Leucaena leucocephala* como adubo verde para cultura de feijão no cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 16 (6): 809-814.
- Chagas, J.M., Pereira Filho, I.A., Vieira, C. (1983) Efeitos da leucena e da adubação NPK sobre a cultura do feijão no cerrado. *Revista Ceres*, Viçosa, 30 (172), 48-485.
- Costa, J.R. da, Arruda, M.R. de O Uso de Leguminosas em Sistemas Agroflorestais Disponível em <http://www.fazendeiro.com.br/Cietec/artigos/ArtigosTexto.asp>. Acesso em 15/02/2006.

- Coelho, A.M., França, G.E., Pitta, G.V.E., Alves, V.M.C., Hernani, L. C. (2002) *Cultivo do milho Nutrição e Adubação*. Embrapa Sete Lagoas, MG Comunicado Técnico, 44. 12 p.
- Dommergues, Y.R. (1995) Nitrogen fixation by trees in relation to soil nitrogen economy. *Fertilization Research*, 42: 215-230.
- Favero, C., Jucksch, I., Alvarenga, R.C., Costa, L.M. da (2001) Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 36 (11): 1355-1362.
- Giller, K.E., Cadish, G., Ehaliotis, C., Adans, E., Sakala, W.D., Mafongoya, P.L. (1997) Building soil nitrogen capital in Africa. In: Buresh, R.J., Sanchez, P.A., Calhoun, F. (eds.) *Replenishing soil fertility in Africa. SSSA special publication*, n.51, Madison: Soil Science Society of America, p.151-182.
- Götsch, E. (1995) Break-through in agriculture Rio de Janeiro: ASPTA. 22p.
- Heineman, A.M., Otieno, H.J.O., Mengich, E.K., Amadalo, .A. (1997) Growth and yield of eight agroforestry tree species in line plantings in Western Kenya and their effect on maize yields and soil properties. *Forest Ecology and Management*, 91:103 -135.
- Heinrichs, R., Vitti, G.C., Moreira, A., Fancelli, A.L. (2002) Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.26, p.225-230.
- Heinrichs, R., Vitti, G. C., Moreira, A., Figueiredo, P. A., Fancelli, A. L., Corazza, E.J. (2005) Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:71-79.
- Igue, K., (1984) Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo. In: Fundação Cargill (Campinas, SP). *Adubação Verde no Brasil*. Campinas: Fundação Cargill, p. 232-267.
- Ikerra, S.T., Maghembe, J.A., Smithson, P.C., Buresh, R.J. (1999) Soil nitrogen dynamic and relationships with maize yields in a gliricidia-maize intercrop in Malawi. *Plant and Soil*, 211:155-164.
- Jackson, M.L. (1965) Nitrogen determinations for soil and plant tissue. In: Jackson, M.L. (Ed.). *Soil chemical analysis*. Eglewood Chiffis, Pretince Hall, p.195-196.
- Juo, A.S.R., Franzluebbbers, K., Dabiri, A., Ikhile, B. (1995) Changes in soil properties during long-term follow and continuous cultivation after first clearing in Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56: 9-8.
- Kang, B.T., Reynolds, L., Atta-Krah, A.N. (1990) Alley farming. *Advanced Agronomy*, 43: 315-359.

- Kang, B.T., Wilson, G.F., Sipkens, L. (1981) Alley cropping maize (*Zea mays* L.) and leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.) in Southern Nigeria. *Plant and Soil*, 63: 165-179.
- Kang, B.T., Wilson, G.F., Lawson, T.L. (1984) *Alley cropping: a stable alternative to shifting cultivation*. Ibadan - Nigéria: International Institute of Tropical Agriculture, 42p.
- Lawson, T.L., Kang, B.T., (1990) Yield of maize and cowpea in an alley cropping system in relation to available light. *Agricultural and Forest meteorology*, 52: 342-357.
- Linder, R.C. (1944) Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, 19: 76-89.
- Lose, S. J., Hilger, T. H., Leihner, D. E., Kroschel, J. (2003) Cassava, maize and tree root development as affected by various agroforestry and cropping systems in Bénin, West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 100,137-151.
- Magalhães, J.A. (2000) Avaliação de leguminosas arbóreas e arbustivas de múltiplo propósito em Rondônia. In: Congresso brasileiro de sistemas agroflorestais, 3., 2000, Manaus. *Anais...* Manaus: 1. p. 42-47.
- Mafongoya, P.L., Giller, K.E., Palm, C.A. (1998) Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. *Agroforestry System* 38, 77-97.
- Maghembe, J.A., Prins, H. (1994) Performance of multipurpose trees for agroforestry two years after planting at Makota, Malawi. *Forest Ecology and Management*, 64: 171-182.
- Malavolta, E., Vitti, G. C., Oliveira, S. A. (1997) *Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações* . Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p.
- Marin, A., Santos, D. M. M. dos, Banzatto, D. A., Ferraudo, A. S. (2004) Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e de doses subletais de alumínio. *Bragantia*, Campinas, vol.63(1), p.13-24.
- Masutha, T.H., Muofhe, M.L., Dakora, F.D. (1997) Evaluation of N₂ fixation and agroforestry potential in selected tree legumes for sustainable use in South Africa. *Soil Biology & Biochemistry*, 29 (5/6):993-998.
- Mathuva, M.N., Rao, M.R., Smithson, P.C., Coe, R. (1998) Improving maize (*Zea mays*) yields in semi-arid highlands of Kenya: agroforestry or inorganic fertilizers? *Field Crops Research*, 55:57-702.
- Mattei, V.L., Rosenthal, M. D. (2002) Semeadura direta de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. no enriquecimento de capoeiras. *Revista Árvore*, Viçosa, 26 (6): 649-654.

- Nair, P.K.R., Buresh, R.J., Mugendi, D.N., Latt, C.R. (1999) Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science. *In: Buck, L.F., Lassoie, J.P., Fernandes, E.C.M. (eds.) Agroforestry in sustainable agricultural systems.* Washington D.C.: CRC Press, p.1-31.
- Ngambeki, D.S. (1985) Economic evaluation of alley cropping leucaena with maize – maize and maize – cowpea in Southern Nigeria. *Agriculture System*, 17:243-258.
- Nascimento, J.T. Silva, I. de F. da (2004) Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, 34(3), p.947-949.
- Novais, R.F., Barros, N.F., Neves, J.C.L. (1990) Nutrição mineral do eucalipto. *In: Barros, N.F., Novais, R.F. (eds). Relação solo-eucalipto.* Viçosa. Folha de Viçosa. p.25-98.
- Oliveira, L.A.A., Andrade, M.J.B., Yamaguchi, L.C.T., Oliveira, A.B., (1979) Resultados preliminares de sistemas de produção de milho no Norte Fluminense, PESAGRO-RIO. Comunicado Técnico, n.24. 3p.
- Oliveira, V.P.S. (1996) Avaliação do sistema de irrigação por sulco da Fazenda do Alto em Campos dos Goytacazes-RJ - Dissertação de Mestrado - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 95p.
- Paterniani, E. (1993) Métodos tradicionais de melhoramento do milho. *In: Bull, L. T., Cantarella, H., Cultura do milho.* Piracicaba: POTAFOS, p.23-43.
- Pereira, J., Burle, M.L., Resck, D.V.S., (1992). Adubos verdes e sua utilização no cerrado. *Anais do Simpósio sobre manejo e conservação do solo no cerrado*, Goiânia: Fundação Cargill, p.140-154.
- Pereira Filho, I.A., Coelho, A.M., Cruz, J.C. (2000) Uso da leucena como fonte alternativa de adubo nitrogenado para o cultivo do milho. *Resumos do XXIII Congresso Nacional de Milho e Sorgo*, Uberlândia: UFU, p.114.
- Radersma, S., Grierson, P.F., (2004) Phosphorus mobilization in agroforestry: organic anions, phosphatase activity and phosphorus fractions in the rhizosphere. *Plant Soil* 259, 209–219.
- Radersma, S., Otieno, H., Atta-Krah, A.N., Niang, A.I. (2004) System performance analysis of an alley-cropping system in Western Kenya and its explanation by nutrient balances and uptake processes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 104:631-652.
- Raij, B. van, (1969) A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos. *Bragantia*, Campinas, 28 (8): 85-112.
- Raij, B. van (1991) Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda, Potafos. 343 p.

- Rao, M.R., Mathuva, M.N. (2000) Legumes for improving maize yields and income in semi-arid Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 78(2):123-137.
- Rao, M.R., Coleman, S.W.; Mayeux, H.S. (2002) Forage production and nutritive value of selected pigeonpea ecotypes in the southern Great Plains. *Crop Science*, Madison, 42(4):1259-1263.
- Rao, M.R., Nair, P.K.R., Ong, C.K. (1998) Biophysical interactions in tropical *Agroforestry systems*, 38:3-50.
- Resende, A.V. de, Furtini Neto, A.E., Muniz, J.A., Curi, N., Faquin, V. (1999) Crescimento inicial de espécies florestais de diferentes grupos sucessionais em resposta a doses de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34(11): 2071-2081.
- Ribaski, J., Montoya, L. J., Rodigheri, H.R. (2001) Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. In: Agricultura Alternativa, *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 22 (212): 61-67.
- Rodrigues, L.A. (2001) *Crescimento e absorção de nutrientes por plantas de Eucalyptus grandis e leguminosas em resposta à inoculação com fungos micorrízicos arbusculares e rizóbio*. Tese de Doutorado - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 101p.
- Samôr, O.J.M. (1999) *Comportamento de mudas de Sesbania virgata e Anadenanthera macrocarpa, produzidas em diferentes recipientes e substratos, destinadas a recuperação de áreas degradadas pela extração de argila*. Dissertação de Mestrado - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 70p.
- Sanches, P., Palm, C. (1996) Nitrogen and phosphorus in African soils: What role for agroforestry? *Agroforestry Today*, Nairobi, 8 (4):14-16.
- Sanginga, N., Okogun, J.A., Akobundu, I.O., Kang B.T. (1996) Phosphorus requirement and nodulation of herbaceous and shrub legumes in low P soils of a Guinean savanna in Nigéria. *Applied Soil Ecology* 3: 247-255.
- Santos, D.R. dos (2000) *Fósforo, fungo micorrízico e Azorhizobium na produção de fitomassa e nutrição de Sesbania virgata (Cav.) e Sesbania rostrada*. Dissertação de mestrado - Lavras - MG, Universidade Federal de Lavras – UFLA, 88 p.
- Schroth, G., Lehmann, J. (1995) Contrasting effects of roots and mulch from three agroforestry tree species on yields of alley cropped maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 54:89-101.
- Schroth, G., Poidy, N., Morshäuser, T., Zech, W. (1995) Effects of different methods of soil tillage and biomass application on crop yields and soil properties in agroforestry with high tree competition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52:129-140.

- Seiffert, N.E., Thiago, L.R.L. de S. (1983) Guandu: planta forrageira para produção de proteína. Campo Grande: Embrapa-CNPGC, Comunicado Técnico, 21 , 4p.
- Silva, L.F., Mendonça, J. R. (1995) *Comportamento da gliricídia (G. sepium) em solos de tabuleiro do sul da Bahia*. Ilhéus: Ceplac/Centro de Pesquisa do Cacau, 15p.
- Silva, L.F. (1996) *Solos tropicais: Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo*. São Paulo: Terras Brasilis, 137p.
- Stamford, N.P., Ortega, A.D., Temprano, F., Santos, D.R. (1997) Effects of phosphorus fertilization and inoculation of *Bradyrhizobium* and mycorrhizal fungi on growth of *Mimosa caesalpiniaefolia* in an acid soil. *Soil Biology & Biochemistry*, Elmsford, 29:959-964.
- Stamford, N. P., Silva, R. A. (2000) Efeito da calagem e inoculação de sabiá em solo da mata úmida e do semi-árido de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35 (5):1037-1045.
- Tian, G., Kang, B.T., Brussaard, L. (1992) Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions- Decomposition and nutrient release. *Soil Biology & Biochemistry*, 24(10):1051-1060.
- Tian, G., Kang, B.T., Brussaard, L. (1993) Mulching effects of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrient accumulation. *Plant and Soil*, 153:179-187.
- Tonye, J., Titi-Nwel, P. (1995) Agronomic and economic evaluation of methods of establishing alley cropping und a maize/groundnut intercrop system. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 56:29-36.
- Vanlauwe, B., Swift, M.J., Merckx, R. (1996) Soil litter dynamics and N use in a leucaena (*Leucaena leucocephala* Lam.) alley cropping system in Southwestern Nigeria. *Soil Biology & Biochemistry*, 28 (6):739-749.
- Valentini, L., Shimoya, A. (1993). Adubação Nitrogenada em milho doce. PESAGRO-RIO, Comunicado Técnico, n.222. 4p.
- Vieira, A.R.R., Feistauer, D., Silva, V.P. da (2003) Adaptação de espécies arbóreas nativas em um sistema agrossilvicultural, submetidas a extremos climáticos de geadas na região de Florianópolis. *Revista Árvore*, 27(5), p.627-634.
- Young, A. (1997) *Agroforestry for soil conservation*. 3.ed., Oxford: CAB International. 276 p.

APÊNDICE

Tabela 1A - Quadrados médios da análise de variância conjunta referente aos teores foliares de nitrogênio (NIT), fósforo (FOS) e potássio (K), número de espigas por planta (EPP), peso de 100 grãos (CEM), peso de grãos por parcela (PGP) da cultura do milho no primeiro ciclo de cultivo

ANO 1	G.L.	NIT	FOS	K	EPP	CEM	PGP
Fontes de variação		Quadrado médio					
Bloco/Dist/P	12	8,97670 ^{ns}	1,012757**	14,02188**	0,084506**	11,81847**	0,921156**
Distância (Dist)	1	4,751081 ^{ns}	0,423407 ^{ns}	52,46593**	0,001526 ^{ns}	5,130199 ^{ns}	0,884852**
Fósforo (P)	1	133,2313**	6,724347**	55,03162**	0,009284 ^{ns}	182,8808**	4,299405**
Tratamento	8	39,73809**	0,74141**	15,24006**	0,121365**	47,82844**	1,376543**
Trat*P	8	11,83181 ^{ns}	0,34992 ^{ns}	4,310597*	0,023048 ^{ns}	6,783281 ^{ns}	0,449186**
Trat*Dist	8	0,73272 ^{ns}	0,026899 ^{ns}	0,356826 ^{ns}	0,003632 ^{ns}	3,908941 ^{ns}	0,100911 ^{ns}
P*Dist	1	0,099223 ^{ns}	0,004309 ^{ns}	0,132007 ^{ns}	0,030443 ^{ns}	0,265224 ^{ns}	0,005934 ^{ns}
Trat*P*Dist	8	0,190015 ^{ns}	0,013289 ^{ns}	0,346503 ^{ns}	0,021105 ^{ns}	2,571881 ^{ns}	0,133719 ^{ns}
Resíduo médio	96	6,451369	0,229672	1,674606	0,022708	3,415391	0,060712
Total	143						
C. V. total (%)		15,6	18,8	11,3	23,5	8,0	32,0

^{ns}, * e ** não significativo e significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente

Tabela 2A - Quadrados médios da análise de variância conjunta referente aos teores foliares de nitrogênio (NIT), fósforo (FOS) e potássio (K), número de espigas por planta (EPP), peso de 100 grãos (CEM), peso de grãos por parcela (PGP) da cultura do milho no segundo ciclo de cultivo

ANO 2	G.L.	NIT	FOS	K	EPP	CEM	PGP
		Quadrado médio					
Fontes de variação							
Bloco/Dist/P	12	17,92005*	0,722126**	10,42951**	0,055224**	7,387181**	0,840657**
Distância (Dist)	1	71,13013**	0,182901 ^{ns}	58,00109**	0,000408 ^{ns}	11,80438**	2,067598*
Fósforo (P)	1	43,54195**	20,05056**	0,586517 ^{ns}	0,000918 ^{ns}	18,64287**	7,96887**
Tratamento	8	88,18761**	1,172714**	2,521797 ^{ns}	0,06066**	37,05042**	4,391975**
Trat*P	8	11,33949 ^{ns}	0,293358 ^{ns}	2,778212 ^{ns}	0,046028*	6,99017**	0,358936 ^{ns}
Trat*Dist	8	8,212293 ^{ns}	0,043785 ^{ns}	1,605019 ^{ns}	0,016392 ^{ns}	2,265094 ^{ns}	0,130618 ^{ns}
P*Dist	1	23,35796 ^{ns}	0,141164 ^{ns}	6,712429 ^{ns}	0,05877 ^{ns}	1,388233 ^{ns}	0,022625 ^{ns}
Trat*P*Dist	8	4,580131 ^{ns}	0,135237 ^{ns}	0,979627 ^{ns}	0,021292 ^{ns}	2,510148 ^{ns}	0,138509 ^{ns}
Resíduo médio	96	8,033701	0,17194	2,820383	0,018474	2,580971	0,306346
Total	143						
C. V. total (%)		14,6	15,7	10,6	15,4	5,4	14,6

^{ns}, * ou ** não significativo ou significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente

Tabela 3A - Quadrados médios da análise de variância da produtividade do milho nos dois anos de cultivo.

Fontes de variação	GL	Produtividade	
		Ano1	Ano 2
		Quadrado Médio	
Bloco	6	1690242**	403002,9 ^{ns}
Fósforo (P)	1	3761225**	7402951**
Tratamento	8	1113844**	443900**
Trat*P	8	372632*	360834,5 ^{ns}
Resíduo	48	166253	378785,5
Total	71		
C. V. total (%)		29,1	12,0

^{ns}, * ou ** não significativo ou significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente

Tabela 4A - Quadrados médios da análise de variância conjunta referente a produtividade de fitomassa seca (FMS) e aporte de N, P e K pelas leguminosas em dois anos de ensaio.

Fontes de variação	G.L.	FMS	N	P	K
Quadrado médio					
Bloco/Ano/P	12	328825,75 ^{ns}	223,80873*	1,0425394 ^{ns}	29,390294 ^{ns}
Ano	1	0,2746304E+08**	21128,16**	80,18346**	2722,105**
Fósforo (P)	1	98707,69 ^{ns}	86,75761 ^{ns}	0,06215915 ^{ns}	9,219748 ^{ns}
Tratamento	6	0,4938698E+08**	18601,90**	156,1224**	3673,583 ^{ns}
P*Ano	1	1542643**	1486,995**	4,403717*	143,9018**
Trat*Ano	6	2646197**	2426,828**	8,219884**	388,7805**
Trat*P	6	4213367**	3109,094**	16,67290**	464,4612**
Trat*P*Ano	6	2377493**	1575,289**	8,131966**	227,9965**
Resíduo médio	72	194217,94	106,38614	0,5907378	15,387389
Total	111				
C. V. total (%)		20,2	19,5	20,1	19,9

^{ns}, * ou ** não significativo ou significativo em nível de 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, respectivamente